Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 112 (1994)

Heft: 49

Artikel: Neue Zahnrad-Dampflokomotiven: gelungene Kombination von Attraktivität und Wirtschaftlichkeit

Autor: Waller, Roger M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78569

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: 01.01.2026

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

Neue Zahnrad-Dampflokomotiven

Gelungene Kombination von Attraktivität und Wirtschaftlichkeit

Zwei berühmte Schweizer Bergbahnen, die Brienz-Rothorn-Bahn und die Chemin de fer Montreux–Glion–Rochers-de-Naye, und die Österreichischen Bundesbahnen haben in den letzten Jahren je eine neue Dampflokomotive erstanden. Der folgende Beitrag erhellt die Hintergründe dieser Entscheidung, schildert das Ringen bei der SLM um die Entwicklung eines zeitgemässen Dampflokomotivtyps und kommentiert die Erfahrungen im praktischen Einsatz. Er gewährt ferner Einblicke in wirtschaftliche Überlegungen von Touristikbahnen. Zurzeit sind weitere fünf Lokomotiven im Bau.

Der Weg zurück zum Dampf

Nach dem Erfolg der ersten europäischen Zahnradbahn auf die Rigi wurde die Schweiz von einem Berg-

VON ROGER M. WALLER, WINTERTHUR

bahnfieber erfasst. Auch Brienz blieb davon nicht verschont und wollte mit der Erschliessung des Rothorns eine Pioniertat im Berner Oberland vollbringen. Im August 1890 begann der Streckenbau. Mit bis zu 640 Arbeitern gelang es, die 7,6 Kilometer lange, 1680 Höhenmeter überwindende Trasse in nur 14 Monaten zu bauen. Am 17. Juni 1892 fand die feierliche Betriebseröffnung statt. Die Frequenzen blieben jedoch weit unter den Erwartungen. Deshalb wurde die Bahn bereits 1914 stillgelegt, eingemottet und erst 1931 wieder eröffnet. Neue Dampflokomotiven sorgten 1933 und 1936 für eine Kapazitätserhöhung, der Umbau der Nassdampflokomotiven auf Heissdampf für eine Fahrzeitreduktion um 15 Minuten! Trotzdem blieben die finanziellen Ergebnisse mager, so dass auch nicht an eine Elektrifizierung gedacht werden konnte [1, 2].

Was damals als Nachteil empfunden wurde, wandelte sich zum Vorteil. Vom übrigen schweizerischen Bahnnetz weitgehend verschwunden, erwies sich die Dampftraktion bereits in den sechziger Jahren als Publikumsmagnet. Für die Brienz-Rothorn-Bahn (BRB) bedeutete dies endlich mehr Fahrgäste, was aber bald zu Kapazitätsengpässen führte. Eine Technische Kommission untersuchte 1970 die bestehenden Möglichkeiten und kam zum Schluss, dass die Neubeschaffung von Dampflokomotiven die attraktivste Lösung darstellen würde, ohne aber diese Möglichkeit zu konkretisieren.

Übergang zu Dieseltraktion

Da die Elektrifizierung als zu teuer ausschied, wandte man sich der Dieseltraktion zu [3]. «Diesel hilft Dampf schonen» hiess fortan das Motto der BRB. Sehr zum Leidwesen des Publikums übernahmen die Diesellokomotiven die Grundlast und überliessen den alten Dampflokomotiven die Verkehrsspitzen, obwohl aufgrund der traktionsspezifischen Eigenschaften und der Publikumsgunst das Umgekehrte sinnvoll gewesen wäre. Aber der genau berechenbare Vorteil der neuen Diesellokomotiven (geringere Betriebskosten) wurde höher gewichtet als der schwierig quantifizierbare Vorteil der Dampftraktion (Mehrfrequenz durch Attraktivität). Als 1984 die Beschaffung einer vierten Diesellokomotive erwogen wurde, bestand endgültig die Gefahr, dass dem Dampfbetrieb nur noch Alibifunktion zukommen würde.

Ein Brief des Autors an den BRB-Direktor Ernst Streule gab dieser Sorge Ausdruck und nannte als Alternative Dampflokomotiven nach heutigem Stand der Technik. In Freizeitarbeit entstand eine Typenzeichnung, welche im April 1985 der BRB-Direktion vorgestellt werden konnte. Die kurz darauf erfolgte Offertanfrage stiess bei der damaligen SLM-Geschäftsleitung auf Skepsis. Viel Überzeugungsarbeit war notwendig. Man einigte sich schliesslich auf eine Marktumfrage, deren Resultat über den Bau entscheiden sollte. Als Minimum wurden sechs Stück definiert.

Mehrere Bergbahnen äusserten ihr Interesse, aber ausschlaggebend war wohl die Absicht der Österreichischen Bundesbahnen, gleich zwölf Dampflokomotiven für die Schafberg- und Schneebergbahn zu bestellen. Grundlage dafür waren eine Wirtschaftlichkeitsrechnung und eine Meinungsumfrage. Eine Elektrifizierung musste wegen hoher Kapitalkosten ausscheiden. Ausserdem sprachen sich die Bundesländer aus Gründen des Landschaftsschutzes gegen eine Fahrleitung aus; und eine dritte Schiene kommt in Wandergebieten aus Sicherheitsgründen nicht in Betracht. Der Entscheid zwischen Dampf- und Dieseltraktion fiel aufgrund der eindeutigen Resultate einer repräsentativen Meinungsumfrage [4]. 79 Prozent sprachen sich für die Dampftraktion aus, 18 Prozent waren indifferent und nur 3 Prozent bevorzugten die Dieseltraktion. Wirtschaftlich interessant war zudem die Aussage, dass ein erheblicher Teil der Befragten bereit wäre, für den Dampfbetrieb einen Mehrpreis zu bezahlen.

Die SLM-Marktanalyse für neue Zahnrad-Dampflokomotiven ergab einen Gesamtbedarf von 15 Stück, worauf beschlossen wurde, Prototypen zu bauen, da in der SLM seit 1952 keine Dampflokomotiven mehr gebaut worden waren. Die Neukonzeption erforderte zudem derart viele Innovationen, dass der Bau von 15 Stück ab Reissbrett als zu riskant erschien. Nachdem ein Pflichtenheft erarbeitet und die Vertragsverhandlungen abgeschlossen worden waren, konnte im August 1988 mit der Realisierung des Projekts begonnen werden.

Wirtschaftliches Betriebskonzept

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist es notwendig, mit weniger Personal mehr Passagiere zu befördern. Dieses Ziel konnte nur mit einer Neukonzeption erreicht werden.

Die neue Dampflokomotive kommt ohne Heizer, also mit Einmannbedienung, aus. Bei westeuropäischem Lohnniveau ist dies eine Voraussetzung, um in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung gegenüber Diesel- und Elektrotraktion bestehen zu können. Die Realisierung der Einmannbedienung wird dadurch erleichtert, dass die Züge geschoben werden. Die Streckenbeobachtung bei der Bergfahrt obliegt dem auf dem vordersten Vorstellwagen mitfahrenden Zugbegleiter, während sich der Lokomotivführer der Bedienung der Maschine widmet. Bei Talfahrt muss der Lokomotivführer die Streckenbeobachtung übernehmen, dafür entfällt die Bedienung des Kessels. Mit verschie-

Bild 1. Drei Generationen Dampflokomotiven der BRB: Im Vordergrund die H 2/3 12 (Baujahr 1992), in der Mitte die H 2/3 7 (1936) und rechts die H 2/3 2 (1891). Bild: Chr. Lüber

denen Verbesserungen wurde dafür gesorgt, dass der Lokomotivführer mit der Doppelaufgabe «Fahren und Heizen» nicht überfordert ist:

- Die *Ölfeuerung* bringt im Vergleich zur handbeschickten Kohlefeuerung bereits eine wesentliche Arbeitserleichterung. Zusätzlich ermöglicht ein neu entwickelter Verbundregler, Dampfzerstäuberdruck und Ölmenge mit einer Hand zu regeln.
- Für die *Kesselspeisung* während der Fahrt ist eine mechanisch angetriebene Speisepumpe vorhanden. Die Speisemenge lässt sich über ein Drosselventil einfach regeln.
- Der Lokomotivführer ist im Betriebseinsatz vom *Schmieren* der Lokomotive befreit. Das Nachschmieren erfolgt im Depot in Intervallen.
- Zur Überwachung der Wachsamkeit ist eine *Sifa* (Sicherheitsfahrschaltung) installiert.

Mehr Flexibilität

Mit Rücksicht auf die 100jährige Trasse der BRB darf das Gesamtzugsgewicht 32 Tonnen nicht wesentlich überschreiten. Die aus wirtschaftlichen Gründen notwendige Erhöhung der Passagierzahl pro Zug ist deshalb nur möglich, indem mittels *Leichtbau* die Leergewichte von Lokomotive und Wagen vermindert werden. Als zusätzlicher Vorteil ergibt sich ein deutlich reduzierter Energieverbrauch pro Passagierfahrt.

Die Frequenzen von Bergbahnen sind in starkem Masse wetterabhängig. Eine plötzliche Aufhellung nach einer Schlechtwetterperiode kann zu einem Ansturm von Passagieren führen, welche dann mangels angeheizter Lokomotiven nicht befördert werden können. Diesel- und Elektrolokomotiven, die sich quasi auf Knopfdruck starten lassen, hatten hier entscheidende Vorteile. Um die Einsatzbereitschaft der neuen Dampflokomotiven zu verbessern, hat die SLM ein externes *elektrisches Vorheizgerät* entwickelt. Damit lässt sich eine kalte Dampflokomotive unbeaufsichtigt aufheizen und einsatzbereit halten. Eine ölgefeuerte Dampflokomotive ist so in rund zehn Minuten einsatzfähig. Auch bei schönstem Ausflugswetter stehen die Lokomotiven nur acht bis zehn Stunden im Einsatz, den Rest des Tages bleiben sie im Depot; es sei denn, es finde eine der populären «Mondscheinfahrten» statt! Um Energie- und Personalkosten zu sparen, hat man die Kessel der neuen Dampflokomotiven voll isoliert. Damit bleiben sie über Nacht unter Druck und sind am nächsten Morgen sofort betriebsbereit. Erst nach längerer Betriebspause wird das elektrische Vorheizgerät benötigt.

Nieten finden sich an der neuen Dampflokomotive keine mehr. Rahmen, Kessel, Zylinder, Führerhaus und Wasserkasten sind alles integrale Schweisskonstruktionen nach heutigem Stand der Technik. Enge Toleranzen bei den Einzelteilen sorgen für Tauschbarkeit und einfache Ersatzteil-Lagerhaltung. Wert gelegt wurde auch auf Übersichtlichkeit und gute Zugänglichkeit.

Bei Zahnradbahnen findet man eine Vielfalt von Spurweiten, Zahnstangen- und Stromsystemen. Das aber läuft den Bemühungen, die Fahrzeuge zu vereinheitlichen, um grössere Serien herstel-

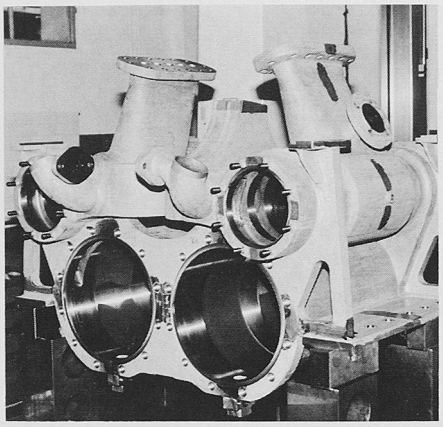


Bild 2. Der fertig geschweisste und bearbeitete Dampfzylinder der neuen Dampflokomotive ohne Laufbuchsen. Bild: R. Wallner

len zu können, entgegen. Die Dampflokomotive hat aber generelle Vorteile, die es zu nutzen galt. Dank Aussenrahmen für die Meterspur können mit nur kleinen Änderungen an den Radscheiben der Tragräder und an der Laufachswelle Spurweiten von 800–1000 mm realisiert werden. Die Höhe der Zahnstange über SOK (Schienenoberkante) wird über den Tragrad-Durchmesser ausgeglichen, weshalb sich in der Fahrzeughöhe kleine Differenzen ergeben. Schliesslich ermöglicht der Triebzahnrad-Durchmesser von 573 mm eine Anpassung an alle Zahnstangensysteme mit vertikalem Eingriff. (Das System Abt verfügt über 120-mm-Teilung, Riggenbach-Zahnstangen üblicherweise über 100 mm, was eine Zähnezahl von 15 beziehungsweise 18 ergibt).

Von der Referenzmaschine zur neuen Lokomotive

Aufgrund der konzeptionellen Anforderungen kam ein Nachbau einer alten Zahnrad-Dampflokomotive nicht in Frage. Um das technische Risiko zu begrenzen, wurde dennoch nach einer Referenzmaschine gesucht, welche wenigstens teilweise als Basis und Vergleich dienen könnte. Die beiden 1933 und 1936 bei SLM gebauten BRB-Lokomotiven 6 und 7 schienen dafür am besten geeignet. Von diesem Lokomotivtyp sind die Zeichnungen archiviert, leider jedoch keine Berechnungen. Es lag daher der Wunsch nahe, eine Lokomotive messtechnisch zu untersuchen. Gelegenheit dazu ergab sich, als die BRB Brennstoffversuche bei der SLM bestellte, um beim absehbaren Ende der Brikett-Fabrikation über Alternativen zu verfügen. Die SLM bot an, die Lokomotive auf eigene Rechnung zusätzlich zu instrumentieren, um Grundlagen für die neue Zahnrad-Dampflokomotive zu erhalten. Die Messdaten bildeten die Basis für die Auslegung des thermodynamischen Teiles. Für die Kesselberechnung konnte das Programm Kesmix der Firma Sulzer angepasst werden. Für die Dampfmaschine mussten jedoch eigene Programme erarbeitet werden. Zuerst wurden die alten Lokomotiven von 1933/36 nachgerechnet und offene Parameter (z.B. Verschmutzungsfaktoren der Heizflächen) abgeglichen. Von dieser Basis ausgehend wurden die Einflussgrössen schrittweise variiert, bis die gewünschten Resultate erreicht waren. Natürlich mussten bei den Variationsrechnungen die technischen Randbedingungen berücksichtigt werden, was parallele Konstruktionsentwürfe erforderte. Den Abschluss dieser Iterationsprozesse bildeten Plausibilitätsbetrachtungen der optimierten Variante mittels Handrechnung und Quervergleiche mit anderen Lokomotiven.

Besonders wichtig bei Zahnradbahnen ist die Stand- und Entgleisungssicherheit. Die Bedingungen dazu sind in den AB-EBV (Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung) festgehalten. Die Berechnungen erfolgen mit einem vom BAV (Bundesamt für Verkehr) genehmigten SLM-Rechenprogramm. Die aufgrund der Berechnungen erforderlichen Anpassungen beeinflussten unter anderem das Bremskonzept (durchgehende Zugsbremse), die Kupplung (Stangenkupplung anstelle von Puffern) und die Laufachsabstützung.

Viel Wert wurde auf die Festigkeitsberechnung von strukturell wichtigen Teilen wie Achsen, Kurbel, Rahmen, Zylinder, Kolben und Stangen gelegt. Dies war notwendig, um das ehrgeizige Ziel des Gewichtslimits ohne Konzessionen an die Sicherheit erreichen zu können. Eine Schwingungsrechnung für den gesamten Zug gab Aufschluss über das zu erwartende dynamische Verhalten von Lokomotive und Vorstellwagen und diente der Auslegung der Drehfederung in den Triebzahnrädern sowie der Stossfeder in der Kupplung zu den Vorstellwagen.

Die wichtigsten Neuentwicklungen

Der Kessel

Der Kessel ist als integrale Schweisskonstruktion ausgebildet. Die stählerne Feuerbüchse ist wegen des für Ölfeuerung erforderlichen Brennkammervolumens grosszügig gestaltet und weist gegen die Rohrwand hin einen Verbrennungskammeransatz auf. Die Feuerbüchse ist durch den U-förmigen Bodenring und gewindelose Stabstehbolzen im Stehkessel gehalten. Alle Stehbolzen weisen Kontrollbohrungen auf. Bei gebrochenen Stehbolzen tritt somit Wasser/Dampf in die Feuerbüchse. Als weiteres Sicherheitselement ist über der Feuerbüchsdecke eine elektronisch überwachte Niveausonde installiert. Diese übernimmt die Funktion der bei Kohlefeuerung üblichen Schmelzpfropfen. Bei Unterschreiten der Niedrigwasseralarmstufe stellt sie über ein in der Lastbrenner-Ölleitung installiertes Elektro-Magnetventil die Lastbrenner ab. Das Ventil ist im Ruhestromprinzip geschaltet.

Zur visuellen Überwachung des Wasserstandes sind am Langkessel rechts zwei Klinger-Wasserstände angeordnet. Der Reglerzug wird seitlich betätigt und ist so angeordnet, dass er sowohl stehend als auch sitzend bequem bedient werden kann. Als Speiseeinrichtungen sind vorhanden:

- eine mechanisch von der Kurbelwelle mittels Zahnriemen angetriebene Fahrpumpe, welche das Speisewasser über einen Abdampfvorwärmer zum Speisekopf fördert. Die Fördermenge wird über ein Drosselventil der Bypass-Leitung geregelt.
- ein nicht saugender Injektor für die Speisung im Stillstand und als Reserve.

Der Kessel hat keinen Armaturenstock. Die Hilfsdampfentnahme erfolgt sogleich nach dem Absperrventil am Dampfdom. Hilfsdampf und Zylinderdampf werden aus der oberen Domkammer, nach dem Wasserabscheider, entnommen. Beim im Dom eingebauten Nassdampfregler handelt es sich um ein handelsübliches Kugelsektorventil, welches dank spezieller Formgebung ein wohldosiertes Fahren ermöglicht. Nach dem Regler passiert der Nassdampf das Reglerknierohr, um im Nassdampfverteiler auf die zehn parallelen Überhitzerschlangen verteilt zu werden. Im Hinblick auf die Heissdampftemperatur von 420°C ist die Überhitzung in sechs Stufen notwendig (dreimal Gleichstrom, dreimal Gegenstrom). Nach der Überhitzung wird der Heissdampf direkt den Zylindern zugeführt.

Der Kessel ist mit einem Abschlammventil ausgerüstet. Das Abschlammen darf nur im Depot an dafür vorgesehener Stelle vorgenommen werden. Zu diesem Zweck wird ein Ablassrohr angeschlossen und das Ventil mittels Steckhebel betätigt. Ein zweites Ventil sorgt für eine Absperrmöglichkeit bei Hängenbleiben des Abschlammventils. Dieser Anschluss dient zugleich als druckseitige Verbindung des elektrischen Vorheizgerätes; der saugseitige Anschluss (aus Sicherheits-

gründen ebenfalls mit zwei Ventilen) ist zwischen den Speiseköpfen am Langkessel plaziert. Alle Betätigungsräder- und Hebel bleiben beim Vorheizgerät respektive bei der Abschlammgrube, damit niemand an der Lokomotive unbefugt druckführende Ventile öffnen kann.

Auf dem Dom sind zwei Sicherheitsventile der Bauart Pop angebracht. Der Kessel weist vier Waschbolzen in den Bodenringecken und einen an der Stehkesselrückwand auf. Am Stehkessel sind zusätzlich über der Feuerbüchsdecke vorn und am Langkessel unten hinter der Rauchkammer-Rohrwand je ein Waschlukenflansch angebracht. Derjenige am Stehkessel trägt zusätzlich die Niveausonde. Rauchkammer und Rauchkammertüre samt Dichtung sind so gestaltet, dass der grösstmögliche Querschnitt frei bleibt, das heisst, Dichtung und Türring sind aussen angebracht.

Der Kessel ist bei der Rauchkammer mit dem Zylinderblock verschraubt und stützt sich beim Bodenring auf zwei schmale, mit dem hinteren Rahmenquerträger verschraubte Pendelbleche. Die Kessellängsachse ist um zwölf Prozent gegenüber der Rahmenlängsachse nach vorn geneigt. Der Kessel liegt also in 120-Promille-Steigung waagrecht. In Kombination mit der um 12 Prozent nach hinten geneigten Feuerbüchsdecke kann bei allen Neigungsverhältnissen (0–250 Promille!) ein ausreichender Wasserstand über der Feuerbüchsdecke gehalten werden.

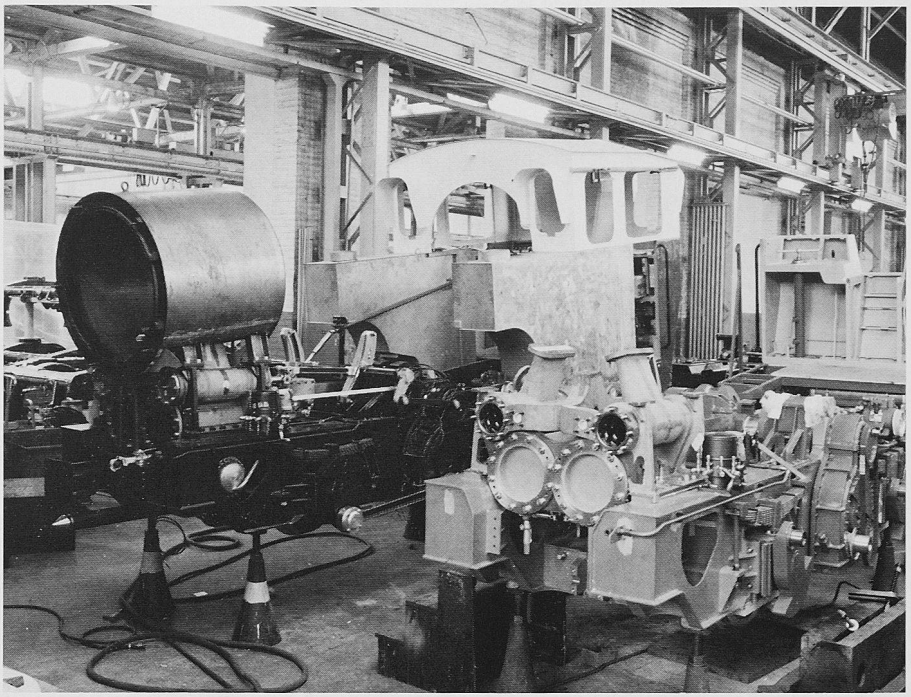


Bild 3. Die neuen Dampflokomotiven in der Montagehalle der SLM. Bild: SLM

Die Dampfmaschine

Im Vergleich zu den BRB-Lokomotiven 6 und 7 wurde der gesamte Antrieb «gewendet», so dass der Zylinderblock nun unterhalb der Rauchkammer liegt. Dadurch ergibt sich sowohl bei den Einströmrohren als auch bei den Abdampfkanälen eine wesentlich verbesserte Leitungsführung mit entsprechend kleineren Drossel- und Temperaturverlusten.

Die *Dampfmaschine* ist eine klassische Heissdampf-Zwillingsmaschine mit Heusinger-Steuerung. Im Vergleich zu älteren Maschinen wurden jedoch zahlreiche Verbesserungen realisiert wie:

- vergrössertes Schieberkastenvolumen
- gerade Dampfkanäle
- minimale schädliche Räume
- optimierte Blasrohranlage
- grosszügiger Schieberhub.

Der vollständig geschweisste Doppelzylinder weist einteilige, gusseiserne Laufbüchsen auf, welche von der Stirnseite her gewechselt werden können. Die Kolbenschieber sind beidseitig geführt, wobei die vordere Führung innen liegt. Die Schieber weisen zweimal sieben schmale Schieberringe auf, wodurch eine gute Dampfdichtheit gewährleistet ist. Der Kolben mit einseitiger Kolbenstange ist in Leichtbauweise geschweisst. Für die Verbindung der Kolbenstange mit dem Kreuzkopf wurde nach amerikanischer Praxis eine geschraubte, mit drei doppeltwirkenden Konusrillen verspannte Klemmverbindung gewählt.

Die Kolbenstangen-Stopfbüchsen sind denjenigen der deutschen Einheitslokomotiven nachgebildet. Die Triebwerk- und Steuerungsstangen sind soweit möglich blank gehalten und wurden zwecks Korrosionsschutz mattverchromt (pflegeleicht). Die Umsteuerung erfolgt mit Handrad vom Führerstand aus, wobei die im Rahmen gelagerte Steuerwelle mittels Schneckentrieb betätigt wird.

Rahmen und Vorgelege

Der Rahmen ist vollständig geschweisst und besteht im wesentlichen aus zwei Längsträgern und vier Querträgern. Sämtliche Querträger sind als Hohlträger ausgeführt. Alle Abstützungspunkte (z.B. für Bremshebel) sind innen verrippt, so dass sich keine Krafteinleitungen auf ungestützte Blechfelder ergeben. Die Längsträger sind im Bereich der Zylinderauflage bis zur Kurbelwelle je doppelwandig ausgeführt. Im hinteren Teil, wo der Rahmen nur das Führerhaus zu tragen hat, ist er, um Gewicht einzusparen, leichter gestaltet. Die Stosskräfte werden über eine Stangenkupplung in den vordersten Rahmenquerträger eingeleitet. Der vordere und hintere Puffer haben vor allem Schutzfunktion und sind als Deformationselemente ausgelegt.

Im Hinblick auf die Rahmenfestigkeit wurde die Vorgelegewelle als «Steckwelle» ausgebildet. Dadurch konnte der Rahmen im Bereich des Vorgeleges in seiner vollen Höhe tragend gestaltet werden. Aus konstruktiven Gründen war es nicht möglich, das Zentrum der Vorgelegewelle auf Höhe der Triebachsmitte zu legen. Deshalb sind die Achslagerführungen leicht schräg ausgebildet. Zur Federung der Lokomotive sind Blattfedern eingebaut.

Um die Dampfmaschine in einem wirtschaftlichen Drehzahlbereich arbeiten zu lassen, hat die Lokomotive ein Vorgelege mit einer Übersetzung ins Langsame von rund 1: 2,3. Die Vorgelegewelle mit den beiden Grossrädern ist im Rahmen gelagert. Die Kurbelwelle mit den zwei Ritzeln sitzt auf dem Rahmen und ist mit Halbschalen fixiert.

Die Vorgelege-Zahnräder weisen eine gerade Verzahnung auf. Mittels Ballig-Schliff wird den Wellendurchbiegungen Rechnung getragen. Die Vorgelege-Räder laufen im Ölbad mit Tauchschmierung, welches auch die Lager der Vorgelegewelle schmiert. Die Kurbelwellenlager dagegen sind fettgeschmiert (Lebensdauerschmierung). Die Lokomotive der MGN hat versuchsweise ölgeschmierte Kurbelwellenlager. Gegen aussen hin ist das Vorgelege-Gehäuse mittels leckagefreien Labyrinth-Dichtungen gegen Ölverlust gesichert.

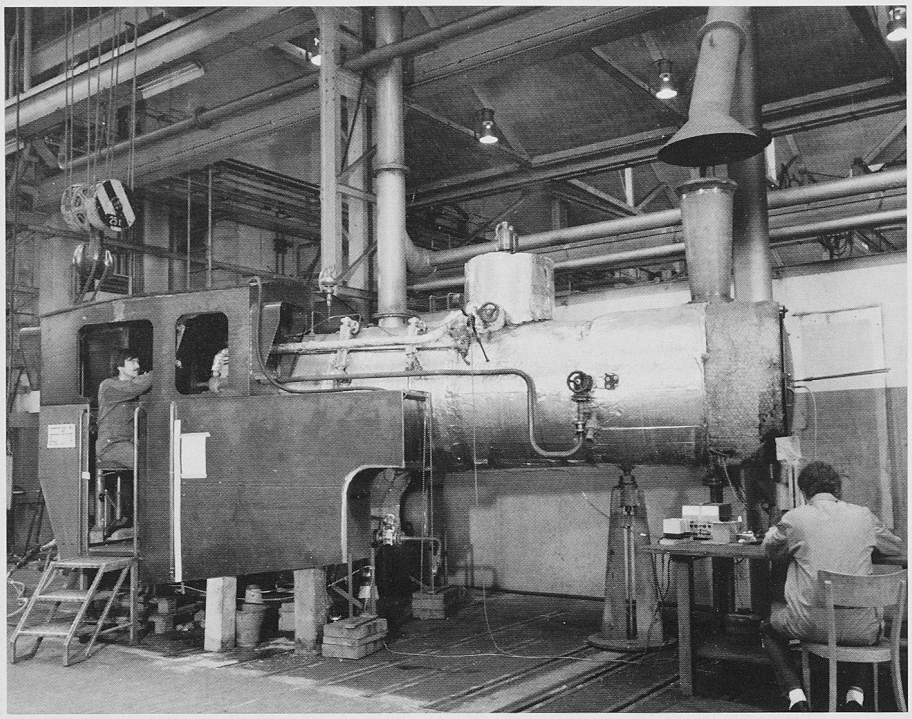


Bild 4. Prüfstand für die Ölfeuerungsversuche mit provisorisch isoliertem BRB-Kessel. Beim Führerstand handelt es sich um ein Modell in Originalgrösse, hergestellt für die österreichischen Gewerkschaften. Bild: SLM

Achsen und Bremsen

Die Triebzapfen der Vorgelegeräder treiben über die vorderen und hinteren Kuppelstangen mittels Kurbeln die beiden *Triebachsen* an. Diese sind in den Achslagern und in den Tragrädern gelagert. Die Zugkraftübertragung erfolgt bei diesen reinen Zahnradlokomotiven ausschliesslich über die Triebzahnräder, welche zum Ausgleich von Teilungsfehlern der Zahnstange in Drehrichtung gefedert sind. Die Triebachsen sind aus Gewichtsgründen als Hohlwellen ausgeführt.

Die talseitig angeordnete *Laufachse* ist als klassische Bisselachse gestaltet. Die Abstützung erfolgt via Blattfeder über eine Tragrolle, welche sich auf einer leicht V-förmig ausgebildeten Platte abwälzt. Diese Anordnung erlaubt eine einwandfreie Zentrierung bei Fahrt in der Geraden und guten Bogenlauf dank moderater Rückstellwirkung. Zur Verbesserung des Wankverhaltens ist die Laufachse mit einem Stabilisator ausgerüstet.

Die Lokomotive ist mit drei voneinander unabhängigen Bremsen ausgerüstet:

Die *verschleissfreie Betriebsbremse* (Beharrungsbremse) ist eine Riggenbach-Gegendruckbremse. Die Dampfmaschine arbeitet als Kompressor, indem bei entgegen der Fahrtrichtung ausgelegter Steuerung Luft angesaugt und verdichtet wird. Die entstehende Wärme wird durch Einspritzen von Kühlwasser in Dampf umgewandelt. Die Bremsleistung kann über ein Drosselventil stufenlos geregelt werden. Zur Geräuschminderung ist dem Drosselventil ein Schalldämpfer nachgeschaltet, welcher im hinteren Puffer integriert ist.

Die *mechanische Anhaltebremse System I* ist als druckluftbetätigte Federspeicherbremse ausgebildet und auf den ganzen Zug verteilt. Lokomotive und Vorstellwagen bremsen anteilmässig ihre Eigenmasse ab. Auf der Lokomotive sind zwei Federspeicherbremszylinder angeordnet, welche über individuelle Bremsgestänge mittels zwei Bremsbacken auf je eine Bremstrommel wirken. Dieses Bremssystem wird im Normalfall vom Lokomotivführer über ein direkt entlüftendes Bremsventil betätigt. Die Bremswirkung lässt sich stufenlos und dosiert regeln. Das Bremsventil befindet sich im Führerpult des talseitigen Führerstandes.

Alle Notbremsauslösungen wirken über im Ruhestromprinzip geschaltene EP-Ventile auf das Bremssystem I. Die Auflösung einer zwangsweise erfolgten Notbremsung darf aus Sicherheitsgründen nur bei angezogener Bremse erfolgen. Deshalb ist das Bremsventil mit einem Kontakt versehen, welcher das Rückstellen der Notbremse nur in Vollbremsstellung ermöglicht.

Das *Bremssystem II* ist auf der Lokomotive konzentriert und in der Lage, ohne Mitwirken der Bremsen der Vorstellwagen die gesamte Zugsmasse in den Stillstand abzubremsen. Es handelt sich um eine handspindelbetätigte, auf zwei Bremstrommeln der Kurbelwelle wirkende Bandbremse. Die Handbremskurbel ist auf dem Führerpult des talseitigen Führerstandes angeordnet. Sie weist eine Sperrklinke gegen unbeabsichtigtes Lösen auf, welche so konstruiert ist, dass ein Anziehen der Bremse ohne Manipulation an der Klinke jederzeit möglich ist. Die Handspindel überstreicht mit ihrem Wirkungskreis das Handrad der Gegendruckbremse, so dass nicht gleichzeitig die Gegendruckbremse und das System II angezogen werden können, wohl aber die Gegendruckbremse und das System I oder die beiden mechanischen Anhaltebremsen (System I und II). Dies soll verhindern, dass eine Überlagerung aller drei Bremssysteme erfolgen kann.

Elektrische Ausrüstung und Sicherheitseinrichtungen

Die Lokomotive ist mit einer modernen, elektronischen Sicherheits- und Notbremssteuerung ausgerüstet. Zur Stromversorgung des Bordnetzes dienen Batterien. Während der Fahrt werden diese über einen mechanisch angetriebenen Alternator gespeist, im Depot bei Bedarf über ein externes Ladegerät. Die zwei Batterien mit einer Gesamtkapazität von 50 Ah (bei 24 V) sind unter dem Führerstandboden in einer mit Teleskopauszug versehenen Schublade plaziert. Dampf- und Elektroteil sind räumlich weitgehend getrennt.

Hauptstromkonsumenten sind der elektrisch angetriebene Kompressor und drei Elektromagnetventile. Am Bordnetz hängen zusätzlich die Stromversorgung für das Teloc 2000 S-Gerät, diverse Sicherungsautomaten, Steuerrelais und Lampen.

Die Einmannbedienung der Lokomotive und die strengen, gesetzlichen Vorschriften bei Zahnradbahnen erfordern umfassende Sicherheitseinrichtungen:

- Sifa mit Schnell- und Langsamgang
- Übergeschwindigkeitsauslösung
- Rückrollsicherung.

Alle Überwachungsfunktionen samt Geschwindigkeits- und Weganzeige sowie Registratur sind im Teloc-2000-S-Gerät von Sécheron-Hasler untergebracht. Das Zentralgerät befindet sich in einem ausziehbaren 19"-Rack im talseitigen Führerstand. Das zweikanalige Geschwindigkeits-Messignal wird mit zwei induktiv arbeitenden Näherungsinitiatoren an der linken, speziell verzahnten Bremstrommel der Kurbelwelle abgenommen.

Die Sifa-Pedale befinden sich im bergseitigen Führerstand beim Wasserka-

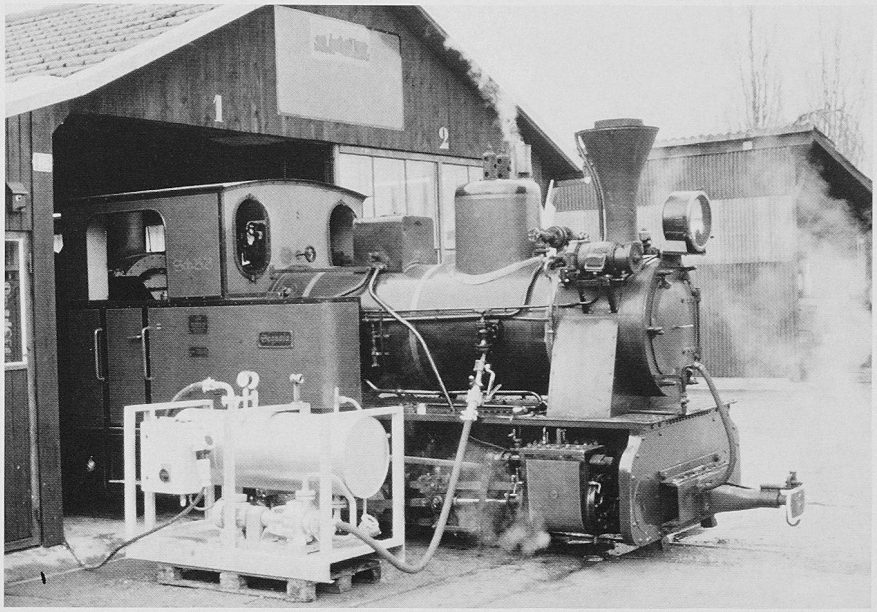
sten, im talseitigen in der Fussnische. Bei Bergfahrt darf nur das bergseitige Sifa-Pedal gedrückt werden, bei Talfahrt nur das talseitige, weil diese Signale zur Auswertung der Fahrtrichtung (für die Rückrollsicherung) mitverwendet werden.

Ölfeuerung

Ölgefeuerte Dampflokomotiven sind grundsätzlich nichts Neues. Die Mehrzahl solcher Maschinen verfeuerten schweres Heizöl (Bunkeröl C). Dies kam nicht in Frage: Das schwere Heizöl muss zum Betanken und Verfeuern vorgewärmt werden, wozu in stationären wie mobilen Öltanks Heizschlangen notwendig sind. Dies bedeutet Mehrgewicht und zusätzlichen Energiebedarf zum Aufheizen und Warmhalten des Öls. Der hohe Schwefelgehalt (= 1 Prozent) ist für die Umwelt und die Lebensdauer des Kessels (Korrosion) von Nachteil. Weil schweres Heizöl nur noch in Grossindustrien benötigt wird, ist es an Orten wie Brienz oder Glion nur schwer erhältlich, während für das in Hausfeuerungen gebräuchliche Heizöl extraleicht (EL) ein lückenloses Verteilernetz existiert.

Für Lokomotivfeuerungen mit Heizöl EL fehlte es aber an konkreten Vorbildern, speziell für derart kleine Brennkammern, wie sie die Feuerbüchsen der Zahnrad-Dampflokomotiven darstellen. Bekannt war, dass bei den kleinen Lokomotiven der Festiniog Railway in Wales Ölfeuerungen englischer Fabrikation gut funktionieren, wenn auch nicht immer rauchfrei. Als diese Feuerung allerdings auf zwei Zahnrad-Dampflokomotiven der Snowdon Mountain Railway eingebaut wurde, waren die Ergebnisse weniger ermutigend. Der Ölverbrauch war mit 437 Liter pro Bergfahrt wesentlich höher als aufgrund des Kohlenverbrauchs (rund 300 kg) erwartet wurde [5]. Die Maschinen wurden nach zwei Jahren wieder auf Kohlefeuerung umgerüstet.

Der um eine Zusammenarbeit angefragte englische Hersteller zeigte denn auch kein Interesse, so dass in der Schweiz ein motivierter Partner gesucht werden musste. Die Auswahl war klein, denn die meisten Haushalts- und Industriebrenner zerstäuben das Öl mit Druckluft, ein Verfahren, das für Dampflokomotiven wegen des hohen Bedarfs an Luft und elektrischer Energie (rund 5–10 kW!) nicht geeignet ist. Dampf hingegen ist genügend vorhanden. Die Firma Sonvico in Langnau (Zürich) als Spezialist für Brenner mit Dampfzerstäubung konnte für eine gemeinsame Entwicklung gewonnen werden.



Das neuentwickelte elektrische Vorheizgerät

Möglichkeiten

Das elektrische Vorheizgerät wurde von der SLM entwickelt. Modern geführte Bahnunternehmen verlangen eine hohe Verfügbarkeit der Triebfahrzeuge, um beispielsweise auf plötzlichen Passagierandrang flexibel reagieren zu können. Dem traditionellen Dampfbetrieb fehlt diese Einsatz-Flexibilität: Bei kalt abgestellten Dampflokomotiven ist stundenlanges Anheizen notwendig; unter Druck stehende Lokomotiven müssen überwacht werden, was unnötige Personalkosten verursacht. Das elektrische Vorheizgerät bietet folgende neue Möglichkeiten:

- Feuerloses unbeaufsichtigtes Anheizen einer kalten Dampflokomotive bis zehn bar Kesseldruck (auf Wunsch auch für höheren Druck);
- Unbeaufsichtigtes Unter-Druck- oder Warmhalten einer angeheizten Dampflok;
- Füllen des Kessels ohne Öffnen von Waschluken oder Flanschen;
- Ferngesteuertes Einschalten über Telefon (Option).

Funktionsweise und Sicherheit

Im Gegensatz zum konventionellen Anheizen mittels Brennstoff erfolgt es beim elektrischen Vorheizen extern in einem Durchlauferhitzer. Das Kesselwasser wird dem Lokkessel entnommen und fliesst mittels Schwerkraft der Heisswasser-Zirkulationspumpe zu. Diese drückt das Wasser durch den elektrischen Durchlauferhitzer zurück in den Lokkessel. Die Zwangszirkulation bewirkt ein äusserst gleichmässiges Anheizen, weil der ganze Kessel von der Wasserseite her erwärmt wird (im Gegensatz zur konventionellen Aufheizmethode, bei der Feuerbüchse und Rohre zuerst erwärmt werden, während Steh- und Langkessel noch kalt sind). Das elektrische Vorheizgerät wärmt das Kesselwasser langsam bis zu der am Thermostat eingestellten Temperatur auf. Die Zeit, welche für das Anheizen einer kalten Lokomotive bis zehn bar Druck benötigt wird, ist abhängig von folgenden Grössen:

- Heizleistung des elektrischen Vorheizgerätes;
- Wasserinhalt des Lokomotivkessels;
- Güte der Isolation des Lokomotivkessels;
- Dichtheit von Luftklappen und Kamindeckel;
- Umgebungstemperatur.

Das für Zahnrad-Dampflokomotiven gebaute Vorheizgerät hat eine Leistung von 25 kW. Das ergibt bei kaltem Kessel eine Aufheizzeit von 12–16 Stunden, bis ein Betriebsdruck von 8–10 bar erreicht ist. Sinnvollerweise wird eine kalte Lokomotive über Nacht vorgeheizt, damit sie am nächsten Morgen sofort in Betrieb genommen oder betriebsbereit gehalten werden kann. Vor dem Verschieben der Lokomotive muss das Vorheizgerät von der Lokomotive getrennt werden. Das Abschalten des Vorheizgerätes und das Abkuppeln der beiden flexiblen Schläuche benötigen ungefähr fünf Minuten. Wird das elektrische Vorheizgerät dazu verwendet, bei einer unter Druck stehenden Lokomotive die Abkühlungsverluste zu kompensieren, so ist die gewünschte Temperatur am Thermostat einzustellen. Sie wird vom Vorheizgerät durch intermittierendes Zu- und Abschalten der Heizleistung geregelt.

Der Regelthermostat sorgt dafür, dass die eingestellte Temperatur gehalten wird. Zusätzlich ist die Anlage mit Sicherheitsthermostat und Sicherheitsventil ausgerüstet, damit die maximal zulässige Betriebstemperatur beziehungsweise der Betriebsdruck bei Versagen des Regelthermostaten nicht überschritten werden.

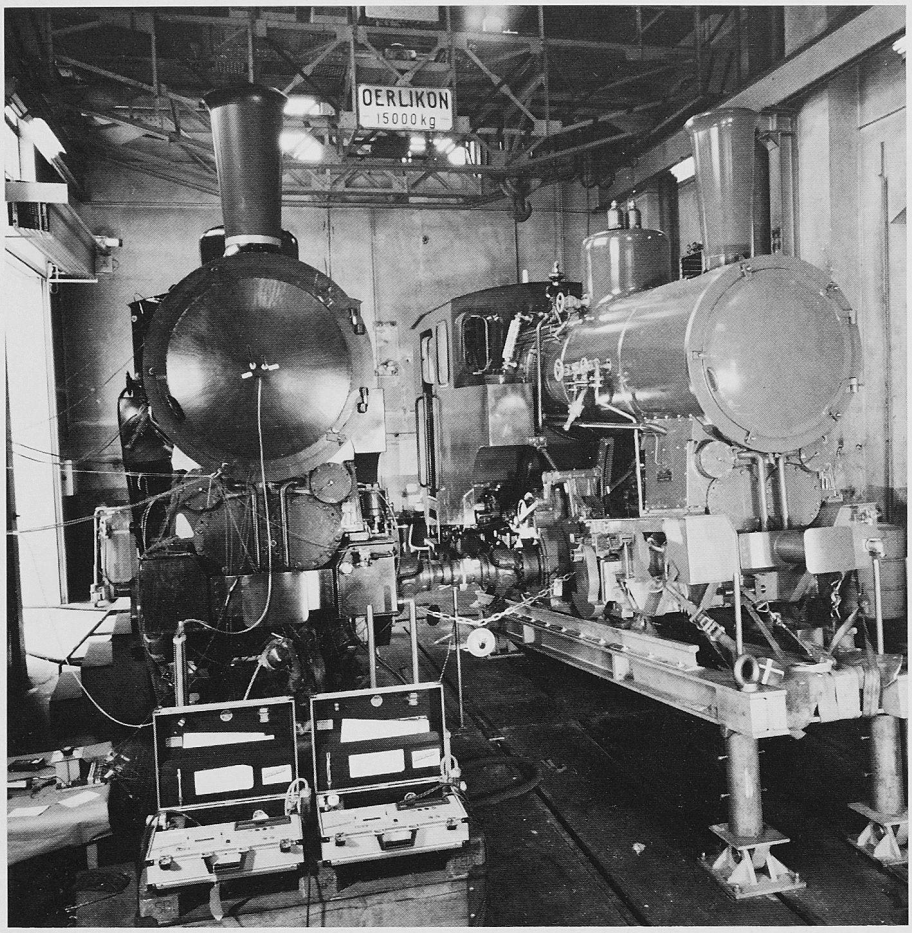


Bild 5. Die neuen Dampflokomotiven auf dem Lastprüfstand in der SLM: links die Lokomotive der BRB und rechts jene der ÖBB, beide mittels Kardanwelle gekuppelt. Im Vordergrund befinden sich die Abgasanalysengeräte. Bild: SLM

Konzept mit vier Hauptbrennern

Bei dieser Neukonzeption lag das Hauptproblem darin, die Verbrennung der leistungsbedingt vorgegebenen Ölmenge im kleinen Feuerbüchsraum vollständig abzuschliessen. Wohl wurde der Vorteil einer Neukonstruktion genutzt und das Feuerbüchsvolumen im Vergleich zu den Referenzlokomotiven 6 und 7 wesentlich vergrössert. Wegen der äusseren Lok-Abmessungen war aber eine Verbrennungskammer nicht unterzubringen, sondern lediglich ein Ansatz. Auch die kubische Form der Feuerbüchse ist für die längliche Flamme denkbar ungeeignet. Wegen diesen ungünstigen Randbedingungen wurde beschlossen, vom im Lokomotivbau bisher üblichen Einbrennersystem (in Spezialfällen zwei nebeneinanderliegende Brenner) mit C- oder S-förmiger Flammenführung abzukommen. Um den Ausbrennweg zu verkürzen, war eine Aufteilung der Brennstoffmenge notwendig. Wegen der fast quadratischen Feuerbüchsgrundfläche wurden vier Hauptbrenner gewählt, damit sich eine möglichst gleichmässige Brennkammerbelastung ergibt. Zur Zündung dieser Lastbrenner dient ein in der Mitte der Feuerbüchsgrundfläche plazierter Pilotbrenner. Alle Brenner feuern senkrecht nach oben, wobei die Flammen keine Feuerbüchswände streifen. Dies ist eine Voraussetzung für optimale Abgaswerte und ermöglicht, auf die bei C- oder S-förmiger Flammenführung notwendige Schamotte-Ausmauerung der Feuerbüchse zu verzichten.

Wegen des neuen Konzeptes wurde beschlossen, vorerst nur eine Ölfeuerungsanlage zu bauen und diese mit dem ersten Kessel zu erproben. Zu diesem Zweck wurde im Werk ein Prüfstand errichtet. Ein Test war nur sinnvoll, wenn die Ölfeuerung mit Last betrieben und die Kesselauslegung mittels Messdaten kontrolliert werden konnte. Der Überhitzer des ersten Kessels erhielt deshalb einen eigens für den Versuch konstruierten Heissdampfkollektor, von welchem aus der produzierte Dampf über ein Drosselventil ins Freie gelassen wurde. Durch Drosseln an diesem Ventil konnte die abzuführende Dampfmenge genau eingestellt und ein stationärer Betrieb bei voll geöffnetem Regler und gekühlten Überhitzerelementen gefahren werden. Der für die forcierte Feuerung notwendige Rauchkammerunterdruck wurde mit dem Hilfsbläser erzeugt. Den provisorisch isolierten Kessel ergänzte das Führerstandsmodell, womit auch erste Erfahrungen bei der Anordnung der Bedienungselemente gewonnen werden konnte. Gemessen wurden: Rauchgastemperatur in der Feuerbüchse (mit Absaugpyrometer), Abgastemperaturen nach den Siede- und Rauchrohren an verschiedenen Stellen, Heissdampftemperatur, Kesseldruck, Speisewasser- und Brennstoffmenge. Es zeigte sich, dass die Ölfeuerung im angelieferten Zustand nicht brauchbar war. Das Problem konnte aber lokalisiert werden. Die als Zündunterstützung gedachten Muffelsteine wirkten kontraproduktiv, indem sie die Luft von der Flamme wegleiteten. Der Ersatz dieser Steine durch Luftswirler ergab massiv bessere Resultate. Am Schluss der Prüfstandversuche konnte mit der optimierten Ölfeuerung bei sehr stabilen Flammen sehr gute Abgaswerte erzielt werden.

Lastversuche im Werk

Die Fülle technischer Innovationen, die erforderlich waren, um traditionelle Technik auf den heutigen Stand zu bringen, liessen eine Werkserprobung ratsam erscheinen. Die Prüfung der Lokomotiven ohne Last war trivial. Weil bei reinen Zahnrad-Triebfahrzeugen die Übertragung der Zug- und Bremskräfte ausschliesslich über die Zahnräder erfolgt, genügt es, die Lokomotive auf ein zahnstangenloses Geleise zu stellen und die Dampfmaschine in Bewegung zu setzen. Ein solcher Versuch würde zwar erste Hinweise auf die Funktion von Dampfmaschinensteuerung und Antrieb geben. Substantielle Erkenntnisse waren aber nur unter Last zu erwarten, weshalb nach einer verschleissfreien Prüfstandbremse gesucht wurde. Die Idee, eine zweite Dampflokomotive als Bremslokomotive einzusetzen, ermöglichte einen kostengünstigen Prüfstand bestehend aus zwei mit zahnstangenlosen Geleisen versehenen, neigbaren Rampen und einer Kardanwelle, mit welcher die beiden parallel aufgestellten Lokomotiven nach Abbau der Kuppelstangen am Vorgelege verbunden wurden.

Bedingt durch die gestaffelte Fabrikation stand zunächst nur eine Lokomotive zur Verfügung. Am 5. Februar 1992 wurde die BRB-Lok 12 auf den Prüfstand gestellt, messtechnisch instrumentiert und mit dem elektrischen Vorheizgerät angeheizt. Nach Ausblasen von Kessel und Dampfmaschine konnten Pilotbrenner, Hilfsbläser, Injektor und mechanische Bremsen erprobt werden. Am 10. Februar 1992 um 12.15 Uhr erfolgten die ersten Umdrehungen unter Dampf. Alles funktionierte auf Anhieb. Wesentliche Proble-

me waren nicht ersichtlich. Durch mechanisches Anbremsen konnte kurzzeitig etwas Last gefahren werden, was die Aufzeichnung der ersten, elektronisch gemessenen Indikatordiagramme ermöglichte.

Nach Fertigstellung der Lokomotive 999.201 der ÖBB am 13. März 1992 wurde diese sofort als Bremslok eingesetzt und mit den eigentlichen Lastversuchen begonnen. Auch unter Last gaben die Lokomotiven wenig Probleme. Die Indikatordiagramme zeigten, dass nur eine einfache, kleine Korrektur der Steuerung notwendig war. Die Messresultate der optimierten Dampfmaschine fielen wesentlich besser aus als gerechnet, was sich mit den zum Teil konservativen Annahmen (basierend auf den Messungen mit BRB-Lok 7) erklären lässt.

Hauptarbeit auf dem Lastprüfstand war das Abstimmen der Blasrohranlage mit der Ölfeuerung. Das ursprüngliche Lempor-Blasrohr lieferte einen zu hohen Unterdruck in der Rauchkammer, was zu übermässigem Luftüberschuss führte. In aller Eile veranlasste man die Herstellung eines Blasrohres mit grösserem Querschnitt. Der Schritt war zwar richtig, jedoch ungenügend. Eine nochmalige Querschnittsvergrösserung war aber ohne Änderung der Abdampfkanäle nicht mehr möglich. Zudem drängte die Zeit, die angesichts der komplizierten Herstellung der aus vier divergierend gerichteten De-Laval-Düsen bestehenden Lempor-Blasrohre zum relevanten Faktor wurde. Aus der Not eine Tugend machend, wurde eine simple De-Laval-Düse mit entsprechend vergrössertem Querschnitt hergestellt. Die Kombination von erweiterter Austrittsquerschnittsfläche mit einem leicht schlechteren Blasrohrwirkungsgrad ergab den richtigen Luftüberschuss. Angesichts der einfachen Herstellung des Blasrohres konnte die geringe Verschlechterung des Blasrohrwirkungsgrades (bei ohnehin tiefem Gegendruck der Dampfmaschine) in Kauf genommen werden.

Nach dem Abgleich der Blasrohranlage und einigen Messreihen mit der am Brienzer Rothorn benötigten Leistung (rund 200 kW) mussten die Lastversuche mit der BRB-Lokomotive abgeschlossen werden, ohne die Leistungsgrenze der Lokomotive (über 300 kW) auch auf dem Prüfstand zu fahren.

Inbetriebsetzung

Brienz-Rothorn-Bahn

Nach den Lastversuchen erhielt die BRB-Lokomotive Nr. 12 ihren Finish und wurde am 18. Mai 1992 nach Brienz transportiert. Die ersten Fahrversuche im Bahnhofsbereich verliefen problemlos. Bei den Bremsversuchen erwiesen sich die beiden mechanischen Anhaltebremsen als sehr wirkungsvoll. Bereits mit wenig eingeschliffenen Belägen ergaben sich zu hohe Verzögerungen. Bei der Überprüfung der Bremsrechnung fanden sich keine Fehler, aber eine Häufung konservativer Annahmen. Versuchshalber wurden deshalb zwei der vier Federspeicher-Bremszylinder deaktiviert, was zu hervorragenden Resultaten führte. Die Hälfte des Bremssystems I konnte an allen drei Lokomotiven demontiert werden. Die Wirkung des Bremssystems II musste ebenfalls abgeschwächt werden, was durch Reduktion des Wirkungsarmes der Handspindel geschah. Nachdem die Bremsverzögerungswerte den Vorschriften entsprachen, konnte mit den Streckenprobefahrten begonnen werden. Mit Auszeichnung wurde die Abnahme durch das Bundesamt für Verkehr am 5. Juni 1992 bestanden, womit die Lokomotive offiziell dem Verkehr übergeben werden konnte. Am 17. Juni 1992 fand auf Planalp die feierliche Taufe der H 2/3 Nr. 12 auf den Namen «Bern» statt. Die Inbetriebnahme der neuen Dampflokomotive und die damit verbundene weltweite Werbewirkung trugen sicherlich dazu bei, dass die BRB in ihrem Jubiläumsjahr einen neuen Passagierrekord verzeichnen durfte (37 Prozent über der bisherigen Rekordfrequenz!).

Montreux–Glion–Rochers-de-Naye

Am 2. Juli 1992 wurde die Lokomotive Nr. 1 der MGN in Montreux abgeladen und mit dem elektrischen Vorheizgerät im Freien angeheizt. Am nächsten Morgen fand die erste Fahrt mit Last nach Glion statt. Bereits am 10. Juli erfolgte die Abnahme durch das BAV; ein Tag später (neun Tage nach Anlieferung der Lokomotive) fand die erste kommerzielle Fahrt statt! Zum 100-Jahr-Jubiläum am 15. Juli 1992 konnten die Ehrengäste mit Volldampf zum Rochers-de-Naye gefahren werden.

Österreichische Bundesbahnen

Am 21. Juli 1992 begann die Inbetriebsetzung auf der Schneebergbahn, zwei Tage später fand die offizielle Abnahme statt (bei elektrischen Zahnrad-Triebfahrzeugen rechnet man mit 4–8 Wochen). Trotz dieser Abnahme in Rekordzeit war die Inbetriebsetzung nicht beendet. Personalschulung, Behebung diverser kleinerer Mängel sowie die Anpassung der örtlichen Infrastruktur benötigten noch einige Zeit. Bis Saisonende durfte die Lokomotive nur für Arbeits- und Wasserzüge eingesetzt werden, weil die Baubewilligung als Voraussetzung zur Betriebsbewilligung noch nicht erteilt war! Nach einer kurzen Betriebserprobung Anfang Saison 93 wurde die Lokomotive zur Schafbergbahn transferiert, wo sie seither planmässig im Einsatz steht.

Literatur:

[1] *P. Cosandier*: Dampf am Brienzer Rothorn, 2. Auflage, 1983

[2] *A. Wüthrich.*: Brienz Rothorn Bahn, 100 Jahre Kampf um Dampf, Eigenverlag der Brienz-Rothorn-Bahn, 1992

[3] *J. Roesti*: Brienz-Rothorn-Bahn, Erneuerung des Rollmaterials, Schlussbericht des Präsidenten der Technischen Kommission, November 1975, unveröffentlicht

[4] Österreichisches Gallupinstitut: Marktanalyse Schafbergbahn Juni/Juli 1986, unveröffentlicht, im Auftrag der Österreichischen Bundesbahnen

[5] Brief der Snowdon Mountain Railway an die Brienz-Rothorn-Bahn, 12. September 1985

[6] *R. Serchinger, R. Wallner:* Moderne Dampftraktion – ein Beitrag zum Umweltschutz, ZEV + DET Glasers Annalen 117 (1993), Nr. 4, S. 114–121

Zusammenfassung und Ausblick

Im Vergleich zu anderen Prototyp-Triebfahrzeugen ergab sich eine extrem kurze Inbetriebsetzungszeit, so dass die Fahrzeuge bald nach Ablieferung kommerziell eingesetzt werden konnten. Die in drei Betriebssaisons gemachten Erfahrungen zeigen, dass sich die neuen Zahnrad-Dampflokomotiven sehr gut bewähren und die im Pflichtenheft festgelegten Anforderungen sogar übertreffen. Aufgrund dieser positiven Resultate haben die BRB zwei und die ÖBB drei Lokomotiven nachbestellt. Weitere Maschinen sind im Gespräch.

Mit den neuen Dampflokomotiven konnte die Mehrzahl der Nachteile traditioneller Dampflokomotiven eliminiert werden. Bei Einsatzbereitschaft, Verfügbarkeit und Personalkosten konnte mit Diesel- und Elektrotraktion gleichgezogen werden. Die Brennstoffkosten fallen in der Betriebsrechnung kaum ins Gewicht. Für eine Berg- und Talfahrt am Brienzer Rothorn betragen sie bei voll besetztem Zug rund 50 Rappen pro Passagier, das sind knapp ein Prozent des Fahrpreises (Fr. 59.–). Auch die Unterhaltskosten sehen bisher günstig aus. Für eine definitive Aussage

diesbezüglich liegt aber noch zu wenig Erfahrung vor. Die Umweltbelastung ist bei neuen ölgefeuerten Dampflokomotiven kein Thema mehr. Es konnte in der Praxis bewiesen werden, dass die CO- und NOx-Belastungen wesentlich geringer sind als diejenigen vergleichbarer Diesellokomotiven neuester Bauart [6].

Ob die moderne Dampftraktion bei weiteren Bahnen eine Chance hat, hängt wohl in erster Linie davon ab, ob die Eisenbahnen bereit sind, die Möglichkeiten der neuen Dampftraktion vorurteilslos und korrekt zu prüfen. Es wäre jedenfalls klug, bei künftigen Triebfahrzeugevaluationen wieder alle drei Traktionsarten (neuer Dampf-, Diesel- und Elektrobetrieb) zu berücksichtigen, speziell dort, wo Touristen befördert werden oder kostengünstige lokale Brennstoffe zur Verfügung stehen.

Adresse des Verfassers: *R. Waller,* Leiter Technik Dampflokomotiven, SLM Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik AG, 8401 Winterthur

Rechtsfragen

Ablösung einer Ölheizung eines Privatschwimmbades

Die 1. Öffentlich-rechtliche Abteilung des Bundesgerichtes hat in einem nicht für die Veröffentlichung in der amtlichen Entscheidsammlung bestimmten Urteil den Eigentümer eines Privatschwimmbades angehalten, aus Anlass der Erneuerung des Heizkessels der Heizung seiner Liegenschaft von der Beheizung des Schwimmbads mittels der Ölfeuerung abzugehen.

Es handelte sich um ein Freiluft-Schwimmbad von 4x8 m, das mit amtlicher Bewilligung 1977 erstellt und hauptsächlich mit der Ölfeuerungsanlage des vom Eigentümer bewohnten Gebäudes beheizt wurde. Die kommunale Feuerpolizei bewilligte im Jahre 1989 die Auswechslung des erneuerungsbedürftigen Heizkessels nur mit der Einschränkung, dass kein Öl zu Heizzwecken verwendet werden dürfe, soweit die Beheizung des Schwimmbades mit erneuerbarer Energie oder mit nicht anders nutzbarer Abwärme möglich sei; vor Baubeginn müsse für die Schwimmbadbeheizung ein von der Baubehörde genehmigter Vorschlag vorliegen. Die kommunale Baukommission verweigerte in der Folge die baurechtliche Bewilligung für die Beheizung des Freiluftbades mit der inzwischen bereits ersetzten Anlage und forderte den Eigentümer auf, entweder ein fachgerechtes Gesuch für Beheizung mit erneuerbarer Energie einzureichen oder das Bad innert der gleichen, dafür gestellten Frist von der Heizung abzukoppeln. Ein Rekurs des Eigentümers blieb vor der zürcherischen Baurekurskommission II erfolglos, und das kantonale Verwaltungsgericht wies eine dagegen erhobene Beschwerde ab. Gegen den Verwaltungsgerichtsentscheid führte der Eigentümer beim Bundesgericht eine Verwaltungsgerichtsbeschwerde und eine staatsrechtliche Beschwerde. Auf letztere wurde nicht eingetreten, da für sie kein Raum blieb, nachdem sich die Verwaltungsgerichtsbeschwerde als prozessual zulässig erwies. Deren materielle Überprüfung führte aber zu einem die Verwaltungsgerichtsbeschwerde abweisenden Urteil des Bundesgerichtes.

Das kantonale Verwaltungsgerichtsurteil war nach dem Inkrafttreten des Bundesbeschlusses für eine sparsame und rationelle Energienutzung (ENB) und der entsprechenden bundesrätlichen Verordnung (ENV) ergangen. Mangels besonderer Bestimmungen über den Zeitpunkt der Anwendbarkeit dieses neuen Rechts entschied das Bundesgericht nach allgemeinen Regeln, es sei auf den Zeitpunkt der Eröffnung des kantonalen Rechtsmittelentscheids abzustellen, sofern das Verwaltungsgericht über volle Überprüfungsbefugnis verfügt hatte – was der Fall war. Schon der Entscheid der Baurekurskommission II war nach dem Inkrafttreten von ENB und ENV ergangen, so dass diese Bundesgesetzgebung hier grundsätzlich anwendbar war. Die eidgenössische Verwaltungsgerichtsbeschwerde war wegen dieser Anwendbarkeit von Bundesrecht daher zulässig.

Art. 13 ENB statuiert die Bewilligungspflicht für den Bau neuer sowie den Ersatz und die wesentliche Änderung der technischen Einrichtungen bestehender heizbarer Freiluftbäder. Nach Art. 13 Abs. 2 ENV erteilt die nach kantonalem Recht zuständige Behörde die Bewilligung, wenn das heizbare Freiluftbad ausschliesslich mit Sonnenenergie, Geothermie oder nicht anders nutzbarer Abwärme betrieben wird. Gemäss den Übergangsbestimmungen von Art. 34 ENV haben u.a. die Betreiber von heizbaren Freiluftbädern den nach kantonalem Recht zuständigen Behörden innert fünf Jahren Konzepte vorzulegen, die aufzeigen, wie diese Anlagen den Anforderungen der Art. 10 bis 13 angepasst werden können. Art. 14 ENB erteilt den Kantonen indessen die Befugnis, weitergehende oder ergänzende Massnahmen zu treffen. § 12 des Energiegesetzes des Kantons Zürich ist in zeitlicher Hinsicht allerdings strenger, hat aber im übrigen einen so engen Sachzusammenhang mit dem Bundesrecht, dass die Verwaltungsgerichtsbeschwerde (anstelle der staatsrechtlichen Beschwerde gegen kantonale Entscheide und Erlasse) zulässig bleibt.

Aufgrund der ENB- und ENV-Bestimmungen ist es den Kantonen unbenommen, schon in einem früheren Zeitpunkt als dem vom Bundesrecht festgelegten eine strengere Regelung zu treffen, die dann gestützt auf Art. 14 ENB primär zur Anwendung gelangt. Daher war im vorliegenden Fall auf das kantonale, doch bundesrechtlich gestützte Recht abzustellen. Gemäss § 12 Abs. 1 des kantonalen Energiegesetzes bedarf im Kanton Zürich die Installation und der Ersatz von Heizungen von Freiluft- und Hallenbädern einer Bewilligung. Der Beschwerdeführer machte geltend, die umstrittene Heizkesselauswechslung und Kaminsanierung seien kein Ersatz im Sinne dieser Bestimmung. Das Bundesgericht fand jedoch, dass das Verwaltungsgericht mit haltbaren Gründen angenommen hatte, dass unter «Ersatz» nicht ausschliesslich eine vollständige Erneuerung der Beheizungsanlage verstanden werden muss.

Die Besitzstandsgarantie von § 357 Abs. 1 des kantonalzürcherischen Planungs- und Baugesetzes schliesst nicht aus, dass bei gewichtigeren Umänderungen der seit der Anlagebewilligung geänderten Rechtsordnung Rechnung getragen werden muss. Das Bundesgericht kam zum Schluss, es halte vor der Eigentumsgarantie der Bundesverfassung stand, wenn eine Heizkesselauswechslung und Kaminsanierung als wesentliche und damit nicht unter die Besitzstandsgarantie für unter altem Recht Erbautes fallende Veränderung angesehen werde; diese Praxis sei willkürfrei. Neue Eigentumsbeschränkungen dürfen zwar auf nach altem Recht rechtmässig erstellten Bauten nur angewendet werden, wenn hierfür ein gewichtiges öffentliches Interesse gegeben und das Gebot der Verhältnismässigkeit eingehalten ist (Bundesgerichtsentscheid BGE 117 Ia 247, Erwägung c; 113 Ia 122). Diese Voraussetzungen waren hier gegeben, so dass die Bejahung der Bewilligungspflicht für die Auswechslung des Heizkessels und die Kaminsanierung gesetzes- und verhältnismässig erschien.

§ 12 Abs. 2 des zürcherischen Energiegesetzes bestimmt, dass Freiluftbäder nach Möglichkeit mit erneuerbaren Energien oder nicht anders nutzbarer Abwärme zu heizen sind. Laut § 47 Abs. 2 der Besonderen Bauverordnung I des Kantons Zürich dürfen Öl, Gas und Strom nicht zu Heizzwecken verwendet werden, soweit die Beheizung von Freiluftbädern mit erneuerbarer Energie oder mit nicht anders nutzbarer Abwärme möglich ist. Elektrische Wärmepumpen sind jedoch vom 1. 5. bis zum 30. 9. zugelassen.

Diese Bestimmungen gehen also von dem aus, was «möglich» ist. Das Bundesgericht entschied mangels genügender Ausführungen des Beschwerdeführers gegen die finanzielle oder technische Möglichkeit der gesetzlich vorgesehenen Massnahmen, dass die energierechtliche Bewilligung der von ihm gewünschten Art der Schwimmbadbeheizung ohne Willkür verweigert werden konnte. Damit blieb es hier bei der verwaltungsgerichtlichen Auffassung, jener Begriff der Möglichkeit im kantonalen Recht meine sowohl die technische Möglichkeit als auch die finanzielle Zumutbarkeit.

Der Beschwerdeführer hatte auch noch die Verhältnismässigkeit des kantonalen Vorgehens bestritten, weil die Energieersparnisse in seinem Fall nur gering wären. Hierzu meinte das Bundesgericht, es sei nicht auf den Einzelfall und die sich in seinem Rahmen ergebenden Energieersparnisse abzustellen. Bei konsequenter Gesetzesanwendung in einer Vielzahl von Fällen sei nämlich eine erhebliche Energieeinsparung möglich. Gerade diese Wertung sei aber vom Gesetzgeber abstrakt getroffen worden und könne daher im Einzelfall nicht neu in Frage gestellt werden (vgl. BGE 117 Ib 247). (Urteil 1A.161/1993 vom 2. Juni 1994) Dr. *R.B.*