

# Die federnden Zahnräder der Lötschberg-Lokomotiven, Typ 1-E-1

Autor(en): **Kummer, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **67/68 (1916)**

Heft 14

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-33079>

## **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.

Zu erwähnen ist noch, dass sicherlich ein Teil der winterlichen Seezuflüsse unmessbar als Grundwasser in den See gelangt. Denn unter dem lockern, die Hänge bildenden Trümmerschutt findet sich Urgestein, anstehender Gneiss, der als dicht angenommen werden kann.

Aus all dem lässt sich erkennen, dass der Märjelen-See wohl ein grosser natürlicher Niederschlagsammeler, nicht aber ein zuverlässiger Niederschlagsmesser ist. Es ist die interessante Gletscherwand, die durch die Unberechenbarkeit ihrer Bewegung und ihre Veränderung das Verhältnis zwischen Pegelstand und Seevolumen stört.

Dass hier der Grösse nach schwer zu bestimmende Probleme der Lösung harren, verraten auch die Störungen in der täglichen Bewegung des Seespiegels. Am Tage steigen die Wasser, in der Nacht sinken sie, wahrscheinlich infolge weitem Eindringens des Wassers in Höhlen und neu sich bildende Spalten zu Zeiten geringerer Zuflüsse (z. T. auch Schmelzwirkung des wärmern Seewassers). Die Verdunstung beträgt 3,5 mm an hellen Tagen.<sup>1)</sup>

Die Abfluss- wie die Zuflussverhältnisse des Märjelen-sees sind recht schwierige und fordern geduldige Sammelarbeit. Wir hoffen aber doch, dass uns in einigen Jahren ein neuer Band der „Annalen“ als Fortsetzung des I. Bandes vorgelegt werden könne. Wie Ing. Lütshg voraussagt, dürfte es bis dahin möglich sein, all die noch schwebenden Fragen für den Wasserhaushalt in alpinen Gebieten zu beantworten. In Betracht kommen die Beziehungen zwischen Temperatur und Abfluss, ferner im besondern die Fragen nach der totalen Niederschlagshöhe, der Schneehöhe, der Schmelzhöhe und der Versickerungshöhe. In neuester Zeit wurden Schneepegel sowie die modernsten Niederschlagsmesser in verschiedenen Gletschergebieten aufgestellt, und es wird nach einigen Jahren eine Fülle von Vergleichsmaterial zur Verfügung stehen. Vielleicht werden uns später auch Vergleichstabellen über die Abflussverhältnisse verschiedener hochalpiner Seen (z. B. Gelmer-, Grimsel-, Lucendro-, Mutten-See) vorgelegt werden können. Grosse Bedeutung für die Ausnutzung unserer Wasserkraft dürfte auch dem Studium des wieder beginnenden Gletscherwachstums und der dadurch bedingten Veränderungen der Abflussverhältnisse zukommen.

Die Fortsetzung des Werkes über die Abflussverhältnisse der Gebirgsbäche benötigt Zeit; die Abteilung für Wasserwirtschaft kann aber versichert sein, dass die Hydrotechniker die Herausgabe mit Spannung erwarten und dass sie für solche wissenschaftliche Arbeiten, die sie selbst durchzuführen gar nicht in der Lage wären, ganz besonders dankbar sind!

### Die federnden Zahnräder der Lötschberg-Lokomotiven, Typ 1-E-1.

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur in Zürich.

Bekanntlich umfasst der Lokomotivpark der Lötschbergbahn (Berner-Alpenbahn „Bern-Lötschberg-Simplon“) zur Zeit eine Lokomotive vom Typ C+C und 13 Lokomotiven vom Typ 1-E-1. Alle diese Lokomotiven werden durch schnelllaufende Einphasen-Serienmotoren angetrieben, die zwecks guter Stromwendung mit phasenverschobenen Hilfsfeldern nach System Oerlikon ausgerüstet sind. Bei allen wird das Drehmoment der antreibenden Motoren mittels einer Stirnradübersetzung zunächst auf eine, gegenüber jeder Motorwelle langsamer laufende Vorgelegewelle übertragen, die, ebenso wie die Motoren selbst, im Fahrzeugrahmen festgelagert ist. Von den Vorgelegewellen aus wird dann das antreibende Drehmoment mittels Kurbelgetrieben auf die Triebachsen verteilt, die natürlich gegenüber dem Lokomotivrahmen abgedockt und gegenüber den Vorgelegewellen tiefer gelagert sind. Während nun für die Lokomotive vom Typ C+C jedem Drehgestell der C-Bauart

<sup>1)</sup> Vergl. auch die Schilderung von H. Roth im Jahrbuch des S. A. C. für 1915, Seiten 333 und insbesondere 336.

Red.

ein einziger Motor zugeordnet ist, arbeiten bei den Lokomotiven vom Typ 1-E-1 je zwei Motoren gemeinsam auf die Triebachse der E-Bauart, indem durch dreieckförmige Kuppelrahmen einerseits die Kurbelzapfen der Motoren zugeordneten Zahnrad-Vorgelegewellen und andererseits die Kurbelzapfen der mittleren Triebachse verbunden sind, wie den zahlreichen, in verschiedenen technischen Zeitschriften erschienenen Beschreibungen<sup>1)</sup> entnommen werden kann.

Bei solchen Dreieckantrieben besteht nun, angesichts der grossen kinetischen Energien, die an den Kurbelzapfen der Vorgelegewellen — oder, bei Antrieben durch langsam laufende Motoren, der Motorwellen selbst — auftreten können, die Möglichkeit eines schwingenden Ausgleichs der Energie der Massenträgheit und derjenigen der Triebwerkselastizität besonders *dann* in hohem Masse, wenn mit Unsymmetrien der an den genannten Kurbelzapfen auftretenden Kräfte gerechnet werden muss, die durch ungleiche Motordrehmomente, durch Lagerspiel oder durch Stichmassfehler usw. verursacht sein können. In allen diesen Fällen entstehen dann in den Triebwerksteilen, besonders im Dreieckrahmen und in den angreifenden Kurbeln, verwickelte Schwingungserscheinungen der beanspruchenden Kraft, mit Schwingungszahlen, die teils mit der Kurbeldrehzahl, teils mit den Massen und der Triebwerkselastizität in einfachem Zusammenhange stehen, wie vom Verfasser in verschiedenen Abhandlungen eingehend dargelegt worden ist.<sup>2)</sup> Die erste grössere ungünstige Erfahrung dieser Art haben die italienischen Staatsbahnen mit den Lokomotiven Typ 38 der Veltlinbahn gemacht. Diese Lokomotiven waren ursprünglich je mit zwei Motoren verschiedener Leistung und Polzahl, nämlich einem acht-poligen Motor von 1500 PS und einem zwölfpoligen Motor von 1200 PS ausgerüstet, um drei Fahrgeschwindigkeiten, entsprechend der Einzelschaltung eines jeden dieser zwei Motoren und der Kaskadenschaltung beider Motoren, nämlich 25 $\frac{1}{2}$ , 42 und 64 km/h zu ermöglichen; bei der Einzelschaltung, insbesondere bei 64 km/h, bei der der acht-polige Motor als treibende, der zwölfpolige Motor als getriebene Masse in Wirkung traten, führte dann der schwingende Ausgleich der Energien der Massenträgheit und der elastischen Formänderung zu derart heftigen Triebwerksbeanspruchungen, dass wiederholt schwere Defekte vorkamen und den Umbau der betreffenden Lokomotiven nahelegten. Dieser Umbau erfolgte dann in der Weise, dass aus den zwei Lokomotiven des Typs 38 ein Typ 38a mit zwei zwölfpoligen und ein Typ 38b mit zwei acht-poligen Motoren gebildet wurde, derart, dass jeder Typ für die Parallel- und Kaskadenschaltung, dagegen nicht mehr für die Einzelschaltung der eingebauten Motoren verwendet werden konnte.

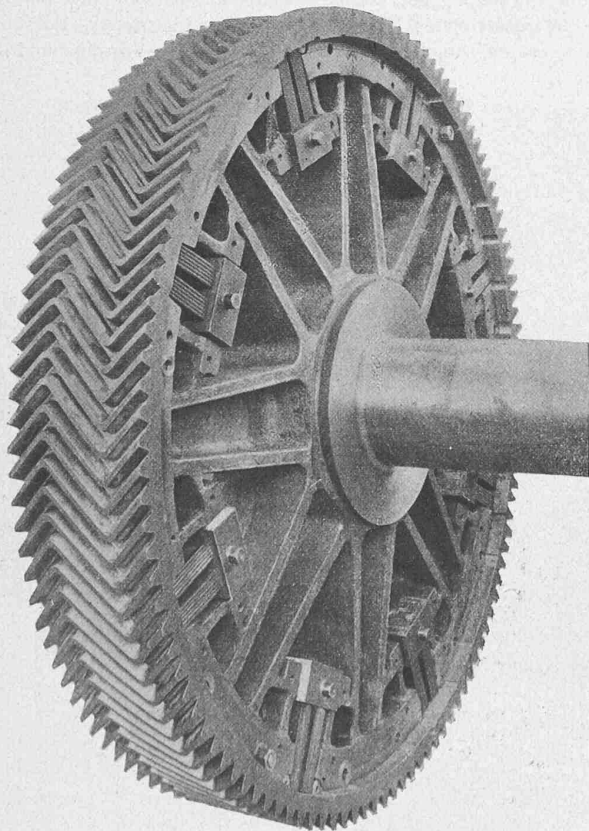
Störungen ähnlicher Art wurden im Jahre 1913, bald nach der Inbetriebsetzung der Lokomotiven Typ 1-E-1, auch auf der Lötschbergbahn festgestellt, indem an einigen dieser Lokomotiven innerhalb gewisser Geschwindigkeitsgrenzen, und zwar innerhalb 38 bis 42 km/h, Vibrationserscheinungen auftraten, die zur Lockerung von Kurbelzapfen der Blindwellen, und dadurch zu Triebwerksdefekten führten. Eingehende Versuche zeigten, dass es sich auch hier um einen schwingenden Ausgleich der Massenträgheit und der Triebwerkselastizität handelte, der auf geeignete Weise unschädlich zu machen war. Dazu kam in erster Linie die Erhöhung der Triebwerkselastizität in Frage, und zwar deshalb, weil dabei die mit den bewegten Massen und mit der Triebwerkselastizität zusammenhängende Schwingungszahl herabgesetzt wird und dabei die besonders schädliche Uebereinanderlagerung der verschiedenen Einzelschwingungen, aus denen die gesamte schwingende Bean-

<sup>1)</sup> Schweiz. Bauzeitung, Band LXIII, Seite 22, 29 und 50 (Nr. 2 bis 4 vom Januar 1914).

<sup>2)</sup> Schweiz. Bauzeitung, Band LXIII, Seite 156, 169 u. 177 (März 1914); Band LXIV, Seite 129 und 135 (September 1914); Band LXVI, Seite 68 (7. August 1915).

spruchung besteht, nur noch bei niedrigen Geschwindigkeiten möglich ist, bei denen dann auch nur kleinere lebendige Kräfte im Spiel sind. Als Ort für den Einbau einer zusätzlichen Triebwerkselastizität konnten die dreieckigen Kuppelrahmen, oder die Zahnräder zwischen Motoren und Blindwellen, oder endlich die Motoranker selbst in Frage kommen; im ersten Falle waren die Lager der Blindwellen-Kurbelzapfen im Kuppelrahmen horizontal, im zweiten und dritten Falle die Zahnkränze, bezw. die Motoranker, zu ihrer Welle tangential abzufedern. Man entschloss sich für den Einbau federnder Zwischenglieder in die grossen Zahnräder der Stirnradübertragungen zwischen den Motorwellen und den Vorgelegewellen, wodurch man zur Ausbildung eigentlicher *federnder Zahnräder* gelangte, wie sie bisher im Bahnbetrieb in dieser Grösse noch nicht zur Anwendung gelangt sind. Es mag erwähnt werden, dass, soweit uns bekannt ist, der erste Vorschlag der Anwendung federnder Zahnräder für elektrische Adhäsions-Bahnfahrzeuge durch *E. G. Fischinger*, Dresden, erfolgt ist, und 1905 auf der Dresdener Strassenbahn zum Zwecke der Bekämpfung der wellenförmigen Abnutzung der Schienen zu praktischen Versuchen benützt wurde.<sup>1)</sup> Dabei handelte es sich jedoch nur um Zahnräder zu Motoren von rund 40 PS, während bei den Lötchberglokomotiven Zahnräder zu Motoren von rund 1500 PS federnd auszubilden waren. Aus unserer Abbildung ist ersichtlich, dass die mittels Blattfedern bewirkte Abfederung zwischen dem Zahnkranz und dem Radstern der grossen Zahnräder angeordnet wurde, was in konstruktiver Hinsicht eine durchaus befriedigende Anordnung darstellt. Sobald man an einer der Lokomotiven, die besonders heftigen Vibrationen der Triebwerksteile ausgesetzt war, das grosse Zahnrad der einen Antriebsseite derart abgedert hatte, verschwanden diese Vibrationen vollständig. Daraufhin rüstete man je eine Vorgelegewelle aller jener Lokomotiven, bei denen sich die erwähnten störenden Erscheinungen zeigten, mit Federungen des grossen Zahnrades

<sup>1)</sup> Elektrische Bahnen und Betriebe, 1905, Seite 45.



Federndes Zahnrad von rd. 1500 mm Durchmesser, zur Uebertragung von 1500 PS auf den 1-E-1 elektrischen Lokomotiven der B. L. S.

aus, wodurch die betreffenden Lokomotiven ebenfalls voll betriebstüchtig wurden. In der Folge entschloss man sich grundsätzlich, überhaupt alle Lokomotiven vom Typ 1-E-1 durch den Einbau der federnden Zwischenglieder in je ein grosses Zahnrad zu ergänzen, da es sich im Laufe des Betriebes zeigte, dass durch diese Ergänzung die Unterhaltungskosten an Rahmen, Lagern und Triebwerksteilen herabzusetzen seien. Beispielsweise hat sich ergeben, dass bei einer Lokomotive mit Zahnradabfederung die Lager der Vorgelegewellen nach viermal längerer Zeit nur halb soviel Spiel aufwiesen, als diejenigen einer Lokomotive ohne Federung, obwohl auch diese Maschine ruhig lief, dass also damit die Reparatur- und Unterhaltungskosten dieser Lager durch die Federung auf den achten Teil des früheren Betrages herabgesetzt wurden. Selbstverständlich werden durch die Anwendung solcher Federungen nicht nur die Vorgelegewellenlager, sondern sämtliche Konstruktionsteile der Lokomotiven, wie Rahmen, Rahmenverbindungen, Zahngetriebe, Kurbelgetriebe usw. geschont, sodass sie ein grösseres Betriebsalter erreichen können. Dass sich die durch die schwingende Triebwerksdeformation bedingten Vibrationserscheinungen nicht bei allen, sondern nur bei einzelnen Lokomotiven nach Typ 1-E-1 einstellen, weist darauf hin, dass die ursächlichen Unsymmetrien in den antreibenden Kräften weniger in allgemeinen Antriebsverhältnissen als vielmehr in vorhandenen Stichmassfehlern begründet waren, wie sie trotz sorgfältigster Ausführung und Werkstatt-Kontrolle gelegentlich doch vorkommen.

Es darf der durch den Einbau federnder Zahnräder erzielte Nutzen umso höher bewertet werden, als die Zweckmässigkeit der bei der Projektierung sehr vorteilhaft erscheinenden allgemeinen Antriebsverhältnisse der Bauart 1-E-1 durch die bei der Inbetriebnahme eintretenden Triebwerksdefekte zunächst ernsthaft gefährdet schien, schliesslich aber durch die hier geschilderte konstruktive Verbesserung allseitig anerkannt werden musste. Dieser Erfolg wird besonders noch durch die bekannt gewordenen Betriebsleistungen und Betriebserfahrungen bestätigt, von denen wir namentlich auf die nachstehend mitgeteilten hinweisen möchten: Bis heute haben die Lokomotiven 1-E-1 durchschnittlich je rund 135 000 Lokomotiv-Kilometer geleistet; bei einer grössten Tagesleistung von 636 Lok.-km beträgt das grösste bisher an einem Tage geförderte Gewicht 10 600 Bruttotonnen. Die Abnutzung der Zahngetriebe ist nach rund 135 000 km noch als sehr gering zu bezeichnen. Die Abnutzung der Kollektoren und der Verschleiss an Kohlebürsten hält sich ebenfalls in sehr engen Grenzen. Nach den, in der ersten Betriebszeit, noch infolge Ausgleichs innerer Spannungen notwendig gewordenen Abdrehungen, ist ein maschinelles Nacharbeiten der Kollektoren erst nach mehr als rund 120 000 Lok.-km notwendig. Inzwischen genügt es, nach je rund 25 000 km die Kollektoren von Hand mittels Glaspapier abzuschmiegeln, was bei Inanspruchnahme einer Zeitdauer von 15 Minuten in der Weise ausgeführt wird, dass die betreffende Lokomotive auf einem Geleise vor dem Depot nur mit einem Triebmotor leer läuft, während der andere zwecks Vornahme der Abschmiegelung des Kollektors abgeschaltet ist; der entwickelte Schleifstaub wird an der Stelle seiner Entstehung mittels eines kräftigen Ventilators sogleich abgesaugt und ins Freie geblasen. Die Lebensdauer der Kohlebürsten beträgt nach den gemachten Erfahrungen 200 000 bis 250 000 km, was einer Ausgabe von rund 0,11 bis 0,9 Rappen auf den Lokomotiv-Kilometer entspricht. Hinsichtlich des Oelverbrauches ergibt sich eine Ausgabe von rund 27 gr auf den Lokomotiv-Kilometer, gegenüber rund 40 gr für Dampflokomotiven gleicher Achsenzahl und entsprechendem Fahrdienst. Was die wichtigen Ergebnisse in Bezug auf den Energieverbrauch dieser Lokomotiven angeht, so verweisen wir auf die ausführliche einschlägige Veröffentlichung des bauleitenden und beratenden Ingenieurs *L. Thormann* der Lötchbergbahn.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Siehe Seite 9 dieses Bandes (8. Juli 1916).