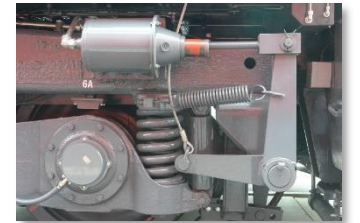
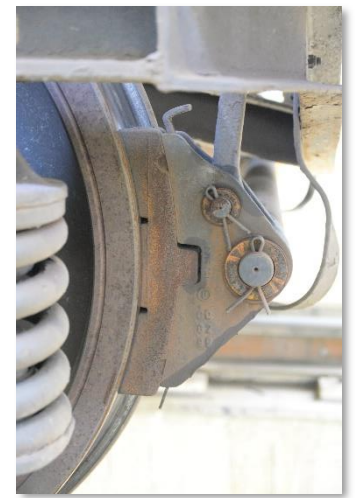


Vorlesungsinhalte

- Einführung
- Grundlagen der Schienenfahrzeugbremstechnik
- Einteilung und Klassifizierung von Eisenbahnbremsen
- Fahrdynamik der Bremsung
- **Bremsmechanik (Klotzbremsen)**
- Bremsauslegung
- Bremspneumatik
- Bremsanschriften und Bremsbewertung
- Anforderungen und Vorschriftenwerke
- Praktikum Bremsdemonstrationsstand



Übung - Bremsmechanik eines zweiachsigen Güterwagens



siehe Umdrucksammlung

Güterwagen mit 2 Radsätzen

Leermasse: 12 t
max. Radsatzfahrmasse: 20 t

1. Abbremsung bei $v = 10 \text{ km/h}$?
2. Summe Klotzkräfte leerer Wagen?
3. Geschwindigkeitsabhängigkeit der Kraftschlussausnutzung?
4. Abbremsung als Funktion der Wagenmasse?
5. Anpassung Abbremsung an Wagenmasse?
6. Maximale Klotzkraft für konstante Abbremsung?
7. Flächenpressung der Sohlen?

Übung zur Bremsmechanik

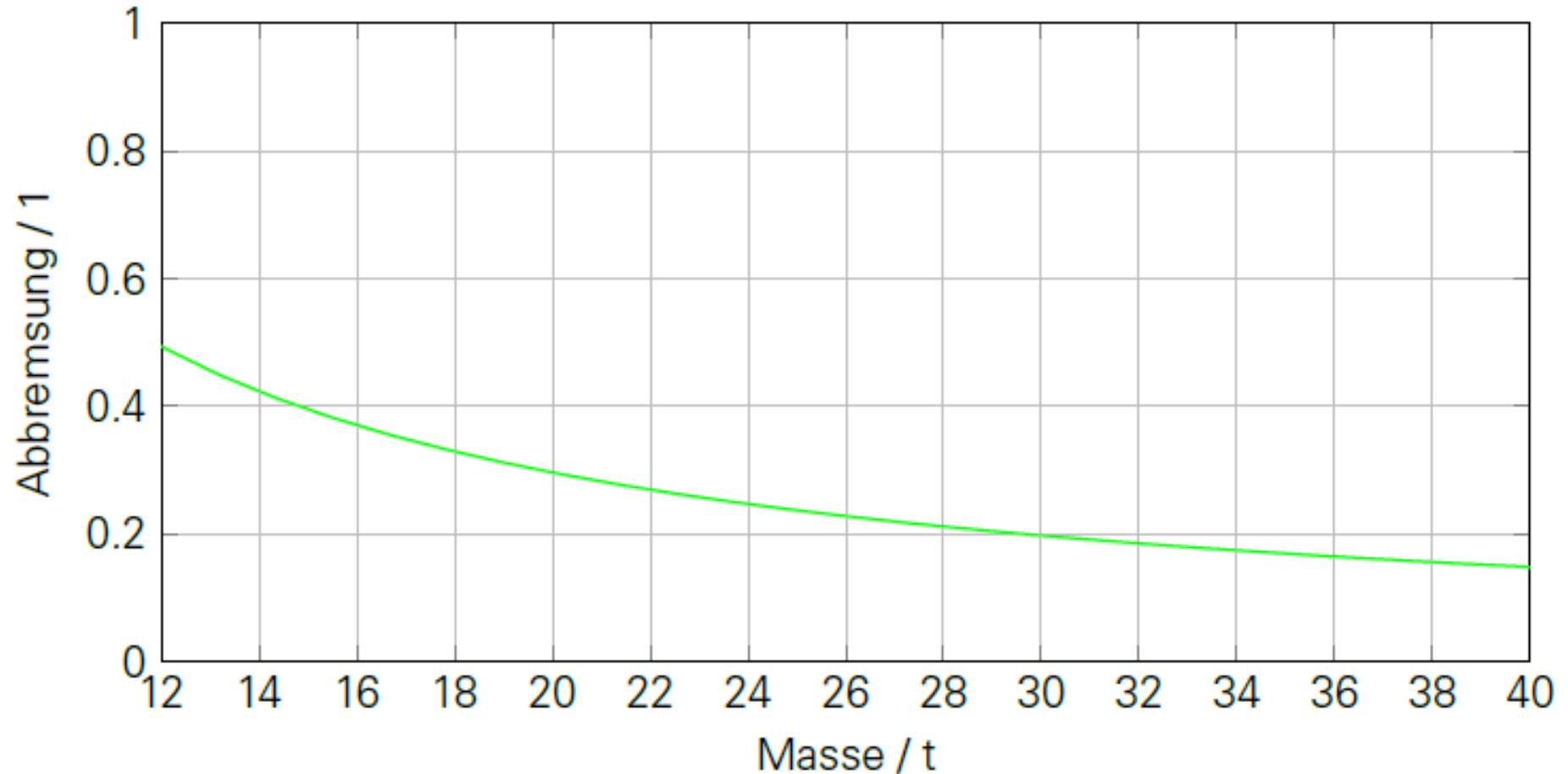
Abbremsung als $f(m)$ bei konstanter Klotzkraft

Abbremsung
bei 10 km/h:

$$\kappa_{10} = 0,49$$

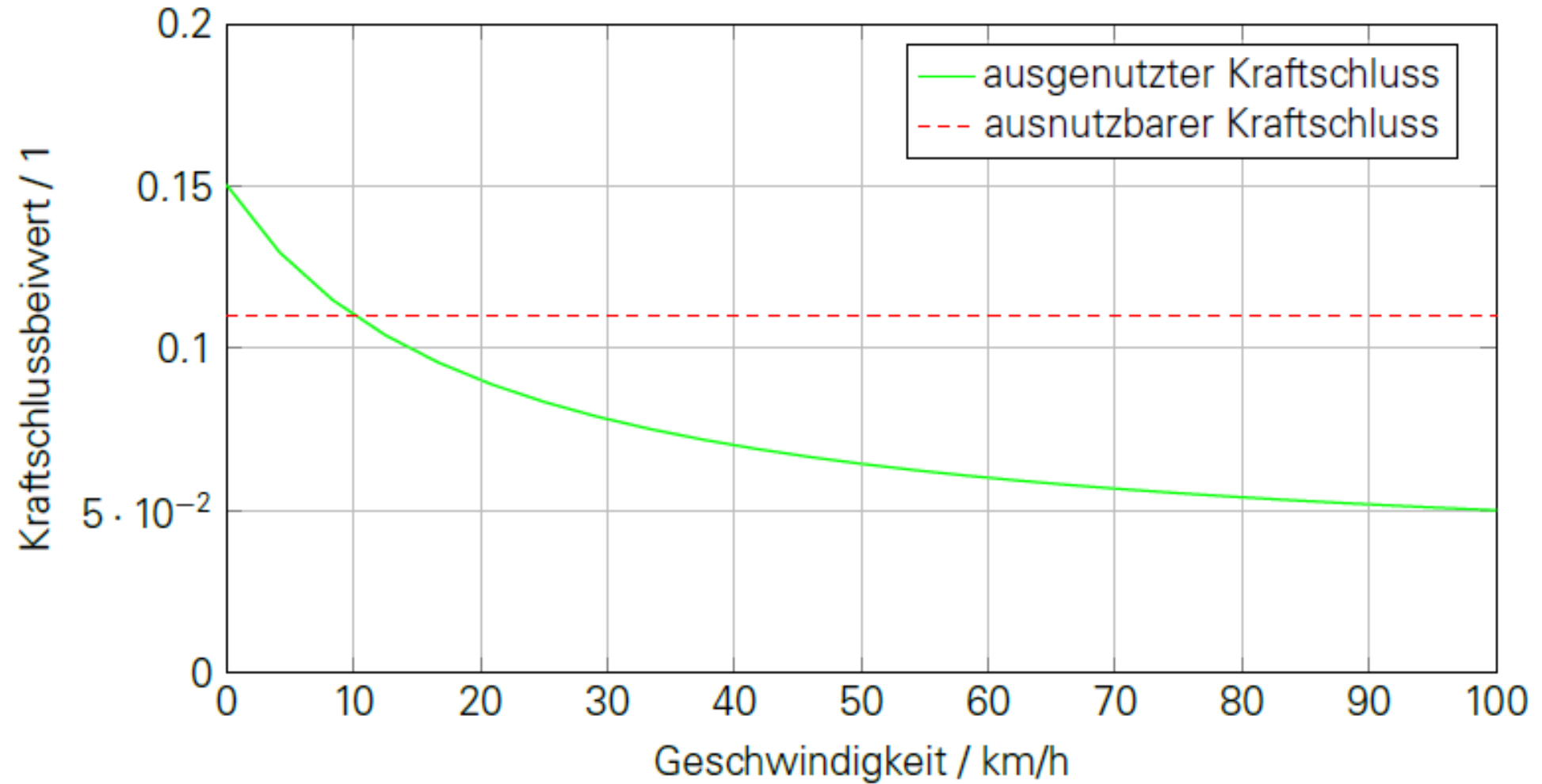
Klotzkraftniveau
des leeren Wagens:

$$\Sigma F_K = 58,1 \text{ kN}$$



Übung zur Bremsmechanik

Kraftschlussausnutzung bei konstanter Klotzkraft



Übung zur Bremsmechanik

Abbremsung als $f(m)$ bei zweistufiger Klotzkraft

konstante Abbremsung
von 12 bis 40 t:

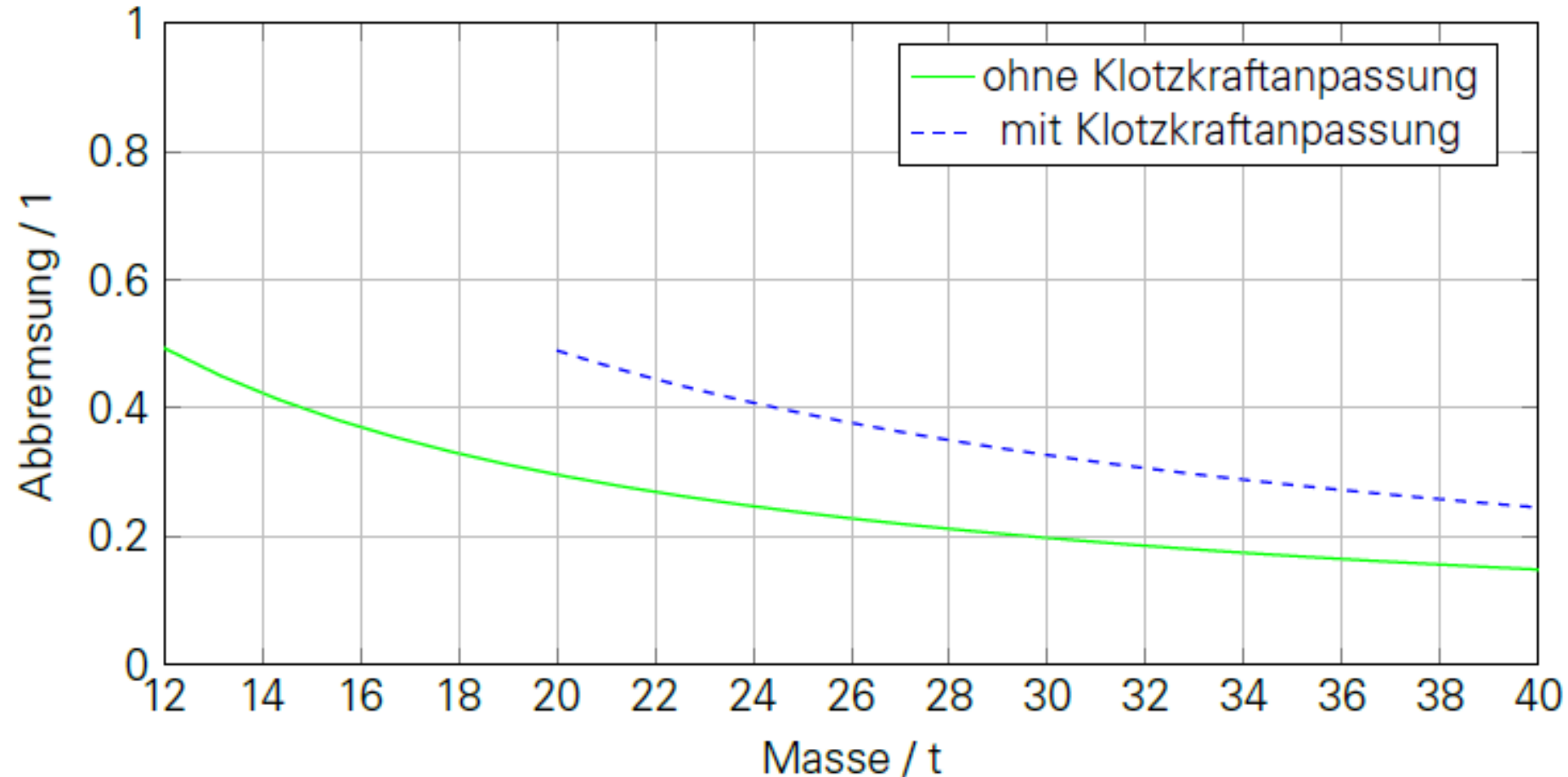
$$K_{10t} = K_{40t} = 0,49$$

max. Klotzkraftniveau
des beladenen Wagens:

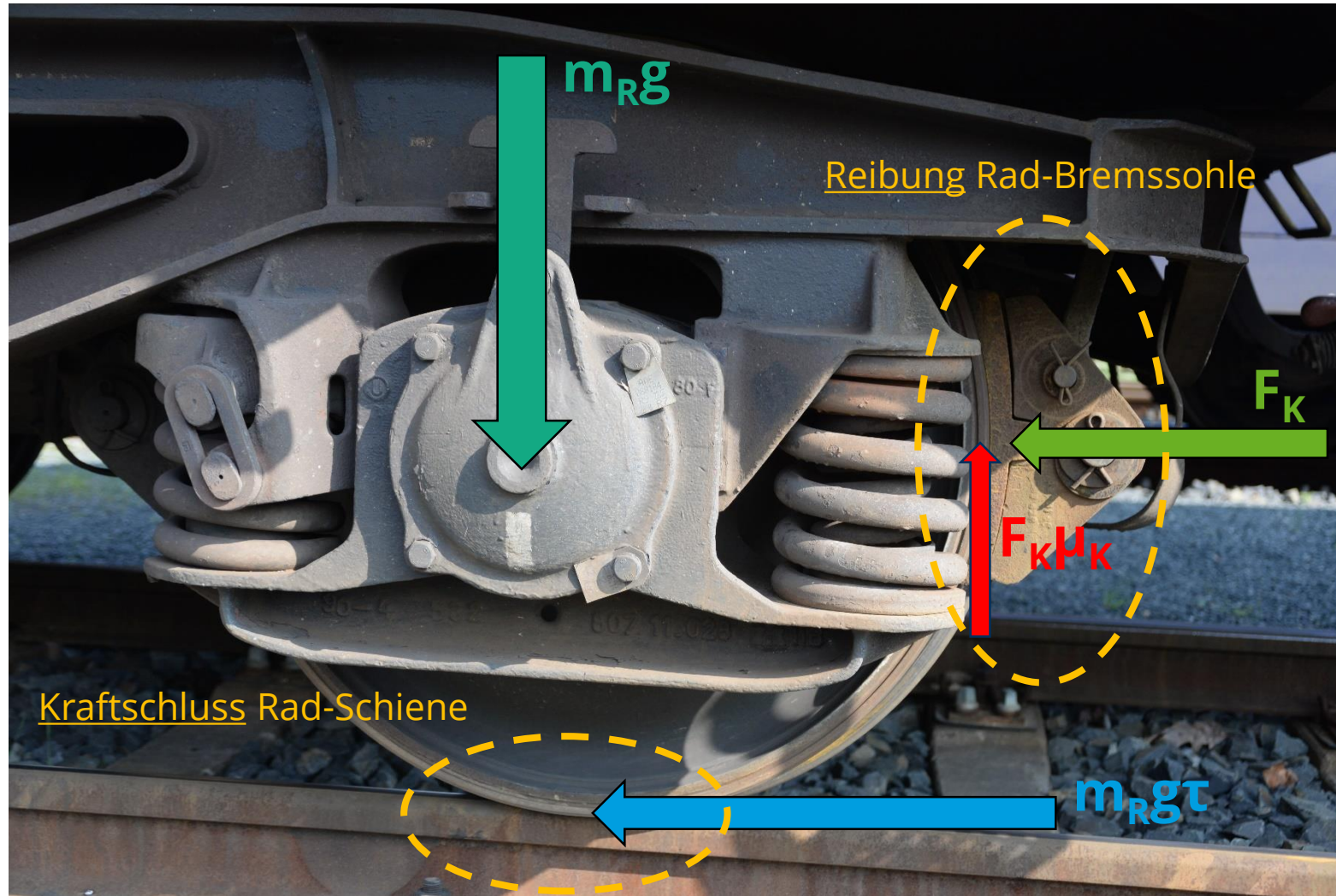
$$\Sigma F_K = 192,3 \text{ kN}$$

Flächenpressung der
Bremssohlen:

$$p_K = 0,94 \text{ N/mm}^2$$



Kraftschluss und Reibung bei Klotzbremsen



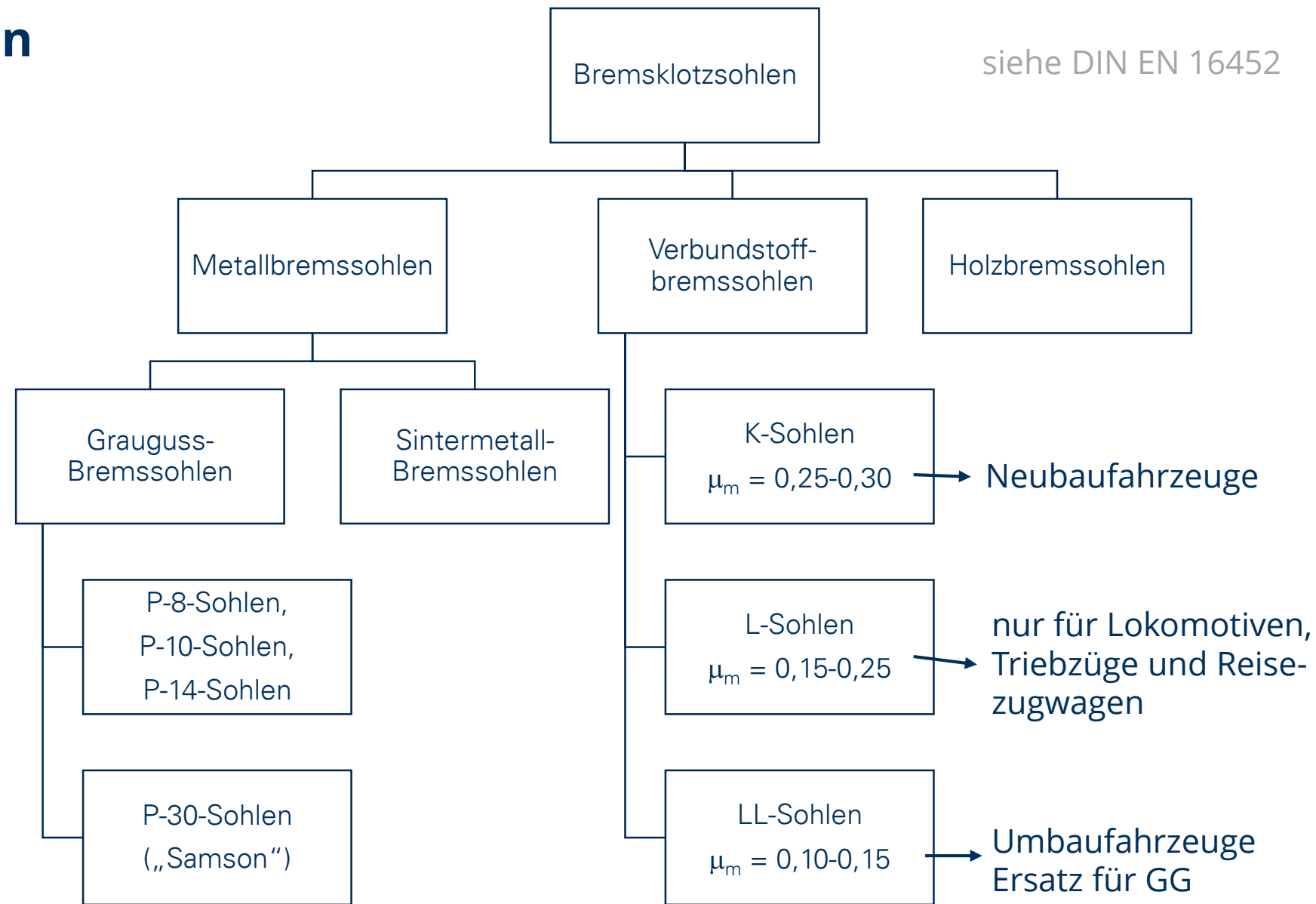


Bremsklötze und Bremssohlen



Bremssohlen-Qualitäten

siehe DIN EN 16452



Grauguss- vs. Verbundstoffsohlen

mit **Verbundstoff**-Sohlen gebremstes Rad



abrasives Verhalten

mit **Grauguss**-Sohlen gebremstes Rad



auftragendes Verhalten / Polygonisierung

Grauguss- vs. Verbundstoffsohlen

mit Verbundstoff-Sohlen gebremstes Rad

mit Grauguss-Sohlen gebremstes Rad

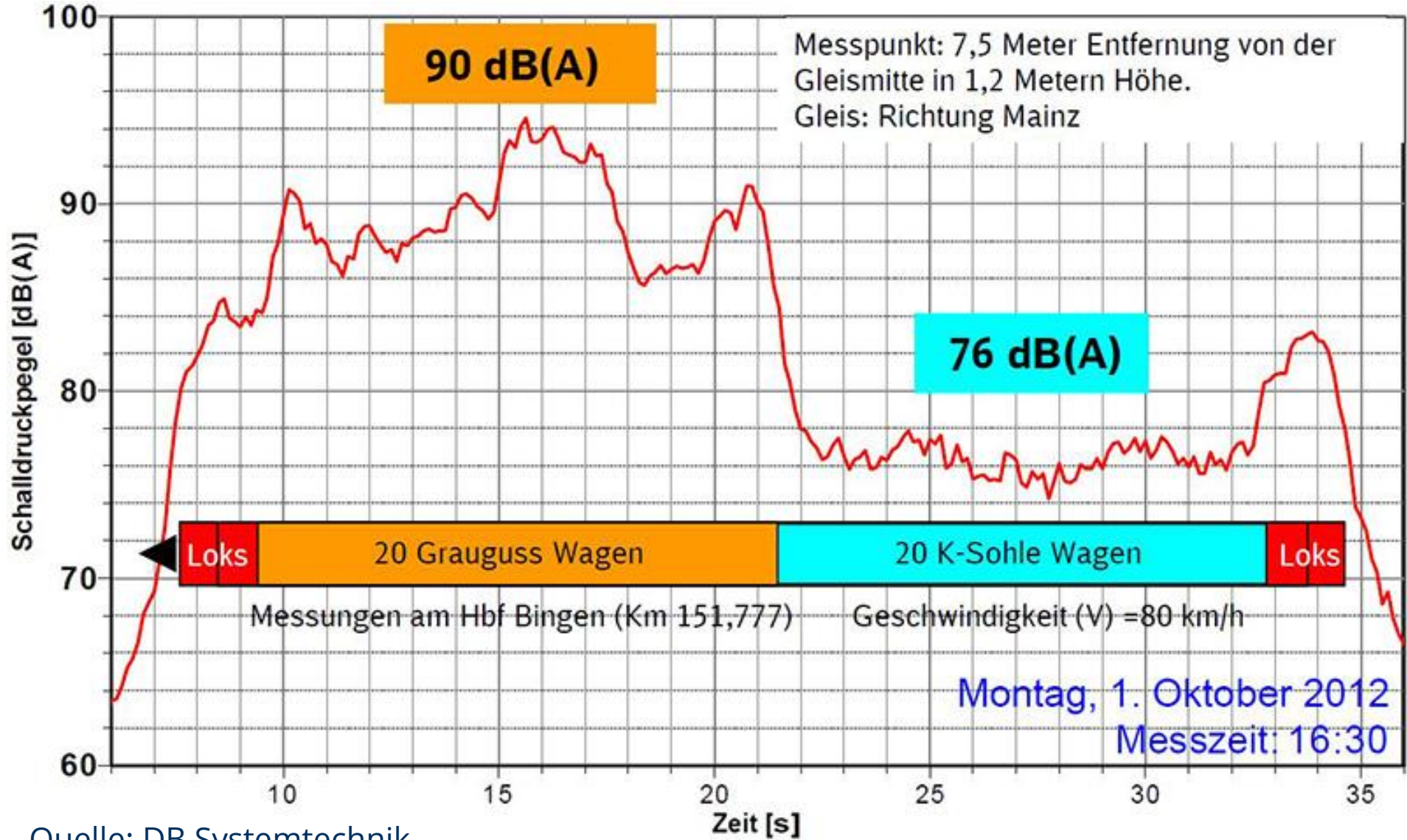


abrasives Verhalten

auftragendes Verhalten

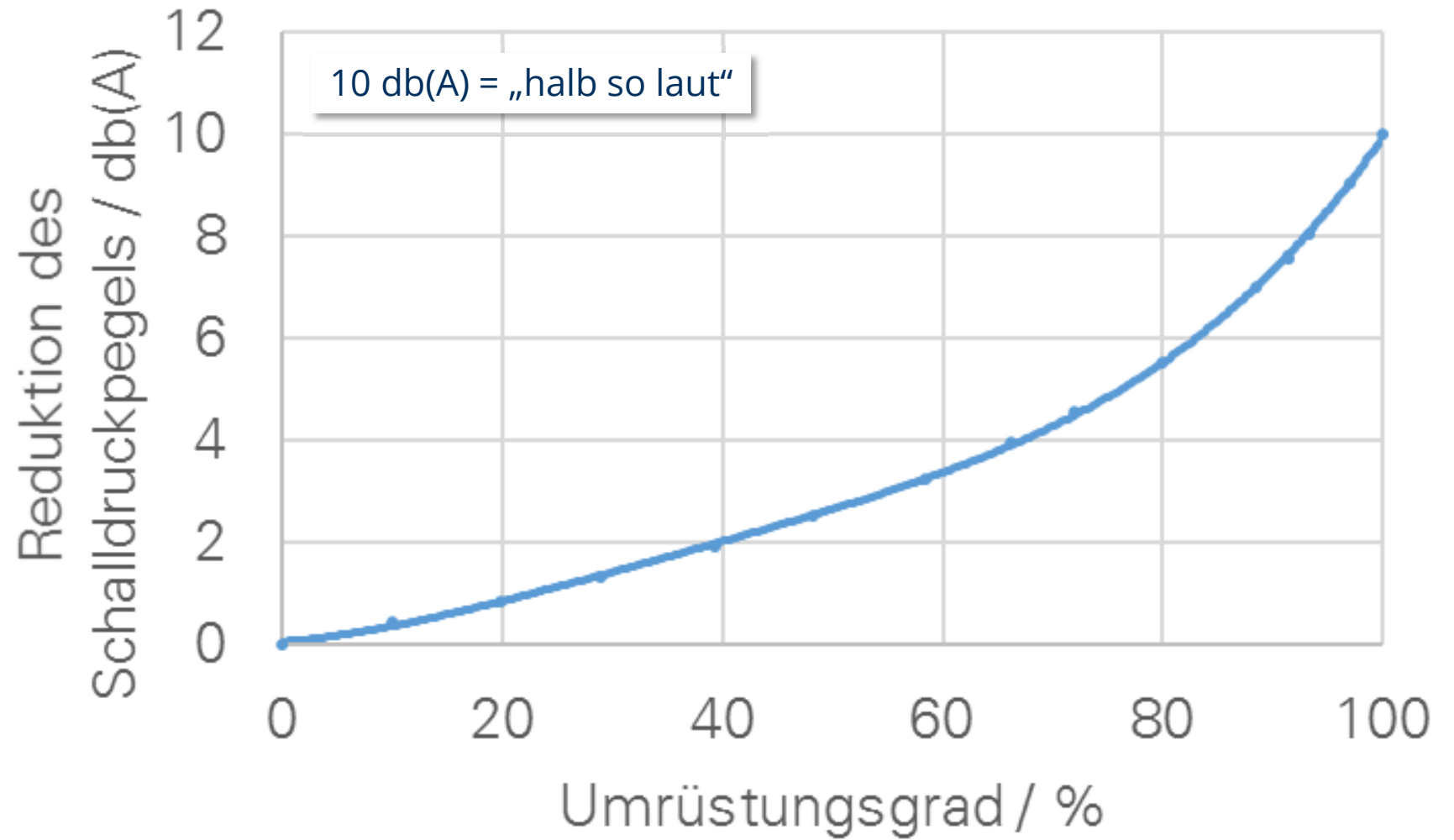
Quelle: DB AG

Lärmemission von Klotzbremsen



Quelle: DB Systemtechnik

Lärmemission von Klotzbremsen



Quelle: DB Systemtechnik

Grauguss- vs. Verbundstoff-Sohlen

Grauguss-Sohlen



- Grauguss mit unterschiedlichem Phosphorgehalt (0,8...3 %)
- bewährte Technik,
- empirisch hinreichend untersuchtes Verhalten
- freie Tauschbarkeit
- höherer Sohlenverschleiß bei geringerem Radverschleiß
- gute thermische Leitfähigkeit

Verbundstoff-Sohlen



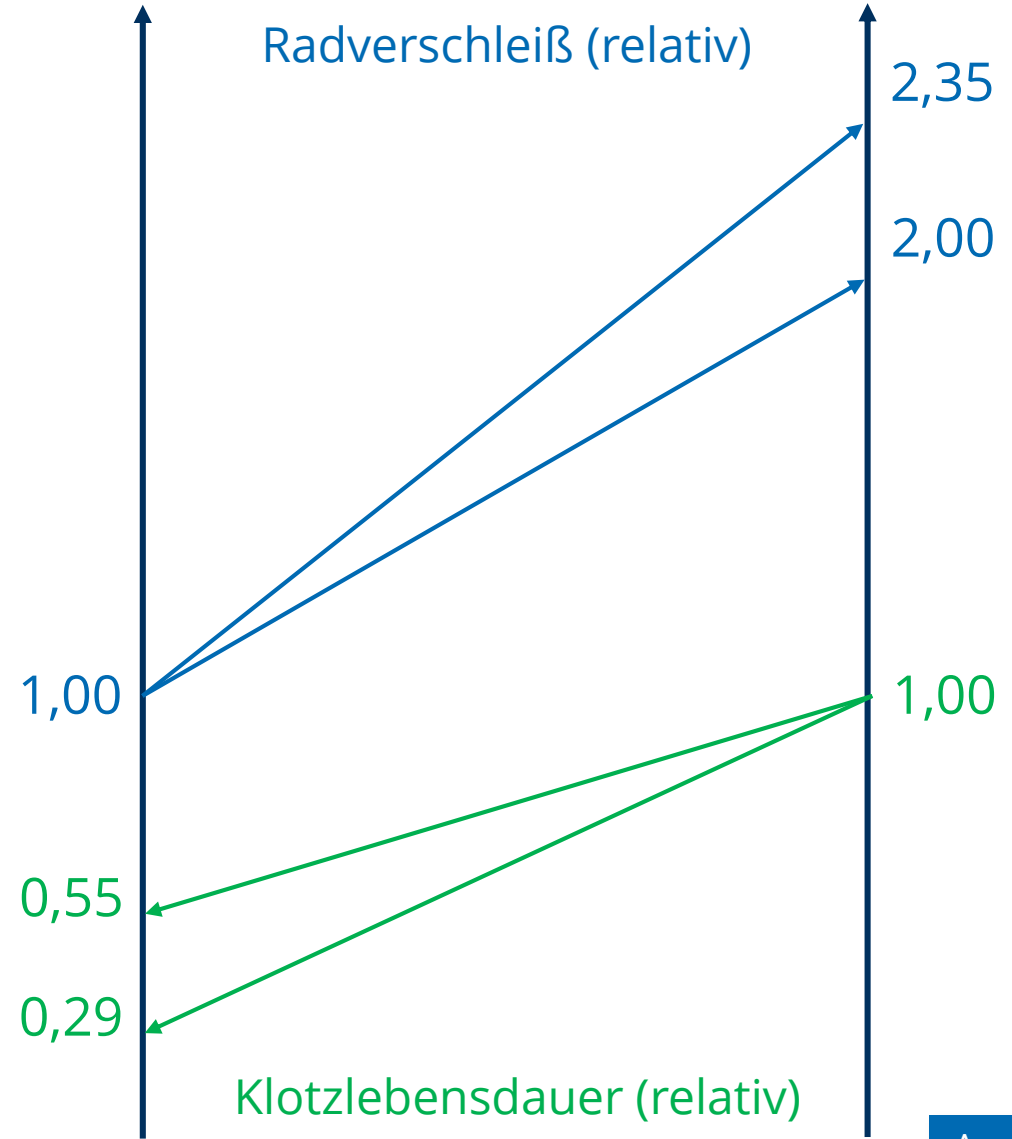
- bis zu 25 verschiedene metallische und organische Werkstoffe kombiniert („Kochrezept“ = Betriebsgeheimnis)
- organische Sohlen (Basis = Kautschuk oder Kunstharz)
- Sintersohlen (Basis: Eisen oder Kupfer)
- Sorten-Vielfalt – Zulassung erforderlich (inkl. umfangreicher Tests)
- keine freie Tauschbarkeit
- höherer Radverschleiß bei geringerem Sohlenverschleiß
- schlechte thermische Leitfähigkeit

Grauguss- vs. Verbundstoff-Sohlen

Grauguss-Sohlen



Verbundstoff-Sohlen



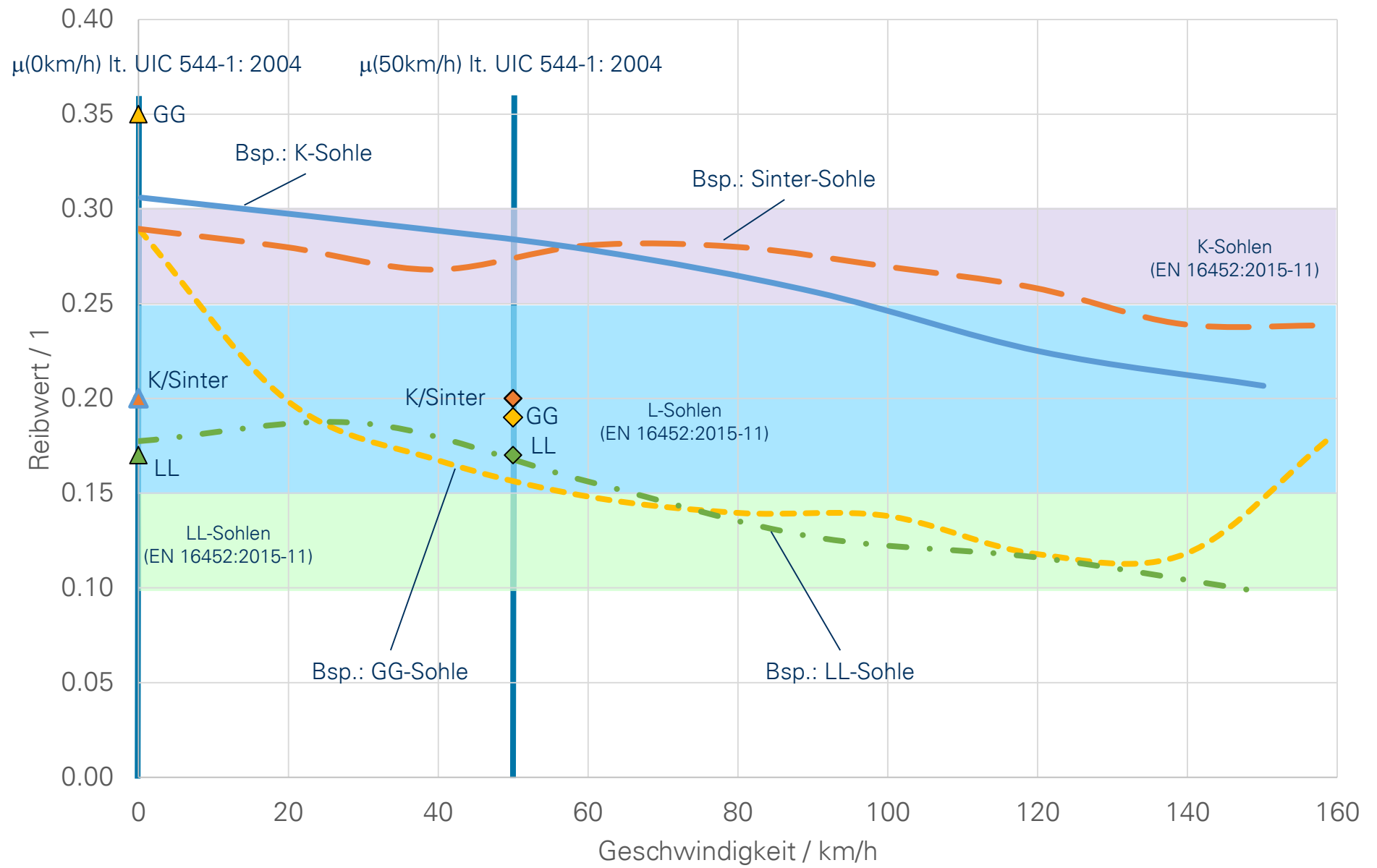
Anmerkung: Preis LL-Sohle = 4 x Preis GG-Sohle

Beeinflussung des Radverschleißes Radlaufflächen

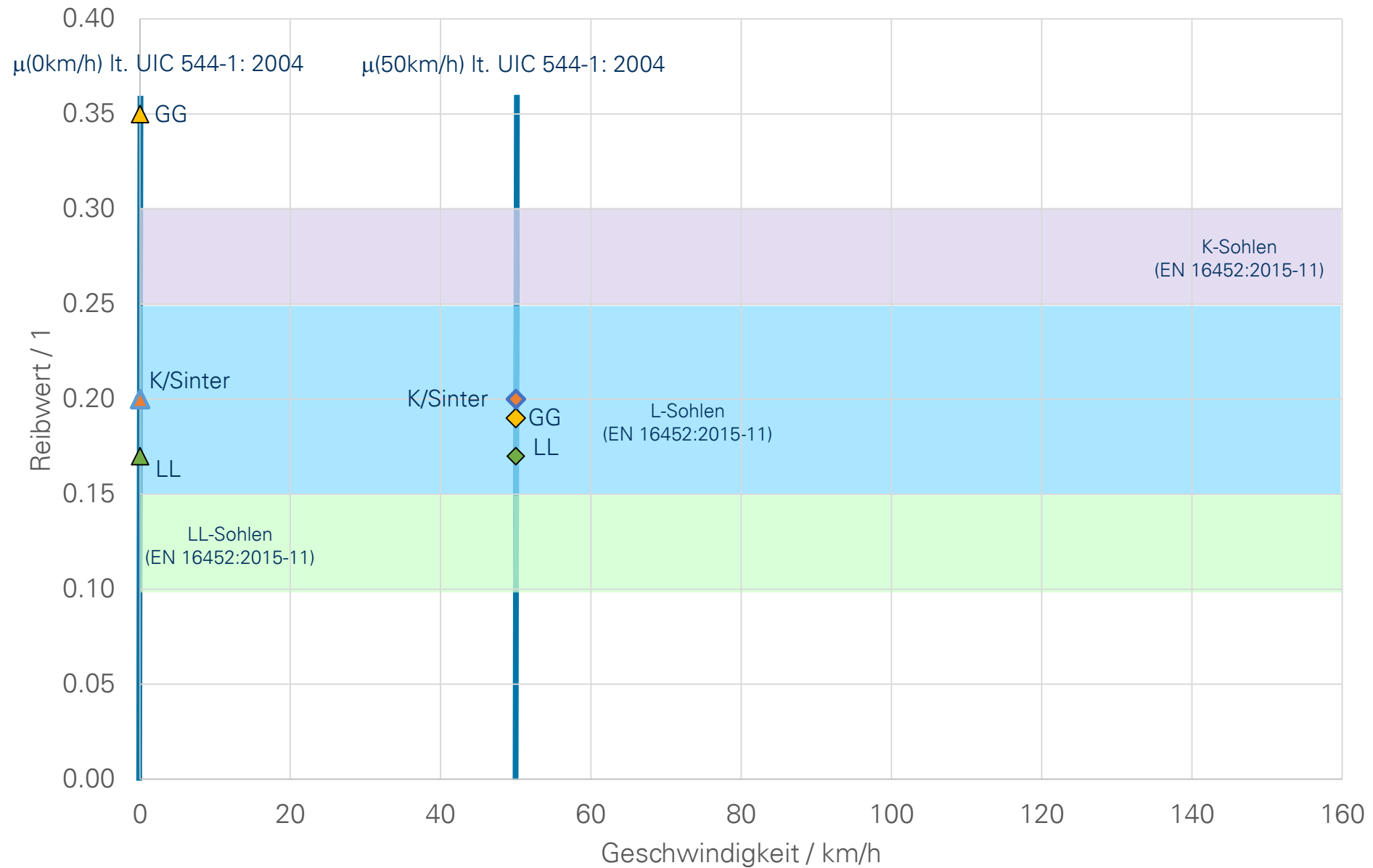


Quelle: AAE/VTG

Bremssohlenarten

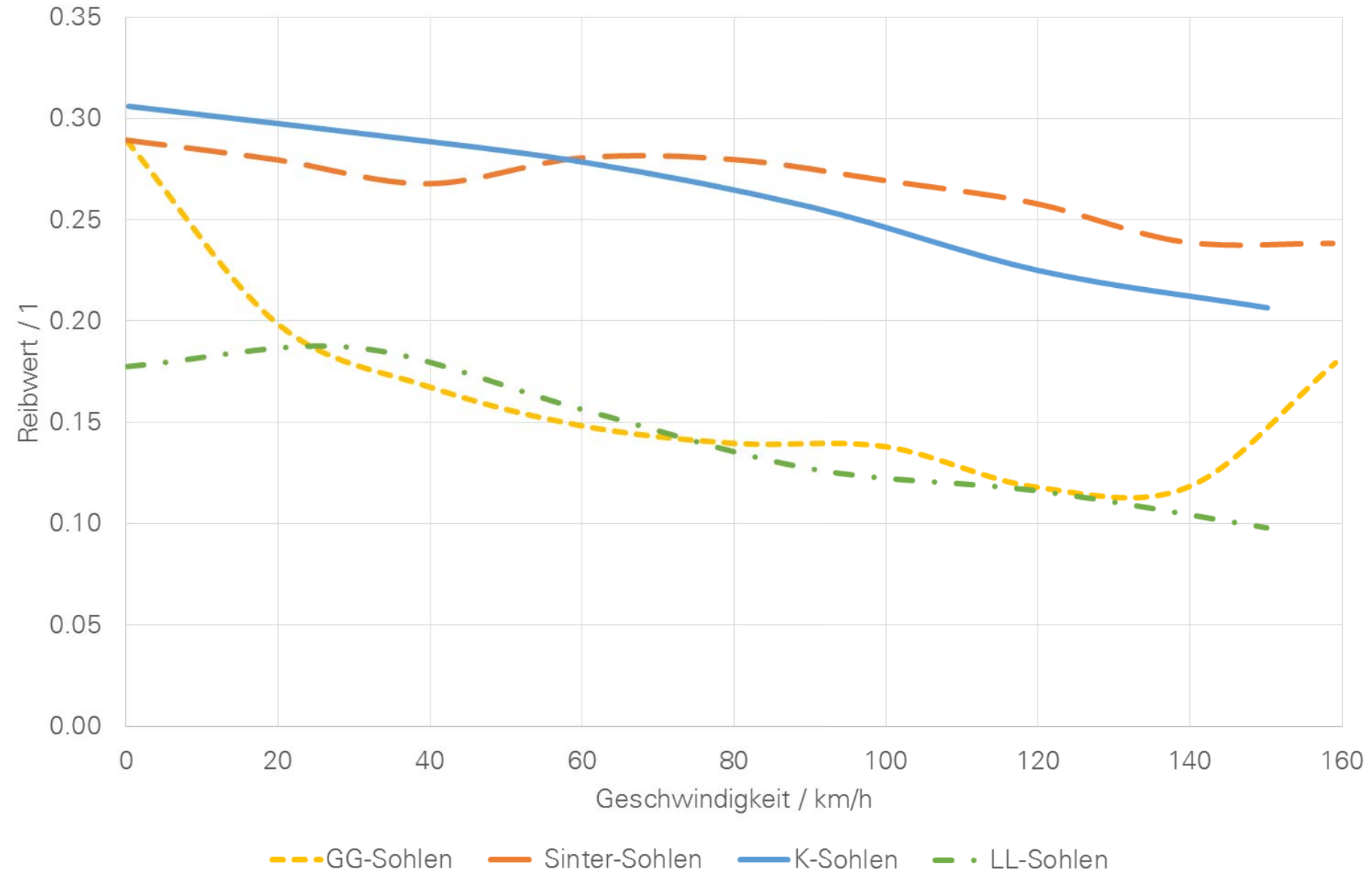


Bremssohlenarten

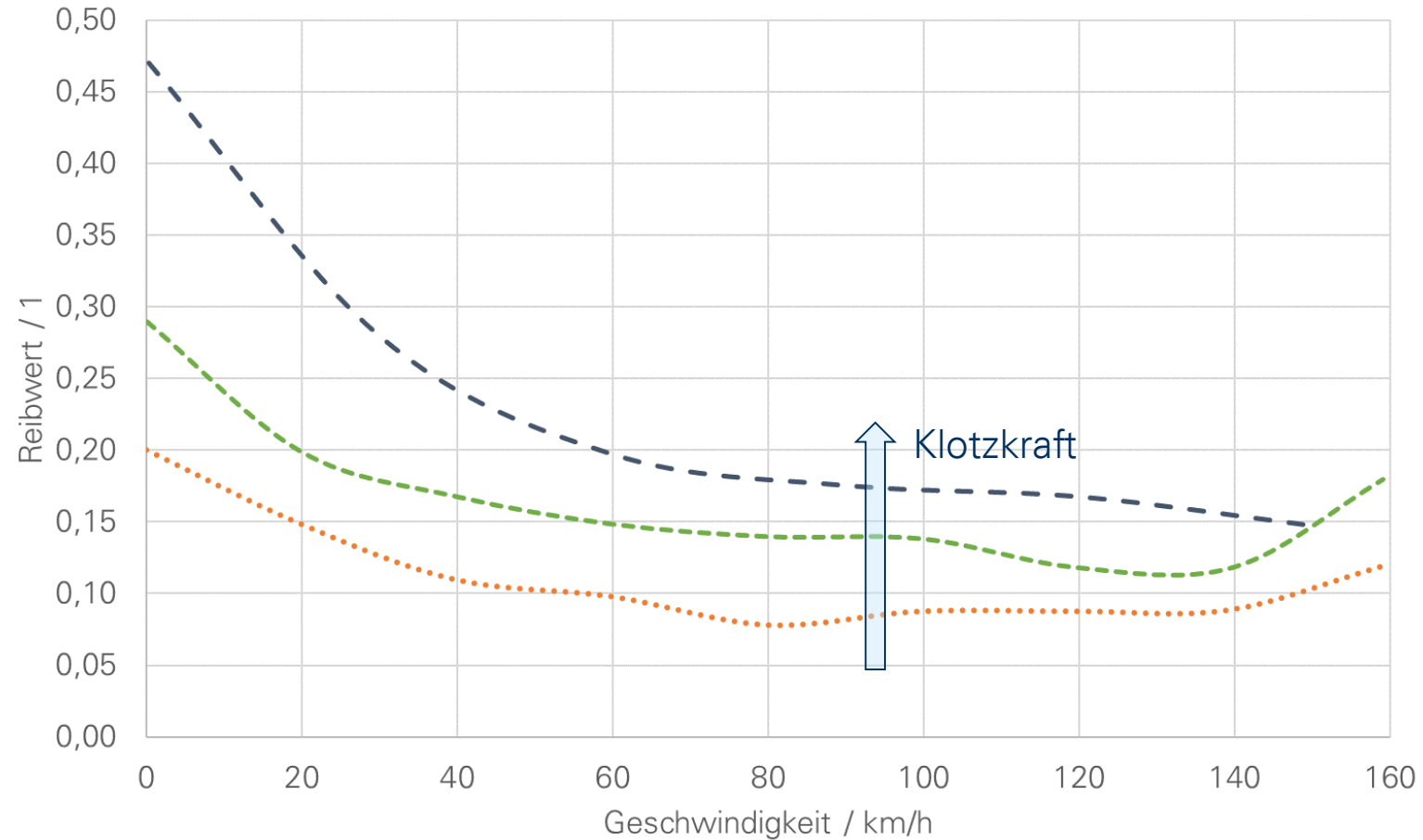


Bremssohlenarten

Exemplarische Reibwertverläufe



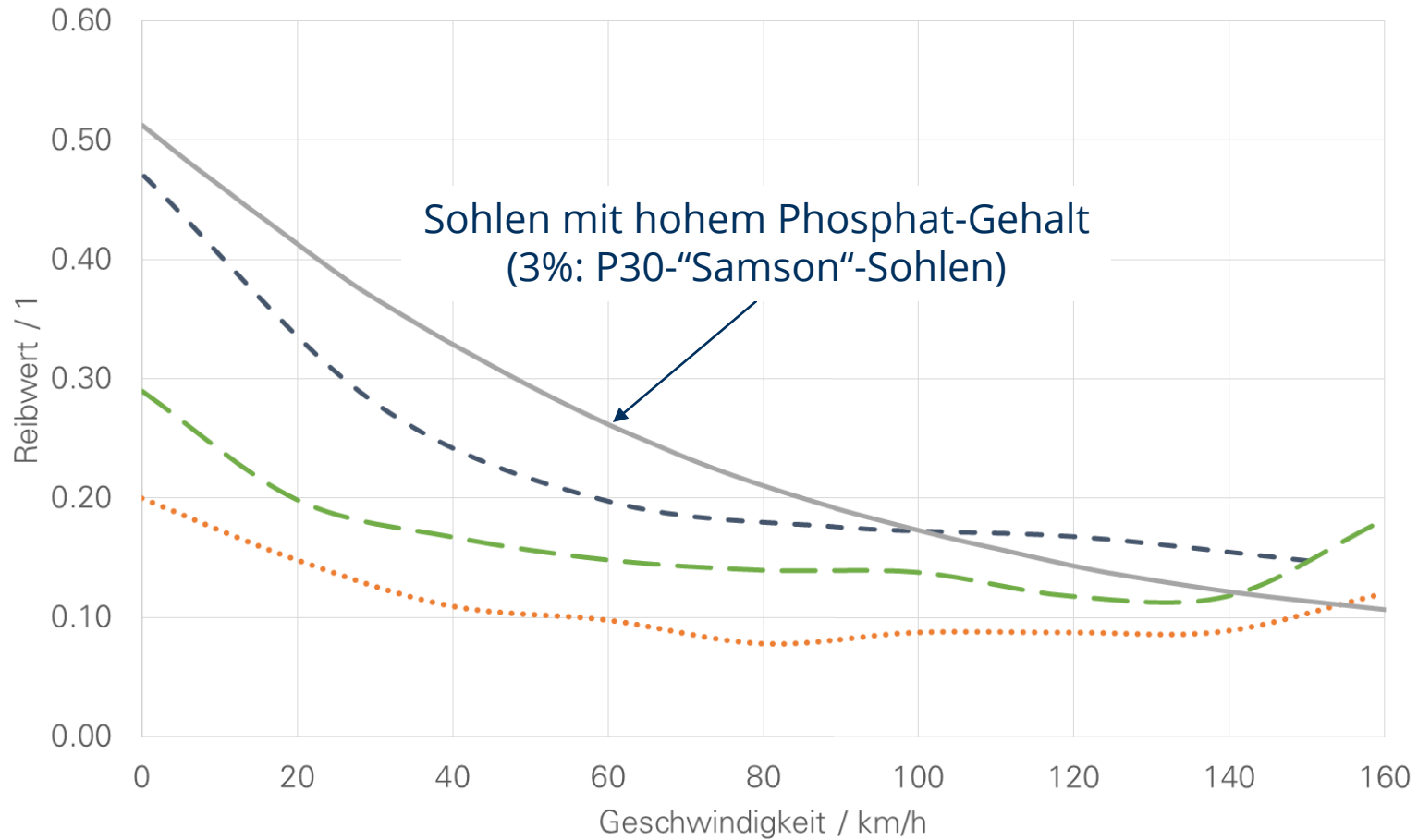
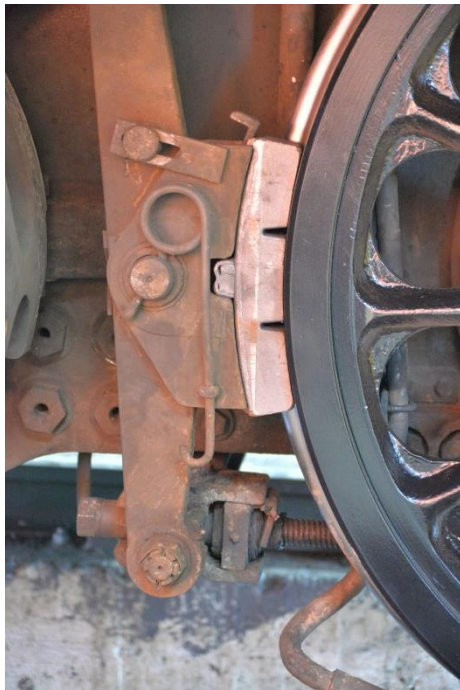
Grauguss-Sohlen



Belagdruck: - - 20.0 N/cm² - - - 62.5 N/cm² ···· 98.7 N/cm²

Doppelte Abhängigkeit: Geschwindigkeit und Klotzkraft
weitere Abhängigkeit: Temperatur

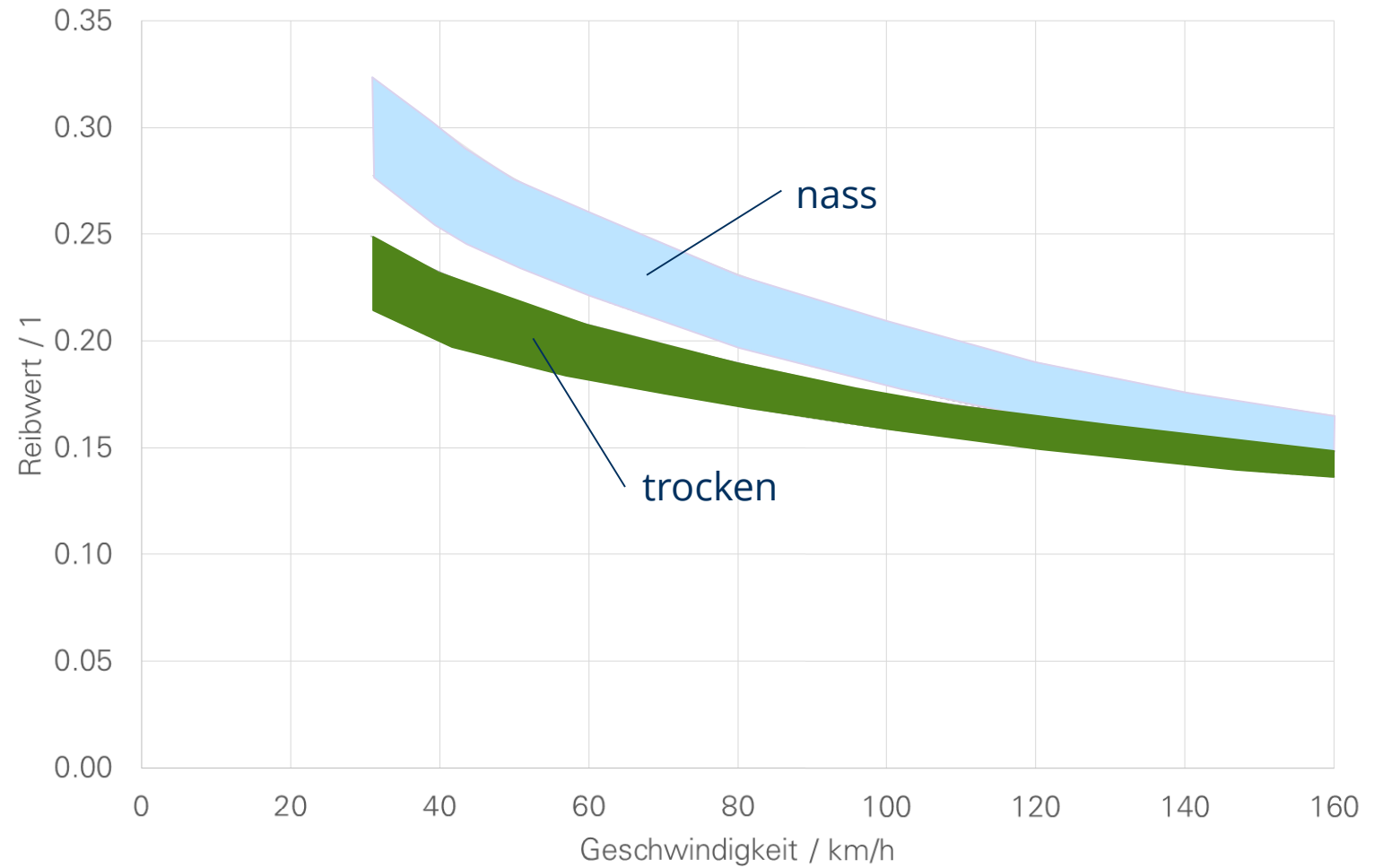
Grauguss-Sohlen



Belagdruck: — 20 N/cm² — 62.5 N/cm² ··· 98.7 N/cm² — P 30 (100 N/cm²)

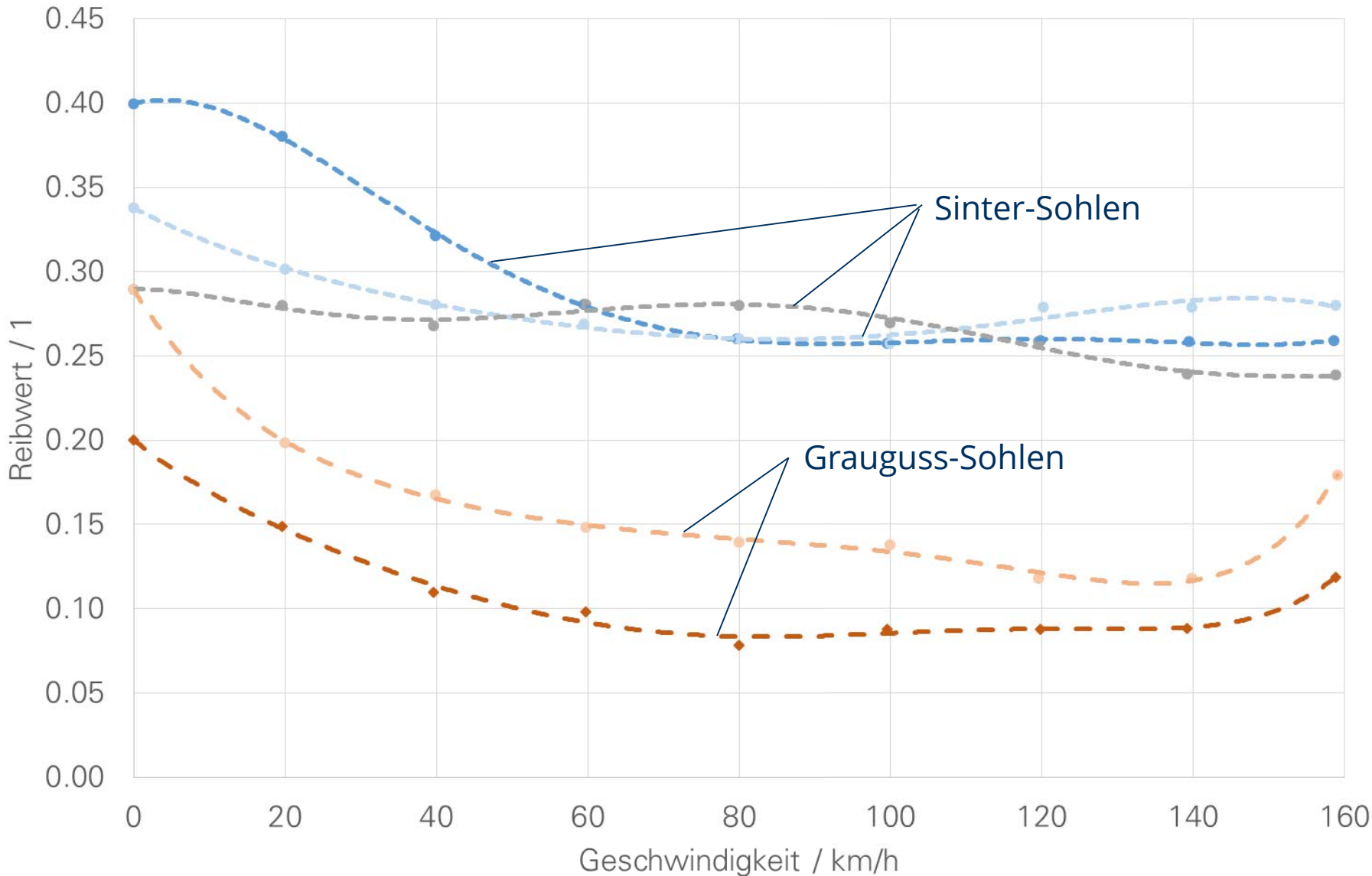
weitere Abhängigkeit: Phosphorgehalt im Gusseisen

Grauguss-Sohlen

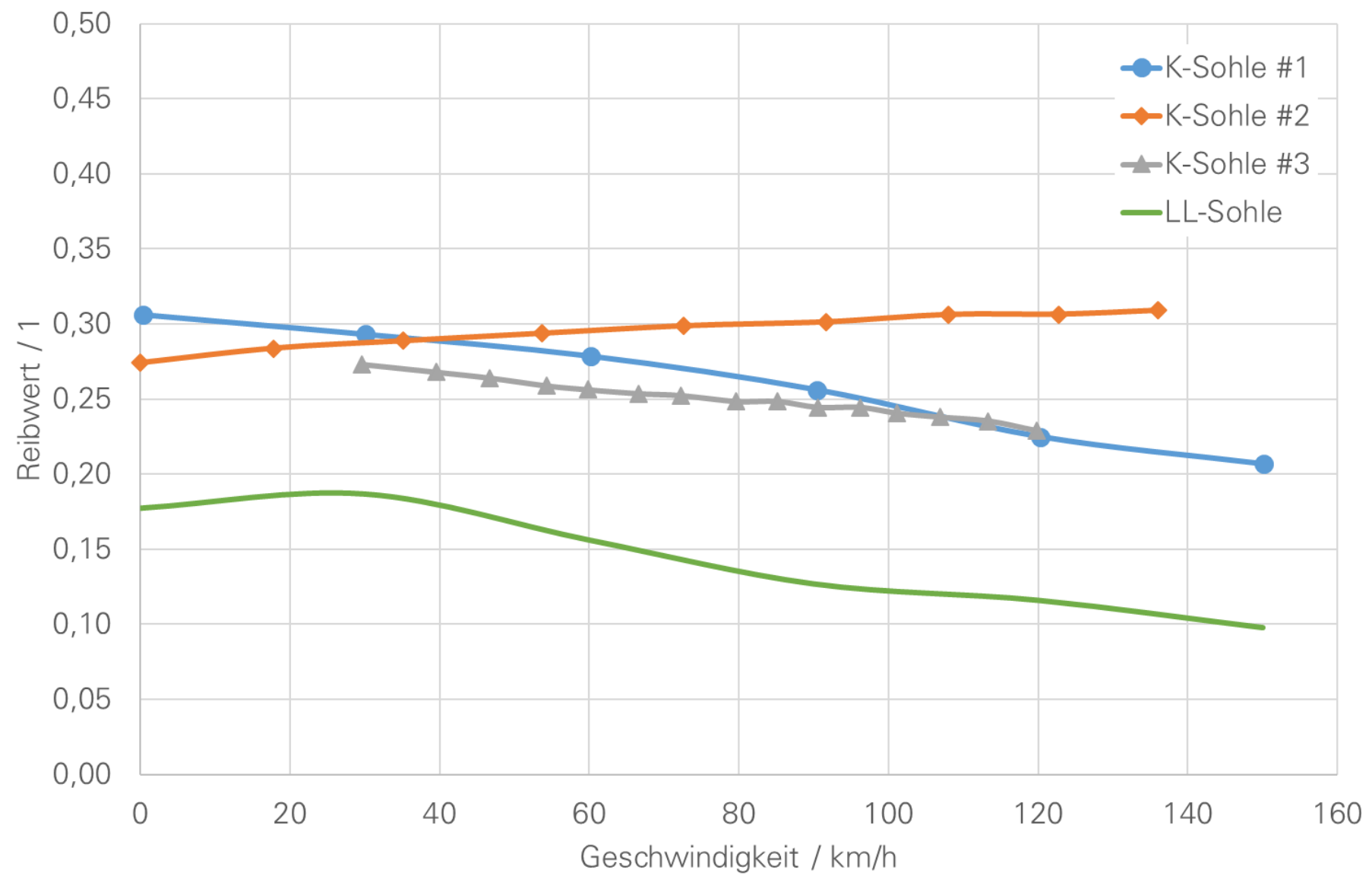


weitere Abhängigkeit: Nässe

Grauguss- vs. Sinter-Sohlen

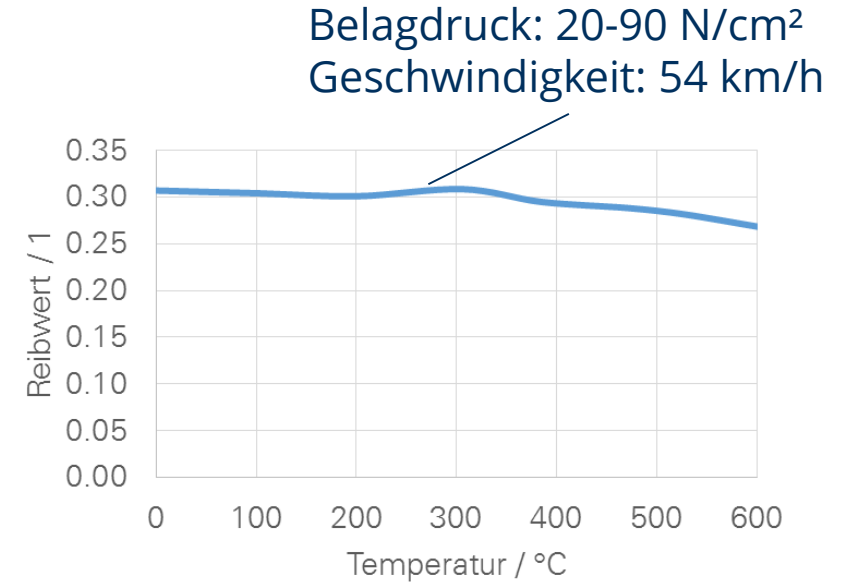
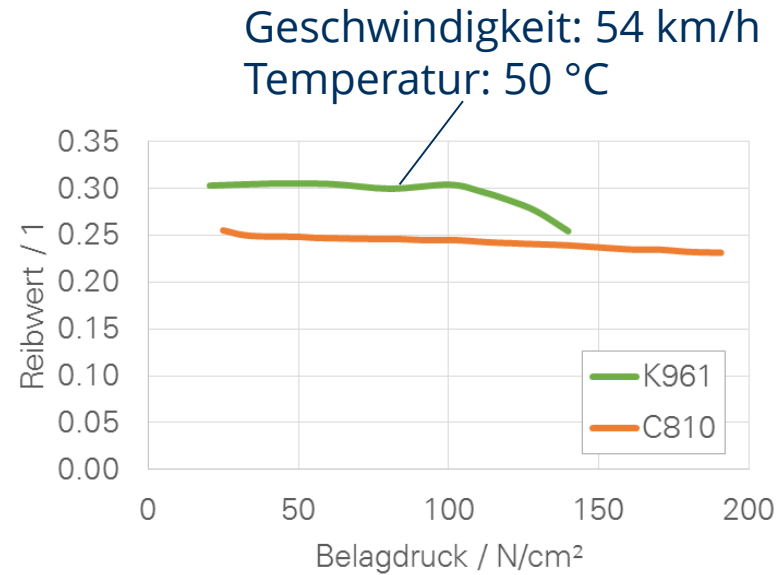
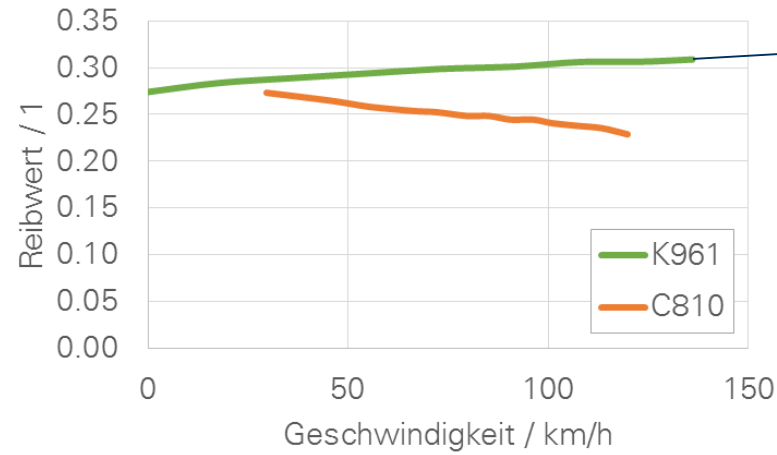
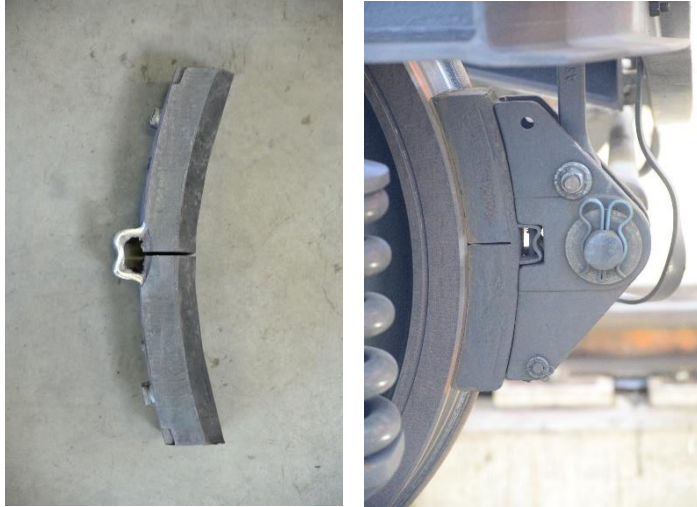


Verbundstoffsohlen



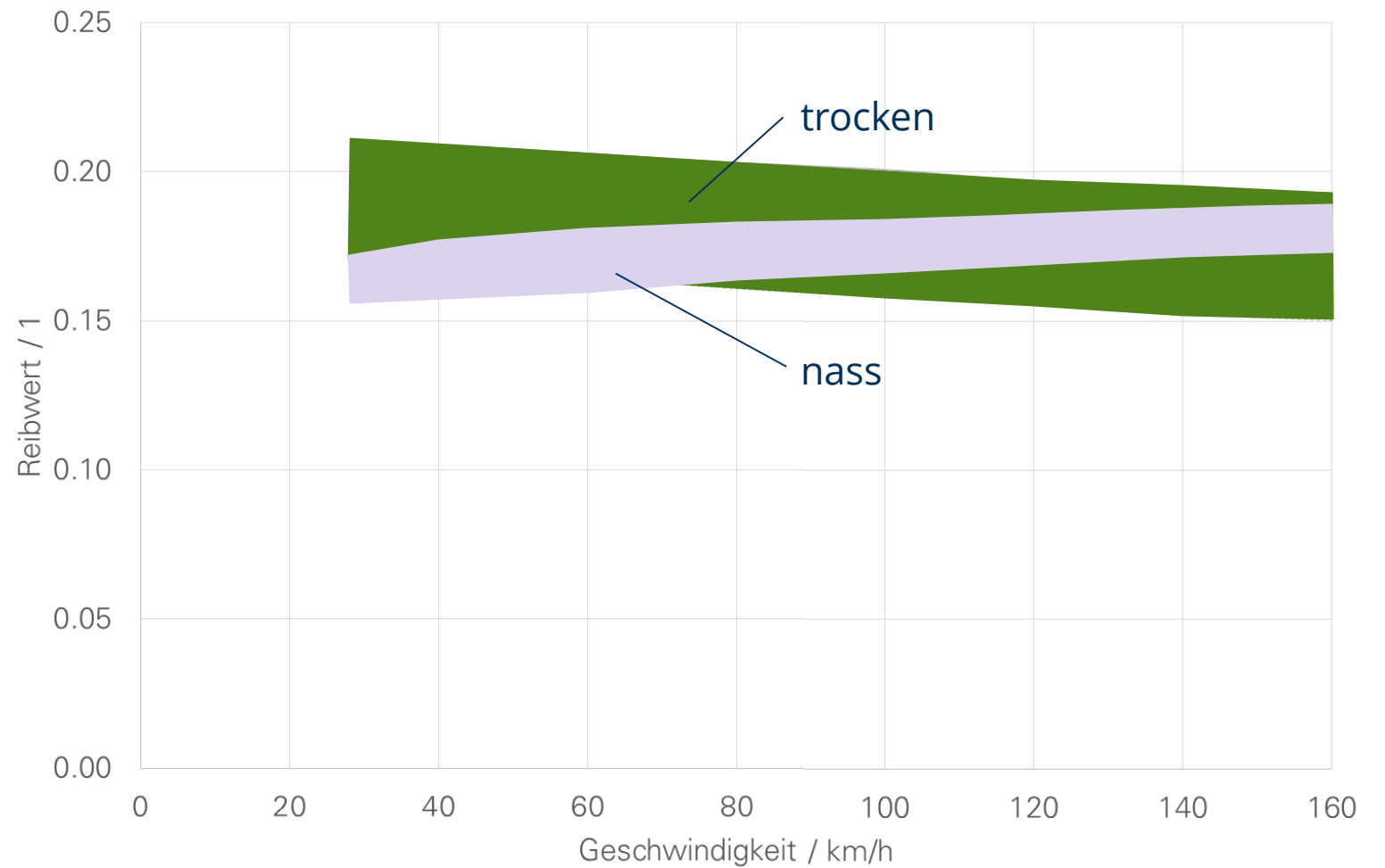
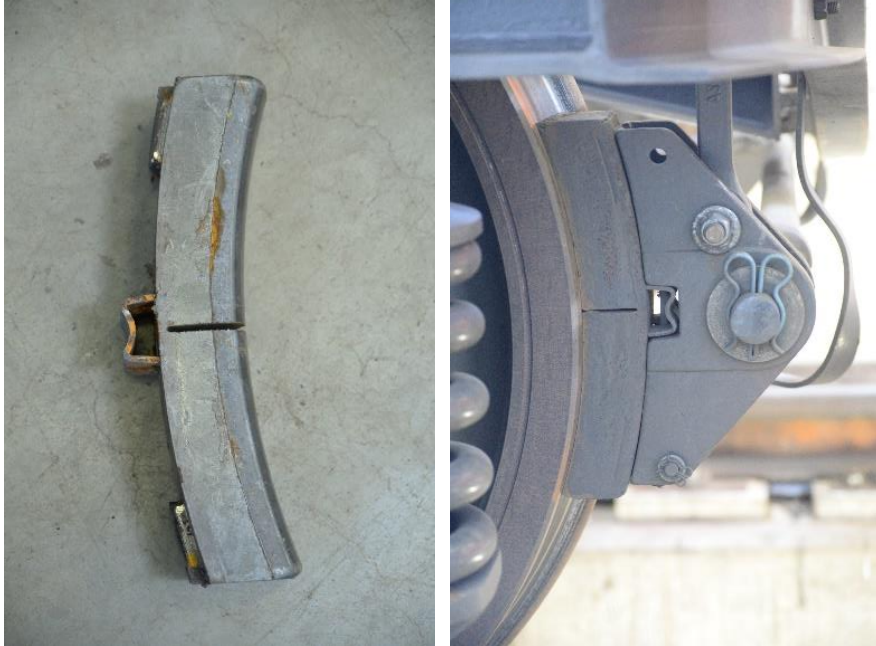
Verbundstoff-Sohlen

Einflüsse allg.

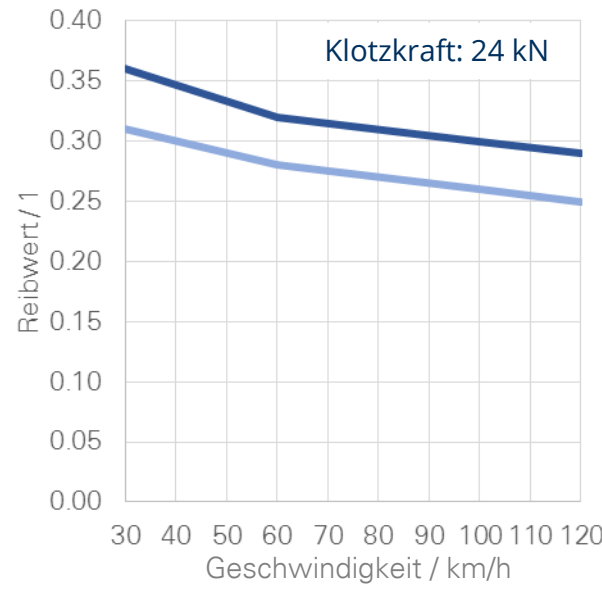
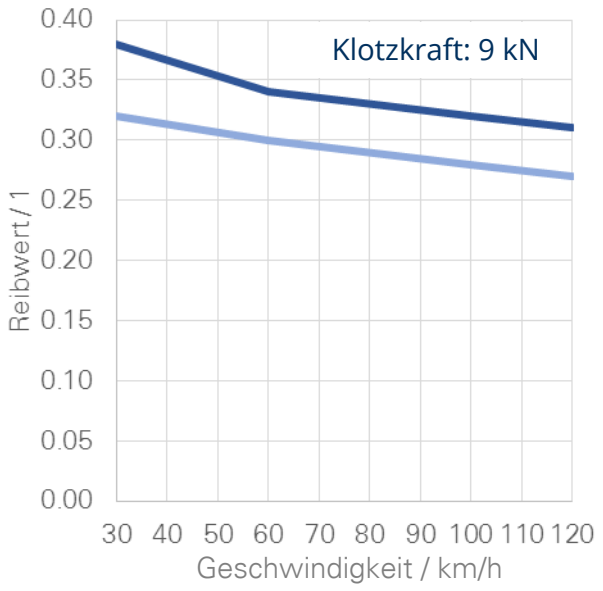
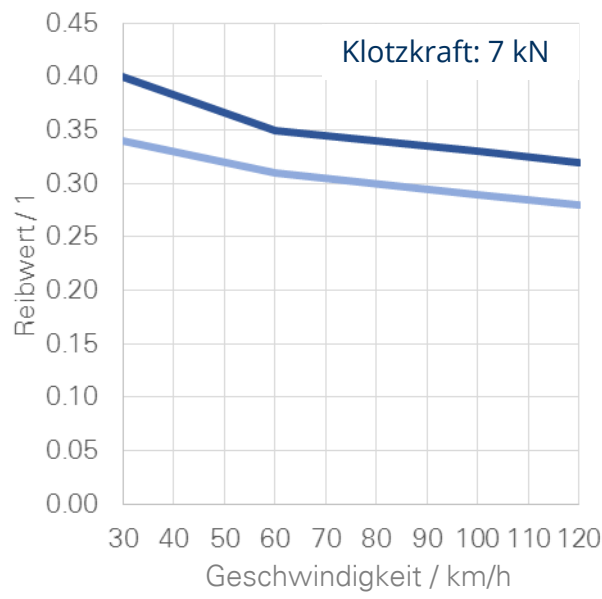
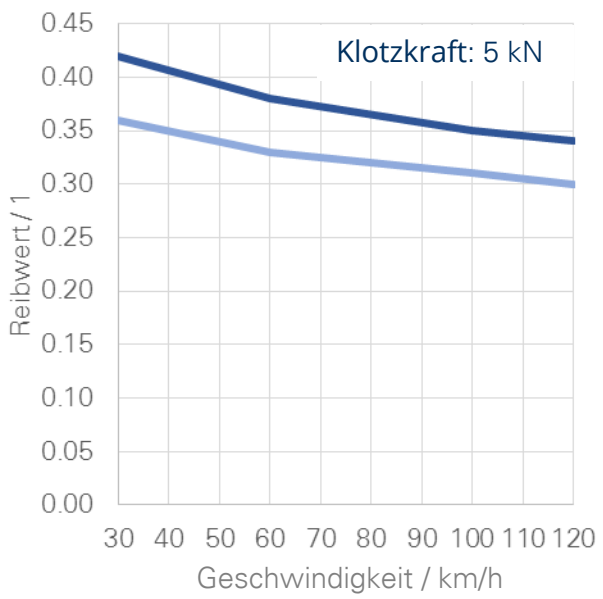


Verbundstoff-Sohlen

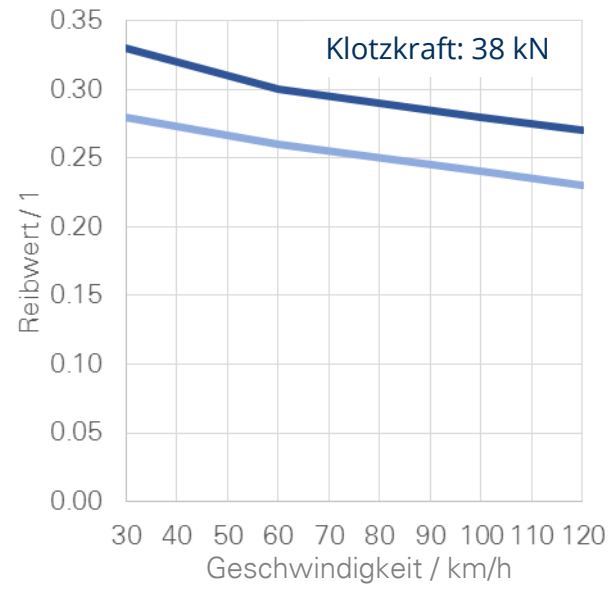
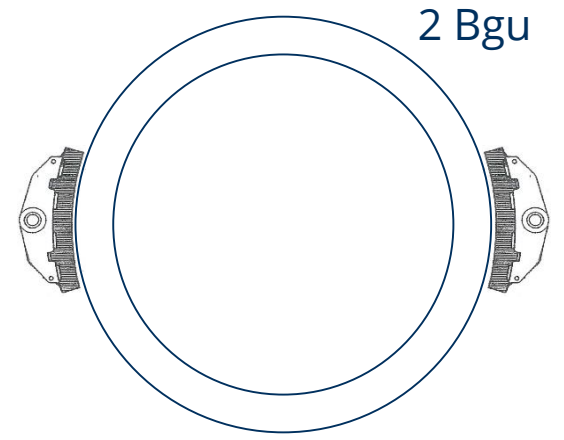
Einfluss von Nässe



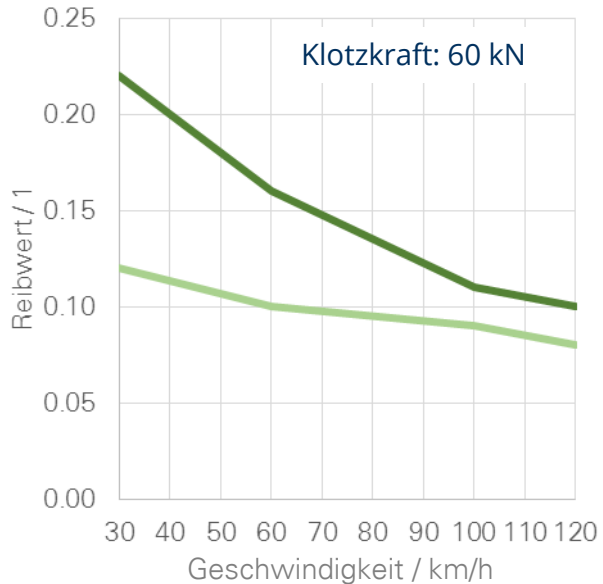
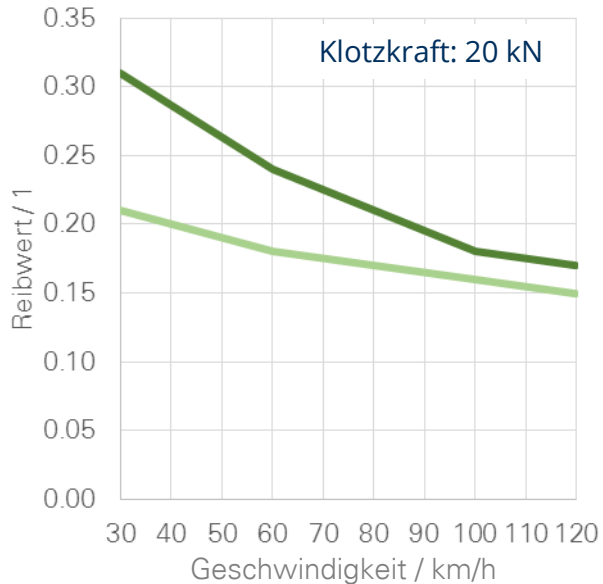
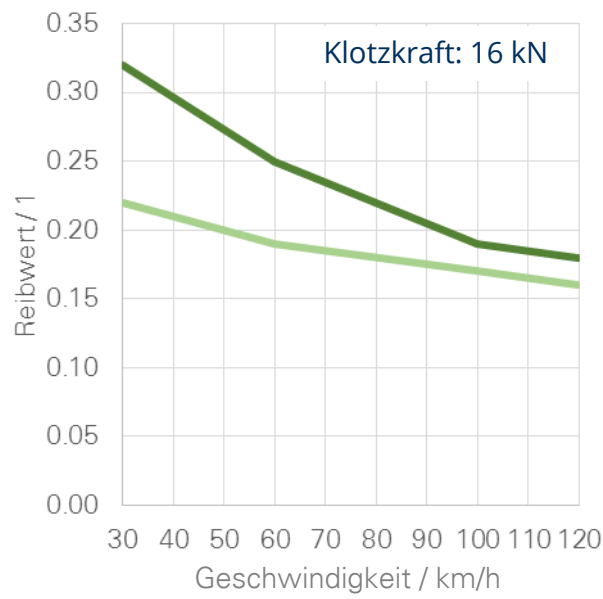
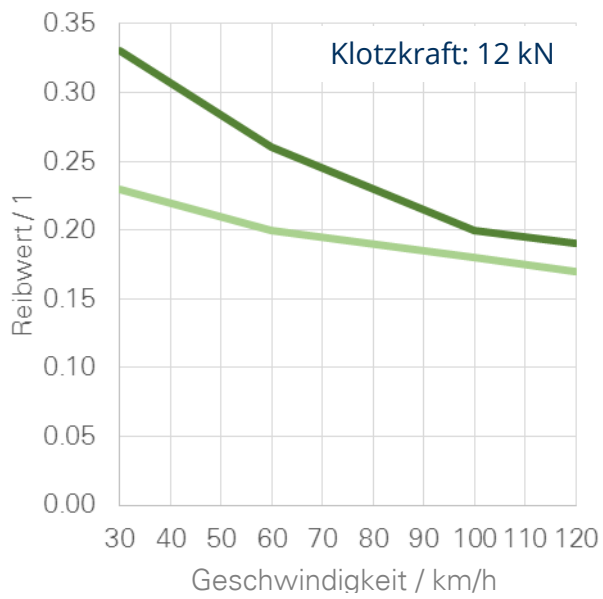
Reibwert-Toleranzbänder nach DIN EN 16452



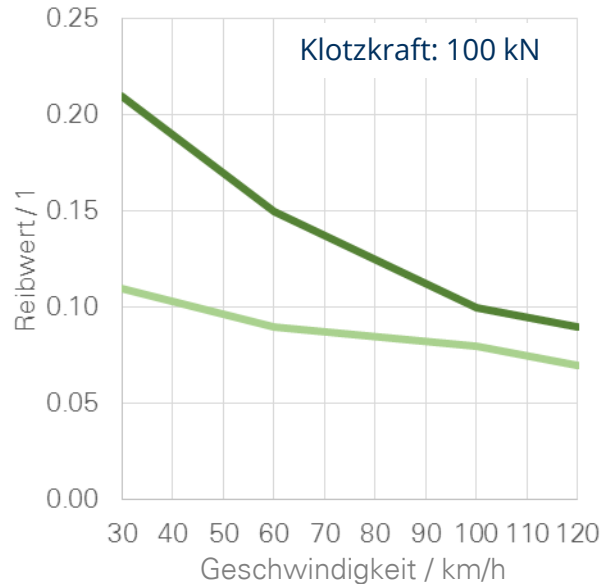
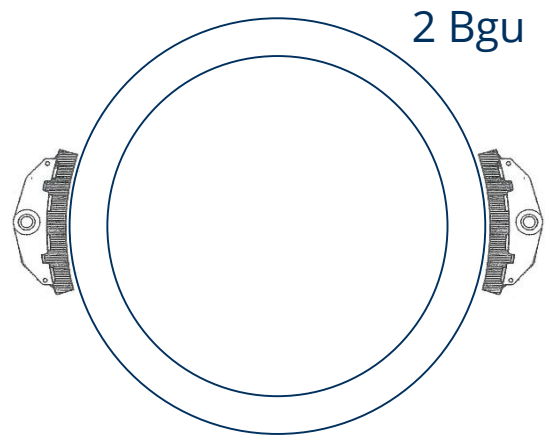
K-Sohlen für Güterwagen bis 120 km/h Höchstgeschwindigkeit



Reibwert-Toleranzbänder nach DIN EN 16452



LL-Sohlen für Güterwagen bis 120 km/h Höchstgeschwindigkeit



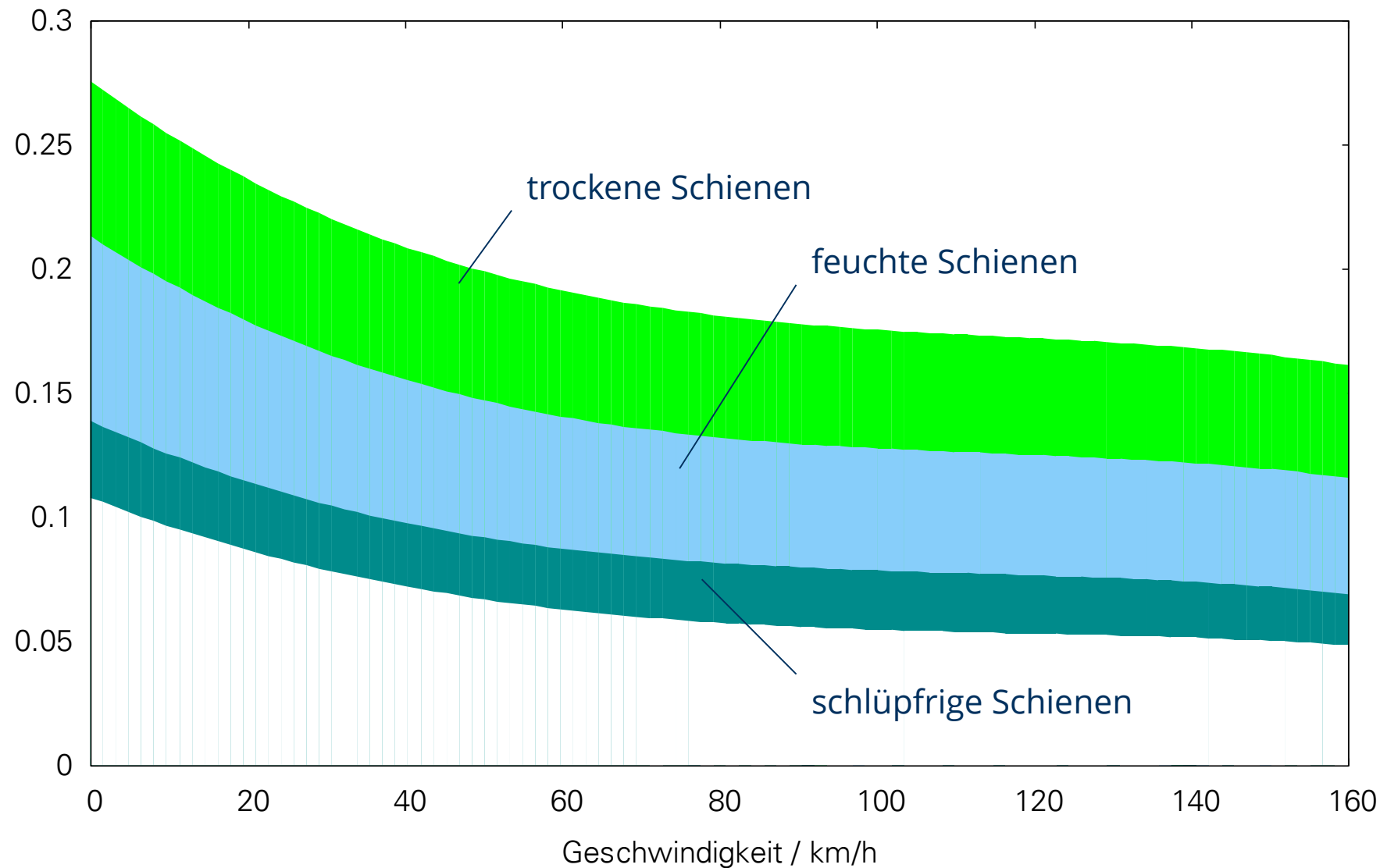


Kraftschluss Rad/Schiene



Kraftschluss Rad/Schiene ORE*-Versuche

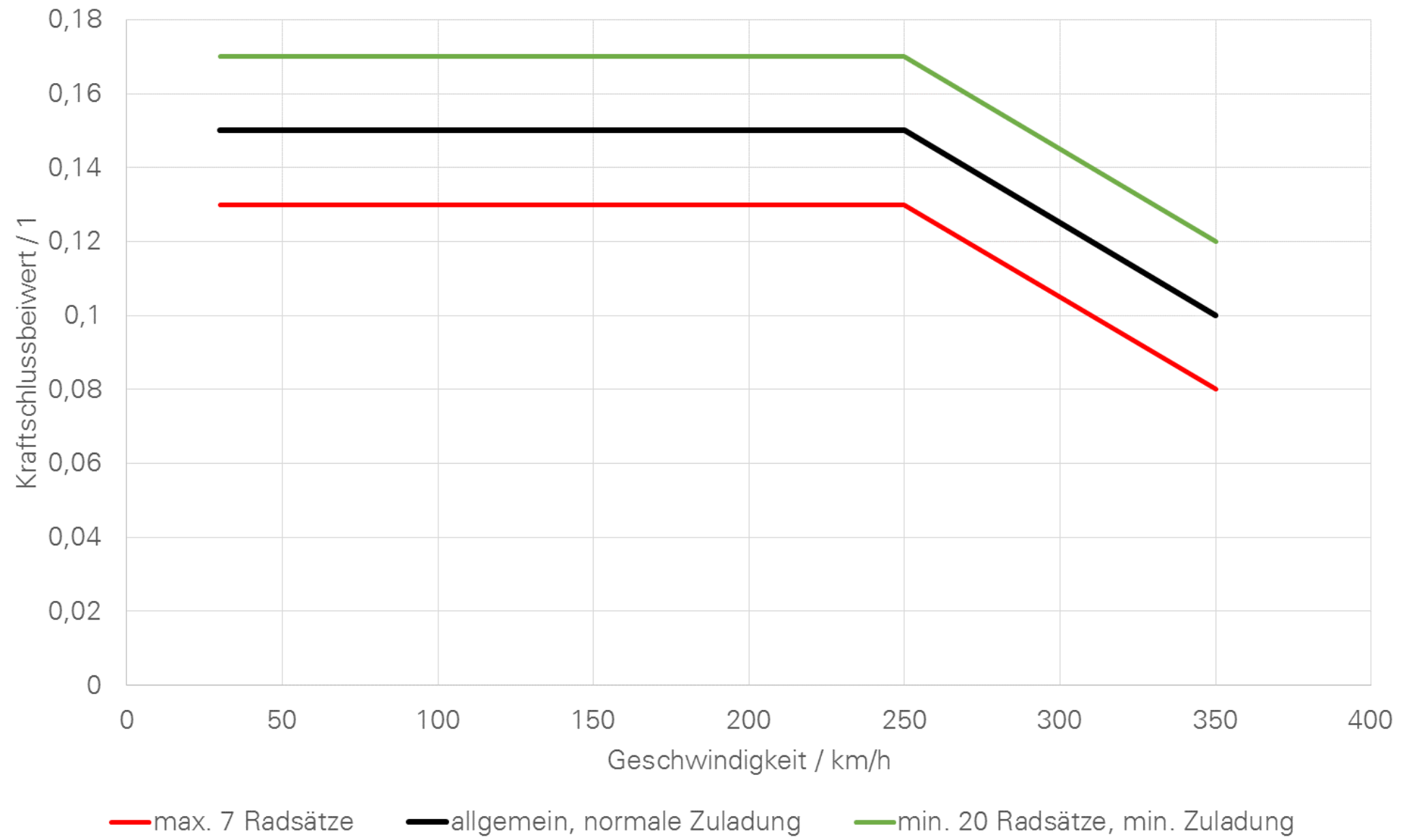
Kraftschlussbeiwert / 1



Quelle: *Office for Research and Experiments (ORE) der UIC

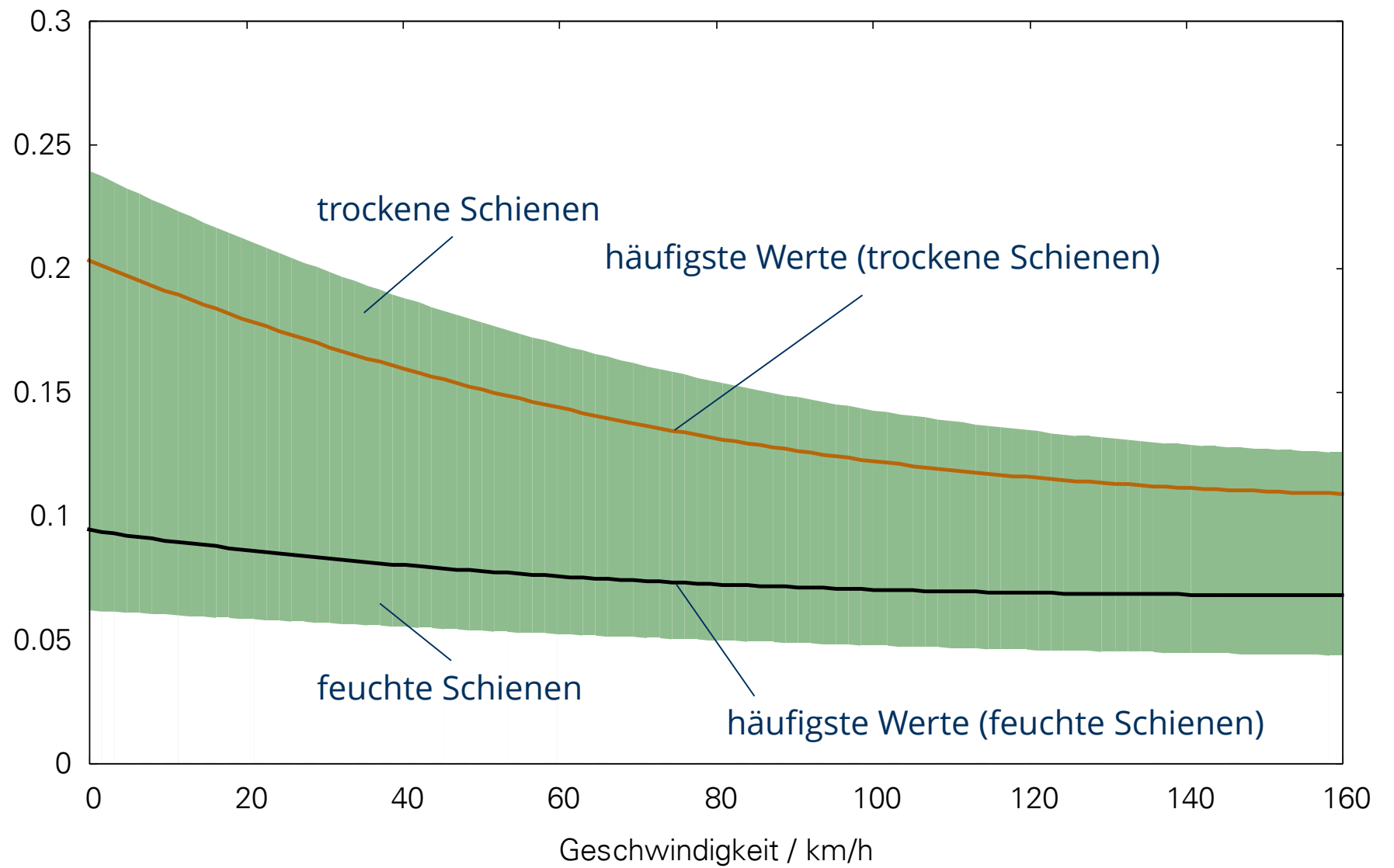
Kraftschluss Rad/Schiene TSI Loc&Pas

Kraftschluss Rad/Schiene nach TSI Loc&Pas



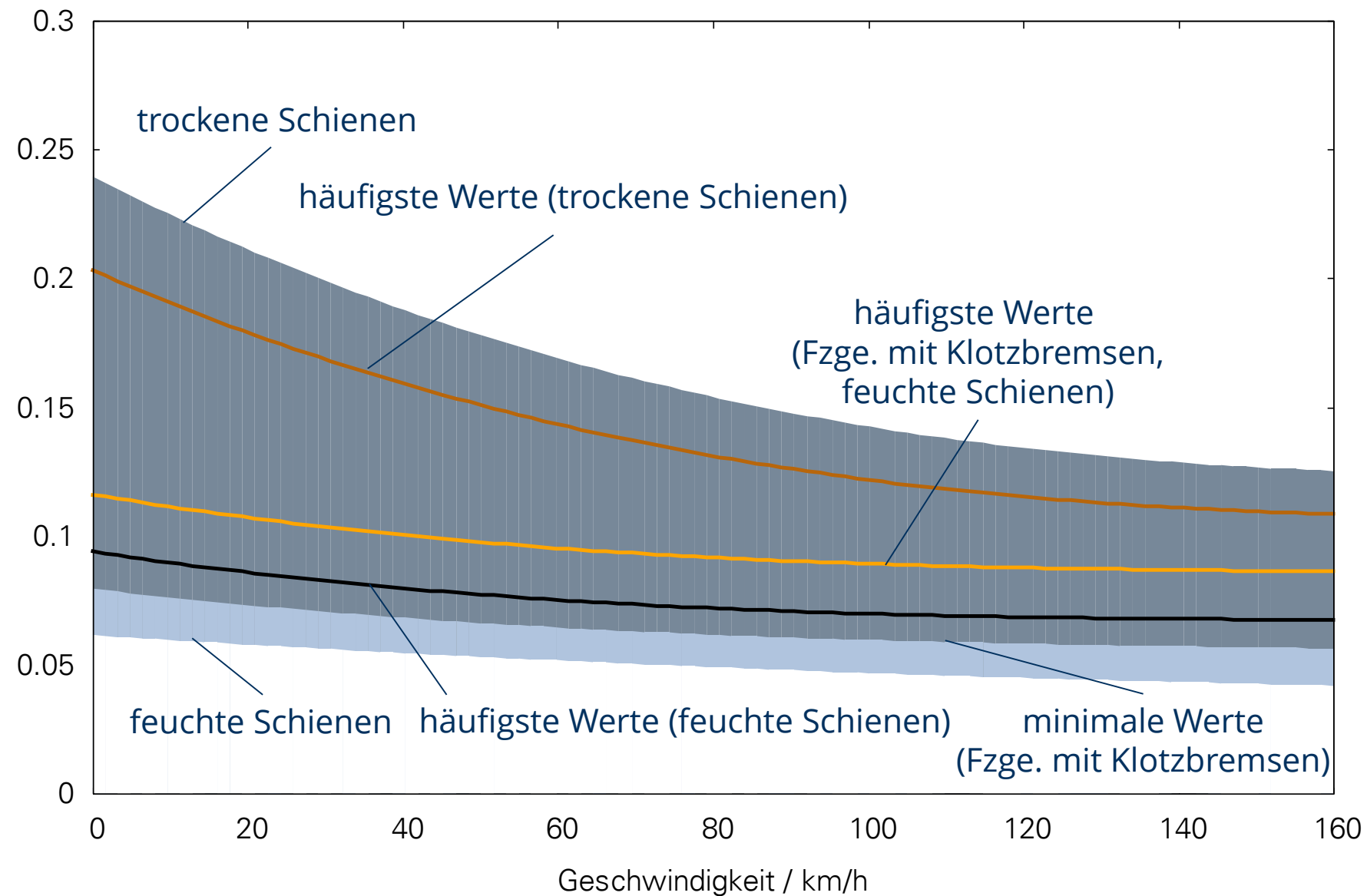
Kraftschluss Rad/Schiene SNCF-Versuche

Kraftschlussbeiwert / 1



Kraftschluss Rad/Schiene SNCF-Versuche

Kraftschlussbeiwert / 1



Kraftschluss Rad/Schiene

zulässige Annahmen nach TSI¹ und EBA²

allgemein: $\tau \leq 0,15$

$v = 30 \dots 250 \text{ km/h}$

Ausnahmen:



weniger als 8 Radsätze:

$$\tau \leq 0,13$$



mehr als 20 Radsätze:

$$\tau \leq 0,17$$



mit Grauguss-Sohlen
und **ohne** Gleitschutz:

$$\tau \leq 0,12$$



mit Verbundstoff-Sohlen
oder Brems scheiben und
ohne Gleitschutz:

$$\tau \leq 0,11$$



ED- oder HD-Bremse, als Betriebsbremse und über
Blending eingebunden: $\tau \leq 0,20$

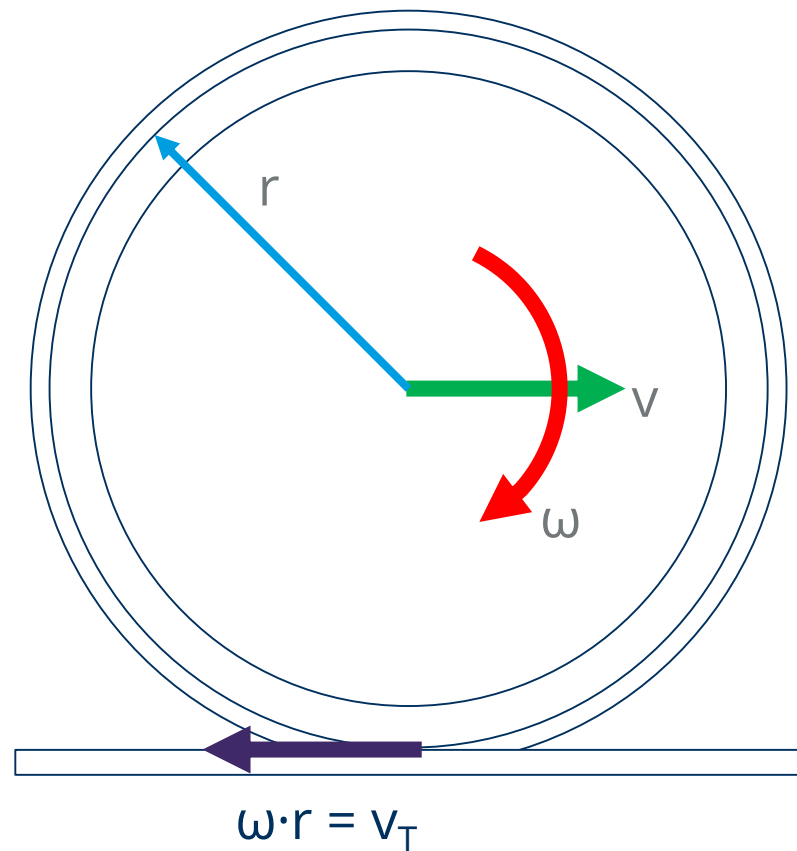


Feststellbremsen allgemein: $\tau \leq 0,12$

1 – TSI Loc+Pas und TSI Wag

2 – Ergänzungsregelung Nr. B 007 zur Kraftschlussausnutzung

Kraftschluss Rad/Schiene TSI Loc&Pas



Grenzfälle:

$$\omega r = v \rightarrow s_x = 0$$

$$\omega r = 0 \rightarrow s_x = -1$$

$$\omega r \gg v \rightarrow s_x \gg 0,1$$

reines Rollen

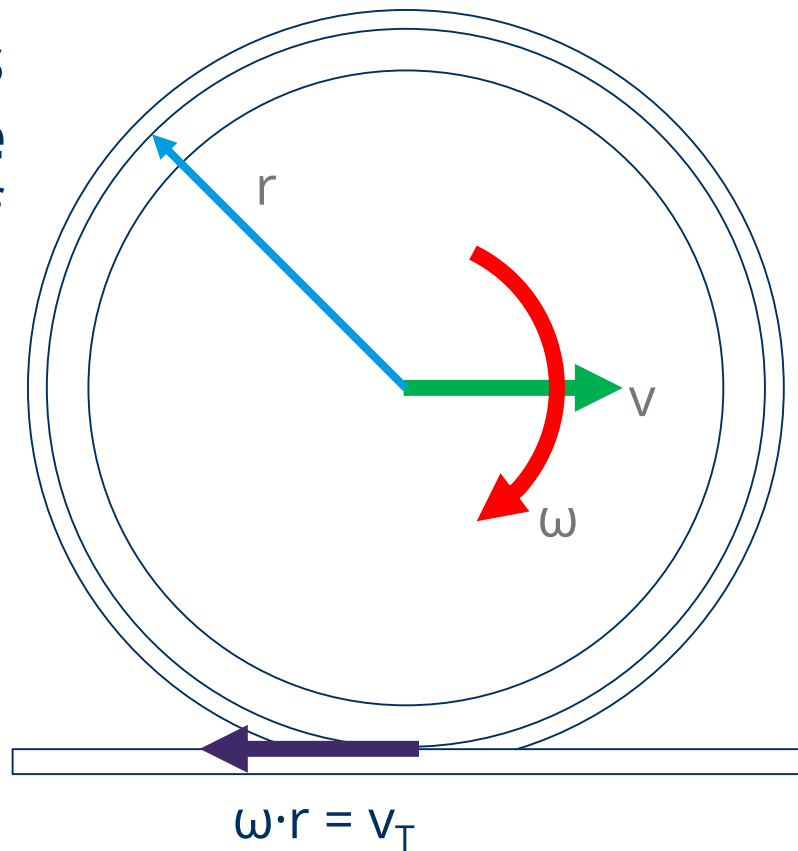
blockiertes Rad

schleuderndes Rad

Definition Längsschlupf:

$$s_x = \frac{\omega r - v}{v}$$

Kraftschluss Rad/Schiene Längsschlupf



Definition Längsschlupf:

$$s_x = \frac{\omega r - v}{v}$$

$$\omega r = 0 \rightarrow s_x = -1$$

blockiertes Rad

a) Schäden an
den Radlaufflächen:

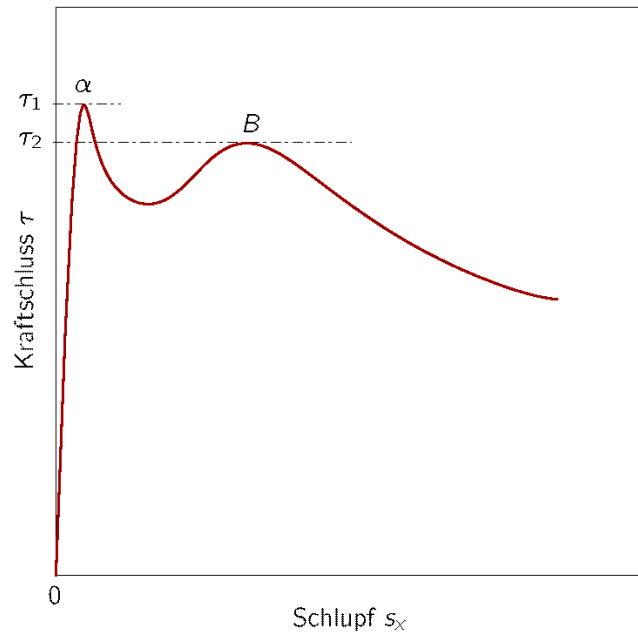


b) Bremswegverlängerung:

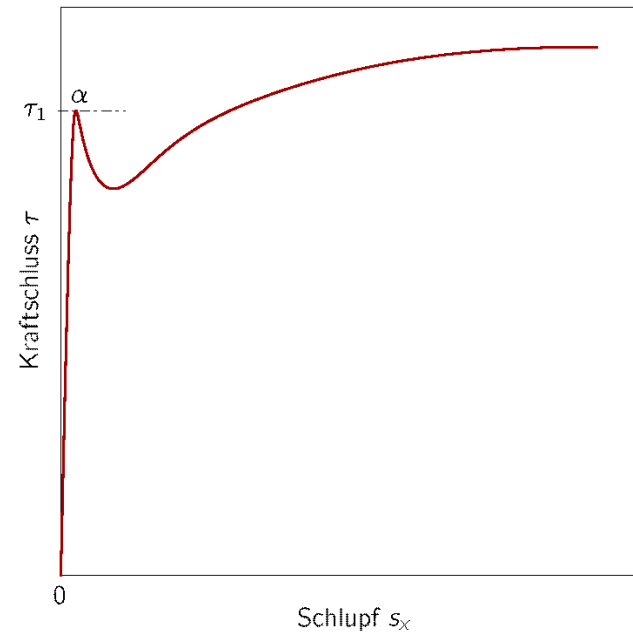
$$\tau = 0,15 \rightarrow \mu = 0,05$$
$$\frac{s_{B2}}{s_{B1}} = \frac{\tau}{\mu} = \frac{0,15}{0,05} = 3$$

Kraftschluss Rad/Schiene Kraftschluss- kurven (Typen)

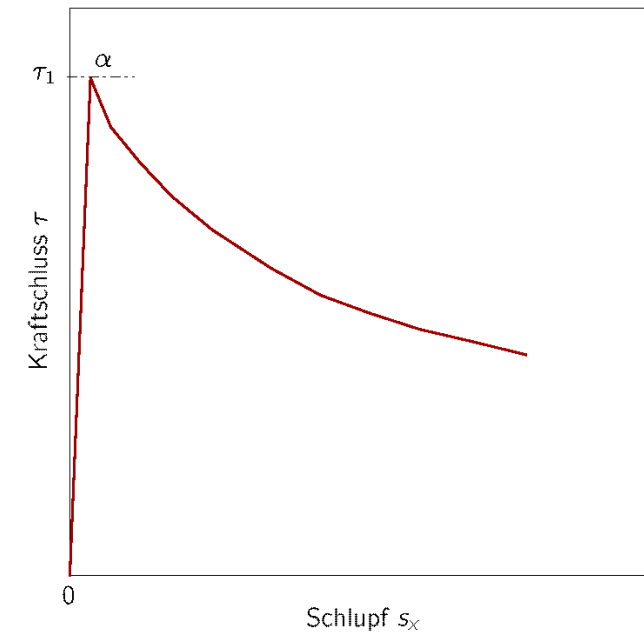
Verschiedene Kurventypen $\tau = f(s_x)$, Typ B, 84 %



Verschiedene Kurventypen $\tau = f(s_x)$, Typ C, 11,5 %



Verschiedene Kurventypen $\tau = f(s_x)$, Typ A, 4,5 %



Kraftschluss Rad/Schiene Kraftschluss- kurven (Typen)

