

Prof. Dr.-Ing. H. Heumann – ein fast vergessener Pionier

Prof. Dr.-Ing. Günter Löffler

Inhalt

- 1. Die Person Hermann Heumann**
- 2. Das wissenschaftliche Lebenswerk Prof. Heumanns**
- 3. Das *Heumannsche* Minimumverfahren**
- 4. Anwendungen in heutiger Zeit**
- 5. Bestimmung der Sicherheit gegen Entgleisungen**

- 1. Die Person Hermann Heumann**
- 2. Das wissenschaftliche Lebenswerk Prof. Heumanns**
- 3. Das *Heumannsche* Minimumverfahren**
- 4. Anwendungen in heutiger Zeit**
- 5. Bestimmung der Sicherheit gegen Entgleisungen**

Lebenslauf

Hermann Heumann
30.4.1878 – 15.11.1967



- geb. am 30.04.1878 auf elterlichen Hof in Neubauhof bei Stavenhagen (Mecklenburg),
- Schulbesuch in Fritz-Reuter-Stadt Stavenhagen, Reifeprüfung in Oldenburg,
- 1896 Studium Maschinenbau in München, Abschluss 1900 in Hannover,
- Eintritt in höheren technischen Dienst bei Preußisch-Hessischer Eisenbahn,
- danach Konstrukteur in Lokfabrik Krauss & Co. in München (bei Helmholtz),
- 1906 Große Staatsprüfung, danach Regierungsbaumeister in Danzig

Lebenslauf

Hermann Heumann
30.4.1878 – 15.11.1967



- Ab 1909 Tätigkeit in der Privatindustrie, gleichzeitig Assistent an TH Danzig (bei Prof. Tischbein: Hebemaschinen),
- 1910 Promotion an TH Danzig zum Dr.-Ing. mit Arbeit aus dem Gebiet Fördertechnik,
- 1912 Versetzung zum Dezernenten für Triebwagen an das Eisenbahnzentralamt Berlin,
- im 1. Weltkrieg Eisenbahner im Maschinenamt und bis 1920 Vorstand in Hauptwerkstätte Stargard,
- 01.04.1920 Berufung als ordentlicher Professor auf den Lehrstuhl für Eisenbahnmaschinenbau und Massenförderanlagen der TH Aachen,

Technische Hochschule Aachen, Verzeichnis Fak. Maschinenwesen

a) ordentliche Professoren

...

- Dr.Ing. **Bonin** Hermann, 1.8.1913, Dampfkraftanlagen, Lüftung und Heizung Maria-Theresia-Allee 265, 24136.
- Dr.Ing. **Jaeger**, Hans, 1. 12. 1913, Wasserturbinen und allgemeiner Maschinenbau, Emmichstr. 158, 24152.
- Dr.Ing. **Heumann**, Hermann, 1. 4. 1920, Eisenbahnmaschinenwesen und Massenförderanlagen, Hasselholzerweg 16, 28877.
- Dr.Ing. E. h. **Rogowski**, Walter, 1. 10. 1920, theoretische Elektrotechnik, Flandrische Str. 16, 35272.
- Dr.Ing. **Opitz**, Herwart, Dekan, 1. 4. 1936, Werkzeugmaschinen und Betriebslehre, Beseler Str. 20, 31597.
- Dr.Ing. **Brüderlink**, Robert, 1. 10. 1937, praktische Elektrotechnik, Lintert 56, 29804.
- Dr.Ing. **Marquard**, Erich, Oberreg.-Baurat, Kraftfahrwesen und Verbrennungsmaschinen (ab 1.3. 1939 mit der Vertretung beauftragt)

...

(Quelle: www.archiv.rwth-aachen.de)



Lebenslauf

Hermann Heumann
30.4.1878 – 15.11.1967



- 1944 kriegsbedingte Zerstörung seiner Aachener Wohnung,
- 1946 Emeritierung,
- Neuansiedlung in der Nähe Münchens, ab 1950 in Grafrath an der Amper,
- Von 1948-1953 Vorlesungen zur Spurführungstechnik an der TH München,
- 1954 Beendigung und Zusammenfassung seiner Arbeit in „Grundzüge der Führung der Schienenfahrzeuge“ und Veröffentlichung als Sonderdruck in Elektrische Bahnen,

Lebenslauf

Hermann Heumann
30.4.1878 – 15.11.1967



- 1955 Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. E.h. durch die TH Braunschweig,
- am 19.11.1967 verstarb Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hermann Heumann nach kurzer schwerer Krankheit.

1. Die Person Hermann Heumann
2. **Das wissenschaftliche Lebenswerk Prof. Heumanns**
3. Das *Heumannsche* Minimumverfahren
4. Anwendungen in heutiger Zeit
5. Bestimmung der Sicherheit gegen Entgleisungen

Wissenschaftliche Arbeiten zur Spurführungstechnik

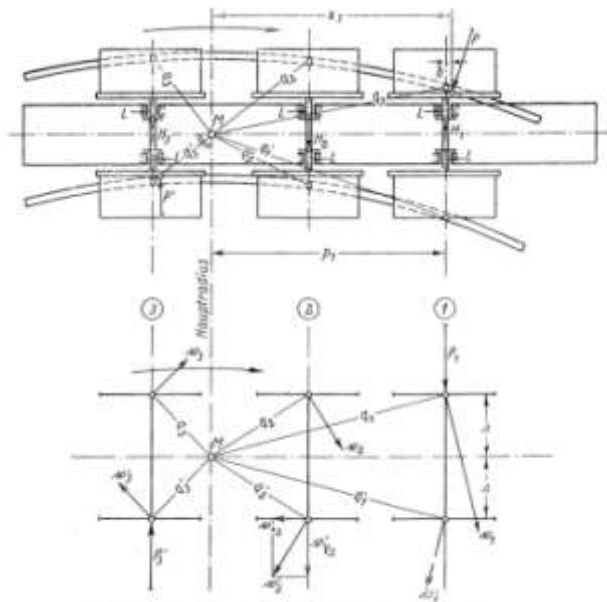


Bild 3. Dreiaxles starrachsiges Fahrzeug im Bogen.

(Quelle: Heumann, Grundzüge der Führung der Schienenfahrzeuge)

- 1912 – 1965: über 50 Veröffentlichungen v.a. zur Spurführungstechnik in Glas. Ann., Lokomotive und Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens
- bis 1929: Arbeiten zum Bogenlauf mit Entwicklung des **Minimumverfahrens**
- bis 1936: Dynamische Probleme bei Einfahrt in den Gleisbogen oder bei Krümmungsänderungen
- bis 1942: Fragen des Laufs in der Geraden
- wichtige Grundlagen auf den Teilgebieten:
 - **Sicherheit gegen Entgleisen**,
 - Reibung zwischen Rad und Schiene,
 - **Verschleiß** und Krümmungswiderstand,
 - Radprofil (**Heumann-Lotter-Profil**, Profil BR)

Gewährleistung Entgleisungssicherheit als grundlegende Aufgabe

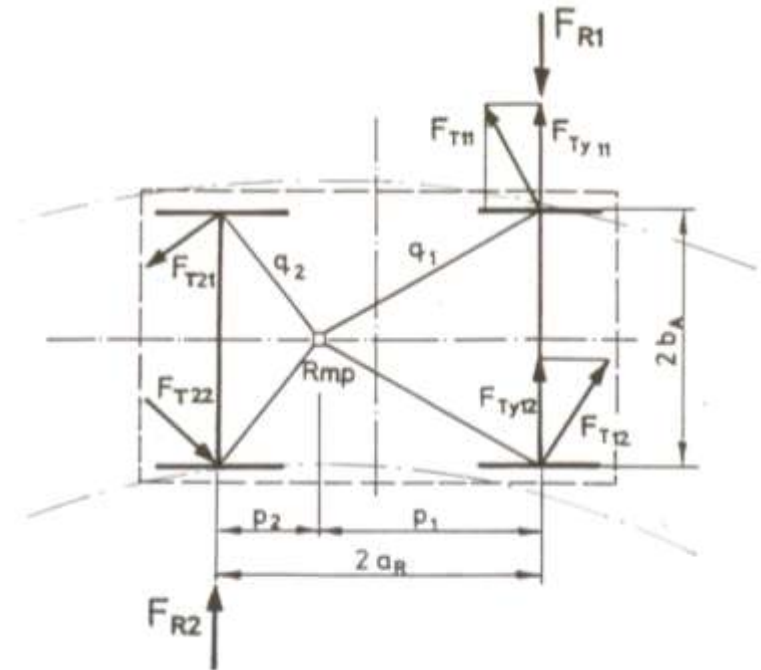
Richtkraft R_e an der Entgleisungsgrenze:

- bei Stirnflächenführung

$$\frac{R_e}{Q_0} = \frac{1 - \lambda \cdot \frac{r_0}{b_A} \cdot \mu \cos \xi + \frac{\Delta Q}{Q_0}}{\cot \beta + \mu_{Sp} \cos \xi_A - \lambda \frac{r_0}{2b_A}}$$

- bei Rückenflächenführung

$$\frac{R_{eR}}{Q_0} = \frac{1 + \lambda \cdot \frac{r_0}{b_A} \cdot \mu \cos \xi - \frac{\Delta Q}{Q_0}}{\cot \beta_R + \mu_{Sp} \cos \xi_A + \lambda \frac{r_0}{2b_A}}$$

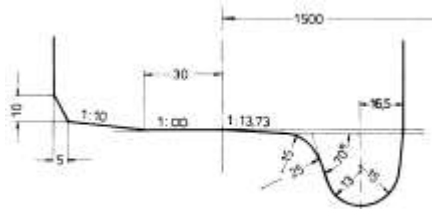


Verschleißzahl nach *Heumann*:

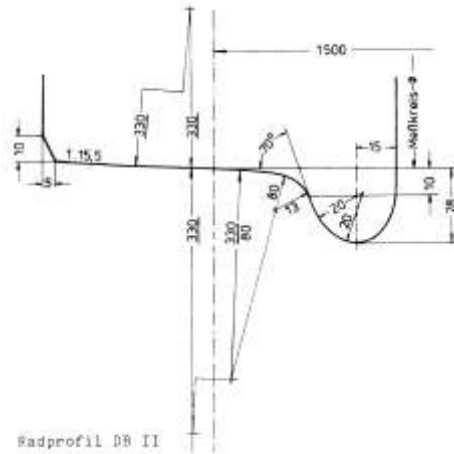
$$V = \sum F_{Ty} \cdot \alpha \cdot \frac{\mu_{Sp}}{\sin \beta \cdot \cos \beta}$$

in: *H. Heumann*: Grundzüge der Führung der Schienenfahrzeuge

Entwicklung von Anpassungsprofilen mit „Einpunktberührung“

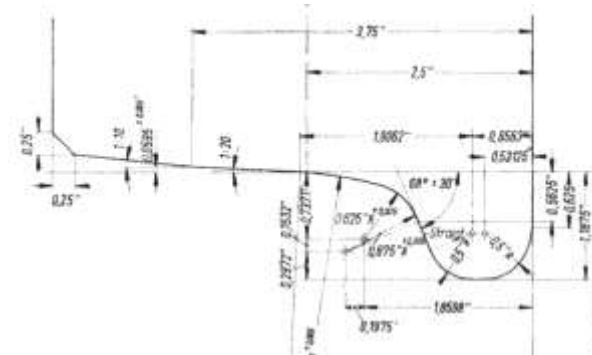


Radprofil nach Heumann und Lotter



Radprofil DB II

(Quelle: Krugmann, Lauf der Schienenfahrzeuge im Gleis)



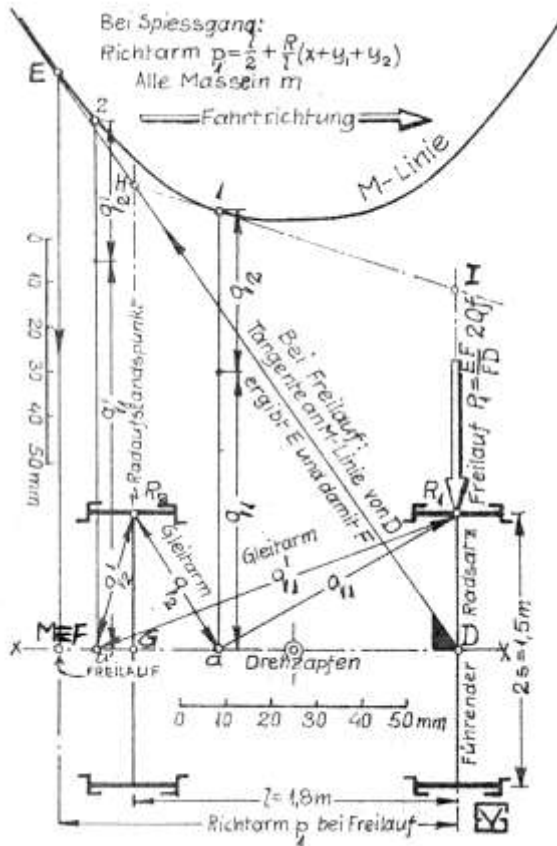
Das BR-Radreifenprofil nach Professor Heumann

- Verringerung des Radreifenverschleißes um das 3 ... 4-fache
- gleichbleibende Laufgüte waagrecht quer von 2,1

(Quelle: Koffman, Anwendung von Prof. Heumanns Gedanken bei British Railways)

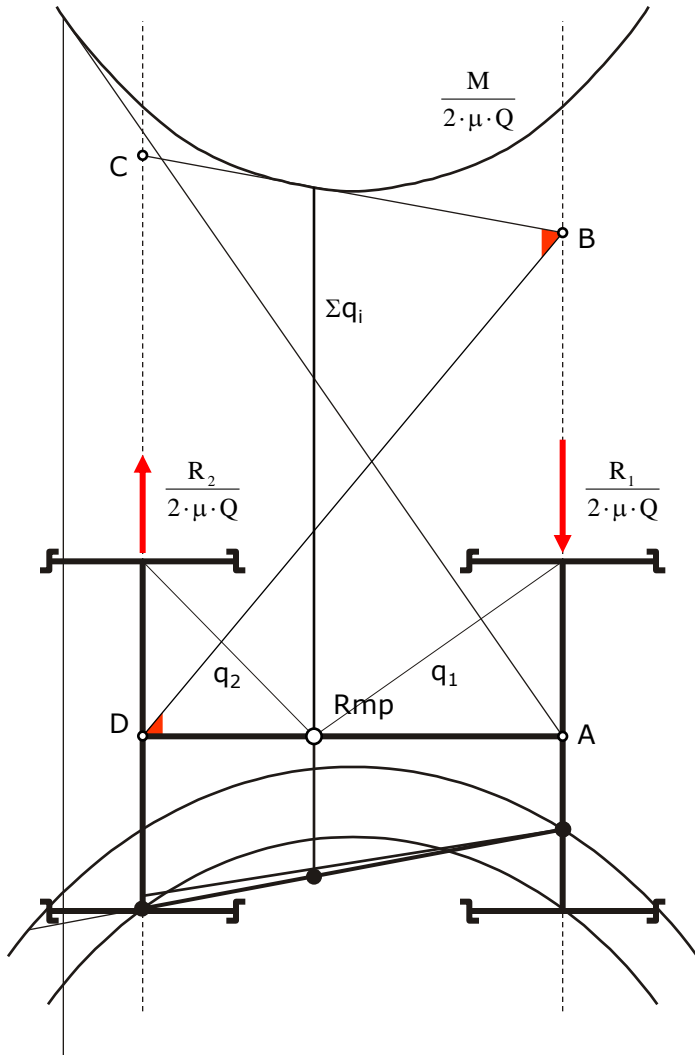
1. **Die Person Hermann Heumann**
2. **Das wissenschaftliche Lebenswerk Prof. Heumanns**
3. **Das *Heumannsche* Minimumverfahren**
4. **Anwendungen in heutiger Zeit**
5. **Bestimmung der Sicherheit gegen Entgleisungen**

Das *Heumanns*che Minimumverfahren zur Richtkraftbestimmung



- Grafisches Verfahren zur Bestimmung der Schienenrichtkraft mittels Skelettdarstellung des Fahrzeuges
- Ermöglicht trotz vieler Vereinfachungen schnelle Bestimmung der Spurführungskräfte
- Einfache Einbeziehung von äußeren Kräften
- Auch für mehrteilige oder mehrgliedrige Fahrzeuge geeignet
(jedes Fahrgestell = ein Einzelfahrzeug)

(Quelle: Koffman, Siebzig Jahre Minimum-Verfahren)

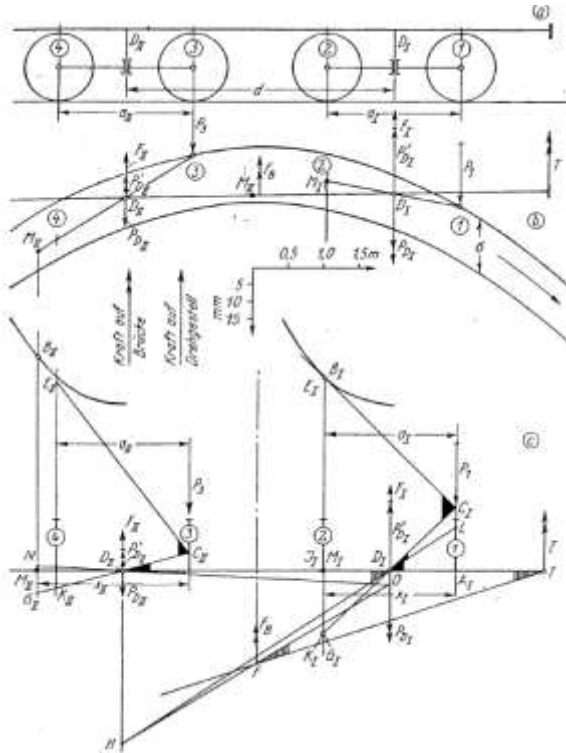


Heumannsches Minimumverfahren:

- Skelettdarstellung des Fahrzeugs
- Momentenlinie: $\frac{M}{2 \cdot \mu \cdot Q} = \sum_i q_i$
- Tangente an Momentenlinie
→ Größe der Richtkraft (Minimum)
- Stellungsbild im Spurkanal
→ genaue Position Reibungsmittelpunkt
- schnelle Bestimmung der Spurführungskräfte

$$\frac{R_1}{2 \cdot \mu \cdot Q} = \frac{\overline{CD}}{\overline{AD}} \quad \frac{R_2}{2 \cdot \mu \cdot Q} = \frac{\overline{BA}}{\overline{AD}}$$

Das *Heumanns*che Minimumverfahren zur Richtkraftbestimmung



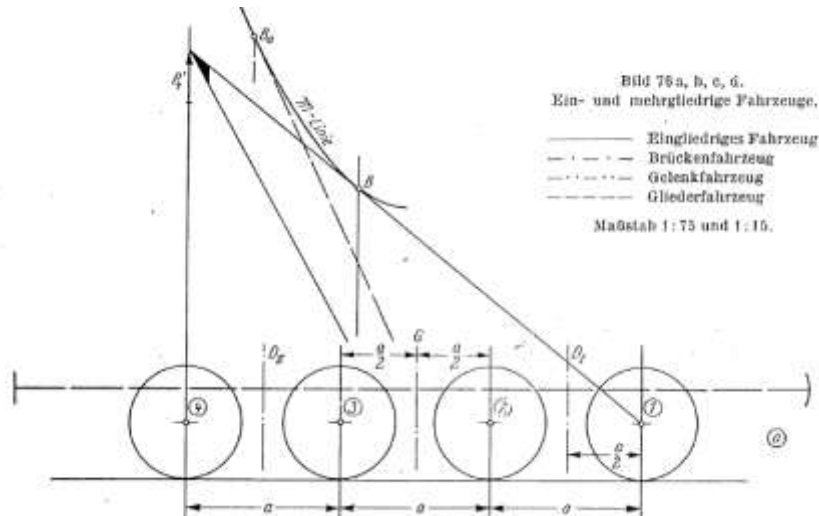
Vereinfachungen und Gültigkeitsgrenzen:

- alle Räder gleiche Radkräfte und Durchmesser
- zylindrisches Radprofil und Druckrollenführung
- starre Radsatzführungen in Gestellen
- konstante Reibkräfte und Schlupfkraftsättigung
- Reduzierung der Bogenfahrt auf Drehung um den Reibungsmittelpunkt → Schwenken

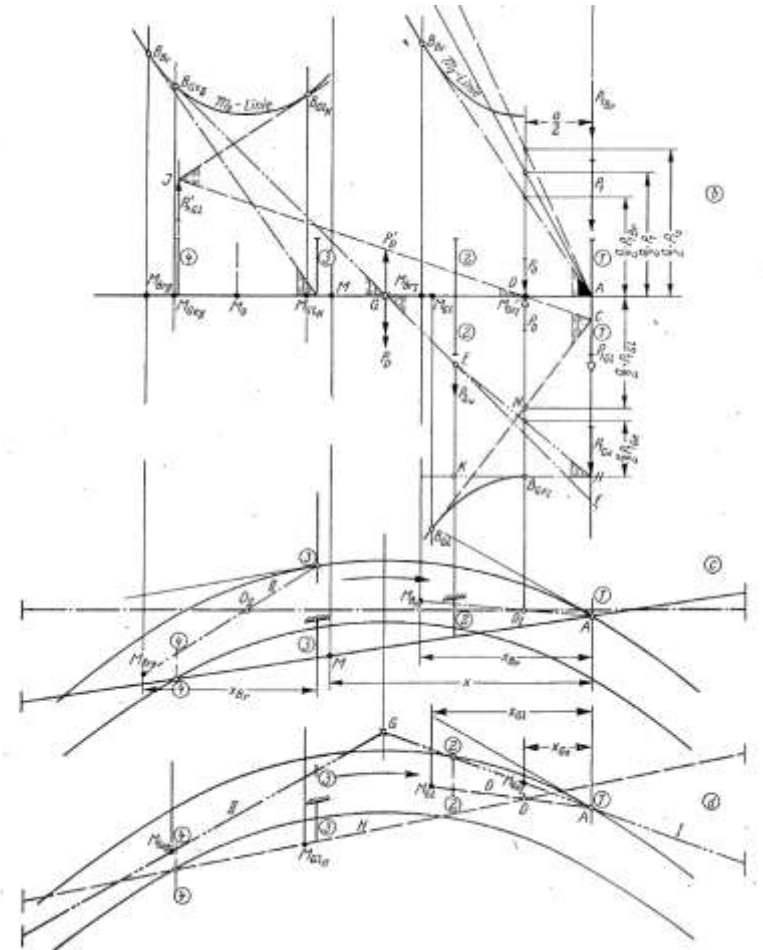
→ *damit besonders gut für starrachsige Fahrwerke und kleinere Gleisbögen geeignet*

(Quelle: Heumann, Grundzüge der Führung der Schienenfahrzeuge)

Beispiel für Behandlung verschiedener Fahrwerksvarianten



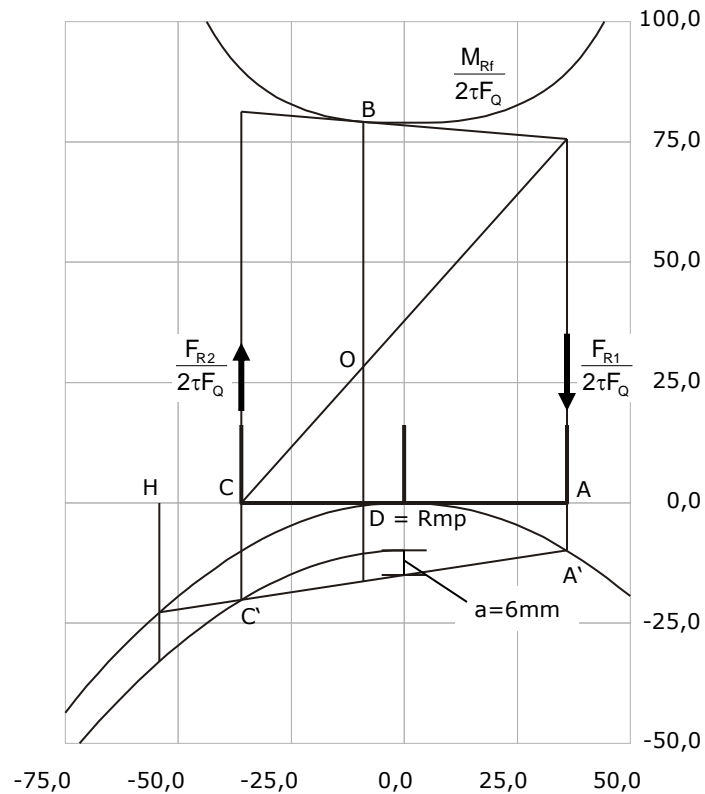
- Kombination von Minimumverfahren und Vogelplan besonders anschaulich
- mögliche Parametervariationen einfach darstellbar



1. **Die Person Hermann Heumann**
2. **Das wissenschaftliche Lebenswerk Prof. Heumanns**
3. **Das *Heumannsche* Minimumverfahren**
4. **Anwendungen in heutiger Zeit**
5. **Bestimmung der Sicherheit gegen Entgleisungen**

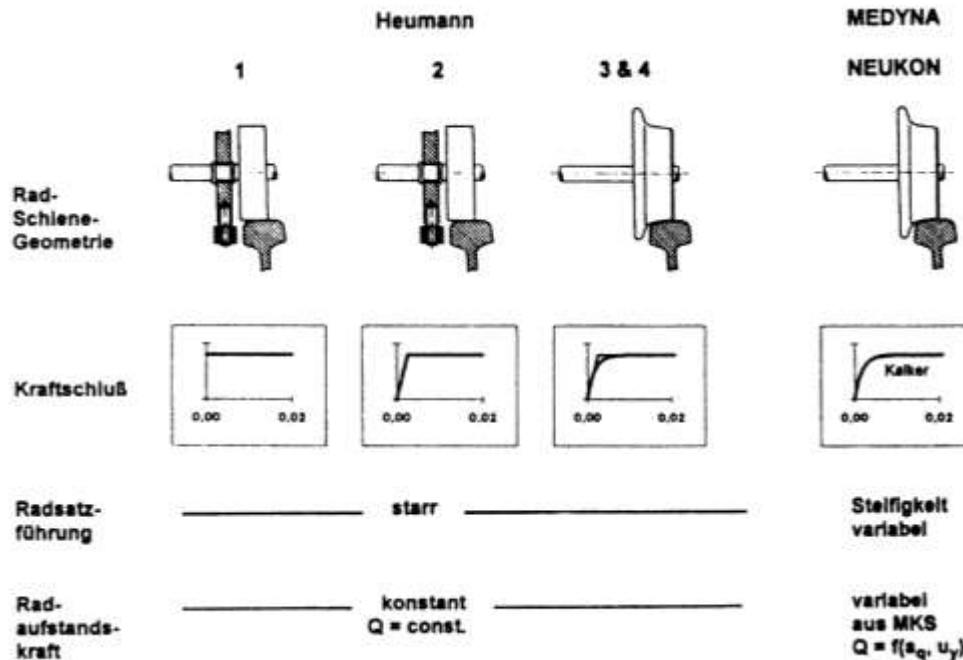
Richtkraftbestimmung nach *Heumann* (Beispiel Lokomotive 1K)

Minimumverfahren für Lokomotive 1K, 40-m-Gleisbogen, Spurspiel 10 mm



Das Projekt

Vergleich verschiedener quasistatischer Bogenlauftheorien



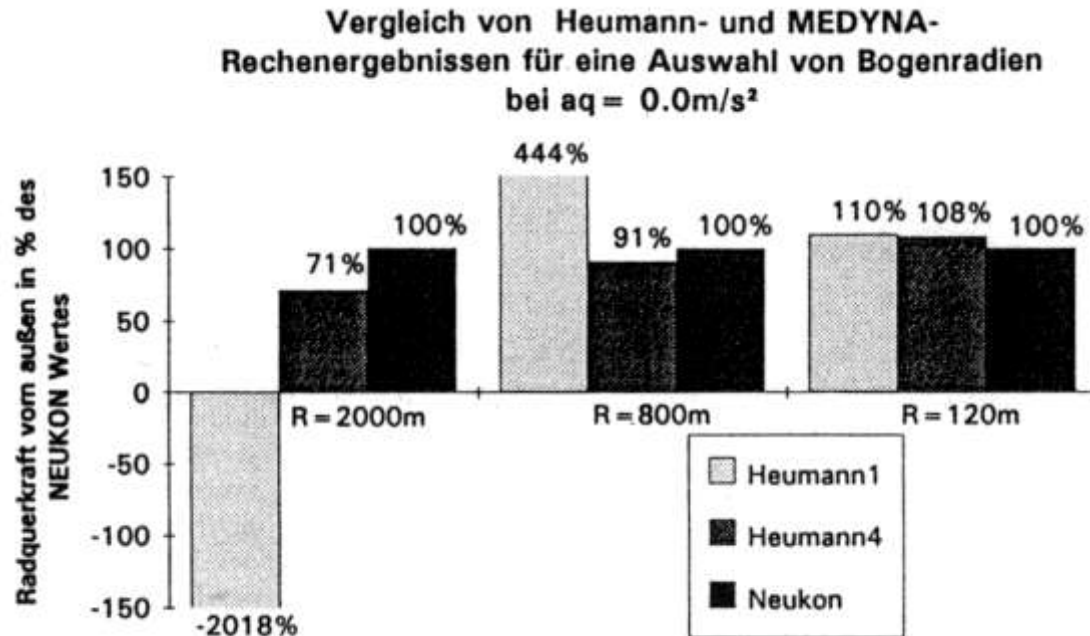
Modellvarianten

- 1: Heumann Original
- 2: ohne Schlupfkraftsättigung
- 3: zusätzliche Radkonizität
- 4: modifizierte Reibwert-Schlupf-Charakteristik

→ Vergleich mit Modul NEUKON aus numerischer Modellierung mit MEDYNA

(Quelle: Diss. Bußmann, Vergleich von Theorien zum quasistatischen Bogenlauf ...)

Vergleich verschiedener quasistatischer Bogenlauftheorien



Anpassung Reibwert notwendig

→ bei $R = 150 \text{ m}$: $\mu = 0,35$

→ bei $R = 500 \text{ m}$: $\mu = 0,25$

Vorschlag:

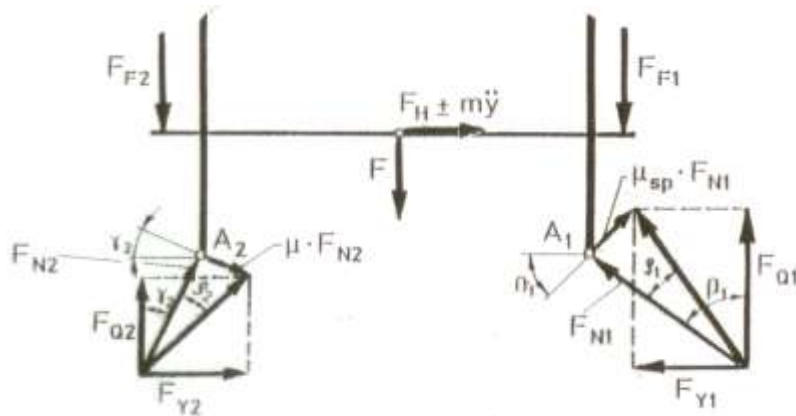
$$\mu = \frac{25}{R} + 0,20$$

(Quelle: Diss. Bußmann, Vergleich von Theorien zum quasistatischen Bogenlauf ...)

- 1. Die Person Hermann Heumann**
- 2. Das wissenschaftliche Lebenswerk Prof. Heumanns**
- 3. Das *Heumannsche* Minimumverfahren**
- 4. Anwendungen in heutiger Zeit**
- 5. Bestimmung der Sicherheit gegen Entgleisungen**

Sicherheit gegen Entgleisen nach Kriterium von *Nadal/Boedecker*

Kräfte am Radsatz



nichtanlaufendes
Rad

anlaufendes
Rad

$$\frac{F_{Y1}}{F_{Q1}} = \tan(\beta - \rho) \quad \tan(\beta - \rho) = \frac{\tan \beta - \tan \rho}{1 + \tan \beta \cdot \tan \rho}$$

$$\tan \rho = \mu$$

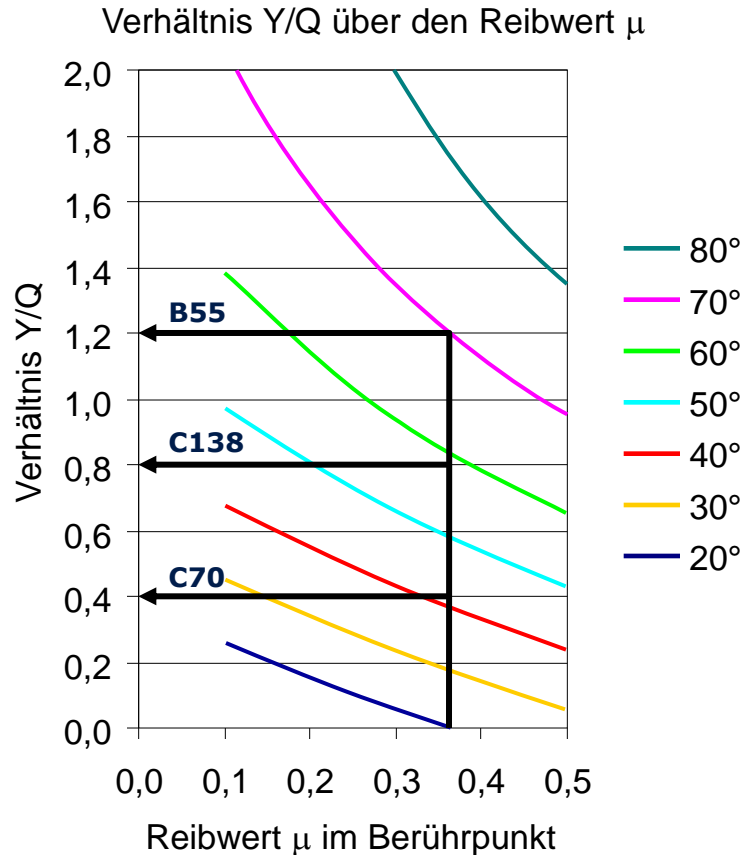
$$\frac{F_{Y1}}{F_{Q1}} = \frac{\tan \beta - \mu_{sp}}{1 + \mu_{sp} \cdot \tan \beta}$$

Entgleisungsgrenze:

$$F_Y/F_Q = 1,2 \quad \text{für } \beta = 70^\circ \text{ und } \mu = 0,36$$

$$F_Y/F_Q = 0,85 \quad \text{für } \beta = 60^\circ \text{ und } \mu = 0,36$$

Sicherheit gegen Entgleisen in unterschiedlichen Bereichen



Grenzwert nach ERRI-Ausschuss:

B55: $Y/Q = 1,2$ $\beta = 70^\circ$

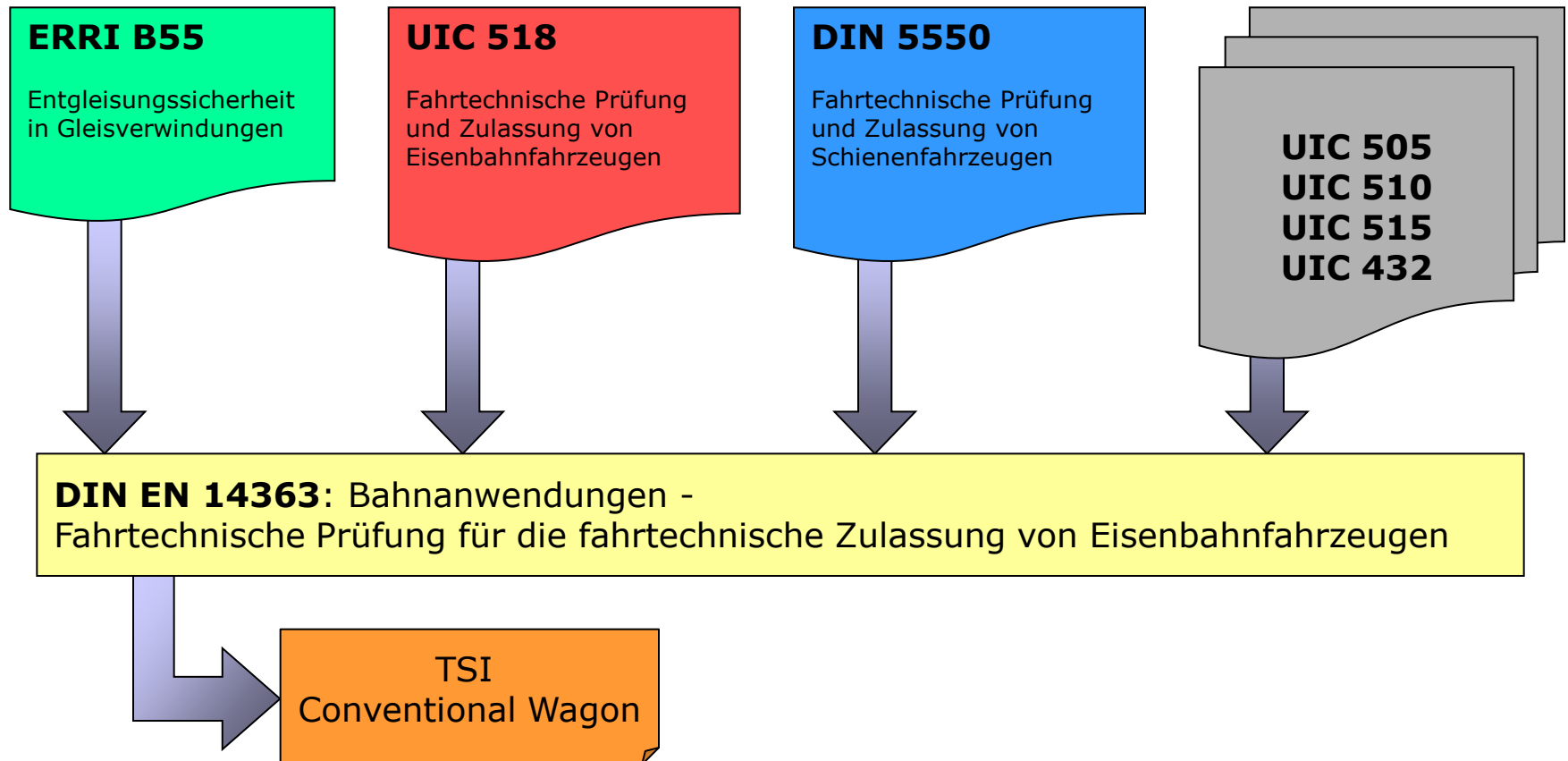
C138: $Y/Q = 0,8$ $\beta = 60^\circ$

C70: $Y/Q = 0,4$ $\beta = 40^\circ$

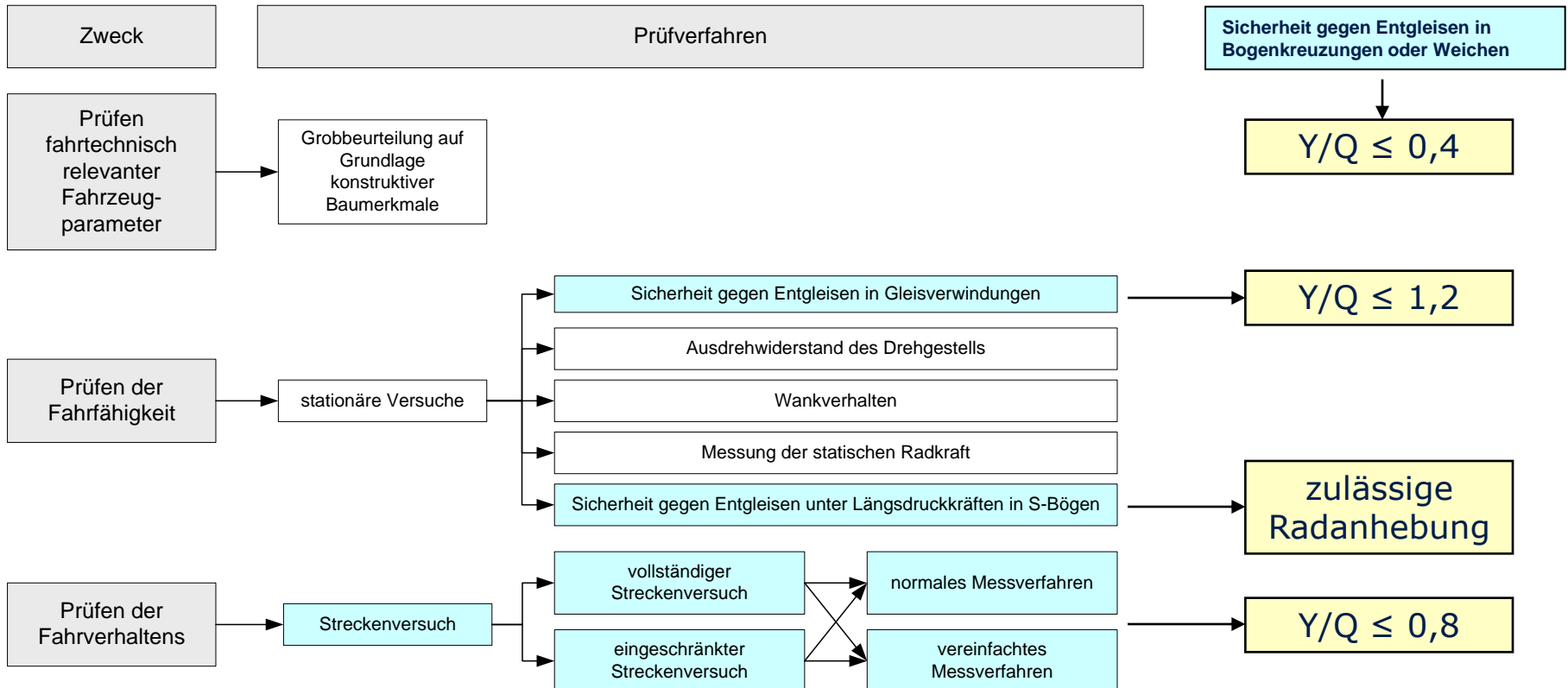
für Sicherheit gegen Entgleisen in

- Gleisverwindungen (Ü.-bogen)
- Vollbögen
- Weichen (Bereich Zunge)

Stand der Normung zur Sicherheit gegen Entgleisen



Gliederung der Prüfverfahren nach EN 14363



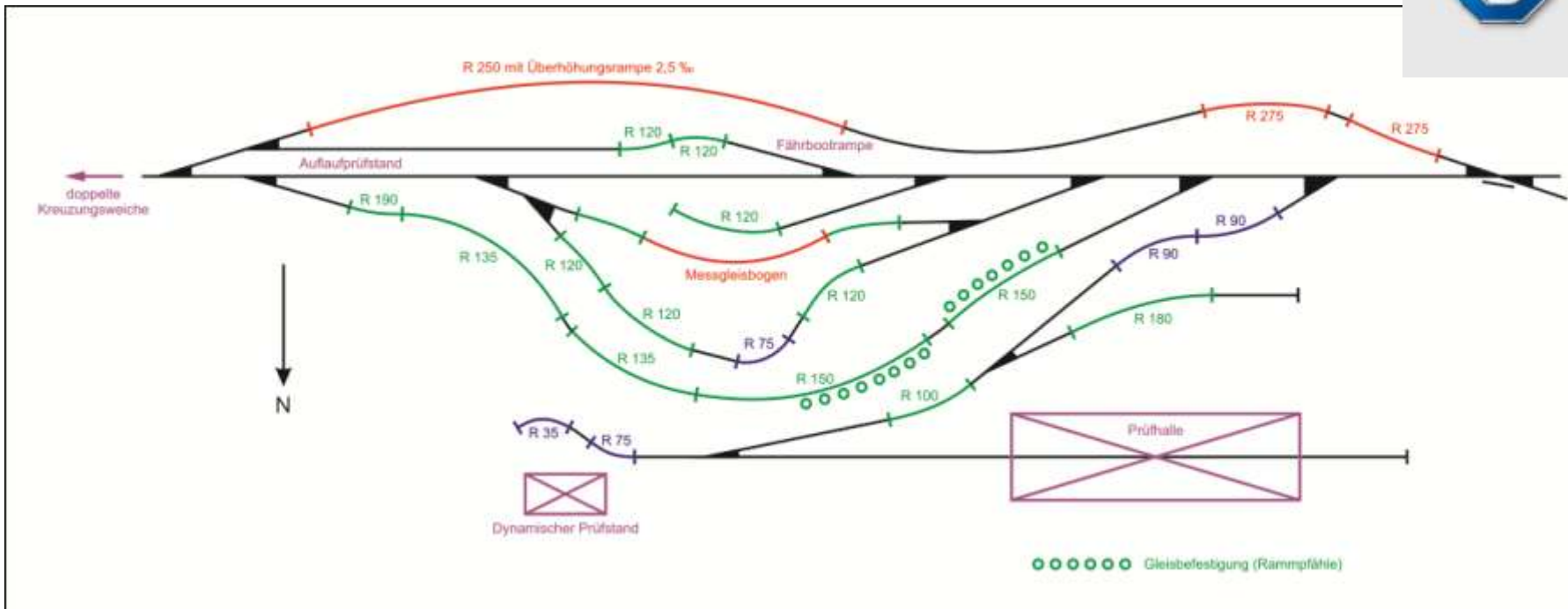
Begünstigung Entgleisung durch aktuelle Entwicklungstrends:

- größerer Niederfluranteil
 ➤ **kleine Räder**
- Leichtbaubestrebungen zur Erzielung größerer Zuladungen
 ➤ **sehr geringe Achslasten** des **leeren** Fahrzeuges
- steifer Wagenkastenaufbau
 ➤ **hohe Verwindungssteifigkeit**
- **mehrstufige Tragfedersysteme** und Reibungsdämpfer mit Hysterese
- steife Radsatzanlenkungen
 ➤ **hohe Radführungskräfte**

→ Beispiele: Containertragwagen, RoLa-Wagen, GW mit Y 25

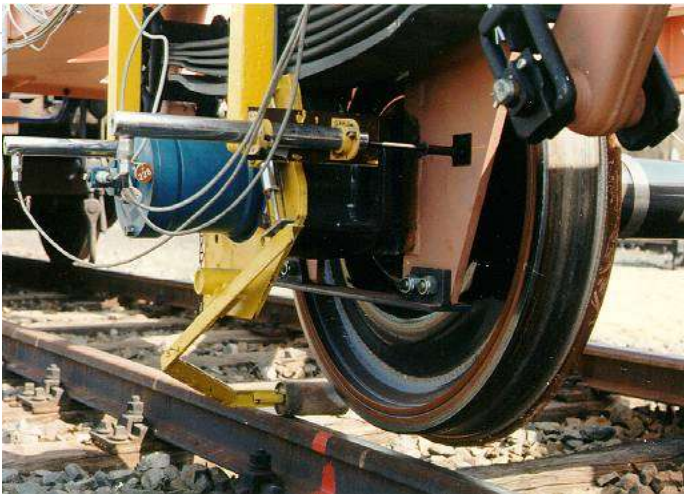
Prüfungen der Sicherheit gegen Entgleisen

z.B. in Prüfstelle TÜV Rail Süd in Görlitz



Prüfungen der Sicherheit gegen Entgleisen

z.B. in Prüfstelle TÜV Rail Süd in Görlitz



Radabhebung bei Prüfung der ertragbaren Längsdruckkräfte



Bogenkreuzung mit doppeltem Herzstück (450 m Bogen, kleinster Tangens 1/9)

Beachtung von Radsatzlagerquerkräften und Anschneidwinkeln nach UIC 510-2

Einhaltende Bedingungen nach UIC 510-2

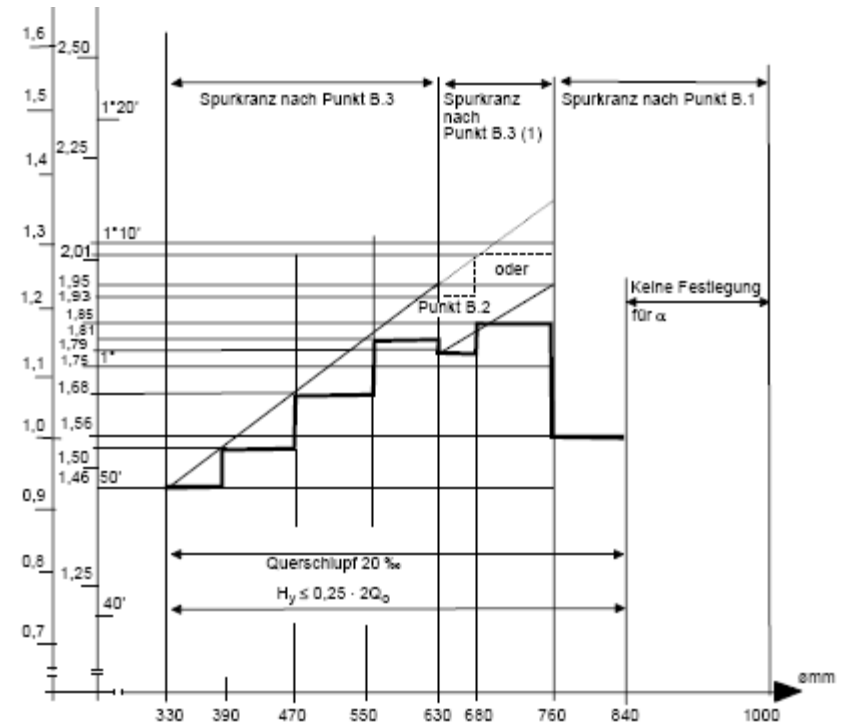
$$H_y \leq 0,25 \times 2Q_0$$

für Räder \varnothing 840 ... 330 mm

Anschneidewinkel α

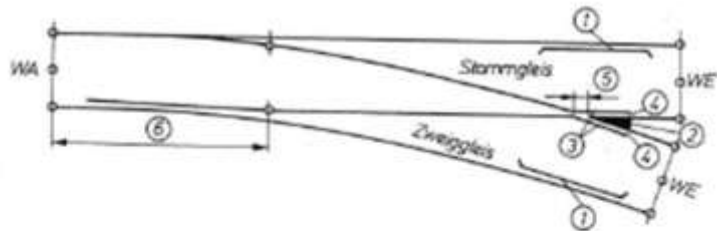
Raddurchmesserbereich (mm)	zulässige Radsatzfahrmasse (t) bei max. Geschwindigkeit (km/h) der Wagen ^a		
	120		140
	Normale Werte	Außergewöhnliche Werte	
1 000 bis 920	20 ^b		
920 bis 840	20 ^b		
840 bis 760	18		
760 bis 680	16		
680 bis 630	14		
630 bis 550	12	14	
550 bis 470	10	12	
470 bis 390	7,5	9,5	
390 bis 330	5	7,5	

In Praxis meist Anlaufspuren bewertet!

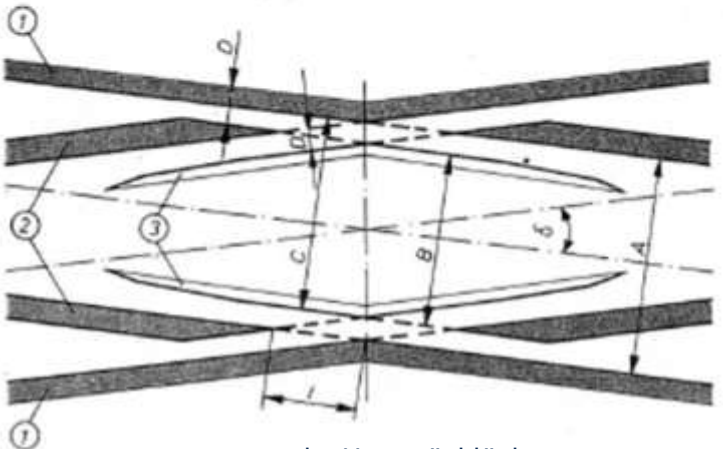


Spurführungstechn. Besonderheiten in Weichen und Kreuzungen

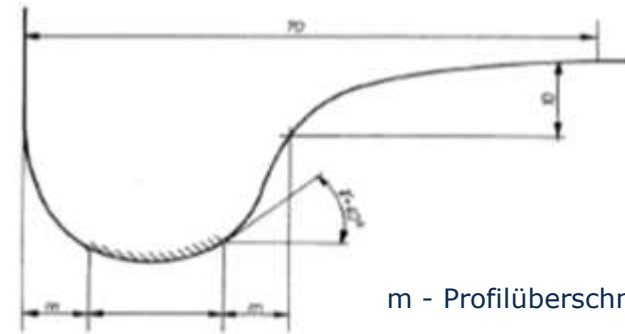
1 Radlenker; 2 Herzstückspitze; 3 Flügelschiene; 4 Spurrille; 5 Herzstück-
lücke; 6 Zungenvorrichtung



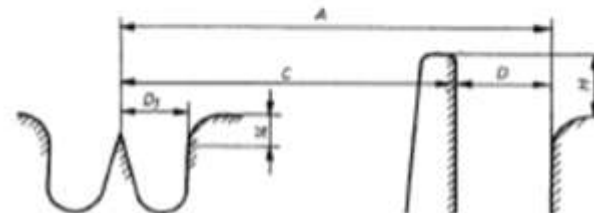
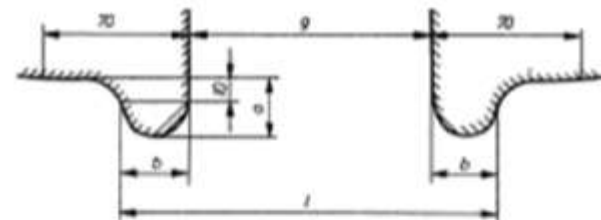
1 Knieschiene; 2 Herzstückspitze mit Schiene; 3 Radlenker



I - Herzstücklücke



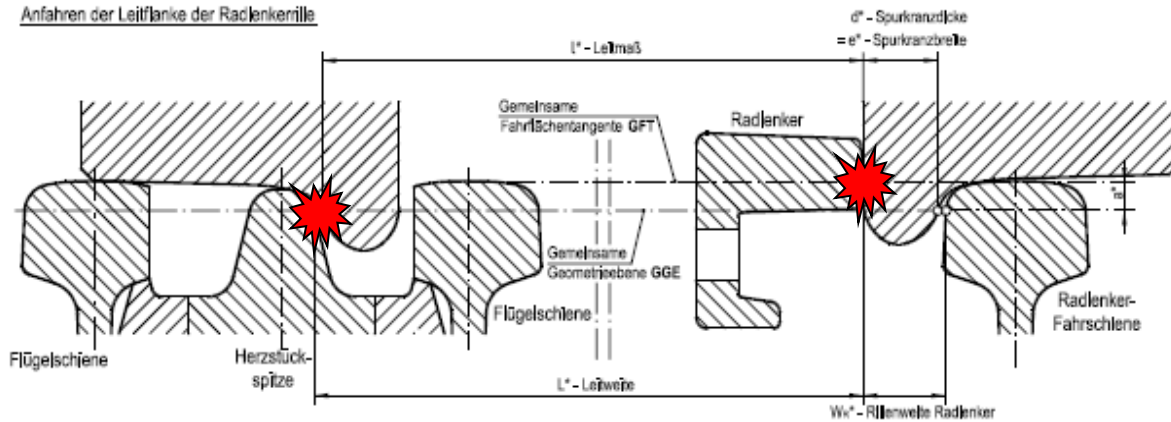
m - Profilüberschneidung



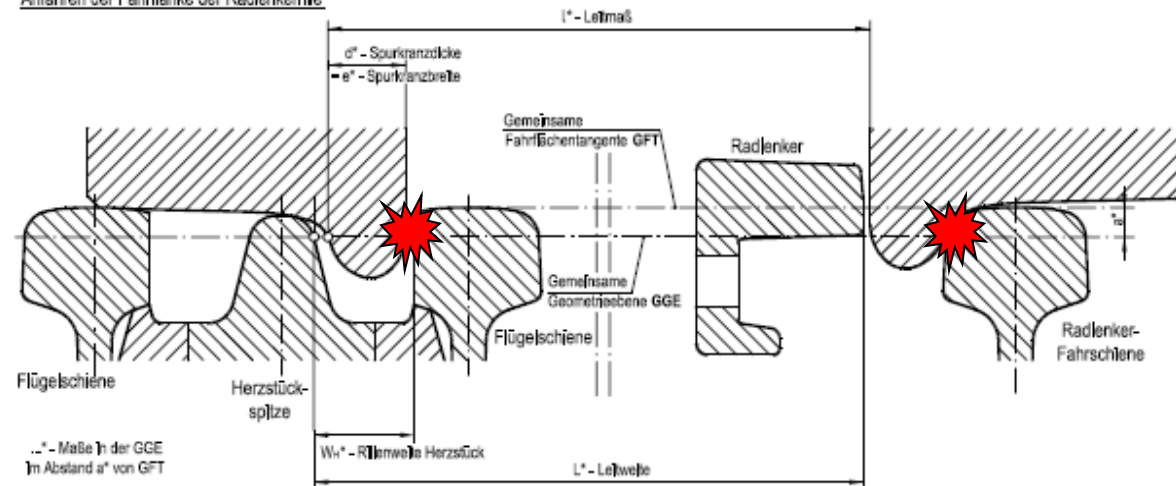
(Quelle: Autorenkollektiv, Laufsicherheit der Eisenbahnwagen)

Quermaßnachweis nach SpR der BOStrab

Anfahren der Leitflanke der Radlenkerle



Anfahren der Fahrflanke der Radlenkerle

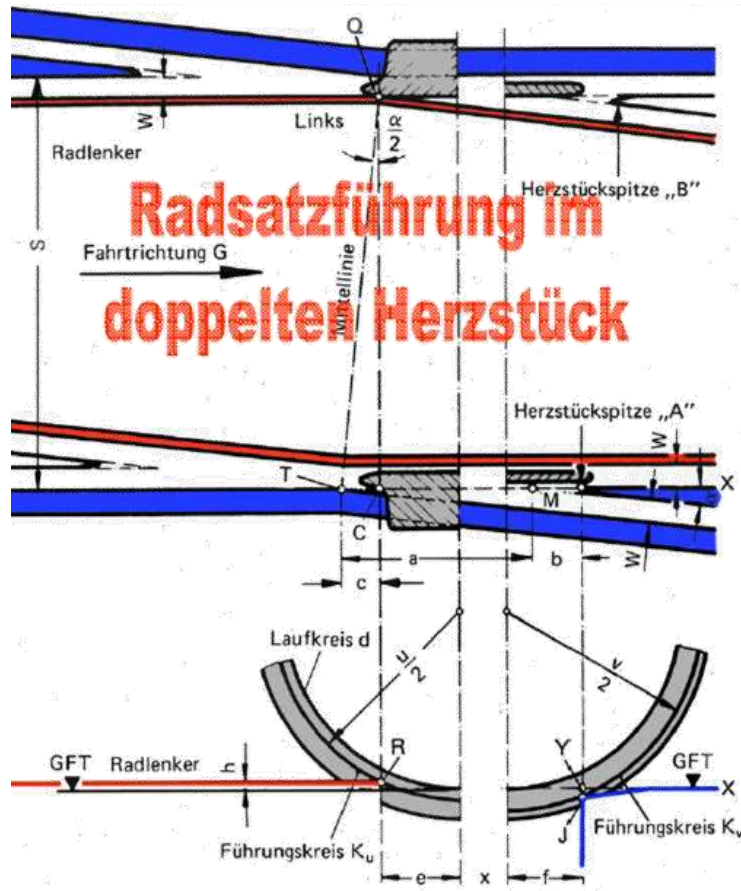


Beurteilung der Anlaufspuren

Quelle: TÜV Rail Süd



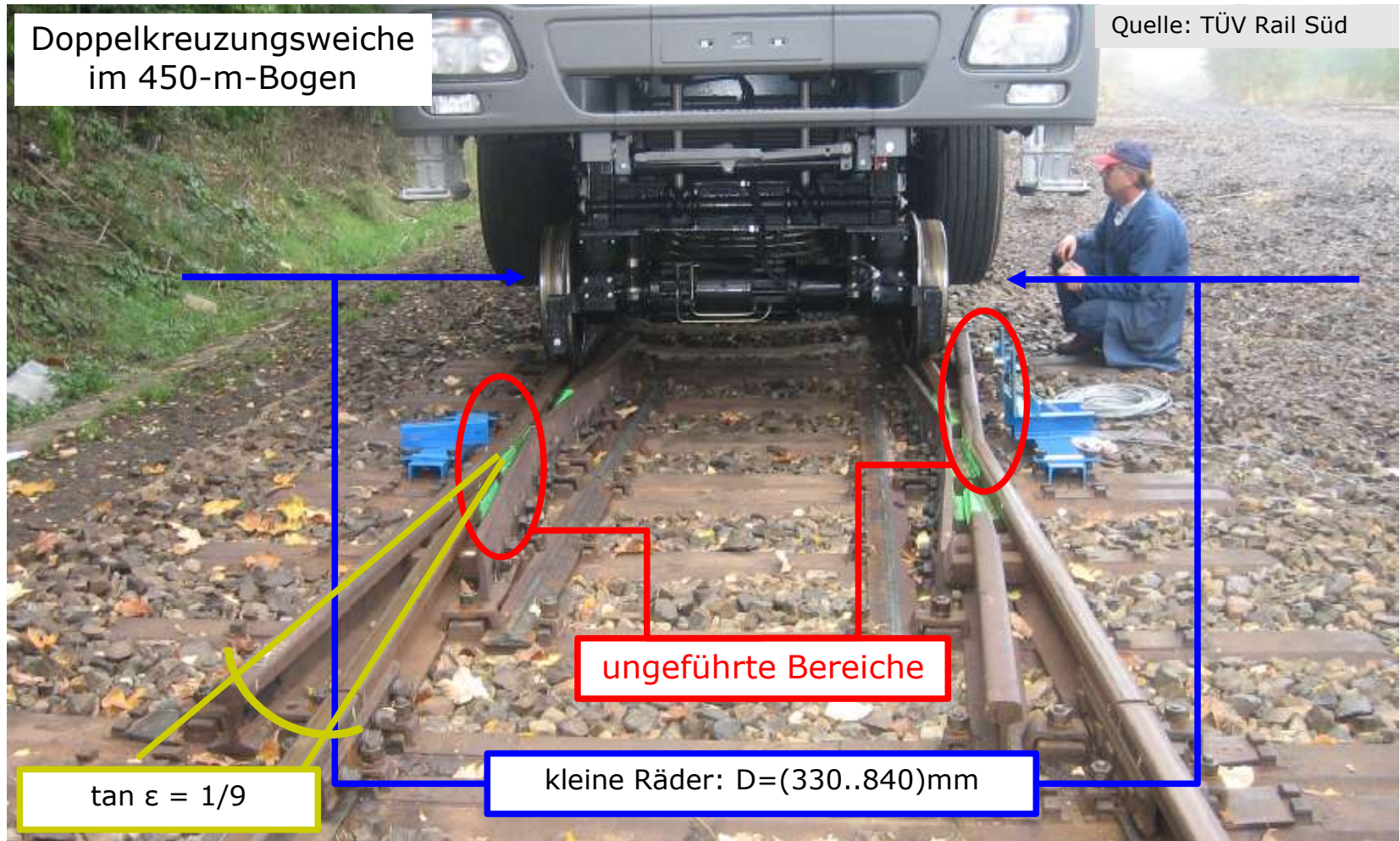
Probleme im doppelten Herzstückbereich mit kleinen Rädern



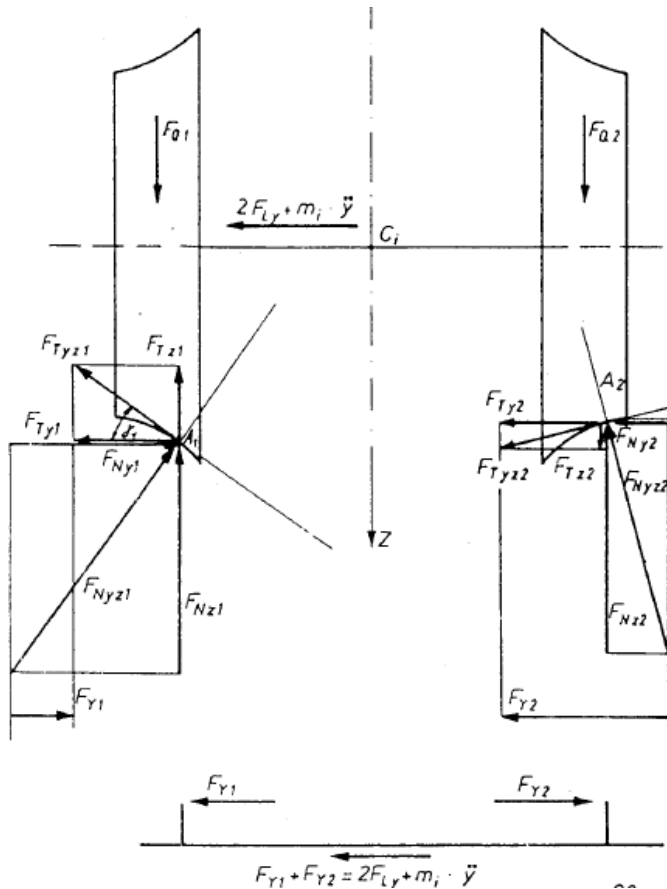
Entgleisungsgefahr umso größer,

- je länger die Herzstücklücke,
- je kleiner die Kreuzungsneigung,
- je kleiner der Laufkreisdurchmesser,
- je kleiner die Spurkranzhöhen,
- je niedriger die Überhöhung der Radlenker,
- je größer der Anlaufwinkel α ,
- je größer der Quergleitweg im Bereich ohne Führung,
- je kleiner der Bogenhalbmesser der Kreuzung.

Versuche zur Ermittlung der Entgleisungssicherheit



Entwicklung von einfachen Mess- und Prüfmöglichkeiten



Messradsätze (Quelle VUKV)



Messung an Schiene mit DMS (Quelle TUD)

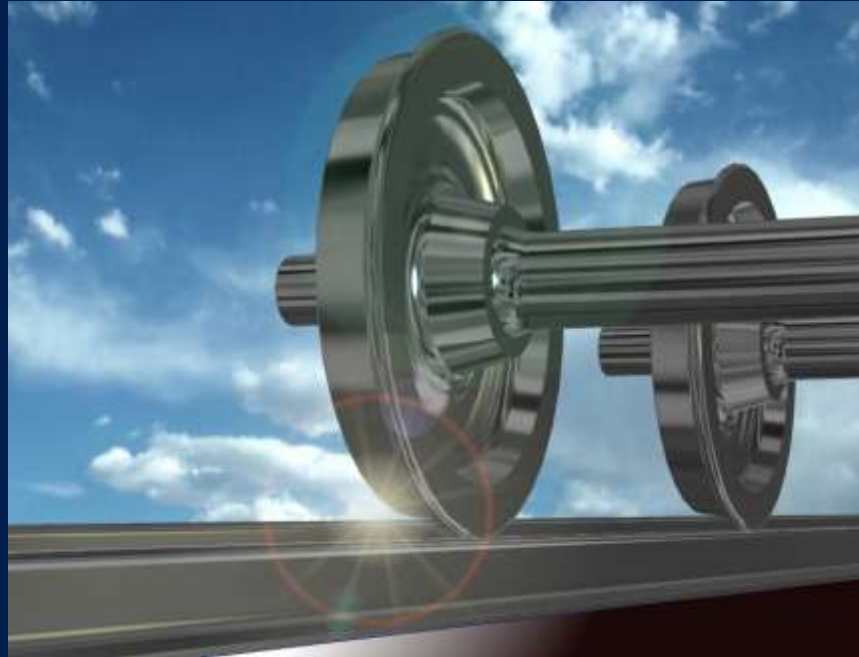
Zusammenfassung zur Entgleisungssicherheit

- *Heumann* hat grundlegende Erkenntnisse zur Spurführungstheorie niedergeschrieben und ein einheitliches Wissensgebäude geschaffen.
- Das *Heumannsche* Minimumverfahren kann unter bestimmten Voraussetzungen auch heute noch verwendet werden, da es unübertroffen anschaulich ist.
- Sicherheit gegen Entgleisen wird v.a. vom Verhältnis Führungskraft zu Radkraft bestimmt und meist messtechnisch bestimmt.
- Neben Problemen bei der messtechnischen Erfassung von Parametern gibt es vor allen Schwierigkeiten bei Realisierung konstanter Reibverhältnisse.

Zusammenfassung zur Entgleisungssicherheit

- Die vom Betreiber gewünschten leichten Fahrzeuge mit kleinen Rädern können in bestimmten Gleiskonstruktionen zu Entgleisungsproblemen führen.
- Nur die gemeinsame Betrachtung von **Rad und Schiene** wird auch in Zukunft die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems Bahn garantieren – ganz in Sinne des niemals zu vergessenden Eisenbahnpioniers

Hermann Heumann.



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Prof. Dr.-Ing. Günter Löffler