

Optimierung Zahnstangeneinfahrten

Fachtagung TST Stansstad 05.02.2020

C. Katz, Leiter Projekte

Inhaltsverzeichnis

Überblick

1. Einleitung



2. Funktionsweise



3. Kräfte und Beanspruchung

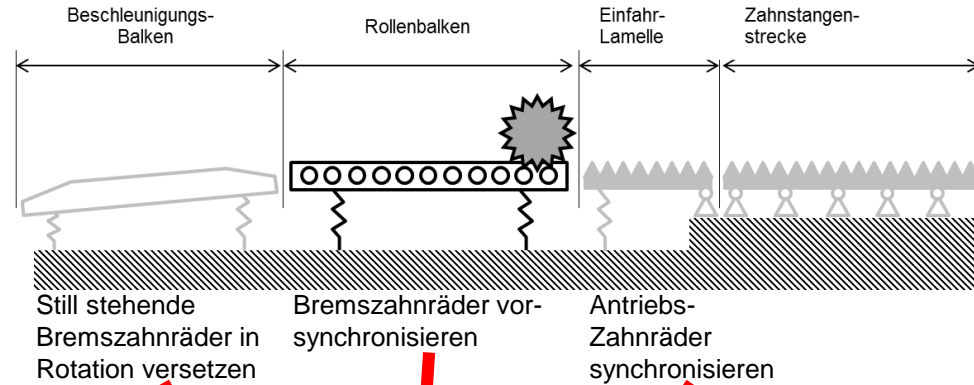


4. Optimierte ZSE



1. Einleitung

Aufbau der Einfahrten

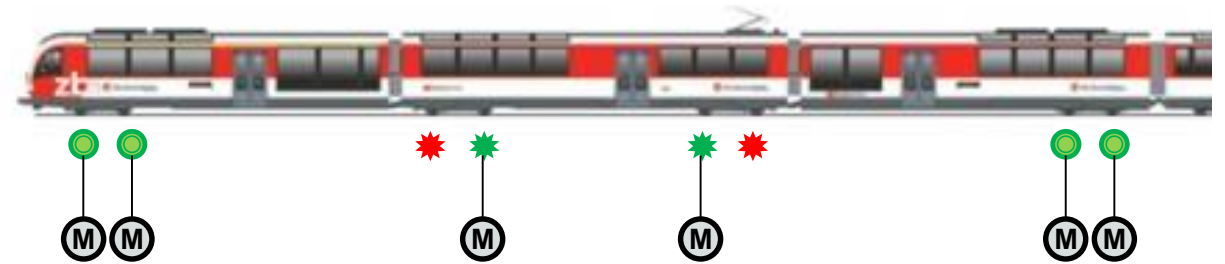


1. Einleitung

Aufbau der Fahrzeuge

Die Antriebskonzepte variieren von Fahrzeug zu Fahrzeug:

- ABeh 150/160:
 - Triebzahnräder und Adhäsionsantrieb getrennt
 - 2 Bremszahnräder pro Dreiteiler



- HGe:
 - Triebzahnräder und Adhäsionsantrieb gekoppelt
 - Bremszahnräder nur an Waggon

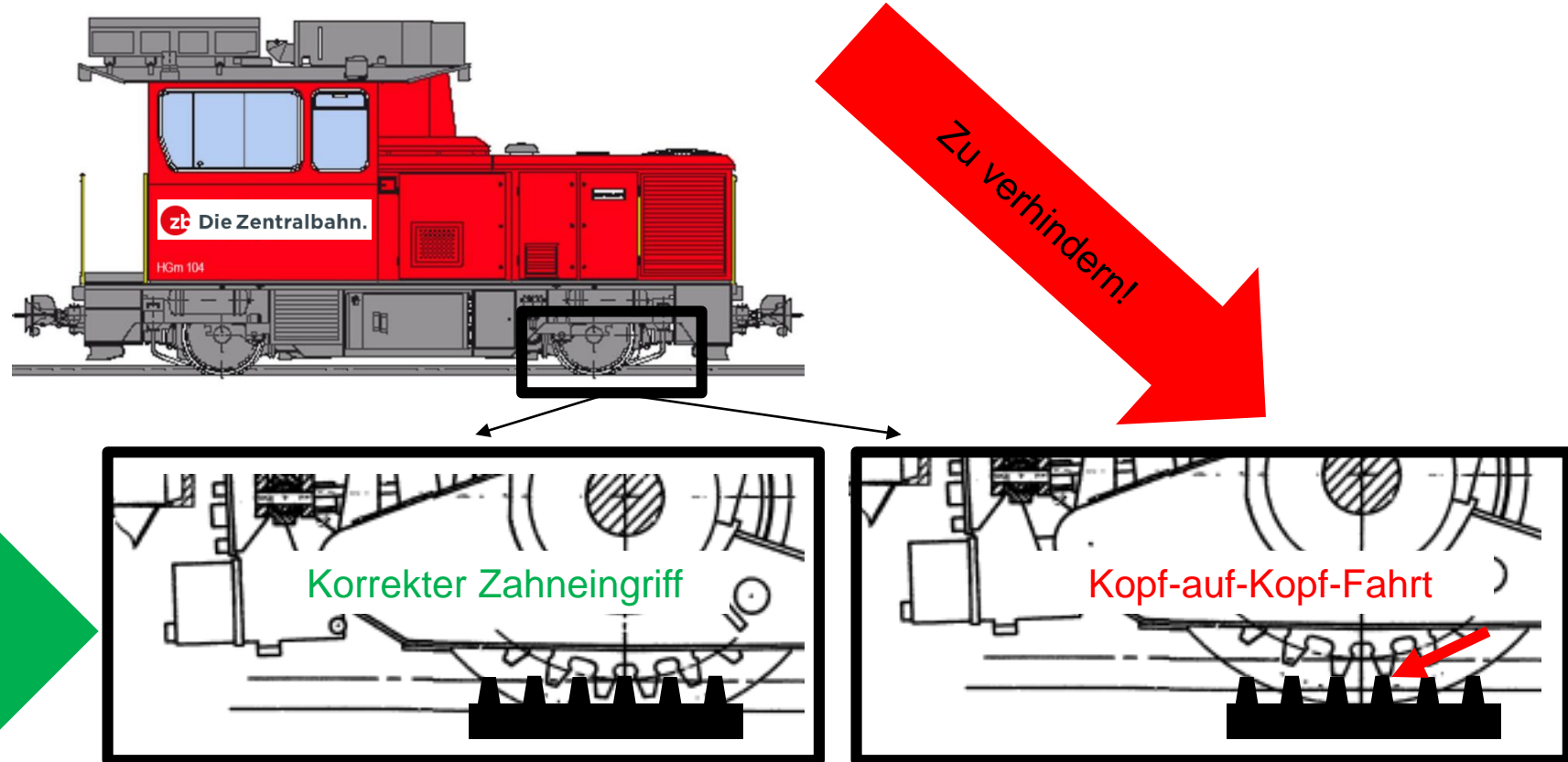


Durch das unterschiedliche Antriebskonzept verhält sich der ABeh beim Ein- und Ausfahren in eine Zahnstangeneinfahrt komplett anders als eine HGe.

- = angetriebenes Adhäsionsrad
- ★ = Triebzahnrad (TZR)
- ★ = Bremszahnrad (BZR)
- Ⓜ = Antriebsmotor

1. Einleitung

Was wir wollen... und was wir nicht wollen



Inhaltsverzeichnis

Überblick

1. Einleitung



2. Funktionsweise



3. Kräfte und Beanspruchung

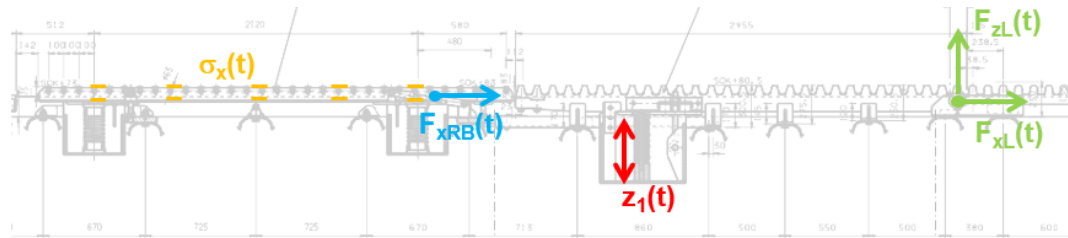


4. Optimierte ZSE



2. Funktionsweise

Messkampagnen und Untersuchungen 2015 - 2019



Legende:

F_{zL} / F_{xL} = Vertikalkraft / Horizontalkraft in Lamelle (Messbolzen)

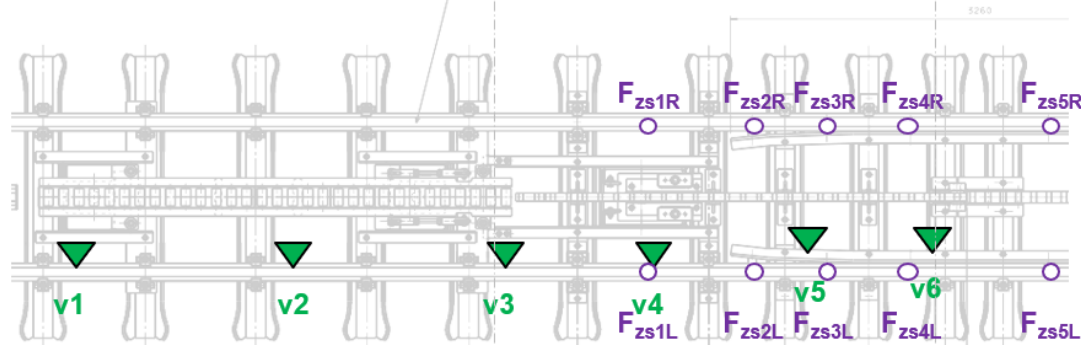
v_1 = GoPro Kamera

F_{zs1} = Radaufstandskraft in Schiene (DMS)

z_1 = Wegmessung (Laser)

F_{xRB} = Axialkraftmessung Rollenbalken (DMS)

σ_x = Spannungsmessung Rollenbalken (DMS)



Messung Radaufstandskraft an Schienenfuss



Horizontalkraftmessung an Rollenbalken F_{xR}



2. Funktionsweise

Typische Ausfahrten

- Ausfahrt Abeh BZR: (bisheriges Design mit Teilungsfehler): unproblematisch
- Ausfahrt Abeh TZR (bisheriges Design mit Teilungsfehler): TZR desynchronisieren systematisch infolge Teilungsfehler und verursachen «Volltreffer» auf Rollenbalken
- Animation FEM Rollenbalken: Biegewellen und extrem hohe Spannungen infolge des Volltreffers. Erkenntnis: Teilungsfehler der Lamelle ist eine der Hauptursachen für Ermüdungsbrüche Rollenbalken



2. Funktionsweise

Typische Einfahrten

- Einfahrt Abeh BZR: oft nicht ganz perfekt beschleunigt, findet aber die Lücke schnell
- Einfahrt Abeh TZR: dreht mit korrekter Drehzahl, braucht etwas länger zum finden der Lücke als BZR.
- Einfahrt Hge: Extremfall, der die höchsten gemessenen Lasten verursacht hat. Die Einfahrt muss dies aushalten!
- Einfahrt Kopf auf Kopf HGe (Video Zeitstempel 08:35 -08:52)

BZR Video
LN1022_ZR01

TZR Video
LN1022_ZR02



2. Funktionsweise

Einfahrten mit ausgeschaltetem TZR

- Einfahrt Abesh TZR mit 5 km/h, Antrieb deaktiviert. Beschleunigungsbalken kann TZR praktisch nicht beschleunigen, Rollenbalken und Lamelle müssen diese Aufgabe übernehmen. Lasten erstaunlich gering, bei 10 oder 20 km/h wären die Lasten aber höchstwahrscheinlich sehr hoch → einfahren mit nicht drehendem TZR sollten vom Fahrzeug verunmöglicht werden

[TZR Video](#)
LN4043_ZR02

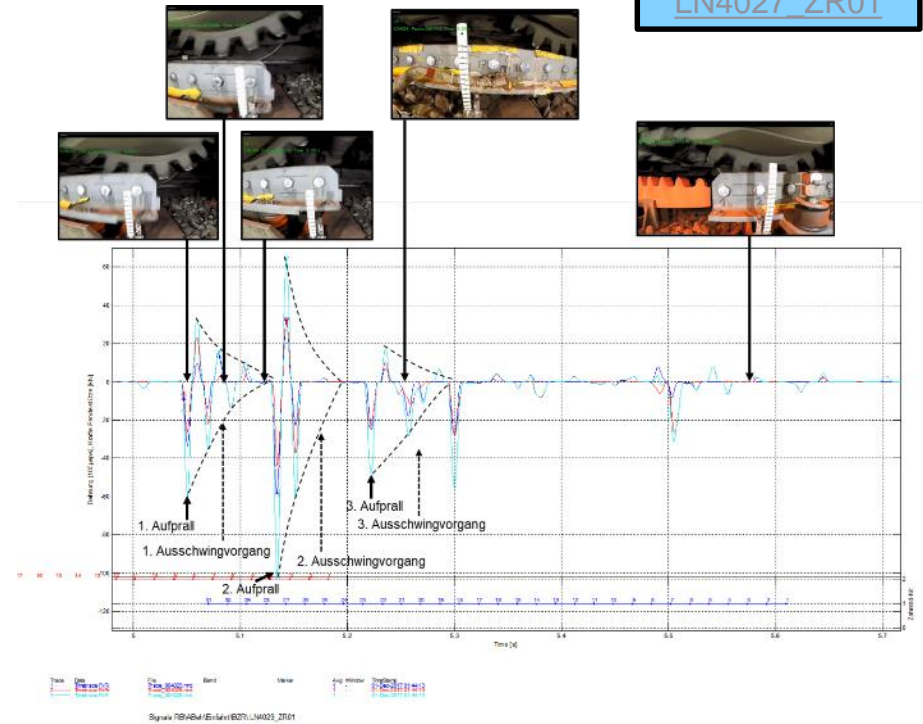
2. Funktionsweise

Einfahrten mit erhöhter Geschwindigkeit

- Einfahrt TZR: Synchronisation funktioniert gut, etwas überraschend kein verschlechtertes Synchronisationsverhalten feststellbar
- Einfahrt BZR: Das BZR prallt fast stillstehend auf den Rollenbalken, überspringt mehrere Rollen sowie Zähne der Lamelle und wird erst spät und unter hohen Lasten beschleunigt → Beschleunigung BZR muss für V20 massiv verbessert werden. Wenn dies gelingt (z.B. über längere Beschleunigungsbalken), dann ist V20 technisch möglich.

TZR Video
LN4027_ZR03

BZR Video
LN4027_ZR01



Inhaltsverzeichnis

Überblick

1. Einleitung



2. Funktionsweise



3. Kräfte und Beanspruchung

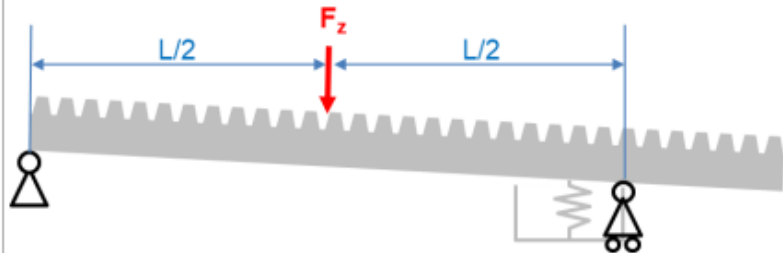
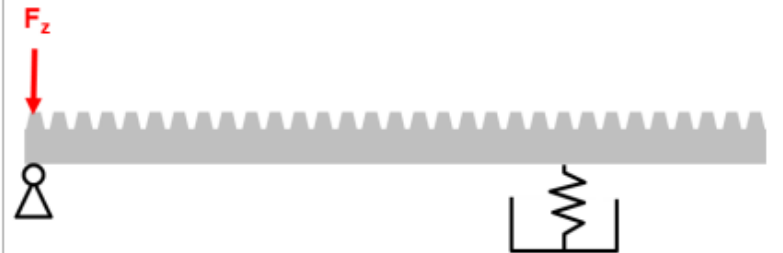



4. Optimierte ZSE



3. Kräfte und Beanspruchung

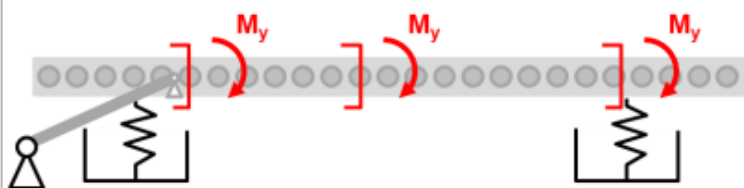
Statische Beanspruchung («wie hoch sind die grössten Kräfte?»)

LF Nr.	Beschrieb	Kraft auf Lamelle
L_1a	Kopf auf Kopf Fahrt mit maximaler Biegebeanspruchung der Lamelle 	$F_z = 185 \text{ kN}$
L_1b	Kopf auf Kopf Fahrt mit maximaler Beanspruchung von Bolzen / Bolzenlagerung  Dimensionierend für: Bolzen und Bolzenlagerung	$F_z = 185 \text{ kN}$
L_2	Synchronisationsvorgang mit maximaler Beanspruchung Lamellenlagerung 	$30^\circ < \alpha < 120^\circ:$ $+125 \text{ kN}$ $\text{Alle anderen } \alpha:$ $+ 60 \text{ kN}$

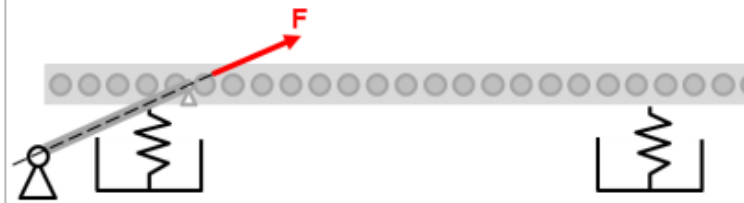


3. Kräfte und Beanspruchung

Statische Beanspruchung («wie hoch sind die grössten Kräfte?»)

LF Nr.	Beschrieb	Moment im Rollenbalken
R_1	Vertikalkräfte durch Kopf-auf-Kopf-Treffer 	$M_y = +/- 25 \text{ kNm}$

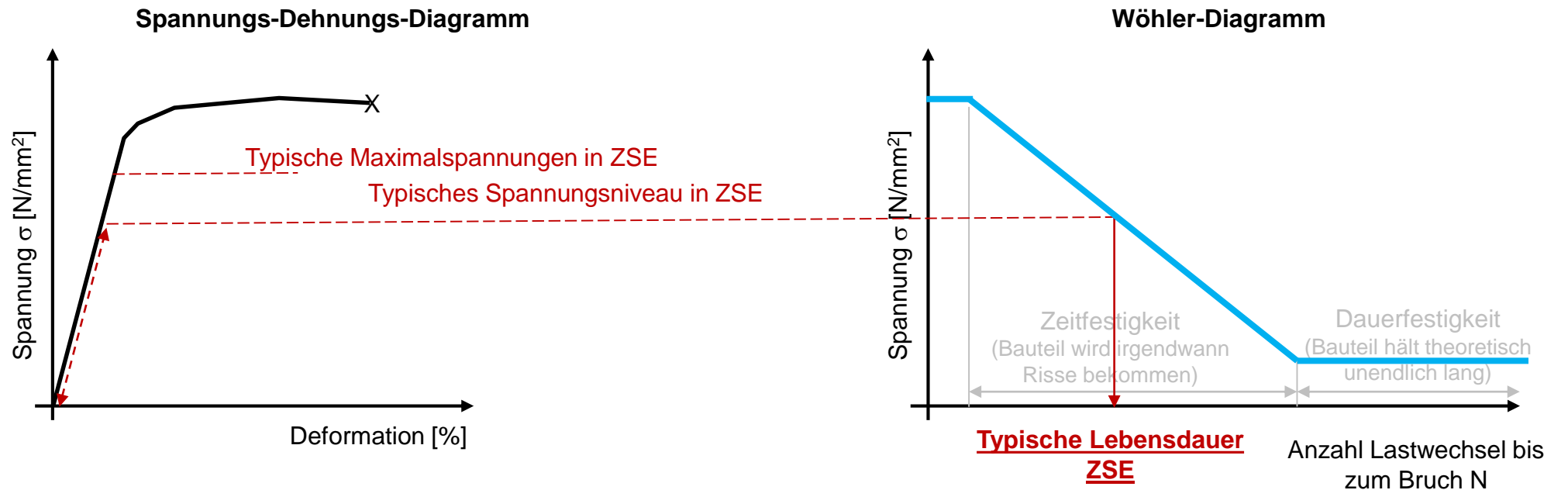


R_2	Horizontalkräfte infolge Synchronisationsvorgang 	$F = + 65 /- 95 \text{ kN}$ - = Druck + = Zug
-----	--	---



3. Kräfte und Beanspruchung

Typisches Beanspruchungsniveau



**Zahnstangeneinfahrten sind hoch belastet und erfahren viele Lastwechsel.
 Ein Ermüdungsriss ist deshalb irgendwann zu erwarten, und zwar eher früher als später.
Weil die Lebensdauer also nicht unendlich ist, muss sie kontrolliert werden!**

Inhaltsverzeichnis

Überblick

1. Einleitung



2. Funktionsweise



3. Kräfte und Beanspruchung



4. Optimierte ZSE



4. Optimierte ZSE

Designempfehlungen



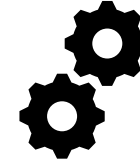
Ermüdungsgerechtes Design:
Reduktion Spannungen,
widerstandsfähige Materialien



Triebzahnrad-Überwachung



Funktionsgerechtes Design:
Keine Teilungsfehler, besondere
Zahngeometrie, lange Radlenker



Verschleissgerechtes Design:
Trennung Verschleissflächen und
tragende Flächen



Vibrationen & Stösse:
Schraubensicherung,
Lastreduktion



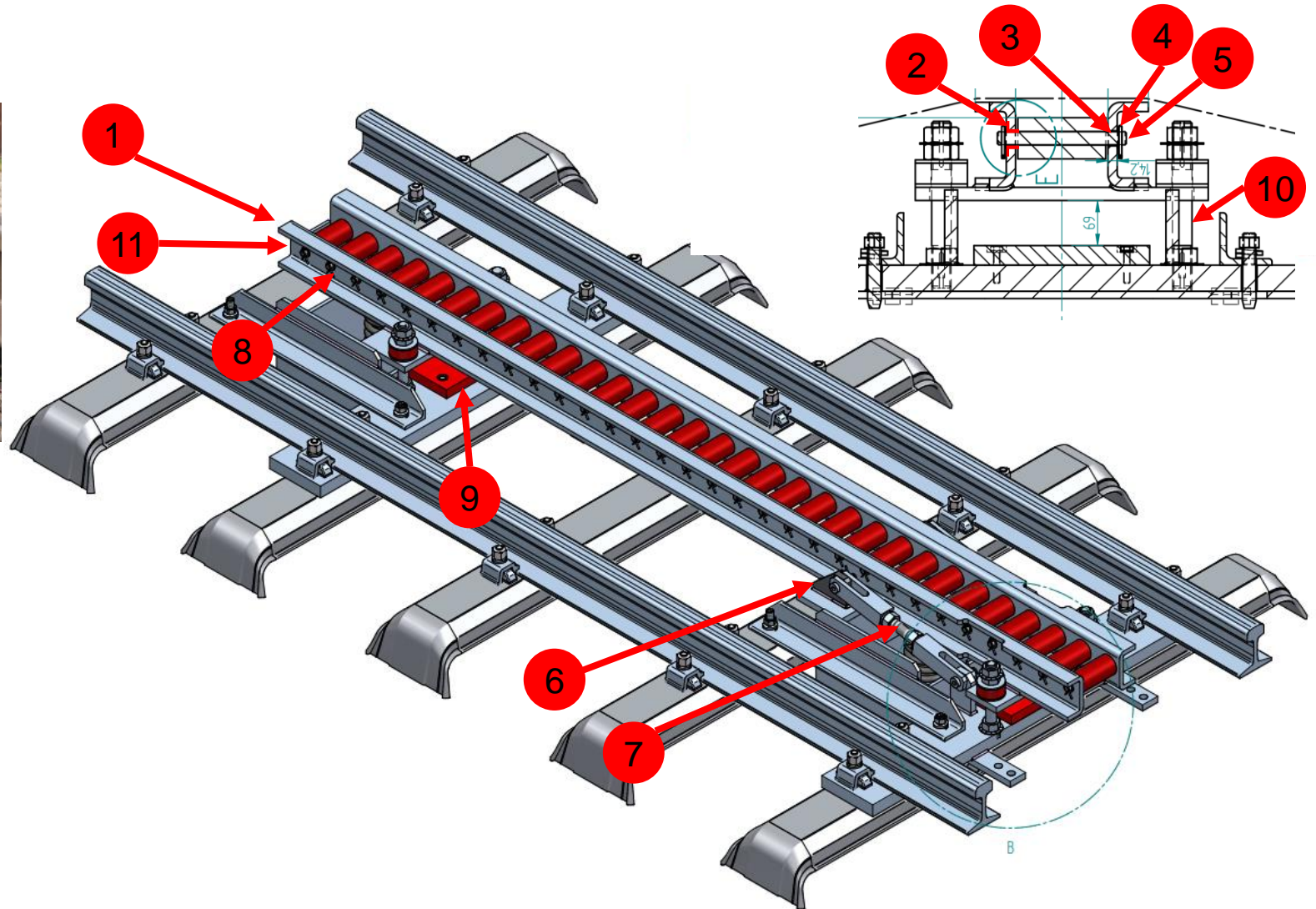
Konstruktionsphilosophie:
Safe Life, Fail Safe, Damage
Tolerance?



Dimensionierung & Nachweis:
Fliesen, Bruch, Ermüdung

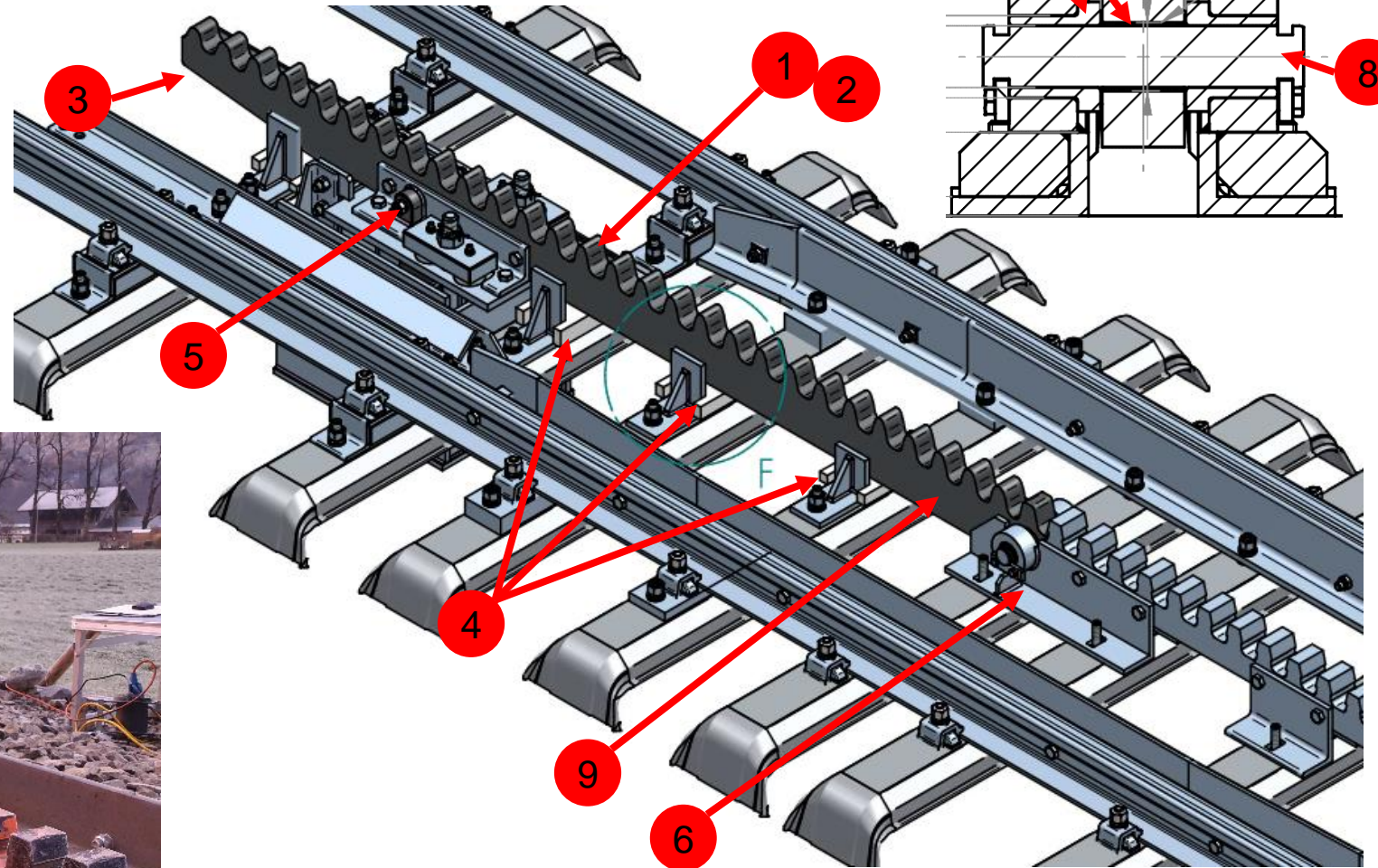
4. Optimierte ZSE

Re-Design Rollenbalken



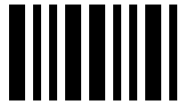
4. Optimierte ZSE

Re-Design Lamelle



4. Optimierte ZSE

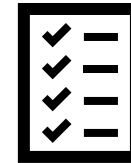
Prozess Empfehlungen



Konfigurationskontrolle:
Serialnummerpflicht,
Lebensdauerkontrolle



Überwachungsplan:
Regelmässige Kontrolle,
Monitoring



Unterhaltsplan:
Zu wartende Teile, zu ersetzende
Teile



Reporting Pflicht:
Intern / Hersteller / SUST,
Schadensanalysen

Danke fürs Zuhören!

