

Vergleich Achenseebahn neu:

1. Ursprüngliche (genehmigte) Ausführung

Auftretende Zahnkraft:

Eigenmasse einer Garnitur bestehend aus Dampflock und 2 Waggons: $m_{Zug} = 33,0 \text{ t}$

Fahrwiderstand:

- Steigungswiderstand $w_s = s \cdot m_{Zug} = 160 \text{ kp/t}$ [4, S.64]
- Laufwiderstand $w_L = (4 + V^2/1000) = (4 + 10^2/1000) = 4,1 \text{ kp/t}$ [4, S.58]
für $V = 10 \text{ km/h}$ [1, S.7]
- Krümmungswiderstand $w_k = 400 / (R - 20) = 400 / (120 - 20) = 4,0 \text{ kp/t}$ [4, S.62]
für $R = 120 \text{ m}$ [1, S.7]

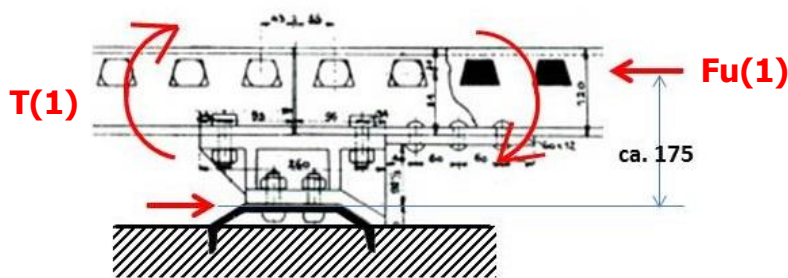
Luft- und Beschleunigungswiderstand werden hier vernachlässigt.

Die Umfangskraft des Trieb-Zahnrades ergibt sich demnach aus

$$Fu(1) = (w_s + w_L + w_k) \cdot m_{Zug} = (160 + 4,1 + 4,0) \text{ kp/t} \cdot 33 \text{ t} = 5547 \text{ kp} \approx 55 \text{ kN}$$

Ableitung der Zahnkraft in den Untergrund:

Ursprüngliche Ausführung



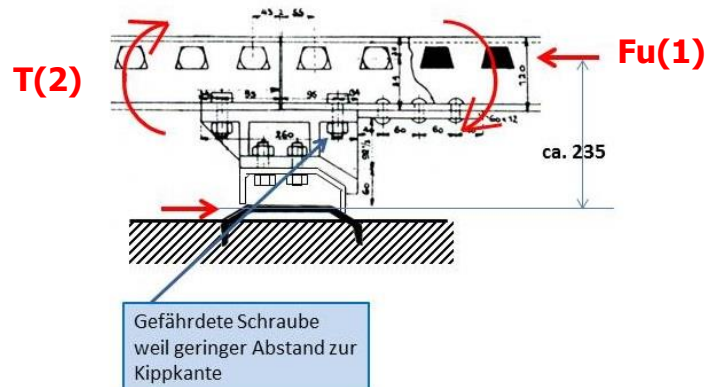
Quelle: „Jenbach-Achensee; Armbruster Pawlik; ISBN 3-85416-149-2

Auftretendes Torsionsmoment an der (verdrehweichen) Stahlschwelle:

$$T(1) = Fu(1) \cdot 175 = 55,0 \cdot 0,175 = 9,625 \text{ kNm} \quad \Rightarrow \quad \Rightarrow \quad \text{Vergleichswert 100\%}$$

2. Höhere Zahnstange – ursprünglicher Betrieb:

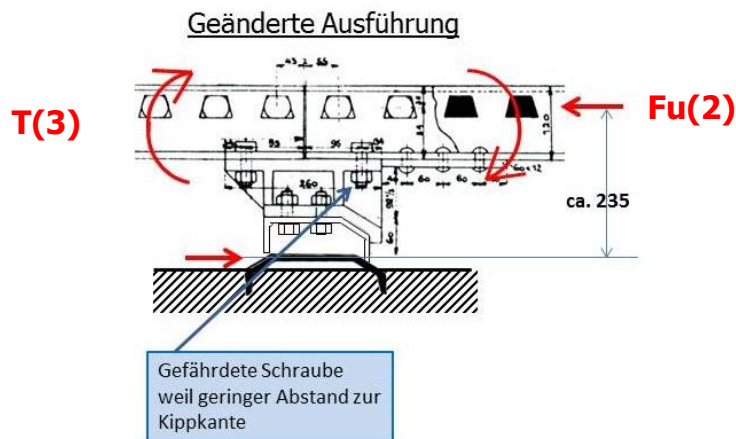
Geänderte Ausführung



Auftretendes Torsionsmoment an der (verdrehweichen) Stahlschwelle:

$$T(2) = Fu(1) \cdot 235 = 55,0 \cdot 0,235 = 12,925 \text{ kNm} \quad \Rightarrow \quad 12,925 / 9,625 \cdot 100 \quad \Rightarrow \quad \text{134 \%}$$

3. Höhere Zahnstange –geplanter Betrieb:



Eigenmasse einer Garnitur bestehend aus Triebwagen+Steuerwagen $m_{\text{Zug}(1)} = 60,0 \text{ t}$
Die Umfangskraft des Trieb-Zahnrades ergibt sich demnach aus
 $F_u(2) = (w_s + w_L + w_k) \cdot m_{\text{Zug}(1)} = (160 + 4,1 + 4,0) \text{ kp/t} \cdot 60 \text{ t} = 10086 \text{ kp} \approx 101 \text{ kN}$
Auftretendes Torsionsmoment an der (verdrehweichen) Stahlschwelle:
 $T(3) = F_u(2) \cdot 235 = 101,0 \cdot 0,235 = 23,735 \text{ kNm} \Rightarrow 23,735 / 9,625 \cdot 100 \Rightarrow \approx 247 \text{ \%!!}$

4. Schlussbemerkung:

Die Zahnstange stützt sich an den Stoßstellen kraftschlüssig auf je eine Stahlschwelle ab. Eine Weiterleitung der Zahnkraft in den Fortsetzungsstrang der Zahnstange ist nicht garantiert, weil die Schrauben auf Reibung keine garantierte (Weiterleitungs-)Kraft aufnehmen können.

Daher muss sich der Zahndruck (theoretisch) jeweils über eine einzige Stahlschwelle auf die massiven seitlichen Fahrschienen absetzen, die dann für eine Einleitung in das Gesamtsystem sorgen.

Aus obigem ergibt sich, dass für das auftretende Moment zumindest rechnerisch kein definiertes Auflager existiert. Der Teil, welcher sich an der Zahnstange absetzt, ist zumindest in der Lage, Schrauben zu lockern, was in der Vergangenheit sehr gehäuft geschehen ist.

Optisch wurde das Schraubenproblem durch Verwendung von sog. Sicherungsmuttern gelöst. In Fachkreisen sind das aber nur „Verliersicherungen“!!

Die vorliegende Berechnung wurde mittels vereinfachter Rechenmodelle durchgeführt.

Das Ergebnis:

Der Verschlechterungsfaktor 2,5 mündet zwingend in eine genaue Überprüfung durch einen beideten Zivilingenieur.

Literatur

- [1] K.Armbruster / H.P.Pawlik: Jenbach – Achensee. Wien 1993
- [2] <http://gleisbau-welt.de>
- [3] <http://wikipedia.org>
- [4] HENSCHHEL-Lokomotiv-Taschenbuch. Kassel 1960
- [5] DUBBEL. Taschenbuch f.d. Maschinenbau. Berlin 1983
- [6] Richtlinie VDI 2039 „Drehschwingungen“, n.n. veröffentlicht