75 Jahre elektrische Zugbeleuchtung in der Schweiz

Autor(en): **Tapavica, K.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **70 (1979)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-905372

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

75 Jahre elektrische Zugbeleuchtung in der Schweiz

Von K. Tapavica

621.32 : 629.4(494);

Es wird die Entwicklung der elektrischen Zugbeleuchtung in den letzten 75 Jahren in der Schweiz gezeigt und auf die Probleme, die bei den Generatoren und Reglern zu lösen waren, hingewiesen. Von den verschiedenen Systemen an Vorschaltgeräten hat sich das in der Schweiz eingeführte, mit individuellen Transistor-Wechselrichtern, durchgesetzt. In Zukunft werden die statischen Batterieladegeräte die bisherigen Generatoren und Regler weitgehend ersetzen.

Description de l'évolution de l'éclairage électrique des trains, en Suisse, au cours des 75 dernières années et des problèmes que posaient les dynamos et les régulateurs. Parmi les divers systèmes d'appareils auxiliaires, c'est celui à onduleurs transistorisés individuels, introduit en Suisse, qui s'est imposé. A l'avenir, les chargeurs statiques de batteries remplaceront en majeure partie les dynamos et les régulateurs.

Es sind nun rund 100 Jahre, seitdem eines der vielseitigsten Erfindergenies, der Amerikaner *Thomas Alva Edison* die erste technisch brauchbare elektrische Glühlampe verwirklichte. Dies war eine jener grossen Erfindungen, die die Welt verändert haben. *Edison* hat mit seiner Glühlampe der Menschheit nicht die erste künstliche Lichtquelle gegeben; das Feuer besteht ja schon seit grauer Urzeit, und Öllampen können bis ins Altertum nachgewiesen werden. Ebenfalls kannte die Technik bereits zu Edisons Zeiten die elektrische Lichtbogenlampe. Doch es war die Glühlampe, die es zum ersten Mal möglich machte, künstliches Licht in jedem Moment und unabhängig von den Umweltverhältnissen, sowie ohne Russ und Rauch zu erzeugen. Kein Wunder, dass schon kurz nach dem Erscheinen und den ersten Verbesserungen an der neuen Lichtquelle auch die Eisenbahn grosses Interesse für die Einführung der elektrischen Beleuchtung gezeigt hat.

Obwohl das Gaslicht in den Eisenbahnwagen um die Jahrhundertwende ein beachtlich hohes technisches Niveau erreicht hatte, sprachen mehrere Faktoren für dessen Ablösung durch die elektrische Beleuchtung, insbesondere die Brand- bzw. Explosionsgefahr und der umfangreiche Unterhalt (Material und Zeit). Der Weg für die Einführung der Glühlampe war zu jener Zeit jedoch noch nicht genügend geebnet. Einerseits hatte die neue Lichtquelle auch ohne mechanische Erschütterungen eine sehr bescheidene Lebensdauer. Anderseits war damals die Leistung pro Glühlampe lediglich auf wenige Watt beschränkt und dies bei einer verhältnismässig schlechten Lichtausbeute. Zudem standen als Stromquellen einzig die Akkumulator-Batterien zur Verfügung. Ihre Bauart jedoch eignete sich kaum für den rauhen Bahnbetrieb. Es ist deshalb verständlich, dass die allerersten Versuche mit der Einführung der elektrischen Zugbeleuchtung scheitern mussten. Trotzdem waren die Vorteile des neuen Systems so überzeugend, dass die anfänglichen Misserfolge dessen Einführung nur kurze Zeit aufhalten konnten. In rascher Folge wurden neue Erfindungen und Verbesserungen gemacht. Bald behauptete sich die elektrische Zugbeleuchtung nicht nur als eine Variante, sondern breitete sich sehr rasch aus und verdrängte das Gaslicht praktisch völlig.

Wie auf manchen anderen Gebieten zählte die Schweiz auch bei der elektrischen Zugbeleuchtung zu den Pionieren. Die ersten Versuche fanden bereits weniger als 10 Jahre nach der Erfindung der Glühlampe statt. Über die Chronologie der Anfangsjahre bestehen in der Literatur gewisse Abweichungen [1...5]. Trotzdem darf das Jahr 1904 mit gutem Grund als der tatsächliche Beginn der Ära der elektrischen Zugbeleuchtung in der Schweiz bezeichnet werden. In jenem Jahr erteilten die kurz zuvor gegründeten Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) ihren ersten Serieauftrag für Beleuchtungsausrüstungen mit Achsgenerator an die AG Brown, Boveri & Cie., Baden (BBC). Eine solche Bestellung bedeutete, dass die anfängliche Versuchsphase mit reiner Batteriebeleuchtung bzw. mit den ersten von der Wagenachse angetriebenen Generatoren überwunden war. Ein klares Konzept zeichnete sich ab, das während mehreren Jahrzehnten weiter verfolgt wurde. Es wäre jedoch irrtümlich zu glauben, dass 1904 sämtliche oder zumindest die grössten Probleme schon gelöst waren. Vielmehr tauchten die meisten erst nachher auf. Bei deren Lösung entstanden mehrere bedeutsame Erfindungen, darunter einige der wichtigsten in der Schweiz. Diese Erfindungen, wie z. B. der Wälzsektorregler, oder die zahlreichen Verbesserungen am Generator und den Batterien, wurden anschliessend auch für andere Anlagen weltweit verwendet.

Anlässlich des 75jährigen Jubiläums soll versucht werden, die allgemein wenig bekannten Probleme und Zusammenhänge der elektrischen Zugbeleuchtung in ihrer Gesamtheit näher zu erläutern. Dabei wird aus Gründen einer besseren Übersicht bewusst auf technische Details verzichtet.

1. Die Beleuchtung, ein wichtiger Faktor des Reisekomforts

Die Eisenbahn hat es als erstes Fortbewegungsmittel möglich gemacht, Reisen auch bei Dunkelheit und schlechtem Wetter gefahrlos zu unternehmen. Dementsprechend musste dem Passagier nachts auch Licht geboten werden. Aber bereits die frühesten Beleuchtungssysteme: Kerzen, Öl-, Petrol- und später die Gaslampen zeigten, dass es nicht genügt, Gegenstände im Fahrzeug sichtbar zu machen. Mit den länger gewordenen Eisenbahnlinien verlängerte sich auch die durchschnittliche Dauer des Aufenthaltes der Passagiere im Wagen. So entstand der Wunsch nach einem stärkeren Licht, um lesen zu können.

Bei der Einführung der elektrischen Zugbeleuchtung bestand das Problem hauptsächlich darin, genügend Licht zu erzeugen. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, dass z. B. im Jahre 1904 die SBB für ihre elektrisch zu beleuchtenden Wagen «Kerzen» zu je 2,5 W vorsahen. Die hieraus resultierende und dazu noch sehr ungleichmässige Beleuchtungsstärke an den Sitzplätzen bewegte sich bei Werten unter 10 lx! Mit der Weiterentwicklung der Glühlampe stieg deren Leistung und auch die erzielbare Beleuchtungsstärke im Wagen. Schon in den 20er Jahren betrug sie ein Mehrfaches davon, und während der letzten 25 Jahre stieg sie von ca. 80...100 lx auf über 300 lx (Einheitswagen Typ III der SBB mit Fluoreszenzbeleuchtung). Eine derartige Entwicklung ist nicht zuletzt mit dem ebenfalls stark angestiegenen Beleuchtungsniveau am Arbeitsplatz und zu Hause in Verbindung zu bringen.

An Stelle der zu schwachen Beleuchtung tauchte nun das Problem der Störung durch zu helle (blendende) Lichtquellen auf. Diese Frage war besonders bei dem in der Schweiz am häufigsten vertretenen Grossraum-Wagentyp aktuell. Infolge der Raumlänge liegt bei solchen Wagen immer ein Teil der Glühlampen im Blickfeld, da auf eine Abdeckung der Lampen aus praktischen Gründen verzichtet wird. Viel günstiger wurde die Situation durch die in den 60er Jahren eingeführte Fluoreszenzbeleuchtung, deren Leuchtkörper wesentlich grössere Leuchtflächen aufweisen. Neben einer höheren Beleuchtungsstärke, brachten die Fluoreszenzlampen auch eine für das Auge angenehmere Beleuchtung, die dem Tageslicht viel ähnlicher ist.

In der letzten Zeit scheint sich der Trend zu starkem Allgemein-Licht abgeschwächt zu haben. Immer mehr Wagen werden zusätzlich mit kleinen, scheinwerferartigen Leselampen ausgestattet, die einzeln abschaltbar sind. Hierdurch kann die Grundbeleuchtung des Wagens auf tieferem Niveau gehalten werden. Eine solche Anlage erfüllt nicht nur ihre Hauptaufgabe, sondern bietet auch ein hohes Mass an individuellem Komfort.

2. Die Batterie

Die anfangs einzige und auch heute noch unentbehrliche Stromquelle in Eisenbahnwagen, die Batterie, stellt einen teuren Bestandteil der Zugbeleuchtungsanlage dar. Gleichzeitig ist sie der Bauteil, an den die schwierigsten und teilweise widersprüchliche Forderungen gestellt werden:

– Eine Zugbeleuchtungsbatterie in Anlagen mit achsangetriebenem Generator muss über ausreichende Kapazität verfügen, um auch bei längerem Halt des Zuges den Strom für die Beleuchtung liefern zu können. Die Erfüllung dieser Forderung ist besonders im Winter problematisch, da bei tiefen Temperaturen das tatsächliche Stromspeichervermögen einer Batterie auf die Hälfte des Nennwertes oder noch tiefer sinken kann. Die Kapazität der Batterie darf sich auch nach längerer Betriebszeit nicht wesentlich reduzieren.

– Die Entladespannung soll bei unterschiedlicher Belastung und unterschiedlichem Ladezustand der Batterie möglichst konstant sein, damit keine starken Schwankungen der Beleuchtung auftreten.

– Die Differenz zwischen der Lade- und Entladespannung darf nicht gross sein, da sonst der Wirkungsgrad der Anlage sinkt und deren Aufwand wesentlich steigt (zusätzliche Regelung der Lampenspannung).

– Die Abmessungen und die Masse (Gewicht) der Batterie sollen aus wagenbaulichen Gründen sowie wegen der erwünschten leichten Handhabung möglichst klein sein. Trotzdem soll die Batterie genügend Elektrolyt enthalten, damit nicht zu oft Wasser nachgefüllt werden muss.

– Von der Batterie wird eine grosse mechanische und elektrische Robustheit erwartet. Einerseits ist sie den starken Erschütterungen im Betrieb ausgesetzt, anderseits darf ihre Lebensdauer auch durch extrem ungünstige Lade- und Entladeverhältnisse (z.B. grosse Ströme, dauernde Ladung bei vorwiegenden Tagesfahrten) nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

– Die Unterhaltskosten sollen niedrig sein.

Um allen diesen Forderungen zu entsprechen, sind schon relativ früh, sowohl bei Bleibatterien (in der Schweiz mehrheitlich verwendet) als auch bei den Nickel-Cadmium- und Nickel-Eisen-Typen spezielle Bauarten für Zugbeleuchtung entstanden. Diese haben sich während mehreren Jahrzehnten nur wenig geändert. Ein grosser Qualitätssprung wurde z.B. in den 50er Jahren bei den Bleibatterien der SBB erreicht, als es gelang, die damals übliche Kapazität von 90 Ah unter Beibehaltung der gleichen Abmessungen auf 150 Ah zu erhöhen. Damit war es möglich, den inzwischen stark angestiegenen Strombedarf der Reisezugwagen ohne Volumenvergrösserung der Batterien zu befriedigen [6]. Bei den verbesserten Batterien wurden die bisherigen Grossoberflächenplatten durch solche mit Röhrchen aus Kunststoffasern ersetzt und an Stelle der negativen Kastenplatten Gitterplatten eingeführt. Beide Massnahmen haben eine bessere Ausnützung der aktiven Masse zur Folge gehabt.

Die Nennspannung der Zugbeleuchtungsbatterien ist nicht in allen Ländern gleich. Während sie in der Schweiz bisher fast ausschliesslich 36 V betrug, wurden in andern Ländern Batterien mit 24, 32, 72 und 110 V normalisiert. Dies verursacht bei der Wartung der im internationalen Verkehr eingesetzten Wagen erhebliche Schwierigkeiten. Um diese zu beseitigen, besteht heutzutage der Trend, bei derartigen Wagen einheitlich nur noch 24-V-Batterien zu verwenden. Es bleiben aber weiterhin Blei- und alkalische Batterien im Betrieb, die unbedingt getrennt gewartet werden müssen.

3. Der Zugbeleuchtungsgenerator und dessen Regelung

Die Misserfolge bei den ersten Versuchen mit der elektrischen Zugbeleuchtung sind eindeutig auf die Bauweise der damaligen Batterien zurückzuführen. Hätten diese den Ansprüchen des Bahnbetriebes entsprochen, wäre die Zukunft der reinen Batteriebeleuchtung trotzdem nicht gesichert gewesen. Die Batterien mussten zu häufig gewechselt werden, und zusätzlich war eine grosse Zahl von Ladestationen erforderlich. So entstand schon in den ersten Jahren der Wunsch, die Batterie eines jeden Wagens während der Fahrt nachzuladen. Damit würde eine Senkung der Betriebskosten möglich, sowie eine grosse Freizügigkeit beim Einsatz der Wagen erreicht. Es lag auf der Hand, für den Antrieb des Generators die Wagenachse heranzuziehen. So einfach diese Idee auch war, mussten bis zu ihrer praktischen und wirtschaftlichen Verwirklichung viele Schwierigkeiten überwunden werden.

Eine Batterie kann nur mit Gleichstrom geladen werden. Da zu jener Zeit keine Gleichrichter zur Verfügung standen, kam der konstruktiv einfachere Wechselstromgenerator von vornherein nicht in Frage. Für die Verwendung eines Gleichstromgenerators mit Nebenschlusserregung mussten zunächst folgende Probleme gelöst werden: Das Wechseln des Drehsinns bei Fahrtrichtungswechsel durfte keine Umpolung der Generatorspannung verursachen; eine saubere Kommutierung am Kollektor musste im ganzen Bereich der Drehzahl und der Last gewährleistet werden; zudem war eine Spannungs- oder Stromregelung erforderlich, damit die Batterie nicht überladen wird und die Glühlampen nicht verbrennen.

Die erste Forderung wurde anfänglich auf zwei verschiedene Arten erfüllt: durch die Anwendung der sog. Querfeld-Maschine, bei der die Polarität unabhängig vom Drehsinn ist, oder durch eine separate Umschaltapparatur, die bei jedem Fahrtrichtungswechsel die interne Schaltung des Gleichstromgenerators entsprechend änderte. Beide Systeme wiesen beträchtliche Nachteile auf und konnten sich in der Schweiz nicht behaupten, insbesondere nicht, da 1904 *Heinrich Güttinger* (BBC) die sich automatisch durch die Drehrichtung verstellende Bürstenbrücke erfand. Dies öffnete den Weg für den klassischen Gleichstromgenerator mit allen seinen Vorteilen. Zudem konnten bei einer günstigen Auslegung der Maschine auch die sonst unentbehrlichen Wendepole wegfallen, ohne die saubere Kommutierung zu gefährden. Hiermit war auch die zweite Forderung erfüllt. Der Generator mit drehbarer Kohle-

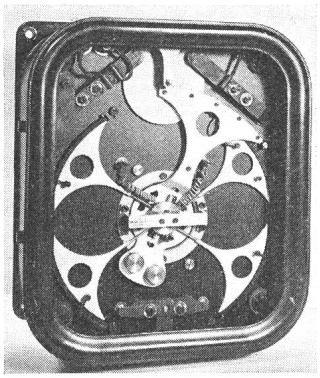

Fig. 1
Der erste BBC-Wälzsektorregler, ein Zugbeleuchtungsregler

bürstenbrücke wurde bald danach als der geeignetste Typ für die Zugbeleuchtung anerkannt und ist noch heute in Tausenden von Wagen in der Schweiz und im Ausland in Betrieb. Sein Primat wurde erst Ende der 50er Jahre durch die neuen kollektor- bzw. schleifringlosen Wechselstromgeneratoren in Frage gestellt.

Bei der Lösung des dritten Hauptproblems, der Regelung, wurden allgemein und anfangs auch in der Schweiz zwei verschiedene Konzepte verfolgt. Das Ziel des ersten war ein selbstregelndes System, bei dem die Spannung und der Strom des Generators ohne Hilfe eines Reglers in ihren zulässigen Grenzen gehalten wären. Angesichts der damals sehr komplizierten Regler, versprach diese Version eine einfache und robuste Lösung. Zu ihrer Verwirklichung konnten mehrere spezielle Varianten des Gleichstromgenerators verwendet werden, u. a. die schon erwähnte Querfeld-Maschine und der Generator mit der dritten Bürste. Bei einer weiteren Lösung wurde die Selbstregelung durch den Riemenschlupf getätigt. Die genannten Systeme erfüllten aber entweder die spezifischen Anforderungen der Bahnen in der Schweiz nicht, oder waren nicht in der Lage, die Batterie richtig zu laden. Dies wurde schon sehr früh erkannt. Bahnen und Industrie orientierten sich deshalb von Anfang an auf ein zweites Konzept, die geregelte Ausrüstung.

Bereits im Jahr 1900 wurde ein Wagen der damaligen Schweizerischen Centralbahn (SCB) mit einem Gleichstromgenerator und einem durch die Fliehkraft betätigten Regler ausgerüstet. Das System war von Ingenieur *H. Kull* der SCB erfunden worden. Die in der Einleitung erwähnte erste Seriebestellung (1904) bezog sich zum Teil auf derartige Ausrüstungen. Die definitive Wende zu Regleranlagen erfolgte jedoch durch die im Jahre 1908 von *H. Güttinger* gemachte Erfindung des BBC-Wälzsektorreglers (Fig. 1) [7]. Dieser später weltbekannte Regler bot die Möglichkeit, die Zuglichtbatterie auf einfache und zuverlässige Weise optimal zu laden. Unter einer optimalen Batterieladung versteht man einen Vorgang, bei dem die Batterie nach Bedarf genügend schnell nachgeladen wird, ohne sie dabei weder durch zu hohen Strom (Erwärmung, schlechter Wirkungsgrad, mechanische Schäden) noch zu hohe Spannung (Zersetzung des Elektrolyts) zu gefährden. Welcher dieser Faktoren der dominierende ist, hängt jeweils vom Fahrplan des Wagens ab (kurze oder lange Fahrten, bei Tag oder Nacht, Haltezeiten usw.). Bei der angestrebten Freizügigkeit im Einsatz muss die Anlage unter allen Bedingungen möglichst gleich gut arbeiten. Der BBC-Wälzsektorregler wurde mehrmals verbessert, aber in seiner Grundidee blieb er unverändert (Fig. 2). Mit ihm ist noch heute der weitaus grösste Teil aller Wagen in der Schweiz bestückt.

Der Durchbruch der Leistungshalbleiter in den 50er Jahren machte es möglich, die wartungsarmen Drehstromgeneratoren auch für die Zugbeleuchtung zu verwenden. Durch den Wegfall des Kollektors und die Möglichkeit einer höheren zulässigen Drehzahl wurde die Maschine bei gleicher Leistung kleiner und leichter. Parallel zu den neuen Generatoren wurden auch elektronische Regler (Fig. 3) mit weiter verbesserter Ladecharakteristik entwickelt [8].

Eine nicht weniger wichtige Frage ist die Montage und der Antrieb der Zugbeleuchtungsgeneratoren. Bei den anfänglich kleinen Leistungen der Maschinen und den zweiachsigen Wagen wurde der Generator hängend unter dem Wagenboden befestigt und durch einen Flachriemen angetrieben. Später, bei vierachsigen Wagen wurde die Maschine vorzugsweise am Drehgestell aufgehängt (Fig. 4). Wegen der steigenden Leistungen der Generatoren, aber auch wegen der klimatischen Verhältnisse im Lande, hat die Schweiz schon in den 30er

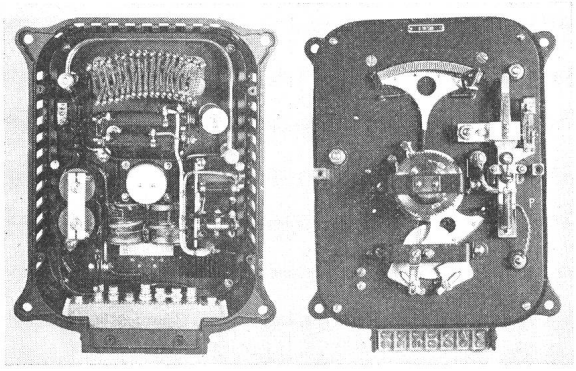

Fig. 2 Wälzsektor-Zugbeleuchtungsregler für Gleichstromgeneratoren, gebaut in den 60er Jahren
Rechts: Ansicht von vorne, Deckel entfernt, mit Wälzsektor und Kontaktbahn (oben), Drehsystem und Hauptfeder (Mitte), Rückführfeder und Dämpfung (unten), sowie Parallelschalter (rechts)
Links: Ansicht von der Rückseite mit Regulierwiderstand (oben), Drehsystem (Mitte), Parallelschalter (links) und Transistor-Strombegrenzung (rechts)
Abmessungen ca. 390 × 310 × 195 mm, Masse: ca. 13 kg

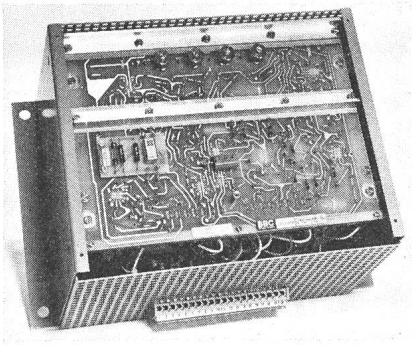

Fig. 3 Elektronischer Zugbeleuchtungsregler für Drehstromgeneratoren
Ansicht von vorne mit entferntem Deckel
Regelcharakteristik: $I - U$
Regelgenauigkeit: ± 1% für Spannung, ± 5% für Strom
Abmessungen 340 × 240 × 290 mm, Masse 7,5 kg,
Max. Ausgangsleistung 900 W.
Schwenkbare Printplatte mit 4 Einstell-Potentiometern

Jahren mit der serienmässigen Einführung des Kardanantriebes angefangen. Dabei wird der Generator seitlich am Drehgestell befestigt und über ein Kegelradgetriebe, das auf dem Achslagergehäuse montiert ist, sowie über eine Gelenkwelle angetrieben (Fig. 5). Neuerdings werden Drehstrom-Zugbeleuchtungsgeneratoren auch für direkte Montage an das Achslagergehäuse gebaut.

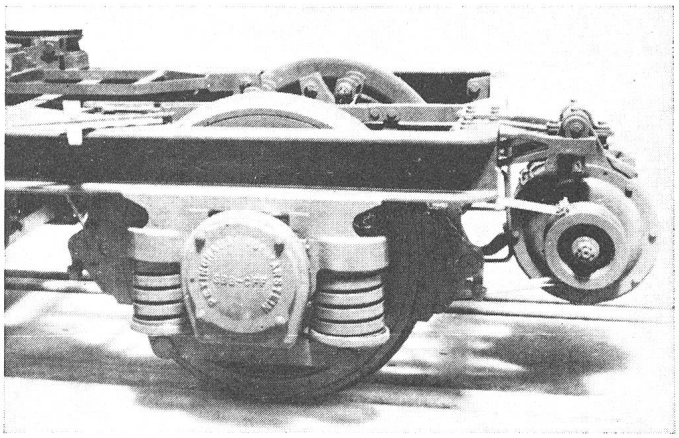

Fig. 4 **Gleichstrom-Zugbeleuchtungsgenerator für Riemenantrieb, aufgehängt am Drehgestell**

4. Fluoreszenzbeleuchtung

Die ersten Glühlampen waren mit einem Kohlefaden versehen, dessen Lebensdauer nur ca. 300 Betriebsstunden betrug. Die Lichtausbeute war ebenfalls gering, ca. 4 lm/W, da der Faden keine hohe Temperatur ertragen konnte. Mit der Einführung des Metallfadens und der Edelgasfüllung konnten später sowohl die Leistung wie auch die Lichtausbeute und die Lebensdauer wesentlich erhöht werden (50 W, 14 lm/W, 800 Betriebsstunden). In den 50er Jahren war die Entwicklung der Glühlampen schon derart fortgeschritten, dass eine weitere Erhöhung der Beleuchtungsstärke nur noch auf Kosten eines grösseren Stromverbrauches möglich gewesen wäre. Aus diesem Grunde war es erforderlich, ein neues System einzuführen.

Mit ihrer mehrfach grösseren Lichtausbeute, die je nach Farbton zwischen 40 und 75 lm/W liegt, sowie einem blendungsfreien und angenehmeren Licht eignet sich die Fluoreszenzröhre bestens für die Zugbeleuchtung (Fig. 6). Eine der Voraussetzungen hierfür ist, dass sie mit Wechselstrom von genügend hoher Frequenz betrieben wird, was einen geeigneten Umformer erfordert [9]. Während sich im Ausland verschiedene Systeme mit mechanischen und elektromechanischen Zentral-Wechselrichtern relativ lange gehalten haben, entschieden sich die SBB und die meisten schweizerischen Privatbahnen schon in den 60er Jahren zugunsten der individuellen Transistor-Wechselrichter-Vorschaltgeräte. Wie richtig dieser Kurs war, beweist die Tatsache, dass heute beinahe alle europäischen Eisenbahngesellschaften ihre neuen Reisezugwagen nur mit solchen Geräten ausrüsten.

Fig. 7 zeigt ein Transistor-Wechselrichter-Vorschaltgerät, von denen sich heute in 2 Versionen über 70000 Stück in der Schweiz in Betrieb befinden. Es dient zur Stromversorgung einer 40-W- oder zweier 20-W-Fluoreszenzröhren. Seine Hauptmerkmale sind hohe Lichtstabilität, guter Wirkungsgrad sowie ein schonendes aber sicheres Zünden der Lampe. Es wird auf die Rückwand der Leuchten montiert, die ihrerseits durch schlichte aber zweckmässige Gestaltung wesentlich zum ästhetischen Gesamteindruck des Wageninnern beitragen [10].

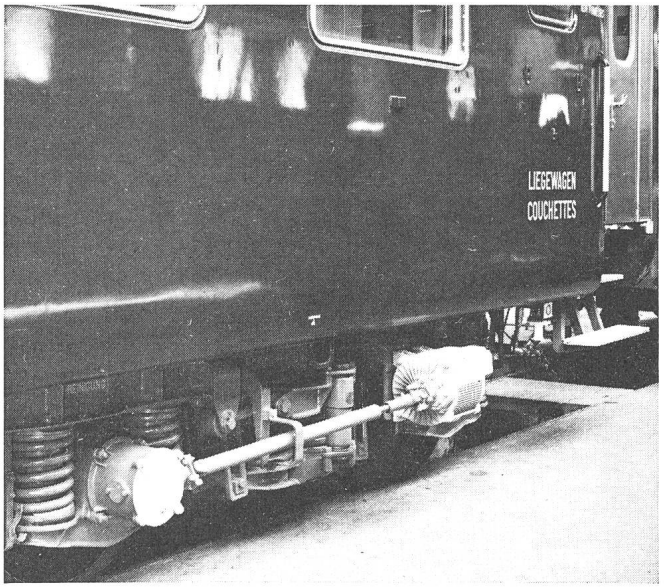

Fig. 5 **Klauenpol-Drehstromgenerator 8 kW bei n = 750...3000 min^{-1} und Kardanantrieb mit Übersetzung 1 : 2,78, montiert am Drehgestell eines RIC-Liegewagens der SBB**
Der Generator hat keine rotierenden Wicklungen. Dank dem in der Maschine eingebauten Getriebe 1 : 2,12 konnte die Generator-Masse auf ca. 14 kg/kW reduziert werden (bei Gleichstromgenerator ca. 34 kg/kW)

5. Statische Batterieladegeräte

Mit Ausnahme der wenigen Sonderfälle, bei denen die Stromversorgung von einer zentralen Stelle erfolgte (z. B. Wagen mit dieselelektrischem Aggregat), wurde bis vor kurzem die elektrische Energie für die Beleuchtung in allen Wagen individuell durch Achsgeneratoren erzeugt. Für die elektrische Heizung dagegen, die viel grössere Leistungen erfordert, liefert bei der elektrischen Traktion die Lokomotive den Strom für sämtliche Wagen. Je nach Traktionssystem erfolgt dies mit 1000 V/16^2/$_3$ Hz, 1500 V/50 Hz, 1500 V Gleichstrom oder 3000 V Gleichstrom. Die jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der Leistungselektronik bietet nun die Möglichkeit, auch die Energie für die Beleuchtung aus der Heizleitung zu gewinnen. Die grössten Vorteile eines solchen Systems sind der Wegfall

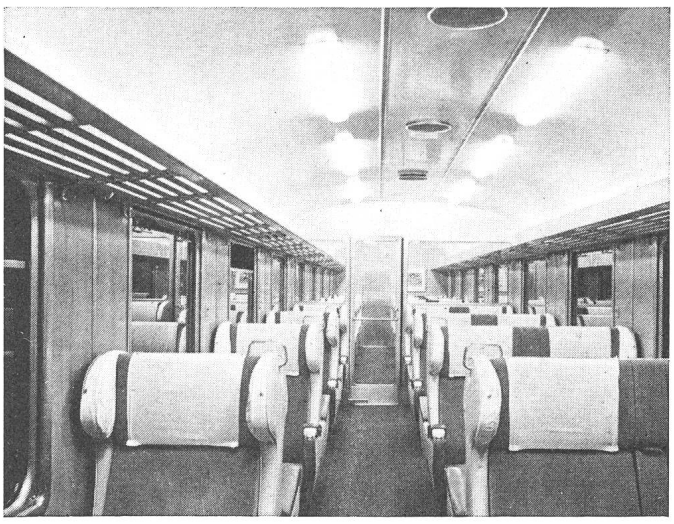

Fig. 6 **Anordnung der Fluoreszenzleuchten im Grossraum des SBB-Einheitswagens II (A)**

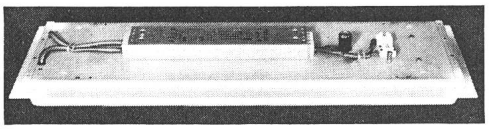

Fig. 7 Fluoreszenzleuchte für eine U-förmige 40-W-Röhre, wie in den Einheits- und RIC-Wagen der SBB verwendet

Abmessungen ca. 700 × 200 × 65 mm

Das auf der Rückwand montierte Transistor-Wechselrichter-Vorschaltgerät (BBC) wird an die Batteriespannung angeschlossen und liefert eine Rechteck-Wechselspannung mit $f = 15...25$ kHz (unhörbarer Betrieb). Der Lichtstrom der Leuchte (FLUORA) bleibt im ganzen Bereich der Speisespannung ($0{,}83...1{,}25 \times U_n$) praktisch konstant. Schonendes Lampenstarten mit Elektrodenvorheizung, sicheres Starten auch bei tiefen Temperaturen. Abmessungen des Gerätes: 300 × 65 × 27 mm, Masse: 0,8 kg

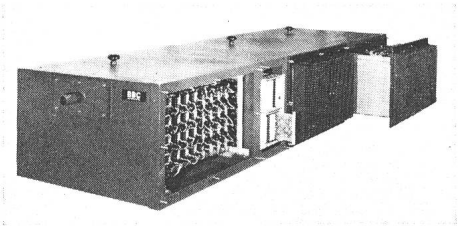

Fig. 8 Statisches Batterie-Ladegerät für Montage unter dem Wagenboden

Links: Hochspannungs-Einschub (Gleichrichter, Filter)
Mitte: Regel- und Steuerelektronik auf Printkarten
Rechts: 2 Einschübe mit je 4 Leistungsmodulen, befestigt auf gemeinsamem Kühldeckel

Anschluss: 1000 V, $16^2/_3$ Hz
1500 V, 50 Hz oder GS
3000 V, GS
} Nennspannungen

Gesamtbereich der Anschlußspannung: 600...4000 V

Ausgangsstrom: 145 A, max. Ladespannung: 42 V

Abmessungen: ca. 2700 × 700 × 450 mm

Die Leistungsmodule sind mit Transistoren versehen, die im Schaltbetrieb mit $f = 20$ kHz arbeiten

von Verschleissteilen und die wesentlich längere Zeit, in der die Batterie geladen werden kann. Die Einführung der statischen Batterieladegeräte drängt sich ausserdem wegen der steigenden Fahrgeschwindigkeit der Züge auf, bei denen die bisherigen Achsgeneratoren nicht mehr eingesetzt werden können.

Ladegeräte mit Thyristoren zum Anschluss an eine Wechselspannung (gesteuerte Gleichrichter), werden seit einigen Jahren von verschiedenen Firmen mit Erfolg geliefert. Des weiteren befinden sich auch Geräte für Gleichstrom bei einigen Privatbahnen im Einsatz. Eine Lücke in dem Sortiment bildeten bisher Ladegeräte, die für alle erwähnten Heizspannungen einsetzbar wären (Wagen im internationalen Verkehr). Seit 1977 gibt es nun aber universell anwendbare Transistor-Ladegeräte (Fig. 8) [11]. Einmal mehr haben der fortschrittliche Geist der schweizerischen Bahnen und das technische Können der Industrie zu einer Pionierleistung auf dem Gebiet der elektrischen Zugbeleuchtung geführt. Durch die neueste Technik wurde ein weiterer Schritt in der Bestrebung gemacht, das Reisen im Zuge möglichst angenehm zu machen.

Die Fluoreszenzröhre mit individuellem Transistor-Wechselrichter-Vorschaltgerät und das statische Batterieladegerät charakterisieren die heutige Zugbeleuchtungsausrüstung. Diese Anlagekombination bietet Gewähr für lange Lebensdauer der Leuchten und minimalen Unterhalt.

Literatur

[1] *E. Meyer:* Beleuchtung, Heizung und Lüftung der Wagen. In: Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847–1947. 3. Band. Frauenfeld, Huber & Co. AG, 1957; S. 395...419.

[2] *E. Kull:* Die Einführung und die Entwicklung der elektrischen Zugbeleuchtung bei den Schweizerischen Bundesbahnen und bei der Eidgenössischen Postverwaltung. Olten, Verlag Dietschi & Co. AG, 1950.

[3] *E. Aumüller:* Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnfahrzeugen. Berlin/Göttingen/Heidelberg, Springer-Verlag, 1955.

[4] *P. Diefenhardt:* Die elektrische Beleuchtung bei den SBB. Bull. SEV 47(1956)3, S. 77...79.

[5] *K. Bauermeister:* 100 Jahre Elektrotechnik bei Eisenbahnen. ZEV-Glasers Annalen 101(1977)10, S. 408...417.

[6] *P. Diefenhardt:* Neue Zugbeleuchtungsbatterien der SBB. Bull. SEV 53(1962)4, S. 137...139.

[7] *G. Courvoisier:* Fünfzig Jahre Brown Boveri Wälzsektorregler. Brown Boveri Mitt. 44(1957)11, S. 460...467.

[8] *O. Manz:* Stromerzeugungsanlage mit Klauenpolgenerator und elektronischem Regler für Fahrzeuge. Brown Boveri Mitt. 52(1965)9/10, S. 779...789.

[9] *C. H. Sturm:* Vorschaltgeräte und Schaltungen für Niederspannungs-Entladungslampen. Essen, Verlag W. Girardet, 1974.

[10] *K. Tapavica:* Fluoreszenzbeleuchtung von Reisezugwagen. Brown Boveri Mitt. 61(1974)12, S. 576...580.

[11] *K. Tapavica:* Transistor-Batterieladegeräte. Brown Boveri Mitt. 65(1978)12, S. 832...835.

Adresse des Autors

Konstantin Tapavica, dipl. Ing., BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Werk Oerlikon, 5401 Baden.