

Elektrische Zahnrad-Triebwagen für die Dolderbahn

629.421.6:629.423.2

Seit September 1973 verkehren auf der Zürcher Dolderbahn zwei neue Zahnrad-Triebwagen. Dieser Artikel gibt neben einigen technischen Daten Auskunft über die wichtigsten Konstruktionseinheiten dieser Triebwagen. Den Abschluß bildet eine Betrachtung über Betriebsaufnahme und -ergebnisse.

Einleitung

Gestützt auf die im Zusammenhang mit dem Ablauf der Seilbahnkonzession durchgeführte Studie, ersuchte die Dolderbahn, Zürich, am 26. Juni 1969 das Eidgenössische Verkehrsdepartement um Erteilung einer Konzession für den Bau und den Betrieb einer Zahnradbahn Römerhof-Dolder. Die Konzession für die Dauer von 50 Jahren wurde im Jahre 1971 durch Beschluß der eidgenössischen Räte erteilt.

Gegenüber einer Standseilbahn weist eine Zahnradbahn wesentliche Vorteile auf, die zum Entscheid beitrugen, das Betriebssystem umzustellen. Es sind dies unter anderem

- Bessere Anpassungsmöglichkeit an das Gelände
- Ausweichstelle muß nicht genau in der Mitte von Berg- und Talstation angelegt sein
- Möglichkeit des Einwagenbetriebs in verkehrsschwachen Zeiten oder während Revisionen

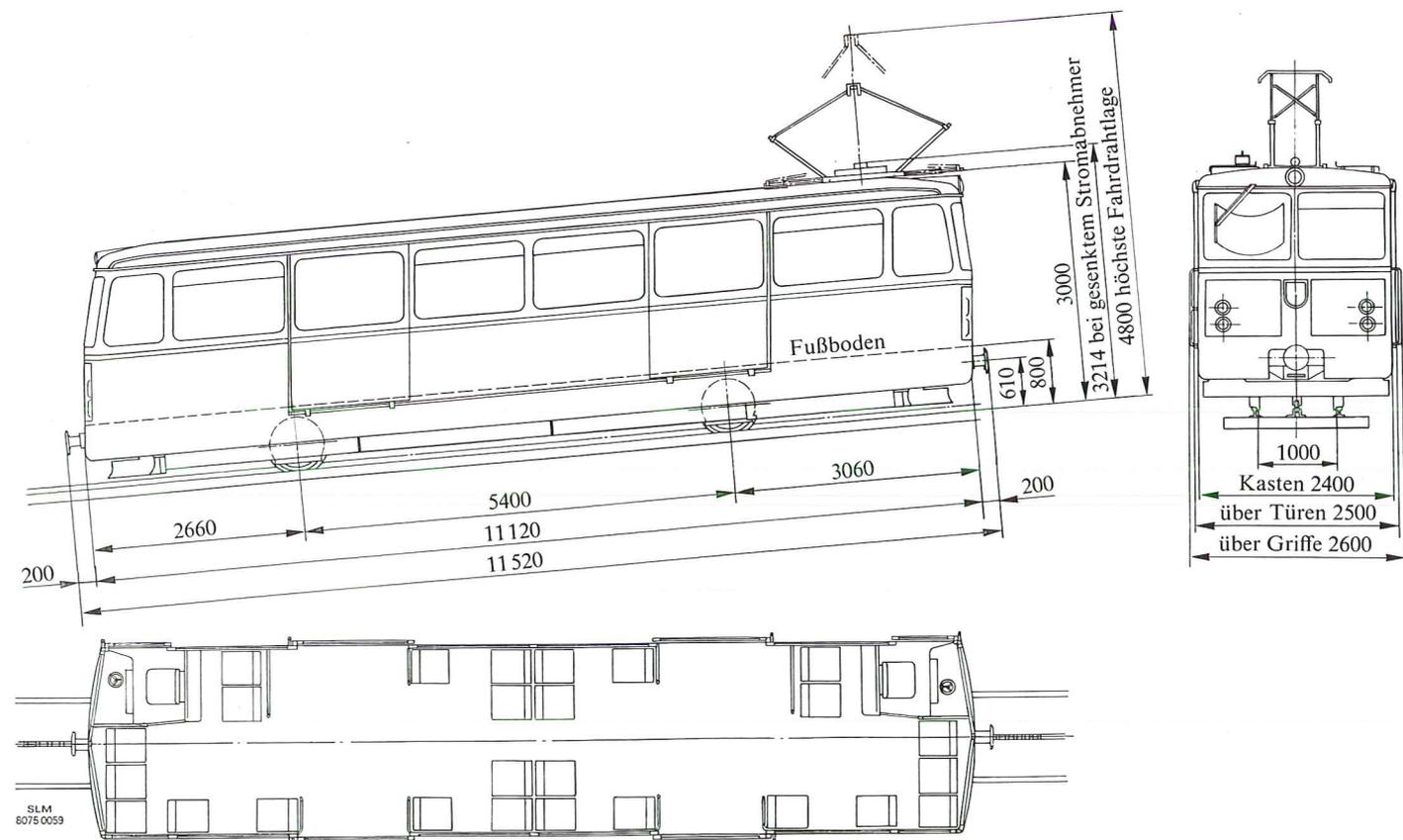
Mit dem Bau der Verlängerung gegenüber der Drahtseilbahn wurde im Juli 1972 begonnen. Der Bau auf der Strecke des am 31. August 1972 eingestellten Seilbahnbetriebes begann im September 1972. Bei der Wahl der Zahnstange für die 1,3 km lange Strecke erhielt das zuverlässige und robuste System der Einfachlamelle den Vorzug. Das maximale Gefälle beträgt 196‰.

Im Mai 1971 betraute die Dolderbahn-Betriebs-AG die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur mit der Lieferung der mechanischen und wagenbaulichen Teile zu zwei zweiachsigen Zahnrad-Triebwagen [1]. Mit der Herstellung der elektrischen Ausrüstung wurde die BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden, beauftragt.

Technische Daten

Die technischen Daten gehen aus dem Typenbild (Bild 1) sowie den Tabellen 1 und 2 hervor.

Die zulässige Geschwindigkeit talwärts ist, in Übereinstimmung mit dem neuen Nebenbahn-Verordnungsentwurf, für Gefälle bis 100‰ auf 25 km/h und über 100‰ auf 16 km/h festgesetzt. Diese Geschwindigkeitsbeschränkungen und die Aufteilung der gesamten Strecke in zwei Neigungsabschnitte



1 Typenskizze der Dolderbahn Zürich Bhe 1/2.

Tabelle 1: Gewichte und Abmessungen des Triebwagens (Bild 2)

Laufraddurchmesser neu/minimal	690/670 mm
Zahnradteilkreis	573 mm
Gewicht des mechanischen und wagenbaulichen Teils	11 080 kg
Gewicht des elektrischen Teils	3 320 kg
Tara	14 400 kg
Nutzlast 104 Passagiere	7 800 kg
Bruttogewicht	22 200 kg
Das Platzangebot umfaßt 26 Sitz- und 74 Stehplätze (100 Plätze). Vier Sitzplätze können demontiert werden, wodurch sich das Angebot an Stehplätzen auf 82, insgesamt 104 Plätze erhöht.	

Tabelle 2: Leistungsdaten des Triebwagens

		Dauerwerte	Stundenwerte	Höchstwerte (nicht gleichzeitig)
Leistung des Fahrmotors	(kW)	131,5	149,5	–
	(PS)	179	203	–
Spannung	(V)	600	600	720
Strom	(A)	240	272	550
Zugkraft am Rad	(kp)	2330	2770	6660
Bremskraft am Rad	(kp)	2950	3550	8400
Geschwindigkeit	(km/h)	18,9	18	25

mit Gefällsbruch bei km 0,504 ergeben bei zwei Zwischenhalten für die Talfahrt eine Fahrzeit von 5,5 min. Die Bergfahrt dauert bei vollbesetztem Fahrzeug und 149,5 kW Stundenleistung 5,6 min.

Untergestell

Das aus Stahlprofilen hergestellte und vollständig elektrisch verschweißte Untergestell trägt an beiden Kopfstücken je einen gefederten Zentralpuffer. An den Enden ist ferner je ein Bahnräumer befestigt, der im Winter zur Schneerräumung dient.

Vier Ansetzpunkte für Winden ermöglichen zudem das Anheben der Wagen. Im Untergestell befinden sich Bremswiderstände, Fahrmotor, Kompressor, rotierender Umformer mit Kasten für Zubehör, Batterie, Luftbehälter sowie zwei Empfänger und ein Permanentmagnet der Zugsicherung.

Laufwerk und Antrieb

Jeder dieser Zahnrad-Triebwagen hat talseitig eine Triebachse (Bild 3), die das Triebzahnrad mit der Klinkenbremstrommel trägt und bergseitig eine Bremsachse mit Bremszahnrad und dazugehöriger Bremstrommel. Die Trieb- und Bremszahnrad sind auf den Achsen aufgedreht und tangential gefedert. Auf den mit Pendelrollenlagern in den Achslagergehäusen geführten Achsen lagern über Kegelrollenlager die Laufräder. Für diese als Losräder ausgebildeten Radscheiben wurde aus Gewichtsgründen Leichtmetall verwendet.

Zylindrische, in das Untergestell eingepreßte Führungszapfen führen die Achslagergehäuse in vertikaler Richtung. Die aus Stahlschraubenfedern und Gummifedern kombinierte Achsfederung gewährleistet eine weiche, zweistufige Federung.

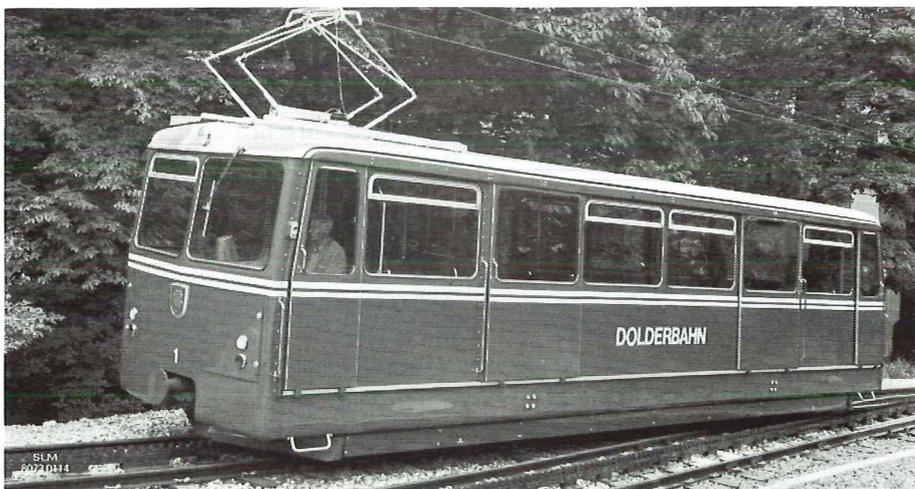
Der im Untergestell in Längsrichtung angeordnete Fahrmotor treibt über eine Rutschkupplung, eine Kardanwelle und ein zweistufiges Getriebe das Antriebszahnrad an. Das in einem öldichten, geschweißten Gehäuse untergebrachte Getriebe stützt sich über zwei Rollenlager auf die Triebachse ab und ist durch eine Drehmomentstütze mit dem Untergestell verbunden. Die Zähnezahlen der Zahnräder ergeben ein Untersetzungsverhältnis von 1:10,45. Sämtliche Verzahnungen sind gehärtet und die Stirnradverzahnungen geschliffen.

Bei der Konstruktion wurde auf gute Zugänglichkeit für die Wartung geachtet, besonders zu allen Verschleißteilen, den Zahnrad- und Klinkenbremsen, den Bremssteuerventilen, den Erdkontakten und den Kohlebürsten.

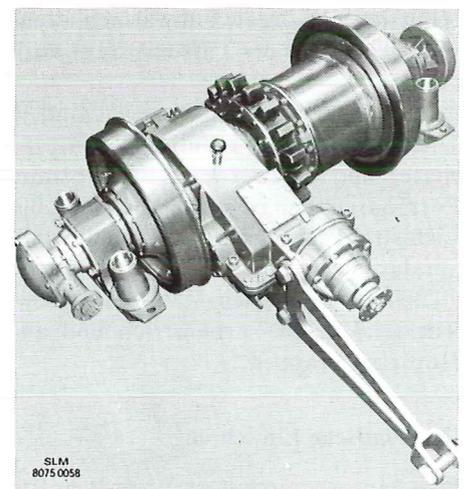
Stirnseitig auf den Fahrzeugachsen sind die Antriebe von drei Fliehkraftschaltern für die Ansprechgeschwindigkeiten 27,5, 17,6 und 7 km/h angeordnet.

Wagenkasten

Das Gerippe des von der Firma Gangloff AG als Unterlieferant der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik gefertigten Wagenkastens besteht aus leichten, durch elektrische Schweißung verbundenen Stahlprofilen und -röhren. Mit dem Gerippe verschweiß ist die äußere fugenlose Beplankung aus dekapiertem Stahlblech. Der Wagenkasten



2 Zahnrad-Triebwagen Bhe 1/2 auf Strecke.



3 Triebbradsatz mit Achsantrieb zu Zahnradtriebwagen Bhe 1/2.

mit seinen steifen Seitenwänden und den leichten Längs- und Querträgern stützt sich über Gummizwischenlagen auf das Untergestell ab. Diese Verbundbauweise ergibt eine selbsttragende, leichte und trotzdem solide Konstruktion, bei der das Übertragen von Antriebsgeräuschen auf den Kasten möglichst vermieden wird. Der Boden, das Dach sowie der obere und untere Fensterrahmen liegen parallel zur Schienenoberkante. Mit Ausnahme der geneigten Frontpartien stehen sämtliche Kastensäulen bei einer Neigung des Gleises von 80‰ lotrecht.

Beide Führerkabine befinden sich auf der bei Bergfahrt linken Wagenseite. Sie sind durch je einen Apparatkasten und eine Schwenktüre vom Passagierraum getrennt. Den Zugang zu den Kabinen gestatten seitliche, von außen verriegelbare Kondukteurtüren. Auf jeder Wagenseite befinden sich zwei einflügelige Schiebetüren, die sich beim Öffnen gegen die Mitte des Wagens verschieben. Jede dieser elektropneumatisch gesteuerten Schiebetüren läßt den gleichzeitigen Ein- oder Ausstieg von zwei Passagieren zu. Ein 50 mm breites, in den Türöffnungen angebrachtes Hohlgummiprofil wirkt auf eine Sicherung der Türantriebe und unterbricht den Schließvorgang, sobald, verursacht durch einen eingeklemmten Gegenstand, ein Widerstand auftritt. Eine grüne Kontrolllampe im Führerstand zeigt den Zustand «Türen geschlossen» an.

Das für die seitlichen Fensterscheiben verwendete splitterfreie Sicherheitsglas ist, um die Blendwirkung zu vermindern, hellgrün gefärbt. Für die Stirnfenster der Führerkabine wurde je eine Heiße Scheibe (200 V/350 W) mit pneumatischem Parallelscheibenwischer eingebaut. Die für die Trennwände hinter und neben dem Führersitz verwendeten rauchgrau getönten Scheiben dämpfen störende Reflexe bei beleuchtetem Wageninnern.

Der Boden des Passagierraumes ist mit einem rotbraunen Gummibelag ausgekleidet. Zusammen mit den cremefarbenen Wänden und dem dunkelgrünen Kunstleder der Sitzpolsterung ergibt dies eine ansprechende Farbkombination. Aus dem Bordnetz (380 V, 50 Hz) mit Strom versorgte Passagierraumventilatoren können wahlweise als Be- oder Entlüfter geschaltet werden. Ebenfalls aus dem Drehstrom-Bordnetz gespeist sind die 6 × 2 Fluoreszenzröhren zu je 40 Watt der Passagierraumbeleuchtung. Bei Ausfall des Drehstrom-Bordnetzes schaltet sich automatisch die Notbeleuchtung ein. Sie umfaßt vier in die Fluoreszenzleuchten eingebaute 15 W-Glühlampen und ist ab Batterie versorgt. Die Wagenheizung (zehn durch exloxiertes und perforiertes Aluminiumblech geschützte Heizkörper, Fußwärmepplatten in den Führerständen und Heizkörper der Türsteuerung) wird ab Fahrdrat (650 V) versorgt.

Vorn und hinten am Wagen sind je drei Stirnlampen in Dreieckanordnung montiert, oben ein abblendbarer Scheinwerfer und unten zwei weiße Positionslampen. Unter den Positionslampen ist je eine rote Schlußlampe angebracht. Der Lichtstrahl des Scheinwerfers trifft rund 40 m vor dem Wagen auf das Gleis.

Beide elektrischen Zahnrad-Triebwagen erhielten einen leuchtend roten Farbanstrich und an der Front rot-grüne Hottinger Wappen.

Pneumatische Einrichtung

Eine Motorkompressorgruppe, Typ BBC2A40, saugt bei der Nenndrehzahl von 1330 U/min ein Volumen von 380 l/min Luft an. Sie wird in einem Hauptluftbehälter, dessen Inhalt

für eine Tal- und Bergfahrt ausreicht, unter 13 bar gespeichert. Normalerweise arbeitet der Kompressor nur während des Haltes in der Bergstation und hält so das Kompressionsgeräusch von der offenen Strecke fern. Sinkt der Druck ausnahmsweise während der Fahrt unter den kritischen Wert von 8 bar, so schaltet der Kompressor auch auf der Strecke ein. Für die pneumatischen Bremsen, die Türbetätigung, die Fensterwischer, die Schütze der elektrischen Steuerung sowie für die Zahnrad- und Spurradschmierung wird der Druck auf 8 bar reduziert. Für die Luftführung vom Kompressor zum Hauptluftbehälter wurden rostfreie Stahlrohre verwendet, für die meisten übrigen Luftleitungen Polyamid.

Bremsen

Den Vorschriften des Eidgenössischen Amtes für Verkehr entsprechend, sind die Triebwagen mit folgenden Bremsen ausgerüstet:

- Elektrische Widerstandsbremse
- Zahnradbremse, auf die Bremstrommel des bergseitig angeordneten Bremszahnrades wirkend
- Klinkenbremse, auf die Bremstrommel des talseitig angeordneten Triebzahnrades wirkend

Zahnrad- und Klinkenbremse sind als Federspeicher-Bandbremsen gebaut. Die Bremskraft wird durch Federn erzeugt. Das Lösen der Bremsen geschieht mit Druckluft. Die gewählte Einstellung verhindert, daß beim gleichzeitigen vollen Wirken beider Bremssysteme die resultierende Verzögerung des Triebwagens ein Hochklettern der Zahnräder auf die Zahnstange bewirken kann. Die als Anhaltebremse konzipierte Zahnradbremse kann mit dem in den Führerständen angeordneten Führerbremssventil bedient werden. Die als Rücklaufsicherung wirkende Klinkenbremse muß während der Bergfahrt festgezogen sein. Dies wird durch folgende Sicherheitsmaßnahme erreicht: Die Bremse wird im talseitigen Führerstand mit einem Hahn bedient, dessen Griff im bergseitigen Führerstand für die Betätigung des Fahrschalters benötigt wird und der sich nur in Bremsstellung abnehmen läßt.

Betriebsaufnahme und -ergebnisse

Die neuerstellte Bahnanlage der Dolderbahn-Betriebs-AG, die festen elektrischen Anlagen sowie die neuen Triebwagen Bhe 1/2 Nr. 1 und 2 waren vor der fahrplanmäßigen Dienstaufnahme im September 1973 durch das Eidgenössische Amt für Verkehr (EAV) abzunehmen. Es galt, den Nachweis zu erbringen, daß die gesetzlichen Vorschriften der «Verordnung über den Bau und Betrieb von Nebenbahnen» eingehalten waren.

Aufgrund von Testfahrten wurden folgende technische Kriterien optimiert:

- Überprüfen der Radlastverteilung
- Einstellen der Achslagerspiele
- Kontrolle der Lage des Triebzahnrades bezogen auf die Zahnstange
- Ausmessen der Abstände des Lichtraumprofils beim Befahren der offenen Strecke, der Ausweichgleise und Stationen
- Einstellen der Klinken- und der Zahnradbremse (bei Bruttolast in der maximalen Steigung) auf ihre richtigen

Arbeitspunkte zur Erreichung der vorgeschriebenen Verzögerungswerte beim Bremsversuch

Bei den unter strengsten Bedingungen durchgeführten Tests der Triebwagen Bhe 1/2 traten keine Mängel auf, die die Sicherheit der Triebfahrzeuge tangierten. Aufgetretene Nebenerscheinungen, wie Vibrationen am Kasten und Rattern an der Zahnradbremse, konnten durch das Einfügen von Silentblochs zwischen Fahrwerk und Kasten sowie durch Änderung verschiedener Parameter behoben werden.

Jeder Triebwagen weist nach rund 22 Monaten einen durchlaufenen Parcours von nahezu 65000 km auf. Mit ihrer einfachen Bedienung, dem geräuscharmen und umweltfreundlichen Betrieb, ist die Bahn ein Beispiel attraktiver öffentlicher Verkehrserschließung.

Literatur

- [1] Die Dolder-Zahnradbahn vom Römerhof auf den Adlisberg Zürich. Schweizerische Bauzeitung, H. 37, 13. September 1973.