Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105/106 (1935)
Heft: 24

Artikel: Elektrische Wärmeanwendungen in der Industrie: Vortrag
Autor: Fankhauser, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47444

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: 08.07.2025

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

INHALT: Elektrische Wärmeanwendungen in der Industrie. — Strassen-Rollschemel für Eisenbahnwagen. — Le Corbusier et Pierre Jeanneret, ihr gesamtes Werk von 1929 bis 1934. — Ein schweiz. Verkehrsprojekt für Aethiopien. — Stiftung „Pro Augusta Raurica". — Mitteilungen: Mechanischer Wärmezähler. Frankreichs Energieverbrauch. Eidg. Techn. Hochschule. Die Wagenpark-Frage in den deutschen Grosstädten. Geschäftsbericht des Post- und Eisenbahndepartementes. 16. internationaler Schiffahrtskongress, Brüssel 1935. Erstellung neuer Landeskarten. — Nekrologe: Alb. Maurer. — Wettbewerbe: Gewerbeschulhaus und Erweiterung der Lehrwerkstätten in Bern. — Literatur. — Schweiz. Patentschriften-Sammlung der SBZ. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 105 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 24

Elektrische Wärmeanwendungen in der Industrie.

Vortrag von Dr. Ing. E. FANKHAUSER, Gerlafingen.

Ueber Technisches und Wirtschaftliches bei der Verwendung elektrisch erzeugter Wärme, unter besonderer Berücksichtigung der Metall- und Maschinenindustrie, sprach am 2. April an der Generalversammlung des Schweizerischen Energie-Konsumenten-Verbandes (EKV) in Zürich Dr. Ing. Ed. Fankhauser, Direktor der Ges. der L. von Roll'schen Eisenwerke. Nach einer kurzen Darstellung der Versorgung der verschiedenen Werke der Gesellschaft durch selbsterzeugte und aus fremden Elektrizitätswerken bezogene Energie ging er zu der vielseitigen Verwendung dieser Energie zur Wärmeerzeugung für die verschiedenen Fabrikationsverfahren über, unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in den eigenen Betrieben.

Der hohe Preis und der Mangel an Kohle während des Weltkrieges einerseits und der Wasserreichtum der Schweiz anderseits gaben den Anstoss zu mannigfachen Versuchen, den Brennstoff durch elektrische Energie zu ersetzen. Die Möglichkeit, an Stelle von rauchenden Kohlenessen, Brenn- und Glühöfen mit ihren oft sehr grossen Wärmeverlusten, saubere und rasch arbeitende elektrische Einrichtungen zu verwenden, dabei vom Ausland weniger abhängig zu sein und obendrein die Güte der Produkte verbessern zu können, musste von jeher verlockend erscheinen. Doch erwies sich die elektrische Energie häufig als zu teuer und zwang immer wieder zu Verhandlungen mit den Elektrizitätswerken, um wirtschaftlich tragbare Preise zu erzielen. Zudem standen die technischen Einrichtungen meist nicht zur Verfügung, d. h. sie mussten von den Interessenten mit grossen Opfern erst geschaffen und in langwierigen Versuchen erprobt und ständig verbessert werden.

1. Ein erster solcher Versuch in den von Roll'schen Eisenwerken, **Schmiedehämmer mit Pressluft** statt mit Dampf zu betreiben, wozu grosse Luftkompressoren benötigt wurden, gelang ohne grössere Schwierigkeiten. Das Verfahren erweist sich besonders dort als zweckmässig, wo der Abdampf der Dampfhämmer nicht in Abdampfturbinen oder zur Raumheizung verwendet werden kann. Aber selbst wenn eine Abdampfverwertung möglich ist, kann 1 kg unter den Kesseln verfeuerte Saarnusskohle durch etwa 1 kWh elektrische Energie ersetzt werden. Beim heutigen Kohlenpreis (ca. 35 Fr. pro Tonne) darf daher die elektrische Energie, unter teilweiser Berücksichtigung von Verzinsung und Abschreibung der Drucklufterzeugungsanlagen, nicht über 2,5 Rp. per kWh kosten. Anderseits gewährt der Betrieb mit Pressluft gewisse technische Vorteile, sodass, wenigstens im Sommer, ein etwas höherer Energiepreis zulässig sein kann, weil dann die Abdampfverwertung weniger wirtschaftlich ist. In den von Roll'schen Eisenwerken werden z. Zt. im Sommer jährlich 500 000 bis 600 000 kWh für den Betrieb der Schmiedehämmer verbraucht, bei Vollbeschäftigung entsprechend mehr.

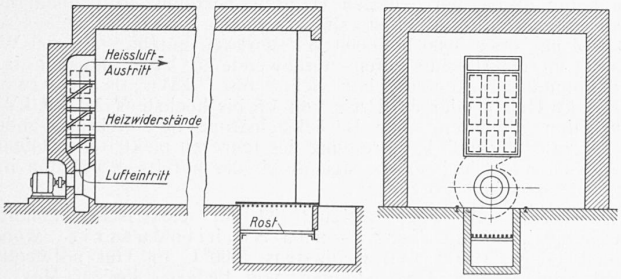

Abb. 1. Elektrisch geheizter Trockenofen.

2. Auch der **elektrischen Heizung von Trockenkammern für Giessereiformen** schenkte man grosse Aufmerksamkeit. Früher wurden diese Formen durch die Abgase eines im Boden der Kammer brennenden Koksfeuers getrocknet, wobei neben schlechter Brennstoffausnützung auch einige technische Nachteile in Kauf genommen werden mussten. Bei elektrischer Heizung arbeitet man mit Umluft, die auf etwa 250 bis 300° C erwärmt und nur in beschränkter Menge erneuert wird, d. h. in dem Masse, als sie mit dem aus den Formen entweichenden überhitzten Wasserdampf, infolge eines in der Kammer entstehenden Ueberdruckes, durch die vorhandenen Undichtheiten entweicht. Der Betrieb des Ventilators erfordert nur etwa 3% der Wärmeenergie, sodass dessen Kosten kaum in Betracht fallen. Von den 7800 WE eines kg Koks werden bei seiner Verfeuerung nur etwa 4000 bis 5000 WE ausgenützt, während die 860 WE einer kWh praktisch vollständig zur Wirkung kommen. Der Ersatz von 1 kg Koks erfordert somit etwa 5 bis 6 kWh (bei sehr guter Wärmeisolierung sogar nur 4 kWh), deren Preis unter heutigen Verhältnissen also je 0,8 bis 1 Rp. betragen dürfte, wenn man nur auf die reinen Energiekosten abstellt. Die wesentlichen Vorteile der elektrischen Heizung, insbesondere der Wegfall von Russ an den Gussformen und in den Trockenkammern, die Ersparnis an Arbeitslöhnen für die Feuerung, die Verbesserung der Luft in den Arbeitsräumen und die gleichmässigere Trocknung aller Formen lassen jedoch einen Energiepreis von 1,5 bis 1,8 Rp./kWh zu. Der erste Ofen mit ca. 80 m³ Rauminhalt und 240 kWh Anschlusswert bewährte sich so gut, dass im Werk Klus rasch nacheinander weitere sechs Trockenkammern und in den Werken Choindez, Rondez und Bern ebenfalls vier Oefen für elektrischen Betrieb eingerichtet wurden, diese für eine Leistung von je 150 bis 250 kW bei 3000 Volt Betriebspannung. Zehn von diesen elf Oefen werden noch heute regelmässig benützt. Allein im Werk Klus benötigen sie jährlich 4 bis 5 Mill. kWh, die für das Elektrizitätswerk Wynau eine willkommene Verwertung von Nachtenergie bedeuten. In der Schweiz wurden bisher nur verhältnismässig wenige Giesserei-Trockenöfen für elektrische Heizung eingerichtet. Sie verdienen aber die Aufmerksamkeit der Elektrizitätswerke wie der Giessereibesitzer umso mehr, als sie jederzeit auf Brennstoffbetrieb umgestellt werden können und dadurch sehr geeignete Verbraucher von unkonstanter Nachtkraft sind. Die Energie muss während mindestens neun, womöglich aber während zehn bis elf Nachtstunden verfügbar sein. Abb. 1 zeigt einen für Doppelbetrieb eingerichteten Trockenofen. Die Heizwiderstände und der Ventilator sind an dessen Rückseite eingebaut. Das Gitter über dem Kohlenrost wird bei elektrischem Betrieb zwecks besserer Wärmeisolierung zugedeckt.

Ebenfalls gute Abnehmer für Sommer-Abfallenergie sind elektrische Trockenöfen für Ziegeleien. Eine solche Einrichtung ist z. B. in der Ziegelei Muri (Aargau) seit einiger Zeit in Betrieb.

3. Weniger zu empfehlen sind, schon aus technischen Gründen, elektrische **Raumheizungen mit Umluft**, wie solche im Jahre 1918 für Werkstätten und Magazine in den Werken Klus und Gerlafingen eingerichtet wurden. Sie wirbeln zu viel Staub auf und wurden wieder entfernt, sobald die sinkenden Kohlenpreise dies zuliessen.

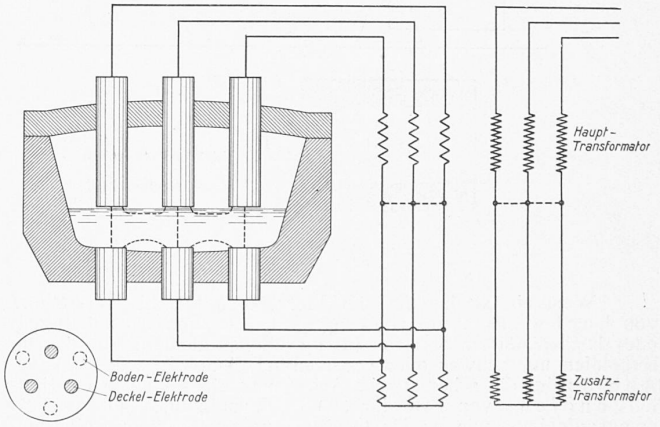

Abb. 2. Elektrischer 6 t-Nathusius-Ofen.

4. Wegen den Schwierigkeiten der Rohmaterialversorgung während des Krieges entschloss man sich im Jahre 1916 in Gerlafingen zum Bau eines Martin-Stahlwerkes. Die unsichere Kohlenversorgung führte aber in den Jahren 1917/18 ausserdem zur Aufstellung eines **Elektrostahlofens**, Bauart Nathusius, für 5 bis 6 t Einsatzgewicht und 1100 kW Leistungsaufnahme bei 90 bis 130 Volt Elektrodenspannung, regelbar in drei Stufen; ein zweiter gleicher Ofen folgte im Jahre 1921. Heute würde man die Betriebspannung auf 150 bis 200 Volt und die Leistung auf 1600 bis 2000 kW wählen. Abb. 2 zeigt die schematische Anordnung des Elektrostahlofens. Die Bodenelektroden werden jedoch nicht mehr benützt und der Zusatztransformator ist deshalb entfernt worden.

Mehr als neun Zehntel des in den Walzwerken in Gerlafingen verarbeiteten Rohmaterials ist gewöhnliches Flusseisen in Handelsgüte, das als Ausgangsmaterial z. B. für alles Betoneisen und alle Profileisen dient. Die vom Stahlwerk erzeugten Rohblöcke müssen nun in der Regel zu Knüppeln vorgewalzt werden und erst diese kann man zu fertiger Ware, wie Betoneisen, Stab- und Profileisen verarbeiten. Nach Berücksichtigung des Aufwandes für Löhne, Brennstoff, elektrische Energie und sonstige Betriebsunkosten im Walzwerk ist aber der dem Stahlwerk bei der Herstellung von Flusseisen-Rohblöcken im Elektroofen verbleibende Erlös ungenügend zur vollen Deckung seiner Löhne und Kosten für Kokillen, Elektroden, feuerfeste Steine, elektrische Energie und Ausbesserung des Ofens, sowie eines Anteiles an Verzinsung und Abschreibung bei der heutigen Marktlage. In Gerlafingen erzeugt man deshalb im Elektroofen z. Zt. nach Möglichkeit nur höherwertige Kohlenstoffstähle oder Stähle mit Zusätzen von Nickel, Chrom, Wolfram, ferner einen chromhaltigen Sonderbaustahl für armierten Beton, gewöhnliches Flusseisen dagegen nur als Füllmaterial. Aber auch bei hochwertigen Stählen darf die kWh nicht über 2 Rp. kosten.

Elektrostahlguss, wie er in vier schweizerischen Stahlgiessereien hergestellt wird, erzielt je nach Form und Gewicht einen wesentlich höheren Preis als Rohblöcke aus Flusseisen. Er kann deshalb unter Umständen Energiepreise ertragen, die nicht einmal mehr für die Erzeugung von Rohblöcken aus hochwertigem Stahl zulässig wären. Immerhin beschränkt der Wettbewerb des mit Generatorgas oder Oel gefeuerten Martin-Ofens auch hier die Höhe der Strompreise.

Gewöhnlicher Grauguss wird in der Schweiz bisher noch ausnahmslos im Kupolofen erschmolzen, obwohl der Elektroofen auch hierfür durchaus geeignet wäre und der gesamte Kupolofenkoks aus dem Ausland bezogen werden muss. Ein Elektroofen kostet aber in der Anschaffung mindestens fünfmal mehr als ein Kupolofen gleicher Schmelzleistung. Zudem erfordert die Schmelzung von 1000 kg Roheisen höchstens 100 kg Koks, was am Ofen gerechnet etwa 5 Fr. ausmacht. Die entsprechenden 600 kWh elektrische Energie dürften somit nicht mehr als je 0,8 Rp. kosten, selbst wenn die Auslagen für die Elektroden und der bedeutend höhere Aufwand für Verzinsung und Abschreibung des Elektroofens nicht berücksichtigt werden.

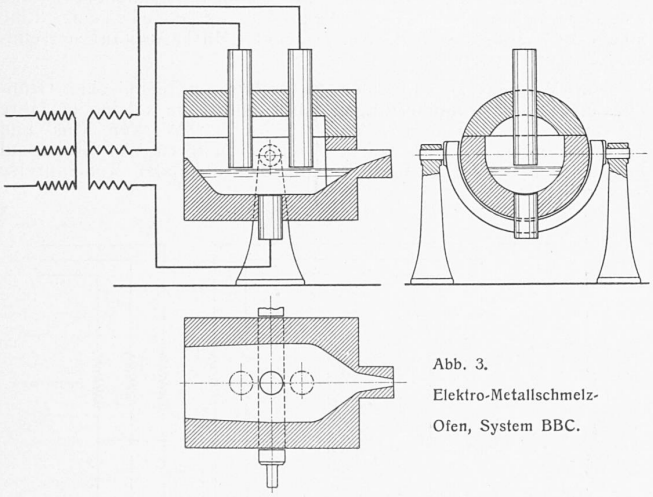

Abb. 3. Elektro-Metallschmelz-Ofen, System BBC.

Wertvoll ist dagegen der Elektroofen für die Herstellung von hochwertigem Gusseisen, z. B. von chromhaltigem oder hochsiliziertem Material für die chemische Industrie, das im Kupolofen nur schwer oder gar nicht erschmolzen werden kann. Abb. 3 zeigt die schematische Anordnung eines kleinen Lichtbogenofens von BBC für 300 kg Einsatz und 140 kW Leistungsaufnahme, wie er für Qualitätsgusseisen schon seit dem Jahre 1921 im Werk Klus im Betriebe steht. Vor einem Jahr ist dort ein zweiter Ofen für 700 kg Einsatz und 400 kW Leistungsaufnahme, ebenfalls von BBC, aufgestellt worden. Er ist jedoch als gewöhnlicher Héroult-Ofen mit drei Elektroden gebaut, im Gegensatz zum ersten, der als Trommelofen zwei Elektroden und einen Bodenpol aufweist. Elektrische Schmelzöfen für Grauguss in Sondergüte sind auch bei andern schweizerischen Giessereien im Gebrauch oder im Bau begriffen.

Ebenfalls im Jahre 1921 kam im Werk Klus ein kleiner Trommelofen (mit zwei Lichtbogenelektroden und einem Bodenpol) für 300 kg Einsatz und 120 kW Anschlusswert zum Schmelzen von Metallen und Metallegierungen in Betrieb. Aehnliche Oefen werden heute in verschiedenen Unternehmungen verwendet, so in den Schweiz. Metallwerken Selve & Co. in Thun und in der Eidg. Münzstätte in Bern.

Im Induktionsofen (Niederfrequenzofen) und im Hochfrequenzofen wird im Gegensatz zum Lichtbogenofen das Schmelzgut nicht durch einen Lichtbogen erhitzt, sondern selber als Stromleiter benutzt und durch die im Metall selbst entstehende Wärme geschmolzen. Die früheren Induktionsöfen sind heute durch die Hochfrequenzöfen verdrängt worden. Diese werden mit etwa 500—1000 Perioden/sec betrieben. Sie eignen sich sowohl zur Erzeugung hochwertiger Stähle wie auch zur Schmelzung von Metallen und werden in der Schweiz z. B. bei den Metallwerken Dornach und Thun und in der Fonderie Boillat in Reconvilier benutzt. Der zulässige Energiepreis richtet sich nach dem Wert des Schmelzgutes, muss also von Fall zu Fall ermittelt werden. Seine obere Grenze ist durch den Wettbewerb der Oel- oder Leuchtgasfeuerung gegeben. Bei der Erzeugung von nicht besonders hochwertigem Gusseisen, das unter Umständen auch im Kupolofen herstellbar ist, sind 2 Rp. je kWh schon zu viel.

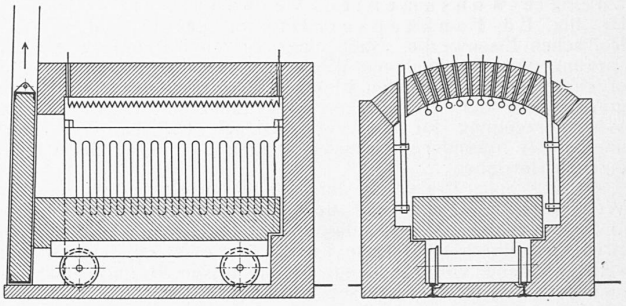

Abb. 4. Elektro-Glühofen, System BBC.

5. Im **elektrischen Glühofen** (Abb. 4) wird die Wärme nicht durch Lichtbogen und auch nicht im zu verarbeitenden Gut erzeugt, weil beim Glühen Formveränderungen des Gutes vermieden werden müssen und weil die notwendige Glühtemperatur, soweit sie etwa 800 bis 900° C nicht übersteigt, in bequemer Weise durch elektrische Erhitzung von besonders eingebauten Widerständen aus Metalldrähten oder -bändern auf etwa 1000 bis 1100° C hervorgebracht werden kann. Die grossen Vorzüge dieses Ofens, besonders die Sauberkeit des Betriebes und die Gewähr für ein sehr gleichmässiges Erzeugnis, haben zu dessen allgemeiner Anwendung in der schweizerischen Metallindustrie geführt. In grossem Umfang wird er z. B. von der Aluminiumindustrie in Neuhausen, Chippis und Rorschach zum Wärmen von Walzgut, zur Fabrikation von Aluminiumwaren in Menziken und Frauenfeld, in den Metallwerken Dornach, Selve & Co. Thun und in der Eidg. Munitionsfabrik Altdorf zum Wärmen von Kupfer und Kupferlegierungen, endlich bei Nyffeler-Schüpbach & Co. in Kirchberg für die Herstellung von Metallfolien benutzt. Tiegelöfen mit Widerstandsheizung eignen sich zum Umschmelzen der leichter schmelzbaren Metalle, wie z. B. von Aluminium etc., für die Herstellung von Guss oder Legierungen. — Elektr. Glühöfen haben auch in den Glasfabriken Eingang gefunden, wo sie wegen der leichten Regelbarkeit bei der Abkühlung des Glases sehr gute Dienste leisten.

Der wirtschaftlich tragbare Energiepreis wird für Glühöfen durch den heutigen Oelpreis bestimmt. Bei einem mit Oel gefeuerten Muffelofen sind von den 10 000 WE eines kg Heizöl nur etwa 4000 bis 6000 WE wirklich nutzbar, die 860 WE einer im elektrischen Ofen aufgewendeten kWh dagegen fast vollkommen. Daraus ergeben sich 5 bis 7 kWh als Ersatzwert für 1 kg Heizöl oder ein Preis von 1,5 bis höchstens 2,0 Rp./kWh am Ofen gemessen, ohne Berücksichtigung des Mehraufwandes für Verzinsung und Abschreibung des teureren elektrischen Ofens; der Kostenausgleich ergibt sich durch die bereits erwähnten betriebstechnischen Vorzüge.

Nicht durchwegs geeignet ist der elektrische Glühofen heute noch für die Eisen- und Stahlindustrie, wobei meist Temperaturen von wenigstens 1000° C im Gut notwendig sind. Bei kleinen Gegenständen, wie Federn, Feilen, Messerschmiedwaren und dergl. kann ein Wärmegefälle von 50 bis 100° C zwischen Glühglut und Widerstandsdrähten noch genügen, um die erforderliche Temperatur in nützlicher Frist zu erreichen. Temperaturen bis zu 1050 oder 1100° C werden vom heute verfügbaren metallischen Widerstandsmaterial noch anstandslos ausgehalten. Für grössere Gegenstände, bei denen zur Erreichung annehmbarer Wärmezeiten ein Wärmegefälle von mindestens 200 bis 250°, und damit eine Drahttemperatur von über 1200° C notwendigt ist, beginnt jedoch metallisches Widerstandsmaterial zu versagen. Man muss an dessen Stelle Heizwiderstände aus nicht metallischen Stoffen wie Karborundum (Siliziumkarbid), Silit, Quarzilit, Globar od. Karbide der Wolframgruppe verwenden, die aber verhältnismäsig teuer und im warmen Zustand nicht genügend haltbar sind. In Grossbetrieben der Eisen- und Stahlindustrie wird deshalb der elektrische Glühofen vorläufig nur für Verfahren mit Einsatztempe-

raturen von weniger als 1000° C verwendet, vor allem zum Anlassen von gehärtetem Stahl, wo eine sehr genaue Temperaturregelung erforderlich ist, oder zum Ausglühen von Schmiede- und Gusstücken. Das Werk Gerlafingen besitzt zwei solcher von BBC gelieferter Oefen für 40 und 150 kW Leistungsaufnahme, ein neuer Ofen für 360 kW ist kürzlich im Werk Klus aufgestellt worden. Die Nova-Werke in Zürich benützen einen ähnlichen Ofen für die Vergütung von Kolben für Automobilmotoren, ebenso die Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur für das Ausglühen von Zylindern für Dieselmotoren. In Topfform gebaute Oefen für das Glühen von Bandeisen und Draht oder zum Vergüten von Stahldraht werden bei den Vereinigten Drahtwerken in Biel, den von Moos'schen Eisenwerken in Luzern und in der Kabelfabrik Cossonay verwendet.

In Amerika und neuerdings auch in Deutschland sind elektrische Glühöfen in Ringform oder als Durchlauföfen für die thermische Behandlung von Massenartikeln, besonders von Automobilteilen aus Stahl, gebaut worden. Das Einsatzgut wandert durch eine Vorwärmezone in die eigentliche Glühzone und nachher durch eine Abkühlungszone. Beim Ringofen wird es an der Aufgabestelle, beim Durchlaufofen am andern Ende des Ofens abgenommen. — Als Abkühlofen für die Glasbläserei wäre der Ofen in dieser Form schon heute brauchbar; sobald einmal genügend hohe Temperaturen erreichbar sein werden, dürfte diese Ofenform auch die gegebene Bauart von Brennöfen für die keramische Industrie sein. Immerhin werden Glühöfen in Herdform, mit Heizwiderständen aus Globar- oder Silitstäben schon heute versuchsweise in der Porzellanfabrik Langenthal und in der Tonwarenfabrik Laufen benützt. Auch in Zementwerken sollen damit schon Versuche gemacht worden sein.

Bezüglich des für die Eisen- und Stahlindustrie annehmbaren Energiepreises gilt das Gleiche wie für die Metallindustrie, mit der Einschränkung, dass infolge der niedrigeren Preise der Eisenerzeugnisse die kWh höchstens 1,5 Rp. kosten sollte. Die bisherigen höheren Ansätze müssen durch fabrikationstechnische Vorzüge des elektrischen Ofens ausgeglichen werden.

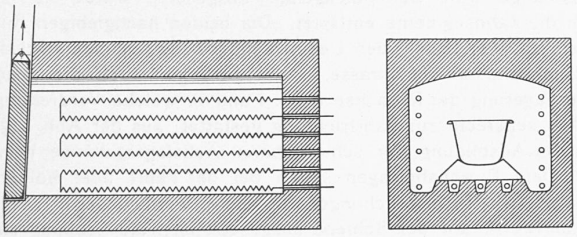

Abb. 5. Elektrischer Emaillierofen, System BBC.

6. Als besondere Art des elektrischen Glühofens hat sich der **Emaillierofen** vorzüglich bewährt. Die Sinterung der Emaille verlangt eine Temperatur von etwa 950° C. Da meist nur dünnwandige Gegenstände mit grosser Oberfläche emailliert werden, erreicht man bei einem Temperaturgefälle von nur 50 bis 100° noch annehmbare Wärmezeiten. Infolgedessen wird das Widerstandsmaterial nur auf etwa 1000 bis 1050° C beansprucht und ist so genügend haltbar. Im Werk Klus werden Gusswaren für Hausinstallationen, z. B. Badwannen, Waschbecken u. dgl. in einem von BBC im Jahre 1927 gelieferten Ofen von 200 kW Leistungsaufnahme emailliert. Ein zweiter gleicher Ofen wird gegenwärtig aufgestellt. Die Emaillierung von 100 kg Gussware erfordert durchschnittlich etwa 70—80 kWh; für Blechwaren dürfte der Verbrauch etwas höher sein. Elektr. Emaillieröfen werden bereits in grösserer Anzahl von den Firmen Merker & Cie. in Baden, Metallwarenfabrik Zug, Gasapparatefabrik Solothurn, Ofenfabrik Sursee und Herdfabrik Le Rêve in Genf verwendet.

Der Preis der elektrischen Energie wird auch hier durch die Betriebskosten des mit Oel gefeuerten Muffelofens bestimmt und zwar zu 1,5 bis höchstens 2,0 Rp./kWh, am Ofen gemessen. Höhere Preise lassen sich wiederum nur durch die betriebstechnischen Vorteile des elektrischen Ofens rechtfertigen.

7. Einen **elektrischen Verzinkungsofen** zeigt Abb. 6. Das Zinkbad benötigt eine Temperatur von 450 bis 470° C, bietet also keinerlei konstruktive Schwierigkeiten. Im Ausland, besonders in Italien, stehen schon verschiedene solcher Oefen in Gebrauch, auch im Werk Gerlafingen ist ein Ofen versuchsweise auf elektrischen Betrieb umgestellt worden. Bei der jetzigen stark eingeschränkten Benützung werden für 1000 kg zu verzinkende Ware (Schrauben, Isolatorenstützen und dergl.), einschliesslich des Energiebedarfes für die Warmhaltung des Bades in der Nacht und an Feiertagen, etwa 350 bis 400 kWh benötigt; bei besserer Ausnützung des Bades könnte man mit einem geringeren Verbrauch rechnen. Die bisherigen, noch nicht endgültigen Erfahrungen lassen einen Preis von etwa 1,5 Rp./kWh als tragbar erachten. Der elektrische Verzinkungsofen verdient als sehr dankbarer Energieverbraucher die besondere Aufmerksamkeit der Elektrizitätswerke.

8. Die **elektrische Lichtbogenschweissung** verdrängt mehr und mehr die Autogenschweisserei bei der Herstellung von Behältern und Eisenbauten und beim Auftragen von Metall auf abgenützte Arbeitsflächen. Die Punktschweissung wird zumeist für Blechwaren und die Stumpfschweissung besonders bei der Herstellung von Ketten und eisernen Massenartikeln, für die Anschweissung von Drehstählen usw. benützt. Der Energieverbrauch ist im allgemeinen gering und beeinflusst die Herstellungskosten nur wenig, ausgenommen bei der Kettenfabrikation, die einen sehr mässigen Energiepreis verträgt.

9. Die **Dampferzeugung in Elektrokesseln** wird heute in wesentlichem Umfange bei der Herstellung von Zellulose, Papier, Lebensmitteln und chemischen Erzeugnissen verwendet. Sie lohnt sich nur bei sehr niedrigen Energiepreisen, so dass dafür nur Abfallenergie und allfällig noch ganz billige Sommerenergie in Betracht kommen kann. In der Schweiz stehen bereits viele und z. T. sehr grosse Elektrokessel im Betrieb.

*

Es sind hier nur einige der wesentlichsten elektrischen Wärmeeinrichtungen genannt worden. Auch in anderen Formen werden sie heute im Gross- und Kleingewerbe vielfach benützt und bei Dutzenden weiterer möglicher Anwendungen wartet man nur auf annehmbare Energiepreise oder auf die Erfindung zuverlässiger Einrichtungen. Zwar muss man in der Schweiz auch bei den billigsten Energiepreisen von der Verhüttung von Eisenerzen absehen, weil sich unsere Eisenerze dafür nicht so gut eignen wie z. B. die norwegischen Erze, ebenso erwies sich die Herstellung von Roheisen aus Eisenabfällen im Elektroofen nicht als lohnend. Wenn dagegen einmal ein für **Temperaturen von 1500 bis 1700° C** geeignetes und nicht allzu teures Widerstandsmaterial zur Verfügung steht, wird sich das Anwendungsgebiet des elektrisch geheizten Glühofens ganz beträchtlich erweitern. Allein im Werk Gerlafingen könnten hierfür jährl. weitere 30 bis 40 Mill. kWh abgesetzt werden. Die vor einigen Jahren vom Schweiz. Energie-Konsumenten-Verband veranstaltete «Umfrage über den Ersatz von Brennstoffen durch Hydro-Elektrizität» [1]) zeigte, dass unter Voraussetzung technisch erprobter Einrichtungen und konkurrenzfähiger Strompreise, auch bei vorsichtiger Schätzung, in der Schweizer Industrie ohne grosse Schwierigkeiten jährlich bis zu einer halben Milliarde kWh (grösstenteils sog. Abfallenergie) ausgenützt werden könnten. Der trotz Wirtschaftskrise ansteigende Energieverbrauch für elektrische Wärmeerzeugung bestätigt die Ergebnisse dieser Umfrage. Zu den künftigen Grossabnehmern werden in hoffentlich nicht zu ferner Zeit auch die Porzellan- und Tonwarenfabriken und die Zementwerke gehören. Die Wasserkraftwerke werden allerdings die oben als wirtschaftlich angegebenen Energiepreise in der Regel nur für überschüssige und nicht ständig in vollem Umfang verfügbare Energie gewähren können. Diese niedrigen Preise setzen also meist eine gewisse Anpassungsfähigkeit der Energiebezüger an die Wasserverhältnisse voraus, anderseits ihrer Fabrikationseinrichtungen an die wirtschaftlichen Bedingungen des Warenmarktes. Sehr zu beachten ist ferner, dass häufig nicht nur teure elektrische Einrichtungen beschafft, sondern auch die alten Anlagen in Stand gehalten werden müssen, um bei Energieknappheit (d. h. besonders im Winter) zum alten Verfahren mit Brennstoff übergehen zu können. Ersichtlich ist endlich, dass die elektrische Wärmeerzeugung umso lohnender ist, je hochwertiger das Erzeugnis ist.

Voraussetzung für die vermehrte Anwendung elektrischer Wärmeverfahren ist eine möglichst störungslose Energielieferung. Die Betriebssicherheit der Elektrizitätswerke ist zwar bereits sehr gross [2]), versagt aber besonders bei Gewittern noch zu häufig. Es ist zu hoffen, dass weitere Untersuchungen über die Natur der atmosphärischen Entladungen bald zu einer wesentlichen Verbesserung der Blitzschutzvorrichtungen führen werden.

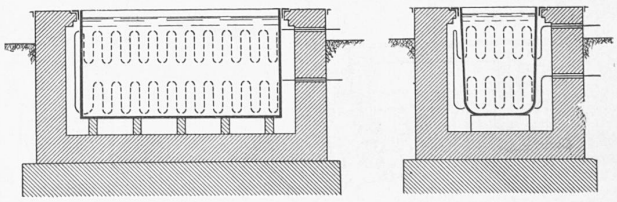

Abb. 6. Verzinkungsofen mit Zinkbad.

Die Schweizer Industrie wird im Interesse der Volkswirtschaft gerne Hand bieten, importierte Brennstoffe nach Möglichkeit durch Elektrizität zu ersetzen. Soll sie aber im wirtschaftlichen Kampfe bestehen können, so ist ein weiterer Abbau der Energiepreise unerlässlich. Der Vortragende schloss deshalb mit dem Wunsche, die schweizerischen Elektrizitätsunternehmungen möchten den Ernst der Lage rechtzeitig

[1]) *Ueber den Ersatz der in der Schweiz benötigten Brennstoffe durch hydroelektrische Energie.* Bericht über eine Umfrage des Schweiz. Energie-Konsumenten-Verbandes bei der schweizerischen Industrie. (Im Verlag des Schweiz. Energiekonsumentenverbandes, Zürich 1930).

[2]) Vergl. „Die Sicherheit unserer Stromversorgung", S. 150* ff. (30. März d. J.).

erkennen und den Bedürfnissen der Industrie so weit als möglich Rechnung tragen. Als Richtlinien gelten für ihn noch immer die Leitsätze, die in der bereits erwähnten Druckschrift über den Ersatz der Brennstoffe durch Elektrizität in der schweizerischen Industrie vom EKV aufgestellt worden sind:

«Der Verbraucher elektrischer Energie soll sich bei der elektrischen Wärmeerzeugung gleich gut oder besser stellen als bei der Verwendung von Brennstoffen»

«Die Elektrizitätswerke sollen bei der Abgabe der Energie im Inland mindestens so viel Reingewinn erzielen wie bei der Ausfuhr gleichwertiger Energie.»

«Bei der Lieferung von Abfallenergie müssen sie den Abnehmern möglichst entgegenkommen, da diese meistens doppelte Anlagekosten zu tragen haben.»

«Das Endziel soll ein Gewinn für die schweizerische Volkswirtschaft sein.»

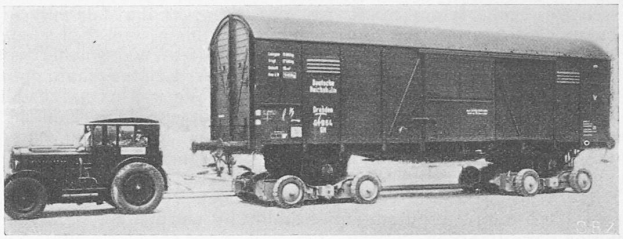

Abb. 1. Strassen-Rollschemel der D. R., Bauart Dr. Ing. Culemeyer. Ausführung der Gothaer Waggonfabrik.

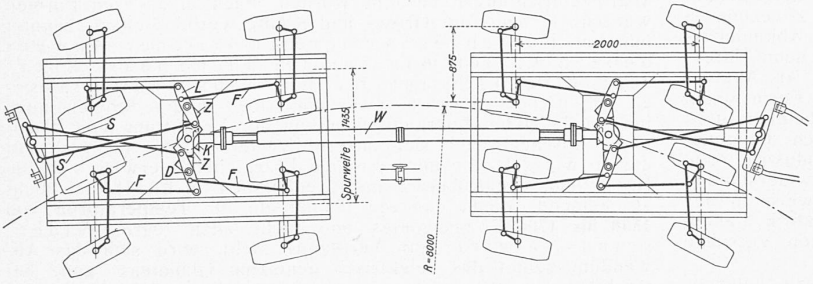

Abb. 3. Lenkschema und Lenkübertragung durch ausziehbare Sechskantwelle.

Strassen-Rollschemel für Eisenbahnwagen.

Wir haben schon früher (Bd. 102, S. 260*) in Wort und Bild auf den Vorstoss der Deutschen Reichsbahn auf die Strasse mit dem für den Güterverkehr von Haus zu Haus entwickelten zweiteiligen Strassenfahrzeug für Eisenbahnwagen hingewiesen. Einer eingehenden Beschreibung desselben durch W. Bode im „Organ" vom 1. Mai 1934 entnehmen wir noch folgende Einzelheiten.

Das Fahrzeug (Abb. 1 u. 2) besteht aus zwei Rollböcken, deren jeder mit zwei (vertikal verschiebbaren) Gabeln zur Aufnahme je einer Achse des Eisenbahnwagens versehen ist. Die der Lenkung der Hinterräder dienende Uebertragungswelle W zwischen den beiden Böcken (Abb. 3) ist ausziehbar und ausserdem durch Einfügen eines Zwischenstücks verlängerbar; ohne Lösen der mittleren Kupplung können Wagen mit Achsständen zwischen 3 und 4,5 m aufgeladen werden. Ein die beiden Fahrgestelle verbindendes eigenes Zugorgan erübrigt sich, da der aufgeladene, durch die erwähnten Gabelschieber festgehaltene Wagen diese Funktion übernimmt.

Von den beim Uebergang von einer Spur zur andern benutzten Geleise-Rollböcken, die als Drehgestelle auf die Schienenführung angewiesen sind, unterscheidet sich der gegenüber dem beförderten Wagen unverrückbare Strassen-Rollschemel durch die zur Herstellung eines einwandfreien Kurvenfahrens notwendige Lenkung seiner einschlagbaren Räder. Sie geschieht mittels eines Lenkgestänges (Abb. 3) so, dass bei 4,5 m Achsstand sämtliche 16 Räder Kreisbögen um den nämlichen Mittelpunkt befahren. Bei 3 m Achsstand beträgt der kleinste Kurvenradius etwa 7,5, bei 7,5 m Achsstand 12 m. Die Bewegung wird durch zwei sich kreuzende Steuerstangen S auf zwei in festen Drehpunkten D gelagerte Lenkerhebel L und von hier aus auf die beiden Räder jeder Schwingachse durch sogenannte Faudistangen F mit allseitig beweglichen Kugelköpfen geleitet. Zahnsegmente Z, Kegelräder K und die Uebertragungswelle W teilen die Drehung der Lenkerhebel des vordern Fahrgestells jenen des hinteren Gestells mit. Die eine Steuerstange wäre der Knickgefahr ausgesetzt, würde sie nicht durch die Zahnsegmente entlastet. Die beiden nachgiebigen Kupplungen an den Enden der Uebertragungswelle nehmen Rücksicht auf Unebenheiten der Strasse. Diese bedingen auch die pendelartige Lagerung der Radachse (Abb. 4 und 5), welche Verdrehungen der Axe senkrecht zur Fahrtrichtung gestattet; aus der Abb. 5 geht auch die Ausbildung der schwenkbaren Achslagergehäuse hervor.

Dem Eisenbahnwagen sollen bei der Fahrt über holperige Strassen keine Beanspruchungen zugemutet werden, denen er nicht normalerweise auf der Schiene ausgesetzt ist; die Senkung eines Rades des Rollschemels infolge einer Aushöhlung des Bodens darf deshalb keine allzugrosse Schiefstellung des Wagens nach sich ziehen. Wie diese Aufgabe konstruktiv bewältigt ist, zeigt schematisch Abb. 4: Bei Absinken zweier auf der selben Pendelachse sitzenden Hinterräder um 75, bezw. 225 mm (Schnitt I—IV) senkt sich der Achsmittelpunkt um 150 mm. Dabei erniedrigt sich wegen der Steife des Fahrgestellrahmens der von dieser Achse aufgenommene Bodendruck, und ihre minder gespannte Feder vergrössert den Abstand zwischen Achsmitte und Rahmen. Infolgedessen sinkt die Mitte des Wagenrades A nicht um 150/2 = 75, sondern nur um 68 mm, die sich aber dank der Wagenfederung auch nicht voll, sondern nur zu etwa 54 mm auf den Wagenrahmen übertragen. Bei der in der Abbildung skizzierten Verlagerung dieses Rahmens (eines beladenen 20 t-Güterwagens) erfahren die Räder A und C eine Mehrbelastung von je rund 1350 kg, die Räder B und D eine ebenso grosse Entlastung, gegenüber einer normalen Radlast von 7250 kg.

Mittels einer hydraulischen Absenkvorrichtung (Abb. 6) wird der aufgeladene Wagen nach Entriegelung der drehbaren Geleisestücke in die durch Profilbeschränkung und Stabilität gebotene tiefe Fahrlage gesenkt, bei der sich der unterste Radpunkt des Eisenbahnwagens nur etwa 33 cm über dem Boden befindet. Der zum Heben benötigte, durch zwei Handpumpen erzeugte Druck in

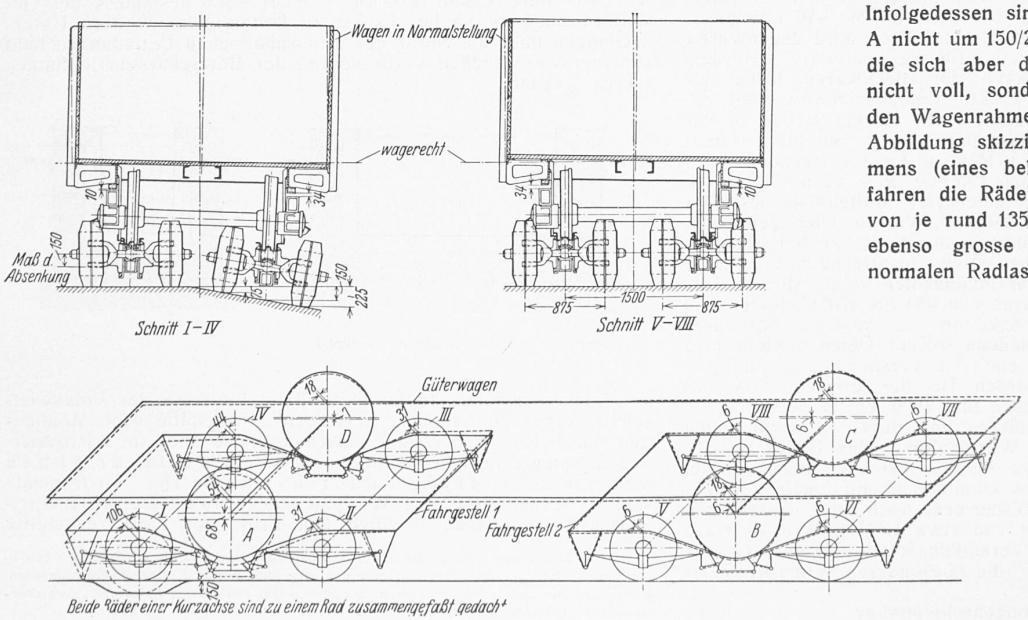

Abb. 4. Ausgleichung einer örtlichen Strassenunebenheit auf Rollschemel und Güterwagen.