

Peter Schmied

Wallensteinstraße 6/10
1200 Wien
Österreich

Tel.: +43 (0)1 3198179

An die Redaktion
Eisenbahn Geschichte
Nordstraße 32
33161 Hövelhof
Deutschland

Wien, 12. Feb. 2014

EG 68 - „Das sensible Einzelstück“

Sehr geehrte Damen und Herren!

Wenn ich Ihnen heute meine „Bemerkungen“ über eine falsche Angabe im o. a. Beitrag zusende, ist es mir bewusst, dass diese den Umfang eines Leserbriefs überschreiten. Ich bin mir auch im Klaren darüber, dass Leser ohne Bezug zur Elektrotechnik trotzdem den grundsätzlichen Unterschied zwischen den beiden gegenständlichen Motoren und ihrer Wirkungsweise nicht recht erkennen werden – in meiner Abhandlung über die historischen Bahnmotoren in Österreich habe ich dafür gut zwanzig Seiten aufgewandt. Aber es wäre schon viel gewonnen, wenn ihnen klar würde, dass ein solcher grundlegender Unterschied besteht. Seit Jahrzehnten wird durch die sprachliche Vermengung der beiden Bauarten in der gängigen Literatur Schindluder an der Technikgeschichte getrieben.

Wenn das nicht jetzt aufgedeckt und abgestellt wird, wird das nie mehr gelingen.

Leute aus meiner Generation sind die letzten, die dazu noch in der Lage sind und meine Lebensdauer läuft unerbittlich ab. Ich hatte das Glück, in meinem Studium die „Elektrischen Bahnen“ noch bei Prof. Sachs zu hören, damals schon der letzte lebende Pionier dieser Technik, der als junger Mann an der Inbetriebsetzung des BLS-Probetriebes und der ersten Strecke der RhB beteiligt war. An seiner Stamm-Universität Zürich längst emeritiert, hielt er in hohem Alter noch (in meinem Jahrgang letztmalig) die Vorlesung in Wien. Prof. R. Stix lehrte uns nicht nur „Bau und Betrieb elektrischer Maschinen“, ich hörte in ganz kleinem Kollegenkreis auch seine Spezialvorlesung über Bahnmotoren. Stix war der Experte auf diesem Gebiet. Beginnend mit dem Motor ASM 701 für die E 18² über die Hochleistungsmotoren für die E 94 entwarf er alle Motoren für die Nachkriegstypen der ÖBB.

Die ggstl. historischen Motoren behandelte er in seiner Vorlesung schon nicht mehr ausführlich aber immerhin noch in gebotener Kürze. Dazu hatte er die Quelle in der eigenen Familie. Sein Vater war nicht nur der Projektant der Mariazellerbahn gewesen – der ersten elektrischen Bahn Österreichs mit Lokomotivbetrieb (1910/11) –, er war zur selben Zeit auch mit der Lieferung der Siemens-Motorwagen für Spiez – Frutigen befasst und hat in der Schweizerischen Bauzeitung über diese Anlage publiziert.

Manchem Leser mag die Debatte darüber, welche Motorbauart vor mehr als hundert Jahren in der einen oder anderen Lokomotive verwendet wurde, als Kleinkram erscheinen. Aber wenn man ein wenig in der Originalliteratur blättert, wird man eine Ahnung davon bekommen, mit welcher Schärfe und Polemik dazumals der Kampf darüber ausgetragen wurde.

Bemerkungen zum Beitrag über die Ge 4/6 391 der RhB

Die Artikelfolge über die historischen Lokomotiven der RhB bot einen ausgezeichneten Vergleich zwischen drei Bauarten von Bahnmotoren aus der Frühzeit der elektrischen Traktion. Zur Beschaffungszeit der beschriebenen Lokomotiven lief noch der Wettbewerb zwischen den Motorbauarten (und – damit verbunden – auch der Wahl des Stromsystems),

der - wie Töfflinger [1] es ausdrückt - „geradezu leidenschaftlich ausgefochten“ wurde. Wo sonst hat man die Gelegenheit drei Motortypen in sonst ganz gleichartigen Lokomotiven unter denselben Einsatzbedingungen auf derselben Strecke zu erproben! Etwas getrübt wird die Darstellung allerdings durch eine Unschärfe im letzten Beitrag, die in der Feststellung „Der Winter-Eichberg-Motor fand außerdem auch auf der BLS-Lokomotive Fb 2x2/3 Nr. 101 Anwendung“ (Seite 54) ihren Ausdruck findet. Genau darin liegt die Verwirrung. Die Motoren der BLS- und der RhB-Lokomotiven waren nämlich von ganz unterschiedlicher Bauart und Wirkungsweise.

Der „wahre“ Winter-Eichberg-Motor wurde von den beiden Wiener Ingenieuren 1902/03 zunächst bei der Union-EG, dann bei AEG Berlin entwickelt und somit praktisch zeitgleich zum Serienmotor mit Widerstandsverbindern durch Benjamin G. Lamme in den USA. Er war der erste brauchbare Bahnmotor für Einphasenwechselstrom in Europa. Erstmals eingesetzt wurde er 1903 (noch von der Union-EG) in den provisorisch adaptierten Triebwagen des 6 kV/ 5 Hz-Probetriebs Niederschöneweide - Spindlersfeld. Schon 1904 gab es mit der Stubaitalbahnen Innsbruck - Fulpmes die erste öffentliche für den Dauerbetrieb eingerichtete Wechselstrombahn (2500 V/42 Hz). Hier fuhr man 80 Jahre hindurch mit den Originaltriebwagen mit den Winter-Eichberg-Motoren (auch wenn diese 1928 einmal erneuert worden waren). Aus 1906 stammte die Lokomotive für die Oberbau-Versuchsbahn in Oranienburg mit (vorerst) drei Winter-Eichberg-Motoren, die als erste Wechselstrom-Elektrolokomotive in Deutschland gilt und später als E 73 03 auf der Hamburger Hafenbahn lief. Nach Triebwagen für Blankenese - Ohlsdorf folgte 1910 die erwähnte Probelok für den BLS-Vorlaufbetrieb Spiez - Frutigen (spätere EG 509/510 der KPEV), möglicherweise weitere Probeflieferungen für den Export, 1911/12 neun Lokomotiven der Reihe 1060 an die österreichische kkStB für die Mittenwaldbahn, 1913 drei fast gleiche Lok für die Lokalbahn Wien - Pressburg und 1915 vier BoBo an die Albtalbahnen. Danach dürfte kein Winter-Eichberg-Motor mehr gebaut worden sein. Wohl keine dieser Lokomotiven überlebte den Zweiten Weltkrieg.

Der „kompensierte Repulsionsmotor“ nach Winter-Eichberg, auch „läufergespeister Repulsionsmotor“ oder „läufererregter Reihenschluss-Kurzschlussmotor“ genannt, ist im Prinzip ein Repulsionsmotor in der Atkinsonschen Variante mit kurzgeschlossenem Anker, bei der die Erregerwicklung des Stators fehlt und das Erregerfeld stattdessen über die Ankerwicklung erzeugt wird. Diesem Zweck dienen zusätzliche Bürsten, die zwischen den kurzgeschlossenen Arbeitsbürsten sitzen (der Motor besitzt daher doppelt so viele Bürstenbolzen wie Pole!). Der Erregerkreis ist durch einen Stromtransformator vom Statorkreis galvanisch getrennt. Dadurch ist der Motor nicht an die unangenehm niedrige Spannung normaler Kommutatormotoren gebunden (wo sich bei $16\frac{2}{3}$ Hz nur wenig mehr als 500 V erreichen lassen) und kann für beliebige Spannung ausgeführt werden - in den Triebwagen für Niederschöneweide wurden die Motoren sogar mit der Fahrdrabtspannung von 6000 V betrieben). Über Anzapfungen am Stromtrafo kann das Verhältnis zwischen Erregerstrom und Ankerstrom (nicht aber das zwischen Erregerfeld und Querfeld) eingestellt werden.

Der Vorteil der Bauart liegt darin, dass dem Erregerkreis durch die Rotation im Arbeitsfeld eine EMK eingeprägt wird, die den induktiven Komponenten des Arbeitskreises entgegen wirkt. Dadurch wird (allerdings nur bei einigermaßen bedeutender Drehzahl) der Verbrauch magnetisierender Blindleistung stark eingeschränkt und der Motor erreicht in einem bestimmten Betriebsbereich sogar den Leistungsfaktor $\cos \varphi = 1$, was allen konkurrierenden Motorbauarten verwehrt bleibt. Sein Nachteil ist, dass der Betrieb an den Synchronismus gebunden ist, nur in der Nähe der synchronen Drehzahl kann er seine Vorteile ausspielen. Insbesondere ist

ein Betrieb mit erheblich höherer als der synchronen Drehzahl unmöglich. Bedenkt man die Abhängigkeiten zwischen dem Verhältnis Netz- und Ankerfrequenz zur Lamellenspannung einerseits und der zwischen letzterer und der aus einem gegebenen Ankerdurchmesser erzielbaren Motorleistung andererseits, wie sie von meinem verehrten Lehrer Robert Stix in [2] erstmals und in [3] wieder publiziert wurden, sieht man, dass die 1911 im VDEV getroffene Festlegung auf die niedrige Frequenz von 15 Hz (1912/13 durch Staatsvertrag in $16 \frac{2}{3}$ Hz geändert) bereits eine Vorentscheidung gegen den WE-Motor darstellte. Da man mit dieser Periodenzahl Reihenschlussmotoren schon damals für vier- oder fünffachen Übersynchronismus ausführen konnte, war der Winter-Eichberg-Motor bald chancenlos.

Es ist festzuhalten, dass in der zeitgenössischen Literatur, etwa bei Döry [4] oder Seefehlner [5] ausschließlich der kompensierte Repulsionsmotor als „Winter-Eichberg-Motor“ bezeichnet wird.

Ein Schaltbild der österreichischen R 1060 findet man in [4] auf Seite 307, in [5] auf Seite 21 oder in der Zeitschrift EuM [6].

Dass die bei der BLS erprobte AEG-Lok Fb 2x2/3 (Be 4/6) Nr. 101 tatsächlich mit diesem Motor ausgerüstet war, bezeugt die Originalliteratur: In der von der Berner-Alpenbahn-Gesellschaft herausgegebenen Druckschrift vom Mai 1911 schreibt Ing. L. Thormann im Kapitel C-c über die „Lokomotive der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin“:

„Die Motoren sind kompensierte Repulsionsmotoren nach Bauart Winter-Eichberg. ... Die Motoren sind achtpolig gewickelt und besitzen dem entsprechend 24 Bürstenstifte, je 2 für die Kurzschlussbürsten und je 1 für die Erregerbürsten. Die Spannung am Motor beträgt auf der höchsten Spannungsstufe 1235 V.“

Der ganze Text ist identisch auch in der Schweizerischen Bauzeitung [7] zu finden.

Der doppelt gespeiste Reihenschlussmotor

Als die Unzulänglichkeiten des kompensierten Repulsionsmotors offenbar wurden, entwickelten Winter und Eichberg eine neue Bauart als doppelt gespeisten Reihenschlussmotor. Aus unerfindlichen Gründen bürgerte sich für diesen in der (späteren) deutschen Literatur ebenfalls der Name „Winter-Eichberg-Motor“ nach dem Erfinderduo ein. Die damit ausgelöste Verwirrung ist kaum mehr gutzumachen, um so mehr als das Wissen um derart historische Bauformen mehr und mehr verloren geht.

Wie schnell damals die Entwicklung von Statten ging, kann man daran sehen, dass Seefehlner, der 1913 in [6] den Winter-Eichberg-Motor leidenschaftlich pries, schon 1921 in [5] schrieb: *„Es darf behauptet werden, dass zur Zeit die Motoren nach dem Induktionsprinzip mit und ohne Ankererregung ... der Geschichte angehören.“*

Die Entwicklung des doppelt gespeisten Motors nach Winter-Eichberg, wie er in der Ge 4/6 der RhB Verwendung fand, erfolgte nicht „um 1904“ wie im Text (Seite 54) angegeben, sondern jedenfalls später - wahrscheinlich etwa 1909 oder 1910. Eichberg hatte mehrfach in Vorträgen festgestellt, durch „unabhängige Regelung der Felder in Längs- und Querrichtung“ könne ein Wechselstrommotor geschaffen werden, der bei allen Drehzahlen funkenfrei laufe. Im Winter-Eichberg-Motor war zwar mit dem regelbaren Stromtrafo die Unabhängigkeit zwischen Erregung und Ankerstrom erreicht, nicht aber zwischen den Feldkomponenten. Speist man dagegen die in Querrichtung liegende Statorwicklung (K in der Abbildung auf Seite 54) mit einer vorgegebenen Spannung, so ergibt sich nach dem

Transformatorgesetz der magnetische Fluss in dieser Richtung (bei Vernachlässigung der Streuung) unabhängig vom Ankerstrom aus der angelegten Spannung. Um die transformatorische Funkenspannung (die vom Erregerfeld induziert wird) zu kompensieren, muss man nur die Statorspannung verkehrt proportional zur Drehzahl machen – bei kleiner Fahrgeschwindigkeit also hoch und mit steigender Geschwindigkeit fallend. Abgesehen vom Anfahrbereich, wo die Spannung bis ins Unendliche wachsen müsste, kann man die Funkenspannung tatsächlich „bei allen Drehzahlen“ auslöschen. In dieser Hinsicht ist der doppelt gespeiste Motor dem gewöhnlichen Serienmotor mit (fest) phasenverschobenem Wendefeld überlegen, wogegen er ihm hinsichtlich der (Gleichstrom)-Kommutierung nachsteht. Natürlich induziert das Querfeld auch eine EMK in den Anker. Als alleinige Arbeitsspannung ist diese aber nicht zu brauchen, da das Querfeld ja mit der Drehzahl abnimmt, die Ankerspannung aber ansteigen muss. Daher wird sie durch eine – wie im normalen Reihenschlussmotor – über die Bürsten zugeführte Spannung ergänzt. Dabei übernimmt der Spannungsteiler (siehe Abbildung) die Aufteilung zwischen den gegenläufig mit der Drehzahl verlaufenden Spannungen. Man darf die Wicklung K aus dem Bild daher nicht als bloße Kompensationswicklung ansehen, wie sie in der Legende bezeichnet ist; sie überträgt auch Leistung! Demgemäß heißt der Motor „doppelt gespeist“.

Dass die Anfahrt mit kurzgeschlossenem Anker als Repulsionsmotor erfolgt, ist keine Spezialität dieser Bauart; man findet das auch bei gewöhnlichen Reihenschlussmotoren jener Epoche – z. B. in der deutschen E 71¹ (KPEV EG 511-537). Wie bekannt, lässt sich die Funkenspannung bei kleinen Drehzahlen mit keiner Bauart kompensieren, mit dieser Umschaltung kann man aber den Erregerstrom kleiner machen als den Ankerstrom. Dabei wird mit dem schwächeren Feld auch die Funkenspannung kleiner. Naturgemäß braucht man für ein vorgegebenes Drehmoment jetzt einen höheren Ankerstrom. Das ist aber unbedenklich, da die Reaktanz-EMK bei niedrigen Drehzahlen klein ist und die thermische Überlast auf kurze Zeit beschränkt bleibt. Unverständlich bleibt dazu die Textbemerkung über „die eher negativen Auswirkungen der Repulsionsschaltung beim Anfahren.“ Im Gegensatz dazu schreiben Bätzold/Fiebig [8] zur E 71¹: „Zur Verbesserung der Anfahrigenschaften wurden die Anker der Motoren über die Bürsten kurzgeschlossen. Ihr Verhalten entsprach somit dem eines Repulsionsmotors.“

Der doppelt gespeiste Motor: Erste Anwendung 1911

Die erste Anwendung fand der doppelt gespeiste Motor 1911 bei den Probelokomotiven für Bitterfeld – Dessau in Mitteldeutschland. Von der ES 2 der KPEV schreiben Bätzold / Fiebig [8]: „Der Winter-Eichberg-Motor lief als Repulsionsmotor an. Er hatte zweifache Speisung und nach dem Anfahren die Eigenschaften eines ... Reihenschlussmotors.“

Über die EG 502 der AEG – die spätere E 70 02 – schreiben Bätzold/Fiebig im Text [8] zwar dezidiert: „Der Fahrmotor war ein Winter-Eichberg-Repulsionsmotor.“ Dieselbe Angabe findet sich auch bei Haut [9] und bei Gottwaldt [10]. Tatsächlich zeigt der Originalbeitrag in der VDI-Zeitschrift aus 1911 [11], dass nicht nur die ES 2 den doppelt gespeisten Motor besaß sondern auch die EG 502 praktisch dieselbe Schaltung, jedoch ergänzt durch eine Bürstenverschiebung, womit man einer Äußerung Prof. Paul Müllers zufolge einem ausdrücklichen Wunsch Wittfelds nachkam.

Von der von der AEG zur selben Zeit für die französische Midi gebauten 1C1-Lok Nr. 3101 ist die Schaltung leider nicht bekannt. 1913 folgten die Ge 4/6 Nr. 391 der RhB und die 1B1-Lokomotiven Reihe Ewp der Lokalbahn

Wien - Pressburg (nach der Verstaatlichung BBÖ 1005, zuletzt R 1072 der ÖBB). Die acht Lokomotiven mit Einzelmotor und übersetzungslosem Schrägstangenantrieb glichen in der Schaltung einer „halben“ 391. Sie bewältigten fünfzig Jahre lang allein den gesamten Verkehr der Strecke, wurden dann schrittweise entlastet - die letzte lief 1975 im Plandienst. Ein Stück, das von Eveline Ziggert vor dem Schneidbrenner gerettet wurde, ist noch im Nostalgierstand erhalten, führte ab 1987 jahrelang Sonderzüge und ist noch heute betriebsfähig, jedoch derzeit nicht revidiert.

Warum an der 391 wegen der „komplizierten und umständlich zu bedienenden Steuerung“ (Seite 58) der „Bedienungsaufwand durch das Lokomotivpersonal groß“ (Seite 54) gewesen ist, kann ich nicht recht verstehen. „Unsere“ Lok hatten neben dem Fahrschalterhandrad, das genauso zu handhaben war wie bei „modernerer“ Lokomotiven bloß einen kleinen Schaltgriff, dessen vier Stellungen mit den zugehörigen Fahrgeschwindigkeiten beschriftet waren (und am Museumstück immer noch sind). Diesen bei der Anfahrt nach und nach weiterzuschalten, ist doch wohl keine so erhebliche Erschwernis. Unsere Lok hatten auch keine Glocke zur Erinnerung (jedenfalls nicht zu meiner Aktivzeit). Dennoch dürfte nur höchst selten ein Lokführer das Umschalten vergessen haben. Wahr ist allerdings, dass auch bei uns die Lok klaglos funktionierten, so lang ihre Heimatdienststelle Groß Schwechat in Betrieb war, wo Lokpersonal und Werkstätte mit ihnen bestens vertraut waren. Als sie zuletzt in die Hände der meist jüngeren Schnellbahnlokomotivführer kamen, machten sie sich dort weniger Freunde und der Erhaltungsaufwand stieg merklich an.

Peter Schmied, Wien

- [1] Karl TÖFFLINGER: Zur Entwicklung des Wechselstrom-Bahnmotors. Elektrische Bahnen, München. 23. Jg., Heft 9/1952
- [2] Robert STIX: Der Einphasenmotor ASM 701 der Lokomotive Reihe E 18² der Deutschen Reichsbahn Elektrische Bahnen, 17. Jg. (1941), pag. 51
- [3] Robert STIX: Leistungen und Abmessungen von Einphasen- und Gleichstrom-Fahrmotoren. Österreichische Ingenieur-Zeitschrift. 9. Jg-, Heft 2/1966
- [4] Iwan DÖRY: Einphasenbahnmotoren. Verlag Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1919
- [5] Egon E. SEEFELNER: Elektrische Zugförderung. Julius Springer, Berlin, 1922
- [6] Egon E. SEEFELNER, Franz POPP: Die 800 PS-Lokomotiven der Mittenwaldbahn. EuM (Elektrotechnik und Maschinenbau), Wien. 31. Jg., Hrft 18/1913
- [7] Der elektrische Betrieb auf der Strecke Spiez - Frutigen der Berner Alpenbahn Schweizerische Bauzeitung vom 12. 8. 1911
- [8] Dieter BÄZOLD / Günther FIEBIG: Archiv elektrischer Lokomotiven. Transpress-Verlag, Berlin. 1966
- [9] F. J. G. HAUT: Die Geschichte der elektrischen Triebfahrzeuge. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1972
- [10] Alfred B. GOTTWALDT: 100 Jahre deutsche Elektro-Lokomotiven. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1979
- [11] NN BRECHT: Elektrische Zugförderung auf preußischen Staatseisenbahnen. VDI-Zeitschrift, Band 55, Nr. 49 (9. 12. 1911)