

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 102 (1984)
Heft: 7

Sonstiges

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: 20.01.2026

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

Richtkraft in N an →	Rad 12	Rad 21	Rad 32	Rad 41
nach Abschnitten 15.11.1 und 15.11.2 mit Bremskraft	39009	18343	25696	11932
dito, ohne Bremskrafteinfluss	40740	18423	28855	12220
vereinfacht nach Abschnitt 16	41600	17800	28261	11836

Die prozentuale Abweichung der Ergebnisse der vereinfachten Berechnung gegenüber der nach den Abschnitten 15.11.1 und 15.11.2 ohne Bremskrafteinfluss sind an

Rad 12	+2,1 %
Rad 21	-3,3 %
Rad 32	-2,1 %
Rad 41	-3,1 %

Diese Abweichungen zeigen, dass das vereinfachte Verfahren nach Abschnitt 8 die Richtkräfte mit einer Genauigkeit bringt, die für erste Dimensionierungen, wie sie z. B. bei der Projektierung vorkommen, als ausreichend angesehen werden kann.

17 Anmerkungen zum berechneten Beispiel

Das berechnete Beispiel behandelt die gleiche Situation wie das Beispiel in der früheren Arbeit [1], jedoch unter anderen Voraussetzungen. Wäh-

rend früher die Gleisverwindung und die Bremskrafteinflüsse an den Adhäsionsrädern unberücksichtigt blieben und der Querreibungskoeffizient mit $\mu = 0,3$ eingesetzt wurde, enthalten die Ergebnisse des Beispiels in der vorliegenden Arbeit alle diese Einflüsse. Ausserdem sind die Sicherheitskoeffizienten nach der inzwischen neu formulierten Definition ermittelt. Damit sind die Ergebnisse des früheren und des heutigen Beispiels kaum vergleichbar. Beide führen aber zu der Aussage, dass die beschriebene Situation den Sicherheitsanforderungen nicht genügt.

Die zahlenmässige Berechnung wurde mit einem kleinen Tischrechner ausgeführt und enthält daher kleine Ungenauigkeiten durch das Auf- und Abrunden von Zahlen, z. B. bei den Winkelfunktionen. Wenn nach dem vorgestellten Verfahren auf einer Grossrechenanlage gearbeitet wird, so ist zu erwarten, dass beim Durchrechnen des gezeigten Beispiels geringfügige Abweichungen in den Zahlenwerten auftreten.

Das berechnete Beispiel zeigt sehr deutlich, dass bei jedem Rechnungsschritt Überlegungen anzustellen sind, ob die entsprechenden Gleichungen gültig sind oder durch andere, unter Umständen neu zu entwickelnde Beziehungen ersetzt werden müssen. Diese Überlegungen für den konkreten Fall können auch auf Berechnungswege führen, die von dem in den Abschnitten 1 bis 13 gegebenen Verfahren abweichen.

Adresse des Verfassers: H.-H. Pribnow, Dipl.-Masch.-Ing., General-Guisan-Str. 47, 5415 Nussbaumen

Buchbesprechungen

Zum Lauf eines vierachsigen Reisezugwagens

Von Joh. Nicolin (Bogenstr. 37, D-51 Aachen). Über den Einfluss von torsionselastischen Radsatzwellen auf das Laufverhalten eines Schienenfahrzeugs. Dissertation RWTH Aachen 1983.

Die Dissertation zeigt mit den Ergebnissen einer nichtlinearisierten Zeitschrittsimulation das Laufverhalten eines vierachsigen Reisezugwagens mit torsionselastischen Radsätzen. Die Variation der Torsionselastizität von null bis unendlich erfasst auch Losradsätze und starre Radsätze heutiger Bauart, so dass Vergleiche und Aussagen zu heutigen Fahrzeugen möglich werden. Das hochgradig nichtlineare Schwingungssystem Rad/Schiene wird ohne jede Linearisierung in einer Zeitsimulation behandelt, wodurch das gegenüber einem linearen System völlig unterschiedliche Verhalten klar herausgearbeitet werden kann.

Die lineare Eigenschaft geht bereits dann verloren, wenn das kegelige Laufflächenprofil durch ein Hohlprofil (Heumann-Lotter, DB 2, ORE S 1002) ersetzt und/oder Hohlkehle und Spurrkranz in die Berührungsgeometrie einbezogen werden. Die Ableitung der linearen Differentialgleichung 2. Ordnung nach Heumann und Klingel mit der Sinuslösung wird dann nichtlinear, und die Lösung ist keine reine harmonische Sinuslösung mehr, was bereits Heumann wusste. Auch die Kraftschlussfunktion Rad/Schiene bedeutet eine nicht zu vernachlässigende Abweichung von der Linearität.

Wichtige Aufschlüsse gibt das Phasenporträt, d.h. die Aufzeichnung der Wendebewegung ψ als Ordinate über der Querbewegung y als Abszisse in einem Diagramm. Bei einer Sinusbewegung haben beide einen Phasenwinkel von 90° gegeneinander, und das Pha-

senporträt ist eine Ellipse oder ein Kreis. Auf den Aachener Rollprüfständen aufgenommene Phasenporträts zeigten jedoch bei höheren Geschwindigkeiten stark schräg verzerrte Formen, die eindeutig auf Nichtlinearitäten hinwiesen. Bei der nichtlinearen Simulation ergab sich bei niedriger Geschwindigkeit auf idealem, nicht gestörtem Gleis zunächst ein ellipsenähnliches Diagramm, das sich bei zunehmender Geschwindigkeit unter Verringerung des Phasenwinkels zur gleichen Form verzerrte wie das Prüfstandsdiagramm. Bei weiterer Steigerung der Geschwindigkeit verzerrt sich das Simulationsdiagramm weiter und nimmt die Form einer schräg liegenden Zitrone mit zwei Spitzen an, die auf das starke Wenden des Radsatzes bei Hohlkehlenberührung zurückzuführen sind. Wiederholt man die Simulation mit gestörtem Gleis, so zeigt sich bei geringer Geschwindigkeit wegen der Gleisstörung keine ellipsenartige Form, sondern ein stochastisch völlig unregelmässiges Diagramm, das bei steigender Geschwindigkeit in die bereits bei ungestörtem Gleis beschriebene Zitronenform mit überlagerten Störungen übergeht. Das bedeutet, dass bei niedriger Geschwindigkeit der Lauf des Fahrzeuges durch die Gleisstörungen bestimmt wird. Bei zunehmender Geschwindigkeit setzt sich die Eigendynamik des Fahrzeuges durch und überwiegt bei hohen Geschwindigkeiten. Hiermit wird eine Beobachtung Sperlings bestätigt und analytisch erklärt, der bereits vor Jahrzehnten bei Messfahrten keine Sinusbewegungen, sondern stochastische, wellenartige Bewegungen feststellte, die bei zunehmender Geschwindigkeit in den von ihm so benannten Zickzacklauf übergingen. Eigene Messungen bei verschiedenen Strassenbahnunternehmen vor etwa 15 Jahren zeigten, dass die beobachtete, als Sinusbewegung vermutete Wellenbewegung der Radsätze typisch stochastische Eigenschaften hatte, die in keiner

Weise mit dem Sinuslauf nach Heumann/Klingel in Übereinstimmung zu bringen waren. Damals kamen wir zum Schluss, dass die Ursache in Gleisstörungen zu suchen war.

Bei hoher Geschwindigkeit zeigen die Bewegungsbilder von y_R und ψ_R , dass das System unter Veränderung von Frequenz und Amplitude plötzlich von einem Bewegungszustand in einen anderen übergeht und auch wieder in den ersten Zustand wechselt, ein Verhalten nichtlinearer Schwinger, das mit linearisierten Verfahren nicht darstellbar ist.

Selbst bei unruhigem Zickzacklauf wurde die Entgleisungsgrenze bei der Simulation bis zur Geschwindigkeit von 120 m/s nicht erreicht. Wohl steigerte sich die Verschleissarbeit im Berührungspunkt Rad/Schiene z.T. um eine bis zwei Zehnerpotenzen. Wie weit dabei Festigkeitsgrenzen z.B. der Achswelle erreicht oder überschritten wurden, konnte wegen des Umfangs der Arbeit noch nicht untersucht werden. Bei sehr hohen Geschwindigkeiten konnte mehrfach ein Überschreiten der Prudhommeschen Kennzahl gegen Gleisverschiebungen festgestellt werden. Das Spurspiel hat zusammen mit dem Radreifenumriss beachtlichen Einfluss auf das Laufverhalten.

Hinsichtlich der Torsionselastizität zeigen die Untersuchungen, dass bei richtiger Abstimmung eine Verbesserung des Laufs bei hohen Geschwindigkeiten sowohl in der Geraden als auch im Bogen erreichbar ist. Für Losräder bestätigen sich die bereits bekannten ungünstigen Eigenschaften.

Durch die nichtlineare Behandlung konnte das Verhalten des Rad/Schiene-Systems vom leichten Wellenlauf bis zum heftigen Zickzacklauf als Eigenschaft des nichtlinearen Systems dargestellt und analytisch interpretiert werden.

Prof. Dr. Ing. Johannes Nöthen, Geitlingstr. 4, D-43 Essen

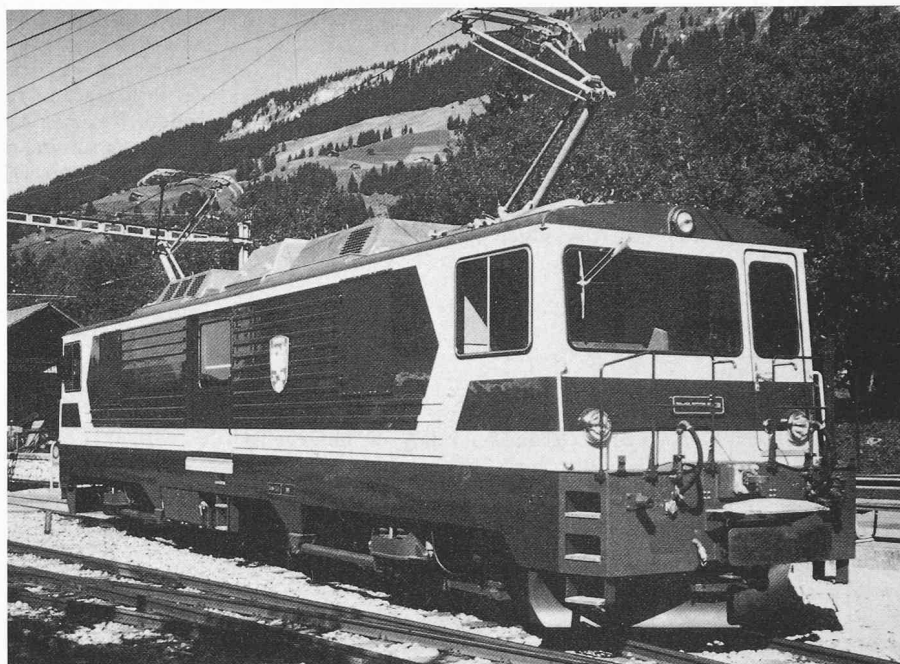
Umschau

Elektrische Lokomotive Typ GDe 4/4

(pd). Die Eisenbahnstrecke Montreux-Zweisimmen, der «Golden Pass», bildet einen Teil der grossen Voralpentransversale Montreux-Interlaken. Auf diesem Abschnitt der Montreux-Oberland-Bernois-Bahn (MOB) verkehren regelmässig Panoramie-Aussichtswagen mit uneingeschränktem Blick auf die malerische Landschaft. Für diese Züge, aber auch um dem zunehmenden Güterverkehr Rechnung zu tragen, bestellte die MOB bei der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik (SLM) und BBC im Herbst 1981 vier Hochleistungslokomotiven GDe 4/4. Sie sollen auf der neu ausgebauten Strecke Zweisimmen-Lenk auch für den Rollbockbetrieb eingesetzt werden. Nach dem gegenwärtigen Neubau des Moosbach-Tunnels oberhalb Zweisimmen kann der Rollbockbetrieb für Normalspur-Güterwagen von der Bern-Lötschberg-Simplon-Linie über Zweisimmen bis ins Saaneland geführt werden.

Bei Montbovon schliesst die Schmalspurstrecke der Chemins de Fer Fribourgeois (GFM) an die MOB an und führt über Gruyères, Bulle nach Palézieux. Diese Bahngesellschaft bestellte Anfang 1982 ebenfalls zwei bis auf den Anstrich und eine zusätzliche Funkanlage mit Zugsicherung gleiche Lokomotiven, die im November 1983 abgeliefert wurden. Die GFM wird die neuen Lokomotiven hauptsächlich für den Rollbockbetrieb einsetzen. Somit können sich beide Gesellschaften mit diesen Fahrzeugen gegenseitig aushelfen.

Bei der technischen Auslegung der Lokomotiven musste den Anforderungen des Rollbockbetriebes wie optimaler Einleitung der Zug- und Stosskräfte in die Kastenstruktur und der ausschwenkbaren Kuppelstange spezielle Beachtung geschenkt werden. Die kurvenreiche Stammstrecke der MOB mit Radien von nur 45 m sowie das enge Tunnelprofil stellen hohe Ansprüche an die Konstruktion der Lokomotive. Zudem war mit vier Achsen die gleiche Leistung auf die Schiene zu bringen wie bei einer anderen Lokomotive mit sechs Achsen. Dank der modernen Choppertechnik von BBC, dem elektronischen Schleuderschutz und dem pneumatischen Achslastaussgleich konnte diese Bedingung erfüllt werden.



Elektrische Lokomotive Typ GDe 4/4

Das von der Furka-Oberalp (FO-)Tunnellokomotive Ge 4/4 III übernommene Drehgestell musste für die 73-‰-Rampe zwischen Montreux und Montbovon mit verstärkter pneumatischer Bremse versehen und gemäss Vorschrift zusätzlich mit einer Magnetschienbremse bestückt werden. Dank Verbesserung der zweistufigen druckluftunterstützten Federspeicherbremse und genügenden Leistungsreserven konnte die Lokomotive neue Massstäbe setzen: Die in der Schweiz auf 90 km/h begrenzte Geschwindigkeitsschwelle für elektrische Schmalspurlokomotiven wurde auf einer Testfahrt am 22. Juli 1983 mit 105 km/h erstmals in Europa überschritten. Dazu beigetragen haben auch die Laufeigenschaften der Drehgestelle mit Flexicoil-Federung und Schiebelager-Antrieb (Patent SLM). Die Drehgestelle sind weitgehend wartungsfrei.

Der Lokomotivkasten ist vom Gepäcktriebwagen Deh 4/4 II abgeleitet, den SLM 1980 an die FO lieferte. Die gegen Gepäckabteil und Führerstände dicht abgeschotteten Maschinen- und Apparateräume sind unter sich verbunden und bilden die Saugkammern, aus denen über seitliche Düsegitter mit Filtern die Kühlluft angesaugt und in Kanälen den verschiedenen Verbrauchern zugeführt

wird. So liess sich der grosse Anteil luftgekühlter Leistungselektronik und fremdbelüfteter Bremswiderstands-Türme beibehalten. Die heisse Abluft der Bremswiderstände wird über die Dachhauben seitlich ausgeblasen. Das Bremssystem ist so ausgelegt, dass sowohl vakuum- als auch druckluftgebremste Züge gefahren werden können. Dieses einfache Grundkonzept erlaubt den Bau einer kostengünstigen Hochleistungslokomotive für schmalspurige Adhäsionsbahnen, die auch anspruchsvolle Betriebsbedingungen wie starke Steigung, enge Gleisbögen, grosse Anhängelast und hohe Geschwindigkeit zulässt.

Spurweite	1000 mm
Raddurchmesser neu	1070 mm
Achsfolge	B'o B'o
Dienstgewicht	50 t
mech. Teil inkl. Antriebe	34 t
elektr. Teil	14,5 t
Zuladung	1,5 t
Dauerleistung	1000 kW
Stundenleistung am Rad	1043 kW
Anfahrzugkraft	172 kN
Dauerzugkraft	81 kN
max. Geschwindigkeit	90 km/h

Fernwärme: Bund beteiligt sich an Refuna

Der Bundesrat hat den Schweizerischen Schulrat ermächtigt, den Gründungs- und Partnervertrag mit der «Regionalen Fernwärmeversorgung unteres Aaretal» (Refuna AG) zu unterzeichnen. Der Bund beteiligt sich mit Fr. 1 Mio am Aktienkapital, wobei die Hälfte davon aus Sachleistungen des Eidg. Instituts für Reaktorforschung (EIR) besteht.

Das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung in Würenlingen (EIR) und das Schweizerische Institut für Nuklearforschung (SIN) in Villigen beziehen seit Beginn der laufenden Heizperiode Fernwärme aus dem Kernkraftwerk Beznau. Im Rahmen der Massnahmen zur Stärkung der

schweizerischen Wirtschaft haben die eidg. Räte am 18. März 1983 dem Fernwärmebezug dieser beiden Annexanstalten der ETH und deren Anschluss an die projektierte regionale Fernwärmeversorgung im unteren Aaretal zugestimmt und einen Kredit von 1 916 000 Fr. für die Erstellung einer Anschlussleitung an das Hauptnetz und für Anpassungsarbeiten in der Wärmezentrale des EIR bewilligt. In der Zwischenzeit sind die Grundsatzentscheide in den acht beteiligten Gemeinden gefallen, so dass nun die Refuna AG mit der Mehrheitsbeteiligung der acht Gemeinden und mit weiteren 42 Partnern am 21. Dezember 1983 gegründet werden konnte.

Mit dem Fernwärmenetz der Refuna soll ein Gebiet mit etwa 15 000 Einwohnern, etwa zwanzig industriellen und gewerblichen Grossverbrauchern sowie den Bundesinstituten EIR und SIN mit Energie für Raumwärme und Warmwasseraufbereitung auf sichere und umweltschonende Weise versorgt werden. Längerfristig können damit etwa 16 000 t Heizöl pro Jahr substituiert und etwa 1500 Einzelheizungen mit ihren Schadstoffemissionen aufgehoben werden. Die Heizkosten sollen bei der Inbetriebnahme nicht über, längerfristig unter jenen auf der Basis von Öl liegen.

(Eidg. Dept. des Innern)