

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 31 (1940)

Heft: 21

Artikel: Neuzeitliche Ladestationen für Elektro-Fahrzeuge

Autor: Ruegge, G.F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061385>

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: 16.02.2026

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

durch, da Kurve II und III unterhalb 1100° C keinen Schnittpunkt aufweisen und oberhalb dieser Temperatur

$$\frac{d P_{abg}}{dt} < \frac{d P_{aufg}}{dt}$$

ist.

Die gegebenen Kurven und somit obige Betrachtungen gelten für den Beharrungszustand. Insbesondere für den in einem Ofen eingebauten Stab wird der Verlauf von P_{abg} in Funktion von t zeitweise von den Gesetzen der nicht-stationären Wärmeströmung beherrscht werden, und es wird sich zeitweise ein günstigerer Verlauf von P_{abg} mit der Temperatur einstellen. Da demgegenüber die Funktion P_{aufg} in Abhängigkeit von der Temperatur sich praktisch trägeheitslos einstellt, wird die Stabtemperatur nur langsam (abhängig von der Zeitkonstante des Ofens) ansteigen, so dass sich die Gefahr für unbemerktes Durchgehen des Stabes beträchtlich verringert.

Nach der elektrischen Modellmethode des Verfassers wurde z. B. die Stabtemperatur in Abhängigkeit von der Zeit untersucht für den Fall, dass ein Stab mit der Charakteristik P_2 , Fig. 2, in einem Ofen seine Wärme nach Charakteristik P_3 (im Beharrungszustand) abgibt, während die Ofenwand wie folgt zusammengebaut ist:

Innenwand 65 mm Chamotte,
Zwischenwand 130 mm Sterchamol,
Isolierung 65 mm Kieselgur.

Das Resultat der Untersuchung ist in Fig. 3, Kurve I, wiedergegeben. Wie aus der Kurve ersichtlich, dauert es ca. 400 Stunden, bis eine Stabtem-

peratur von 1400° C erreicht ist. Bei konstantem Widerstand (= Kaltwiderstand) des Stabes würde die Stabtemperatur mit der Zeit nach Kurve II, Fig. 3, ansteigen.

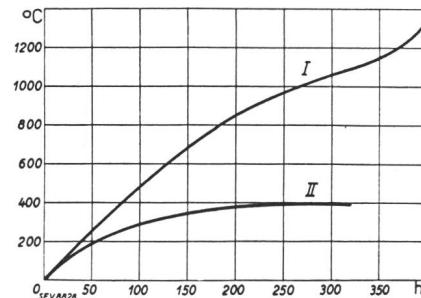


Fig. 3.
Temperaturzunahme in Funktion der Zeit.

Zusammenfassend geht aus dem obigen hervor, dass die Gefahr eines Durchgehens, d. h. einer unbeschränkten Temperatursteigerung infolge des mit der Temperatur abnehmenden Widerstandes bei siliziumkarbidhaltigem Heizleiter unter normalen Betriebsbedingungen nicht besonders gross ist. Bei in einem Ofen eingebauten Stäben mit einer sehr ungünstigen Widerstandscharakteristik besteht aber, z. B. beim Anlegen einer Spannung, welche nach Kaltwiderstand gerechnet eine vollständig ungefährliche Leistungsaufnahme des Stabes ergeben würde, die Möglichkeit, dass der Stab nach langerer Zeit in der Temperatur durchgeht. Bei Stäben an freier Luft ist die Gefahr dafür geringer, weil die Leistungsabgabe in diesem Falle mit einer höheren Potenz der Temperatur vor sich geht.

Neuzeitliche Ladestationen für Elektro-Fahrzeuge.

Von G. F. Ruegg, Sissach.

621.356

Nach einem kurzen Ausblick über die vermehrte Verwendung von Elektrofahrzeugen im Nahverkehr wird der heutige Stand der Entwicklung von Ladestationen mit Selengleichrichtern gezeigt. Vor allem wird auf die Wichtigkeit der Anpassung des Laderegimes an den jeweiligen Batterietyp hingewiesen und es werden die hierfür zweckmässigen Schaltungen dargelegt. Anhand eines Betriebsdiagrammes wird der Energiewirkungsgrad einer Ladeperiode angegeben. Zum Schluss wird der konstruktive Aufbau von Normal- und Spezialladestationen beschrieben.

In den letzten Vorkriegsjahren haben sich verschiedene Unternehmer und Betriebe dank einsichtiger Unterstützung durch unsere Elektrizitätswerke zur Anschaffung neuzeitlicher Elektrofahrzeuge entschlossen, so dass heute, zur Zeit der allgemeinen Brennstoffverknappung, in der Schweiz über tausend Elektrofahrzeuge im Nahverkehr Verwendung finden. Seither hat eine stürmische Nachfrage nach Elektrofahrzeugen aller Art eingesetzt. Allein im Nahverkehr könnten nach Meinung der Fachleute durch Milchhändler, Bäckereien, Geschäftshäuser, Fabrikbetriebe, Postbehörden, öffentliche Verwaltungen, Kehrichtabfuhrämter usw. 6000 bis 8000 Elektrofahrzeuge vom leichten, flinken Karren bis zum schweren 5-t-Lastwagen eingesetzt

Après un bref aperçu du développement des véhicules électriques utilisés pour les transports à courte distance, l'auteur fait le point de l'état actuel du développement des postes de charge à redresseur au sélénium. Il insiste en particulier sur l'importance d'une adaptation du régime de la charge au type de batterie et indique les couplages les mieux appropriés. Un diagramme d'exploitation renseigne sur le rendement d'une période de charge. L'article se termine par une description de la construction de postes normaux et spéciaux.

werden. Dabei ist, wie man weiss, stets zu untersuchen, ob die Betriebsbedingungen auf die Eigenschaften der Akkumulatorenfahrzeuge passen.

Die schweizerischen Elektrofahrzeug-Fabriken haben schon seit Jahren Spezialfahrzeuge aller Art, z. B. Elektroschlepper, Lieferwagen, Tankwagen, Kippwagen, Niederplattform-Stapelwagen, Hubwagen, Kranwagen, Strassenreinigungswagen usw. entwickelt, so dass die heutige grosse Nachfrage unserer Industrie nicht unvorbereitet vorfindet (Fig. 1 und Fig. 7).

Parallel mit der Entwicklung neuzeitlicher Elektro-Fahrzeuge verlief diejenige der Ladestationen. Die vorschriftsmässige Ladung und die periodische Wartung der Akkumulatorenbatterie des Elektro-

karren sind von ausschlaggebender Bedeutung für die Lebensdauer der Batterie im speziellen und den zuverlässigen Elektrofahrbetrieb im allgemeinen.

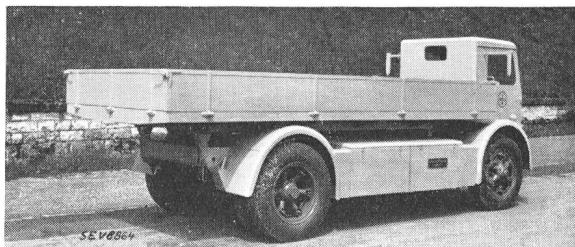


Fig. 1.
Schwerer Elektro-Lastwagen.

Fabrikat Schweiz. Industriegesellschaft Neuhausen.
Aktionsradius 60 ... 80 km, max. Geschwindigkeit 39 km/h,
Nutzlast 4000 kg, Leergewicht 6000 kg.

In dieser Erkenntnis werden heute an eine neuzeitliche Ladestation folgende Bedingungen gestellt:

1. Die Ladecharakteristik (Hauptladung, Nachladung und Ausgleichsladung) hat sich selbsttätig an das von der Akkumulatorenfabrik vorgeschriebene Laderegime anzupassen.
2. Ein Ueberladen der Batterie muss unbedingt verhindert werden. Nach der vollständigen Aufladung der Batterie muss diese von der Ladestation selbsttätig abgeschaltet werden.
3. Das selbsttätige Einschalten der Ladestation ist bei Verrechnungen mehrerer Elektrizitätstarife erwünscht. So soll die Ladestation zur Niedertarifzeit eingeschaltet und zur Hochtarifzeit gesperrt werden.
4. Um einen möglichst billigen Fahrbetrieb sicherzustellen, muss die Ladestation mit einem guten Wirkungsgrad, d. h. geringen Verlusten arbeiten.
5. Die Ladestation soll einfach montiert und angeschlossen werden können, wenig Grundfläche beanspruchen und leicht transportabel sein (keine Fundamente), damit diese bei einem neugewählten Standort des Elektrofahrzeuges ohne weiteres angeschlossen werden kann.
6. Die Ladestation soll möglichst einfach durch Nichtfachleute bedient werden können und keine Wartungs-, Unterhalts- und Reparaturkosten verursachen.
7. Die Ladestation muss geräuschlos arbeiten, da diese sehr oft im Erdgeschoss von Wohnhäusern zur Aufstellung gelangen.

Während früher ganz allgemein die Umformergruppe in Ladestationen Verwendung fand, hat sich hier der Trockengleichrichter ein neues Anwendungsgebiet erobert und behauptet.

Im nachfolgenden wird auf verschiedene Gesichtspunkte, welche bei der Projektierung und Konstruktion von Ladestationen¹⁾ für Elektrofahrzeuge massgebend sind, näher eingegangen.

A. Ladecharakteristik.

In Elektrofahrzeugen gelangen heute je nach Art des Fahrbetriebes Bleibatterien mit Panzerplatten, Grossoberflächenplatten oder Gitterplatten, oder auch Eisen-Nickel- oder Cadmium-Nickel-Batterien zum Einbau. Jeder dieser Batterietypen verlangt eine genaue Anpassung des Ladestromes an den jeweiligen Ladezustand der Batterie. Im Laderegime unterscheidet man die Hauptladung vom Beginn der Ladung bis zur Gasentwicklung in den Zellen, die Nachladung von der Gasentwicklung bis zur beendigten Ladung und die Ausgleichs-

ladung, welche bei Bleibatterien in Abständen von ca. 8 bis 14 Tagen mit reduziertem Strom durchgeführt wird. In Fig. 2 ist der Verlauf der Ladecharakteristik für die erwähnten Batterietypen generell dargestellt. Aus diesen Kurven ist ersichtlich, dass die Ni-Fe- und Cadmium-Nickel-Batterien annähernd mit konstantem Strom geladen werden und Nachladung sowie Ausgleichsladung wegfallen. Diese Batterietypen sind gegen Ueber- und Unterladungen praktisch unempfindlich. Wesentlich grössere Sorgfalt ist den Bleiakkumulatoren zu schenken. Die Panzerplattenbatterie ist mit stark abfallendem Strom zu laden, um zu vermeiden, dass sich die einzelnen Zellen durch den Ladeprozess zu stark erwärmen und thermisch Schaden leiden. Nach der Gasentwicklung ist der Ladestrom sprunghaft zu reduzieren. Im Gegensatz hierzu sind Gitterplatten und Grossoberflächenplatten mit noch

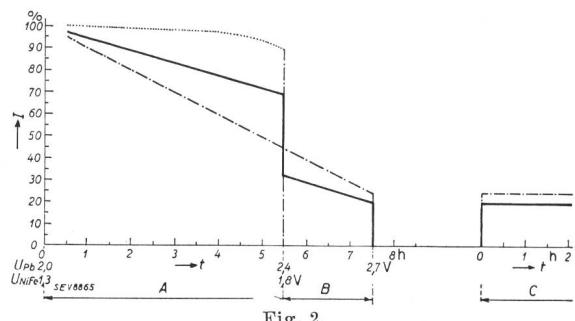


Fig. 2.
Genereller Verlauf der Ladecharakteristiken.
(Ladestrom I in % in Funktion der Ladezeit t in Stunden.)
— Nickel-Eisen und Cadmium-Nickelbatterie.
— Bleibatterie mit Panzerplatten.
- - - Bleibatterie mit Grossoberflächen- oder Gitterplatten.
 U_{Pb} Volt pro Bleizelle. U_{NiFe} Volt pro NiFe-Zelle. A Hauptladung. B Nachladung. C Wöchentliche Ausgleichsladung.

starker abfallenden Strömen zu laden; für die Nachladung selbst muss aber der Ladestrom nicht sprunghaft reduziert werden. Mit den Bleibatterien ist wöchentlich nach beendigter Ladung eine Ausgleichsladung von 1..6 Stunden vorzunehmen.

Die Betriebsvorschriften geben jeweils Auskunft über das genau einzuhaltende Laderegime eines Batterietyps.

B. Schaltanordnung für selbsttätiges Laden.

Da der Selengleichrichter einen relativ hohen inneren ohmschen Widerstand hat und sich zu diesem noch der ohmsche und induktive Widerstand des Gleichrichtertransformators addiert, so fällt die Klemmenspannung des Gleichrichters bei Widerstandsbelastung zwischen Leerlauf und Vollast um ca. 30 %. Bei Batterieladung wirkt aber der Klemmenspannung des Gleichrichters die Spannung des Akkumulators entgegen, und zwar in dem Sinne, dass zu Beginn der Ladung bei 2,05 V Zellenspannung der Strom relativ gross ist, sich aber mit steigender Batteriespannung bis 2,7 V Zellenspannung stetig reduziert. Das Laderegime hat also ähnlichen Verlauf wie die gewünschte Ladecharakteristik. Wird der Spannungsabfall im Gleichrichter zwischen Leerlauf und Vollast vergrössert, so erhält

¹⁾ Fabrikat Rauscher & Stoecklin A.-G., Sissach.

man eine flachere Ladecharakteristik. Durch entsprechende Bemessung der ohmschen und induktiven Widerstände im Gleichrichter kann also jede gewünschte Ladecharakteristik nach Fig. 2 erhalten werden.

Da aber eine Anpassung an die Ladecharakteristik durch Erhöhung der ohmschen Widerstände im Gleichstromkreis mit Effekt-Verlusten verbunden ist, so muss diese vornehmlich durch Änderung des induktiven Widerstandes im Gleichrichter-Transformator gesucht werden. Ein einfaches Mittel dazu bildet die Wicklungsanordnung mit getrennt nebeneinander liegenden Primär- und Sekundärspulen des Gleichrichtertransformators.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass sich das Laderegime des Gleichrichters für die Zeit der Hauptladung ohne weiteres an eine beliebige Ladecharakteristik nach Fig. 2 anpassen lässt. Für die Nachladung hingegen, mit sprunghaft reduziertem Nachladestrom, muss ein Ballastwiderstand in den Gleichstromkreis eingeschaltet werden, welcher während der Hauptladung durch einen Schützen überbrückt wird. Auch für die Ausgleichsladung muss ein an den Ausgleichs-Ladestrom angepasster Ballastwiderstand eingebaut werden, welcher durch einen Handschalter im Normalbetrieb überbrückt bleibt.

Wird eine Regulierung des Ladestromes z. B. für Anfangs-Ladestromstärken von 40, 30, 20 A unter Innehaltung der Ladecharakteristik gewünscht, so kann diese durch einfache Primäranzapfungen am Gleichrichtertransformator mit einem Stufenschalter erhalten werden.

Aus der Forderung, dass das vorschriftsmässige Laden der Elektrofahrzeuge mit ähnlichen Manipulationen wie das Benzinfassen des Motorfahrzeugs an der Tanksäule erfolgen soll, wurden folgende selbsttätig wirkende Ladesysteme durchgebildet:

a) Ladeautomat für Einstellung der Gesamtladezeit.

Der Ladeautomat hat ein nach aussen sichtbares Zifferblatt mit den Tagesstunden von 0 bis 24 Uhr. Vier von aussen zu betätigende Drehknöpfe dienen der Einstellung von Beginn und Ende der Ladung für ein oder zwei Ladeperioden (über Mittag und in der Nacht). Die eingestellte Ladezeit wird nach aussen durch rote Ringe sichtbar. Im allgemeinen bleibt der Ladebeginn für jeden Tag unverändert, so dass nur das Ende der Ladezeit mit einem Drehknopf, entsprechend der gefahrenen Kilometertagesleistung, eingestellt werden muss. Stehen bestimmte Tagesstunden zufolge Hochtarifes für die Ladung nicht zur Verfügung, so kann der Ladeautomat ihnen durch das Elektrizitätswerk gesperrt und das Gehäuse plombiert werden. Die roten Ringe können alsdann von aussen nur innerhalb der Niedertarifezeiten verstellen werden.

In Fig. 3 ist das Schema dieser Ladestation dargestellt. Der Ladevorgang spielt sich folgendermassen vollständig selbsttätig ab: Die gewünschte Gesamt-Ladezeit wird am Automat (2) eingestellt und der Gleichstromstecker am Elektrokarren angeschlossen. Durch das Blockierungsrelais (15) wird verhindert, dass beim Einführen des Gleichstromsteckers der Gleichrichter bereits Leistung abgeben kann, da der Strom zu Funken- und Brandperlenbildung am Stecker Anlass geben würde. Sobald die Zellenspannung von 2,4 V erreicht ist und die Batterie zu gasen beginnt, wird durch das Umschaltrelais (13) der Ueberbrückungsschütz (9) zum Ballastwiderstand (10) geöffnet und die Nachladung beginnt mit dem vorschriftsgemäss reduzierten Ladestrom. Nach Ab-

lauf der Gesamtladezeit wird der Gleichrichter wechselstromseitig abgeschaltet. In diesem Moment prüft ein Spannungsrelais (14) die Batteriespannung. Liegt diese über 2,4 V pro Zelle, so wird der Steuerstromkreis des Wechselstromschützen unterbrochen und ein Wiedereinschalten des Gleichrichters zu Beginn der nächsten Ladezeit bleibt verriegelt. Dieses

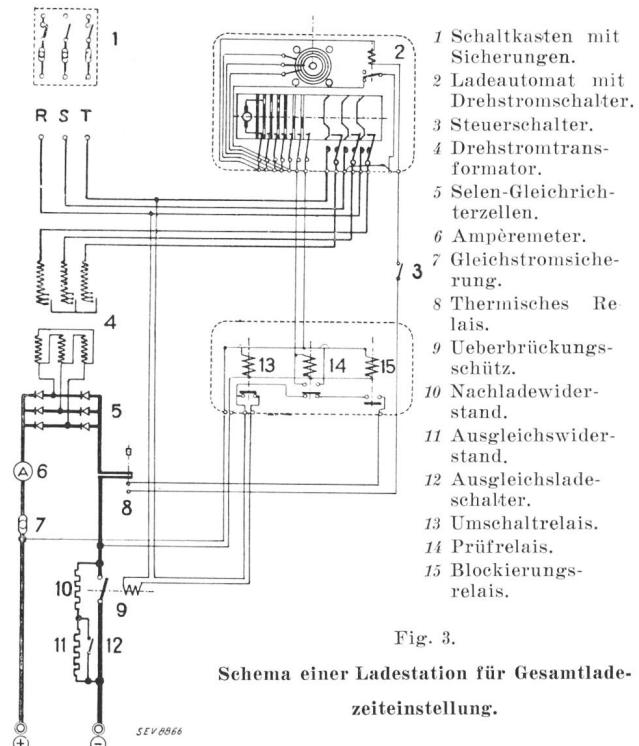


Fig. 3.

Schema einer Ladestation für Gesamtladezeitinstellung.

Relais verhindert also ein Ueberladen der Batterie, falls das Fahrzeug zwischen den eingestellten Ladezeiten nicht benutzt wird, z. B. über Sonntage und Feiertage.

Die Einleitung und Ueberwachung der Ausgleichsladung erfolgt durch den Handschalter (12) in Abständen von 8 bis 14 Tagen.

Für die Ladung von Gitterplatten, Grossoberflächenplatten und Eisen-Nickelbatterien fällt das Relais (13) sowie die Nachladevorrichtung weg.

b) Ladeautomat für Einstellung der Nachladezeit.

Der Ladeautomat trägt auf seinem Deckel ein Zifferblatt für einstellbare Nachladezeiten von $\frac{1}{2}$ bis 6 Stunden. Durch Drehen des Zeigers auf die jeweilige Nachladezeit wird die Ladestation gleichzeitig auch in Betrieb gesetzt. Nach Ablauf der Hauptladung beginnt sich der Zeiger selbsttätig zurückzudrehen, um mit beendigter Nachladung die Nullstellung zu erreichen und die Ladung zu unterbrechen. Eine normale Schaltuhr sorgt für das Einschalten des Gleichrichters auf die gewollte Zeit und unterbricht die Ladung, falls sich diese aus irgendeinem Grunde in die Hochtarifzeit ausdehnen sollte.

Fig. 4 zeigt das Schema der Ladestation. Der Ladevorgang wickelt sich folgendermassen ab: Zuerst wird der Gleichstromstecker am Elektrokarren angeschlossen. Dadurch erhält das Blockierungsrelais (12) Spannung und schliesst den Steuerstromkreis zum Wechselstromschütz (2). Die Einschaltung des Gleichrichters kann entweder automatisch durch die Schaltuhr oder durch Handeinstellung am Ladeautomat (13) erfolgen. (In Fig. 4 ist automatischer Betrieb angenommen.) Der Ladeautomat wird mit dem Zeiger auf die gewünschte Nachladezeit eingestellt.

Mit fortschreitender Ladung wird die Batteriespannung langsam steigen, bis eine Zellenspannung von 2,4 V erreicht ist und die Batterie zu gasen beginnt. In diesem Moment wird nun der Ueberbrückungsschütz (8) zum Nachladewiderstand (9) geöffnet und damit die Nachladung eingeleitet; gleichzeitig wird der Lauf der Uhr im Ladeautomat freigegeben. Nach Ablauf der eingestellten Nachladezeit wird der

Gleichrichter wechselstromseitig abgeschaltet und ein Wiedereinschalten des Gleichrichters durch die Schaltuhr ist unmöglich. Erst nachdem abermals der Zeiger am Ladeautomat auf die gewünschte Nachladzeit gestellt wird, kann eine neue Ladung eingeleitet werden.

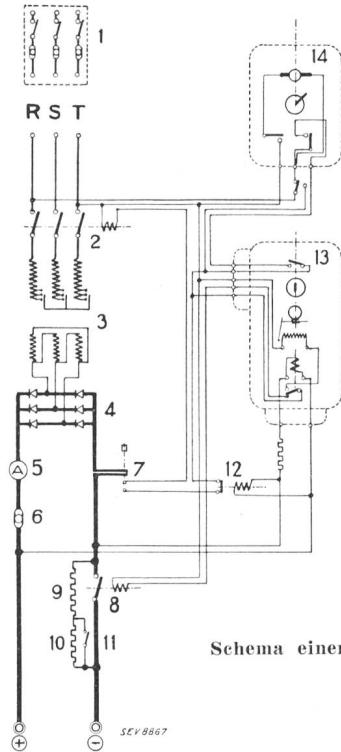


Fig. 4.
Schema einer Ladestation für Nachladezeiteinstellung.

Auch bei diesem Ladeautomat erfolgen die periodischen Ausgleichsladungen durch Bedienung des Handschalters (11). Für die Ladung von Gitterplatten und Eisen-Nickelbatterien fällt die Nachladevorrichtung (13) weg.

C. Betriebsverhalten der Ladestation.

Bei Abnahmever suchen einer Ladestation für Anschluss einer Panzerplattenbatterie von 200 Ah mit 20 Bleizellen, maximaler Anfangsladestrom 38 A, fallend auf 25 A bei Gasentwicklung und einem Nachladestrom von 12 A, wurde das Verhalten des Selengleichrichters genau untersucht, wobei die in Fig. 5 und 6 dargestellten Kurven aufgenommen wurden.

In Fig. 5 sind zunächst Leistungsfaktor und Wirkungsgrad des untersuchten Gleichrichters in Funktion des Ladestromes dargestellt. Bemerkenswert ist der hohe Leistungs-

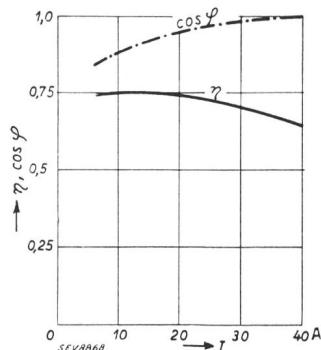


Fig. 5.
Verlauf von Wirkungsgrad und Leistungsfaktor $\cos \varphi$ in Funktion des Ladestromes I einer Batterie von 20 Pb-Zellen.

faktor des Drehstrombezuges, welcher wesentlich höher liegt als derjenige einer Umformergruppe. Der Wirkungsgrad erreicht bei Halblast den Höchstwert von $\eta = 75\%$.

In Fig. 6 ist der Verlauf des Ladestromes, welcher mit einem Registratormeter aufgeschrieben wurde, ersichtlich. Im Einschaltmoment hat die Batterie zunächst noch ihre Ruhespannung von $20 \times 2,05 \text{ V} = 41 \text{ V}$. Sofort steigt

aber die Batteriespannung und führt damit zu einer unmittelbaren Senkung des Ladestromes. Die Selenplatten im Gleichrichter erwärmen sich nun langsam auf $40 \dots 60^\circ$ Betriebstemperatur, welche eine Verminderung des inneren Widerstandes im Gleichstromkreis bewirkt und umgekehrt wieder

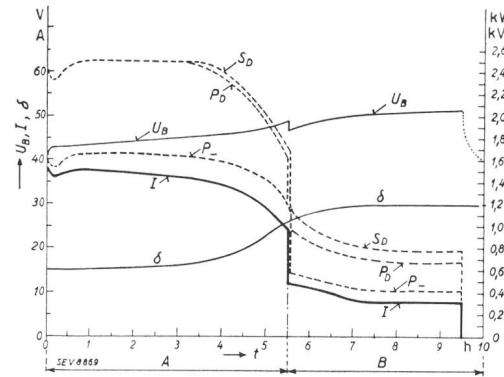


Fig. 6.

Betriebsdiagramme einer Ladeperiode von einer Panzerplattenbatterie, 20 Pb-Zellen, max. Strom 38 A, Kapazität 200 Ah.

- I Ladestrom in A.
- U_B Ladespannung und Batteriespannung in V.
- δ Säuredichte in den Zellen.
- P_D Drehstrom-Ladeleistung in kW.
- P_D Drehstrom-Wirkleistung in kW.
- S_D Drehstrom-Scheinleistung in kVA.

A Hauptladung: 192 Ah.
B Nachladung: 36 Ah.

zu einer Erhöhung des Ladestromes führt. (Siehe bekannte Stromsenke nach der ersten Viertelstunde nach Ladebeginn in Fig. 6).

Mit fortschreitender Ladung steigt die Säuredichte δ und die Batteriespannung bis $20 \times 2,4 \text{ V} = 48 \text{ V}$ und der Ladestrom fällt, bis der Ballastwiderstand für die Nachladung durch den Ladeautomaten eingeschaltet wird. Die plötzliche Ladestromreduktion hat ein schwaches Fallen der Batteriespannung um ca. 1,5 V zur Folge; aber sofort beginnt diese von neuem zu steigen, um zuletzt die Endspannung von $20 \times 2,6 = 52 \text{ V}$ zu erreichen. Nach der Abschaltung des Gleichrichters fällt die Batteriespannung auf die Ruhespannung der Batterie, also auf $20 \times 2,05 = 41 \text{ V}$, zurück.

In der Graphik ist ferner der Verlauf der aufgenommenen Drehstrom-Schein- und -Wirk-Leistung sowie der Gleichstrom-Ladeleistung ersichtlich. Aus diesen lässt sich der Verlauf des Wirkungsgrades des Gleichrichters und der Ladestation unter Berücksichtigung der Verluste im Ballastwiderstand bestimmen.

Die Auswertung dieser Kurven ergibt folgenden Energiewirkungsgrad für eine Ladeperiode:

Tabelle I.

	Hauptladung 5 h 30 min	Nachladung 4 h	Gesamtladung 9 h 30 min
Aufgenommene Drehstrom-Wirkenergie A_D	13,00 kWh	3,00 kWh	16,00 kWh
Abgegebene Lade-Gleichstrom-Energie A_L	8,54 kWh	1,84 kWh	10,38 kWh
Energiewirkungsgrad			
$\eta_e = \frac{A_L}{A_D}$	65,6 %	61,4 %	64,8 %
Ampèrestunden . . .	192 Ah	36 Ah	228 Ah

Der Energiewirkungsgrad einer Ladeperiode, welcher für die Beurteilung der Gesamtverluste massgebend ist, erreicht also beim Selengleichrichter den hohen Wert von 64,8 %.

Der Energiewirkungsgrad kann aber noch mehr verbessert werden, indem bei grösseren Ladestationen statt dem Nachladewiderstand Anzapfungen am Gleichrichtertransformator vorgesehen werden, welche die Sekundärspannung am Selen-elementensatz im Nachladebetrieb reduzieren.

D. Konstruktiver Aufbau der Ladestation.

An und für sich ist der konstruktive Aufbau der Ladestation denkbar einfach. Im Gehäuse werden die Selenelemente, der Gleichrichtertransformator und die Schaltapparate untergebracht; auf der Gehäusevorderseite sind Ladeautomat, Sicherungen und die Messinstrumente übersichtlich anzutragen. Die grösste Aufmerksamkeit ist dem Kühlproblem der Selenelemente zu schenken, da diese eine Temperatur von 70° nicht überschreiten dürfen und ihre Gleichrichterwirkung abbrechen würden. Die Selenelemente sind daher schachbrettartig im Gehäuse unterzubringen und die grösseren wärmeabgebenden Apparate (z. B. Ballastwiderstände usw.) oben anzutragen. Um einer thermischen Ueberlastung der Selenelemente vorzubeugen, ist im Gleichstromkreis ein thermisches Relais gleicher Wärmecharakteristik wie jene der Selenplatten einzubauen.

Für Elektrokarrenladung haben sich Ladestationen in Standgehäusen am besten bewährt, da diese eine einfache Montage und gute Ventilation zufolge Kaminwirkung der aufsteigenden Wärme ergeben. Außerdem wird das Eindringen von säurehaltiger Luft in das Gehäuse praktisch unmöglich.



Fig. 7.

Leichter Elektro-Lieferungswagen.

Fabrikat Eisen- und Stahlwerke Oehler & Co. A.-G., Aarau. Aktionsradius 50 ... 60 km, max. Geschwindigkeit 20 ... 25 km/h, Tragkraft 800 kg, Totalgewicht des Fahrzeugs 1800 kg, angeschlossen an R & S Ladestation mit Gesamtladezeit-Einstellung.

Die Aufstellung der Ladestation kann in jedem garageähnlichen Raum erfolgen; dabei ist aber darauf zu achten, dass die Umgebungstemperatur nicht über 30° steigt und eine gewisse natürliche Luftzirkulation im Gehäuseinnern gewährleistet bleibt. Befinden sich am Aufstellungsort betriebsmäßig aggressive chemische Dämpfe, so werden die Selenplatten durch einen Schutzüberzug (Tropenausführung) einer solchen Einwirkung entzogen. Ebenso muss dieser Schutzüberzug bei Aufstellung des Gleichrichters in feuchten Räumen vorgesehen werden.

Wird die Ladestation im Freien oder in schlecht geschützten Räumen aufgestellt, so hat diese im Winter bei Temperaturen von -10 bis -30° zu arbeiten. Die tiefen Temperaturen bewirken einerseits eine Erhöhung des Widerstandes im Elektrolyten der Batterie und anderseits eine solche im Selenelement. Beide Einflüsse führen zu einer Reduktion des Ladestromes bis zu 20 %. Um trotzdem den vollen Ladestrom der Batterie zuführen zu können, kann bei solchen Ladestationen ein «Winterschalter» eingebaut werden, welcher eine erhöhte Wechselspannung an die Klemmen der Selenelemente bringt. Dies ist vor allem dort wichtig, wo das energieliefernde Elektrizitätswerk keine Verlängerung der Ladezeit zulässt.

Fig. 7 zeigt die Normalausführung von Ladestationen für Einstellung der Gesamtladezeit; ähnlich ist die für Einstellung der Nachladezeit.

Neben diesen Normalausführungen werden aber auch verschiedene Spezialausführungen verlangt. In Betrieben mit mehreren Elektrofahrzeugen können Ladestationen eingespart

werden, indem die einzelnen Fahrzeuge nacheinander aufgeladen werden. Sobald die Ladung des ersten Fahrzeuges beendigt ist, wird der Ladestromkreis des zweiten Fahrzeugs selbsttätig eingeschaltet. Auf diese Art lassen sich beliebig viele Fahrzeuge nacheinander aufladen, selbst dann, wenn sie verschiedene Batterietypen (d. h. Akkumulatorenbatterien mit

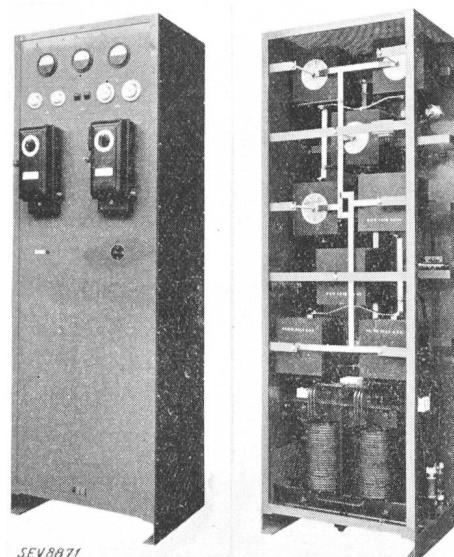


Fig. 8.

Vorder- und Rückansicht einer automatischen Ladestation für die Nacheinander-Aufladung von zwei Grossoberflächenbatterien mit 20 Pb-Zellen, 188 Ah, mit einem max. Ladestrom von 40 A, Netzspannung 235 V. Einphasenwechselstrom 16 2/3 Hz, Anschlusswert 4,5 kVA.

verschiedenen Zellenzahlen, Ladesträumen und Kapazitäten) tragen. Die Ladestation ist alsdann auf die maximale Ladeleistung zu dimensionieren; die Selenelemente müssen gegebenenfalls in den einzelnen Ladeperioden je nach Batterieart in Serie- oder Parallelschaltung arbeiten.

Fig. 8 zeigt eine solche Ladestation für Einphasen-Netzanschluss 16 2/3 Hz (Bahnnetz). Auf der Vorderseite sind

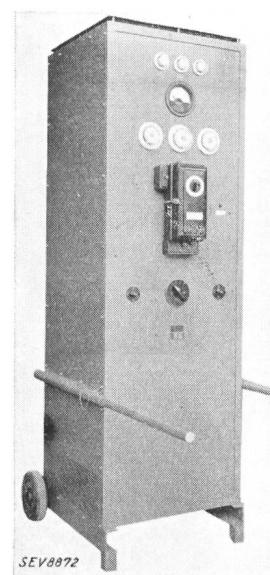


Fig. 9.

Fahrbare automatische Ladestation für die wahlweise Aufladung von drei Gitterplattenspannungs-

batterien.

20 Pb-Zellen; max. Strom 50 A.
20 Pb-Zellen; max. Strom 40 A.
40 Pb-Zellen; max. Strom 75 A.
Netzspannung 380 V, 50 Hz,
Anschlusswert 10,6 kVA.

die beiden Ladeautomaten für Einstellung der Nachladezeit sowie die Messinstrumente und Sicherungen ersichtlich; auf der Rückseite ist der konstruktive Aufbau des Gleichrichters mit der schachbrettartigen Anordnung der Selenelemente erkennbar.

Bei grossen Betrieben kommt es vor, dass die Ladestationen aus betrieblichen Gründen periodisch oder saisonweise an verschiedenen Standorten eingesetzt werden müssen. Hierfür wurden fahrbare Ladestationen entwickelt. Fig. 9 zeigt eine solche Ladestation, welche der wahlweisen Ladung von drei Batterietypen dient. Die Ladestation kann auch ohne weiteres für mehrere Netzanschluss-Spannungen gebaut werden, so dass diese jederzeit im Schwerpunkt des jeweiligen Aktionsradius des Elektrofahrzeugs eingesetzt werden kann und mit diesem beweglich bleibt.

Wenn auch die heutigen Zeitverhältnisse dem Elektrofahrzeug neue Anwendungsbiete im Nahverkehr gewaltsam erschliessen, so ist doch zu hoffen, dass das Elektrofahrzeug dank der gemeinsamen Anstrengung von Industrie und Wirtschaft seine Existenz behaupten und auch im friedlichen Wettstreit im Transportgewerbe sich erweitern möge.

Die Feuerverzinkung und deren Prüfung.

Von H. Hofer, Zug.

669.58

Das Zink weist bekanntlich eine grosse Widerstandsfähigkeit auf gegen die Angriffe der Atmosphärierien. Diese vermögen Zink wohl anzugreifen, rufen aber nur eine gleichmässige interkristallinische Korrosion hervor, die bald zum Stillstand kommt, indem sich eine dichte, graue Schutzhaut aus basisch-kohlensaurer Zink bildet. Diese Korrosions-Schutzhaut macht für Zink jeden weiteren Oberflächenschutz durch Anstriche usw. überflüssig, er ist außerordentlich widerstandsfähig und es sind in Industriezentren bis 50 Jahre Haltbarkeit festgestellt worden, oder Abnutzungen von 0,0325 mm innerhalb 10 Jahren.

Wo aus ästhetischen Gründen, oder z. B. gegen Angriffe leichter Säuren eine Färbung oder ein erweiterter Oberflächenschutz angebracht wird, ist vorher eine gute Entfettung nötig, und es empfiehlt sich, wo dies ohne weiteres zu machen ist, die Bildung der natürlichen Schutzhaut aus basischem Zink abzuwarten, denn diese ist leicht rauh und bildet einen vorzüglichen Haftgrund für jeglichen weiteren Anstrich. Damit ist auch die Gefahr chemischer Reaktion durch Farben mit leicht saurem Charakter ausgeschlossen. Künstlich kann dieser Untergrund geschaffen werden durch Anstreichen mit einer sauren Toluol-Alkohol-Mischung oder mit den Präparaten «Granodine», «Lithoform» usw., welche eine matte, leicht aufgerauhte Oberflächenschicht von Zinkphosphat bilden. Als Anstrichfarben kommen denen, die Pigmente von basischem Charakter aufweisen, besondere Bedeutung zu, doch ist auch Mennig gut, wenn die Oberflächenschicht zuvor gebildet ist, so dass sich keine Lokalelemente bilden können. Zementmilch, Farben mit Metallstaub aus Zink-Zinkweiss-Aluminium sind ebenfalls mit Vorteil angewandt worden, wo es sich z. B. um den Schutz gegen Salzwasser handelt. Im Zusammenhang damit müssen auch die Anstriche mit Teerfarben, Igol usw. erwähnt werden; die Wahl muss von Fall zu Fall den Verhältnissen entsprechend erfolgen, doch immer ist die Vorbehandlung bedingt, da kein Anstrich auf der glatten Zinkfläche einwandfrei haftet.

Bei der Beantwortung der Frage, für welche Fälle sich die Feuerverzinkung eignet, kann auf die langjährigen Erfahrungen hingewiesen werden, die auf allen Gebieten vorliegen, denn als Rostschutz bzw. Oberflächenveredlung wird die Feuerverzinkung seit über 100 Jahren industriell ausgeführt. Verzinkte Tragwerke elektrischer Anlagen dürfen in der Schweiz demnächst ihr 50jähriges Bestehen feiern und bei den Bundesbahnen ihr 25jähriges. Dazwischen liegt eine kraftvolle Entwicklung der schweizerischen Verzinkungsindustrie, die technisch absolut auf der Höhe der Zeit steht. Für die Elektrizitätswerke ist sie mit einem Anschlusswerte von ca. 2000 kW ein Energiekonsument für einige Millionen kWh Tages-, Nacht- und Sonntagsenergie. Die automatische Regulierung der Ofenheizung sichert dem schmelzflüssigen Zinkbad diejenige metallurgische Kondition, welche für die Erzielung eines homogenen und reinen Zinküberzuges bedingt ist. Damit wird diese Industrie immer mehr zu einem wichtigen Faktor der schweizerischen Volkswirtschaft, denn durch die qualitative Vergütung des Zinküberzuges ist es möglich, die Lebensdauer von Eisenkonstruktionen um Jahre zu verlängern und dadurch Millionen von Franken einzusparen. Wenn die Verzinkung der Rohrleitungen unserer Kraftwerke sowie der Wehranlagen usw. noch nicht allgemein angewandt wird, so ist dies bestimmt eine Frage der Zeit, denn diesbezügliche Studien neuesten Datums lassen diese Anwendung weder als abwegig noch als unausführbar erkennen. Im Zusammenhang damit wurden wertvolle Vor-

studien gemacht über die Zusammensetzung der Zinkschicht, deren Haft- und Zugfestigkeit sowie Wärme- und elektrische Leitfähigkeit. Ferner wurde der Einfluss auf verschiedene Eisen- und Stahlarten untersucht, der unter Normalkonditionen von 460 ... 480°C und Tauchzeiten von $\frac{1}{2}$ bis 15 Minuten sich ergab sowie der Unterschied im Verhalten von kalt und warm verformtem Material, wie auch zwischen einzelnen Gussarten. Die Ergebnisse sind in einer interessanten Versuchsreihe zusammengestellt und diese bildet, zusammen mit neuen Erkenntnissen in konstruktiver Hinsicht, für den Konstrukteur wertvolle Grundlagen bei der Wahl des Materials und Formgebung¹⁾.

Über die Beurteilung und Prüfung des Zinküberzuges bestehen verschiedene Methoden, die sowohl qualitativ die Reinheit der Zinkschicht als auch quantitativ deren Stärke erfassen und über die mechanischen Konditionen, Haftbarkeit, Homogenität und Biegksamkeit Aufschluss geben. Die alte OTD und Reichspostvorschrift lautet für Draht:

Der Eisendraht muss im Feuer verzinkt sein. Elektrolytisch verzinkte Drähte werden nicht angenommen. Der Zinküberzug muss den Draht überall gleichmäßig und zusammenhängend bedecken. Er darf weder abblättern, noch Risse bekommen, wenn der Draht in eng aneinanderliegenden Spiralfwindungen auf einem Zylinder vom Zehnfachen des Drahdurchmessers aufgewickelt wird. Die Zinkschicht soll im übrigen so beschaffen sein, dass der Draht mindestens 6 Eintauchungen von je einer Minute Dauer in einer frischen Lösung von 1 Gewichtsteil Kupfervitriolkristall und 5 Gewichtsteilen Wasser aushält, ohne dass sich ein dauernder rötlicher Niederschlag von metallischem Kupfer konstatieren lässt. Nach jeder Eintauchung wird der Draht in klarem Wasser abgespült und mit Loschpapier oder mit einem weichen Tuchlappen abgewischt. Nach der sechsten Eintauchung und Waschung darf der Draht keine zusammenhängende Kupferhaft aufweisen. Die allfällig vorhandenen Kupferniederschläge müssen sich leicht abstreifen lassen.»

Diese aus den achtziger Jahren stammende Vorschrift hat Bezug auf die damals allgemein verwendeten verzinkten Telephondrähte. Sie ist durch allerhand Varianten von Fall zu Fall neu redigiert oder verschärft worden und lautet heute im allgemeinen so, dass die *chemische Prüfung* eine 8malige Tauchung von je 1 Minute Dauer in einer Kupfersulfatlösung von spez. Gewicht 1,105 bei 18 ... 24°C vorsieht. Die gleiche Lösung darf höchstens für 4 Tauchungen verwendet werden; sie soll nach Neutralisierung mit chemisch reinem Kupferoxyd (CuO) und filtrieren eine klare, dunkelblaue Flüssigkeit bilden. Die Muster sind in einem gläsernen oder irdenen Gefäß zu prüfen, das mindestens 3 Liter für jeden Quadratdezimeter eingetauchter Oberfläche enthält, d. h. pro Liter Lösung darf die Eintauchoberfläche höchstens 35 cm² betragen. Schmutzige Muster sind vor der Prüfung mit Benzin zu reinigen, im laufenden Wasser zu spülen und nass in die Prüfflüssigkeit zu tauchen. Nach jeder Tauchung ist wieder in reinem Wasser zu spülen, auf Fehler zu prüfen und für die nächste Tauchung zu reinigen. Die Prüfmuster sollen nach der ersten Tauchung einen gleichmäßig dunkelbraunen Niederschlag aufweisen. Bleiben Stellen unbedeckt, so sind diese mit Benzin und Wasser zu reinigen und ein zweites Mal zu tauchen. Bedecken sich nun diese Stellen, so ist die 8malige Tauchung durchzuführen; falls sie sich nicht bedecken, ist ein frisches Muster vorzubereiten, während 15 Sekunden in einer Salzsäurelösung (spez. Gewicht 1,05 = 10%ig) zu tauchen, zu spülen und in neuer Kupfer-

¹⁾ Ueber die Eigenschaften der Feuerverzinkung ist in der Schweiz. Schlosser-Z. 1939, Nr. 23, eingehend berichtet. (Sonderdruck erhältlich beim Sekretariat des Verbandes der Schweiz. Verzink-Ind., Weinplatz 11, Zürich.)