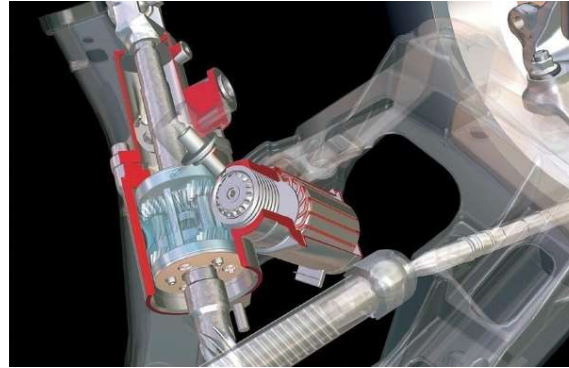


# Fahrzeugregelung

## Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn



**Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller**

**M.Sc. Osama Al-Saidi**

**Fachgebiet Kraftfahrzeuge • Technische Universität Berlin**

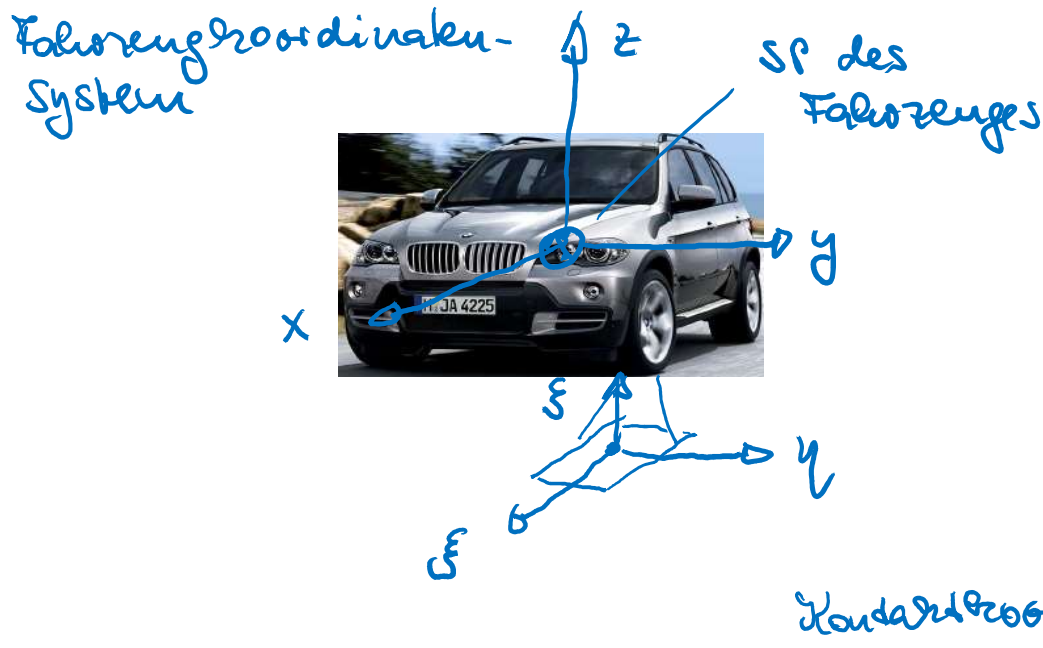
---

# Einleitung Übersicht

## Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn

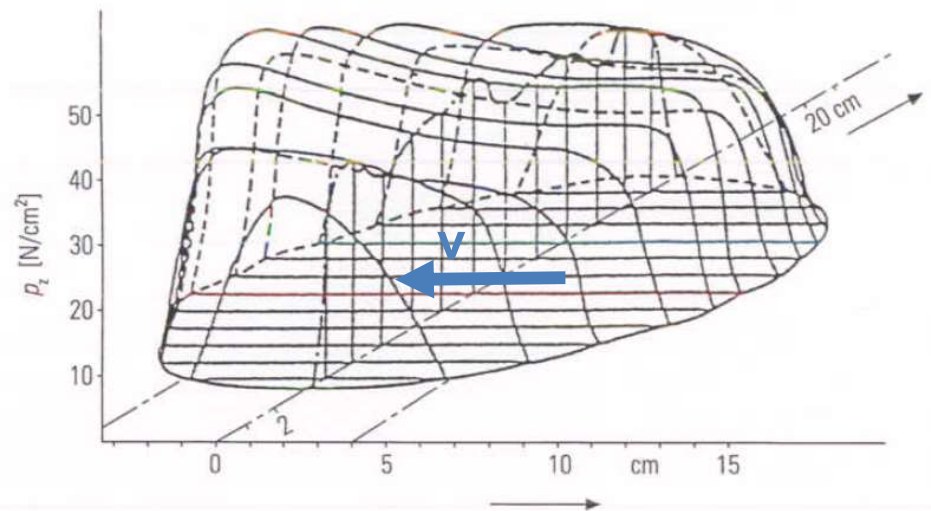
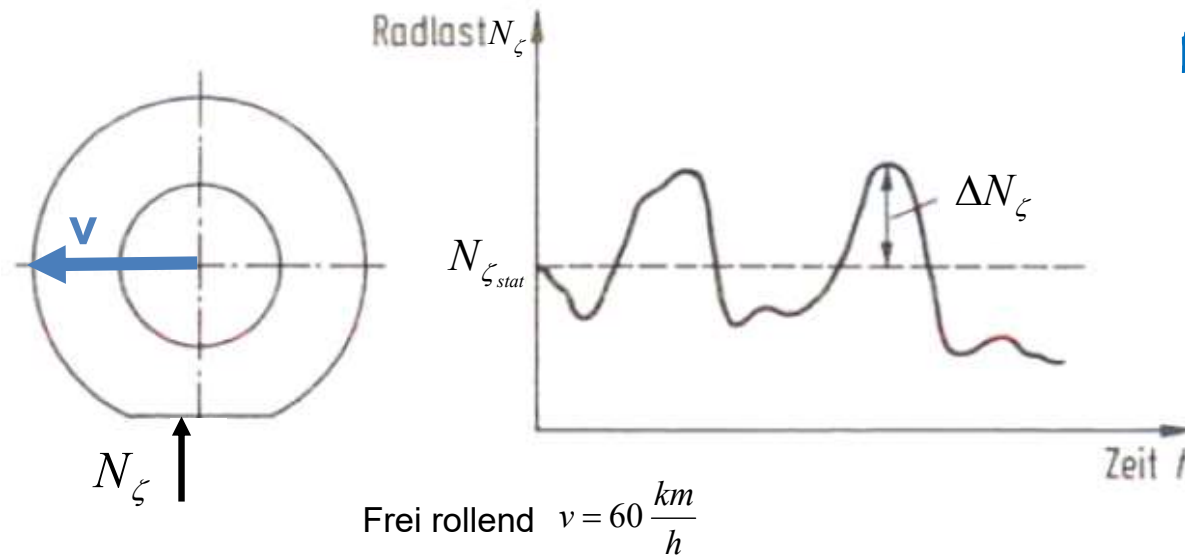
- Hochkraft
- Längskraft
- Seitenkraft

## Koordinatensysteme



# Hochkraft

## Druckverteilung im Latsch



Es gilt

$$N_\zeta = \int_A p_z dA = \bar{p}_z A$$

Phio-Reifen sind im Wesentlichen Membrane

$$\bar{p}_z \approx p_i \text{ (Gummenbrücke)}$$

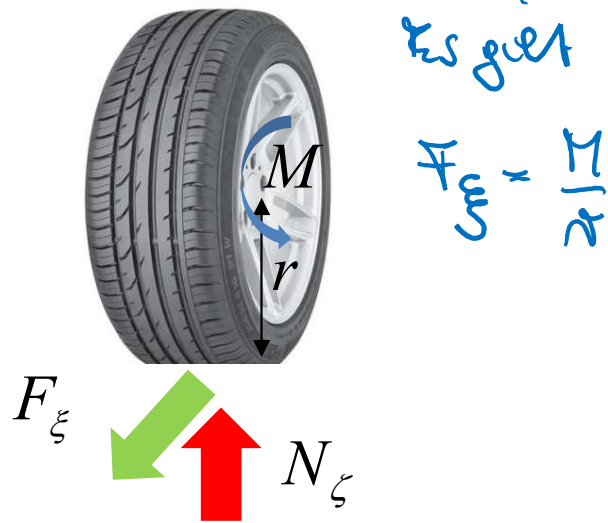
Eine Änderung der Normalkraft hat somit eine Änderung der Latschlänge zu Folge

$$dN_\zeta = \bar{p}_z dA + A d\bar{p}_z$$

$\approx p_i$   $\approx 0$

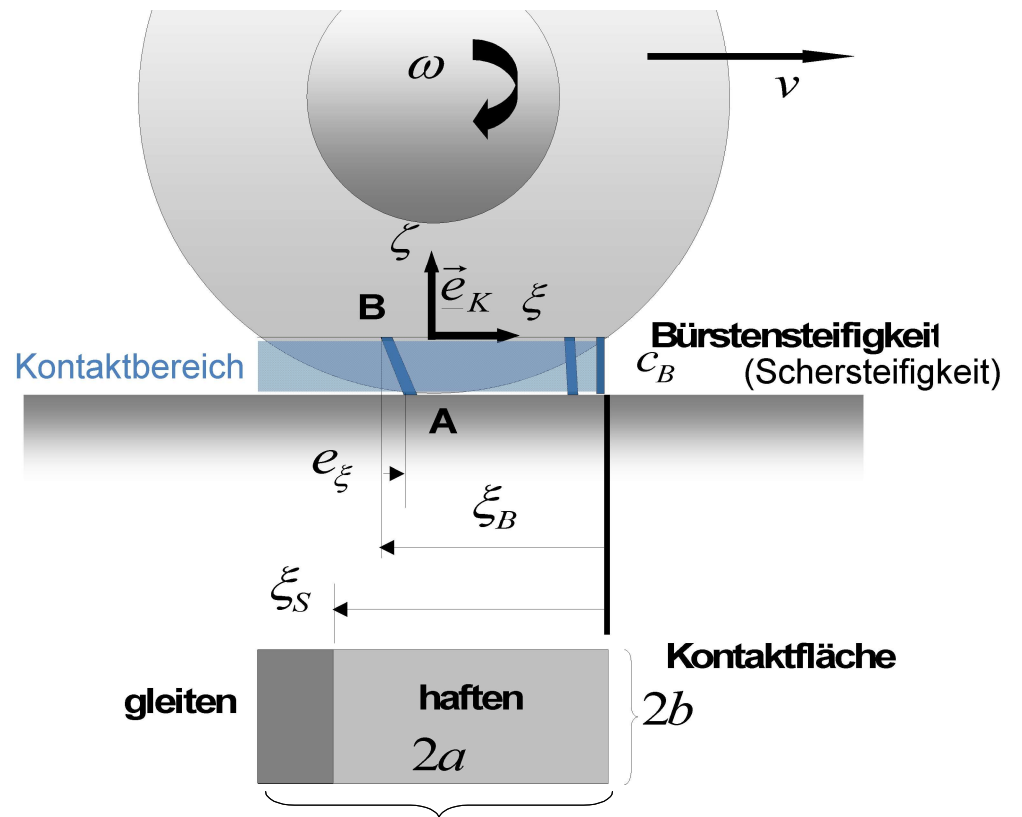
# Längskraft

## Haft- und Gleitreibung



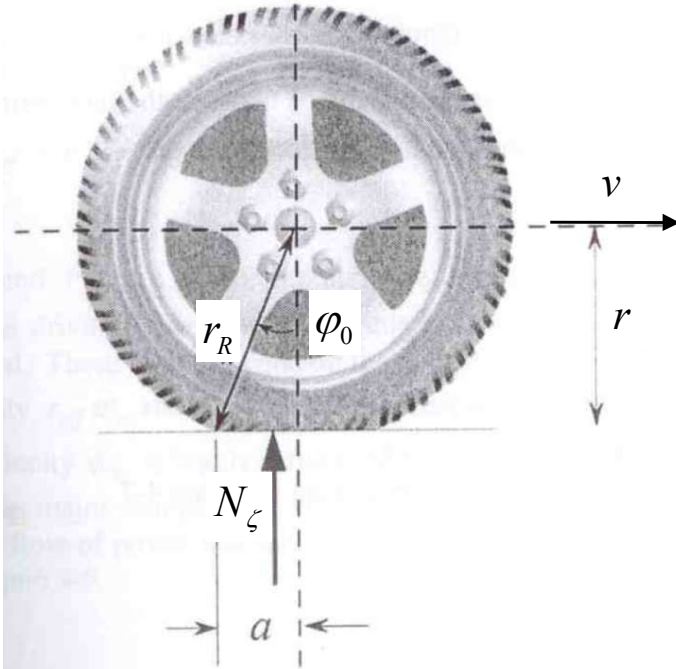
Für  $F_\xi > 0$  tritt immer  
Längsschlupf auf.

## Zur Entstehung von Längsschlupf (Bürstenmodell)



# Längskraft

## Ermittlung des dynamischen Halbmessers $r_{\text{dyn}}$



Mit

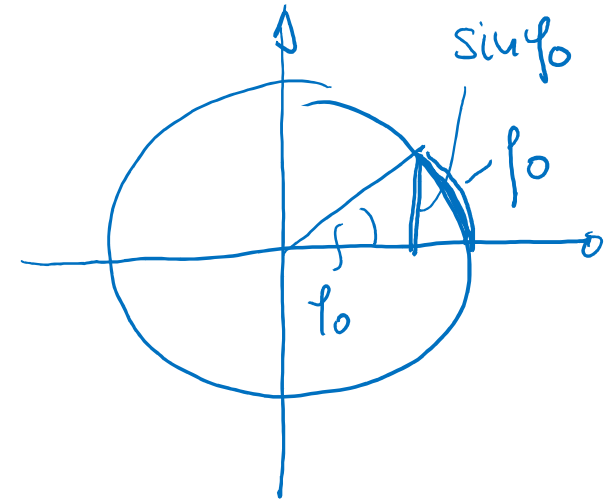
$$\kappa = \kappa_R \cos \varphi_0$$

$$a = \kappa_R \sin \varphi_0$$

folgt

$$\kappa_{\text{dyn}} = \frac{\kappa_R \sin \varphi_0}{p_0} < 1$$

$$= \kappa \frac{\tan \varphi_0}{p_0} > 1$$



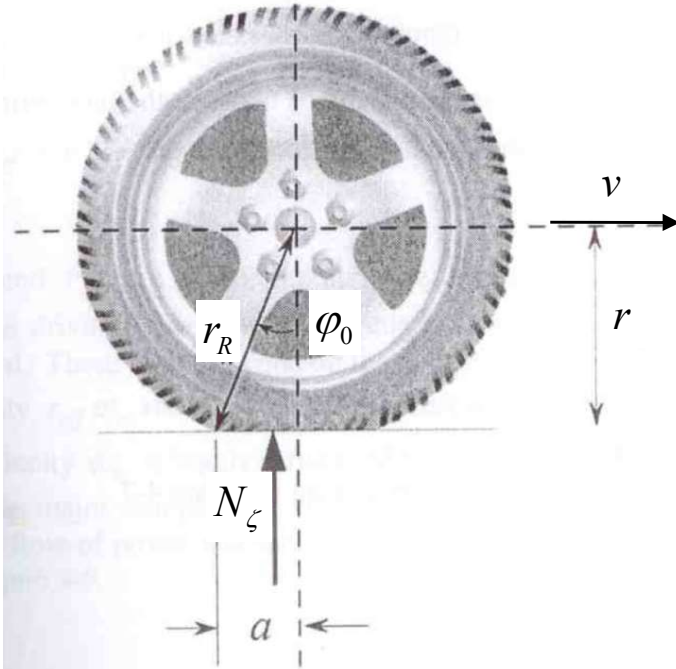
Somit

$$\kappa < \kappa_{\text{dyn}} < \kappa_R$$



# Längskraft

## Ermittlung des dynamischen Halbmessers $r_{\text{dyn}}$



Mit dem dyn. Halbmesser  $r_{\text{dyn}}$  gilt  
frei rollend

$$v = r_{\text{dyn}} \cdot \dot{\varphi}_0$$

$$u = 2\pi r_{\text{dyn}} \quad (\text{Abrollstrecke})$$

Für die Bewegung eines Reifenkeilchens durch  
die Kontaktfläche gilt für  $\dot{\varphi}_0$  const.

$$a = v t = r_{\text{dyn}} \dot{\varphi}_0 t$$

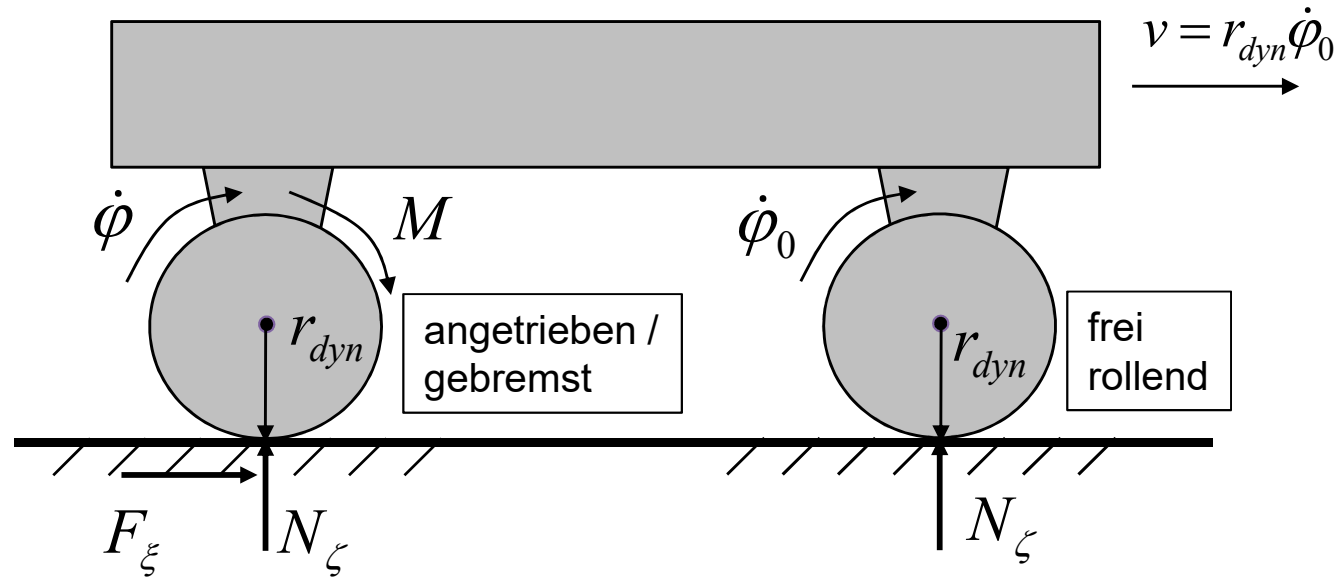
$$\dot{\varphi}_0 = \dot{\varphi}_0 t$$

Somit

$$r_{\text{dyn}} = \frac{a}{\dot{\varphi}_0}$$

# Längskraft

## Ermittlung des Längsschlupfes an der HA



Def. Antriebsschlupf

$$s_f = \frac{\dot{\phi} - \dot{\phi}_0}{\dot{\phi}} = \frac{r_{dyn} \dot{\phi} - v}{r_{dyn} \dot{\phi}}$$

$$= 1 - \frac{v}{r_{dyn} \dot{\phi}} \leq 1$$

Def. Bremschlupf

$$s_f = \frac{\dot{\phi}_0 - \dot{\phi}}{\dot{\phi}_0} = \frac{v - r_{dyn} \dot{\phi}}{v}$$

$$= 1 - \frac{r_{dyn} \dot{\phi}}{v} \leq 1$$

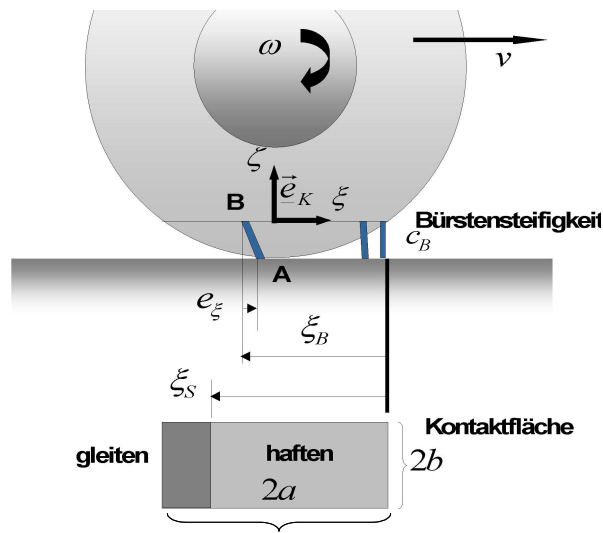
# Längskraft

## Kraftschluss-Schlupf-Kurve

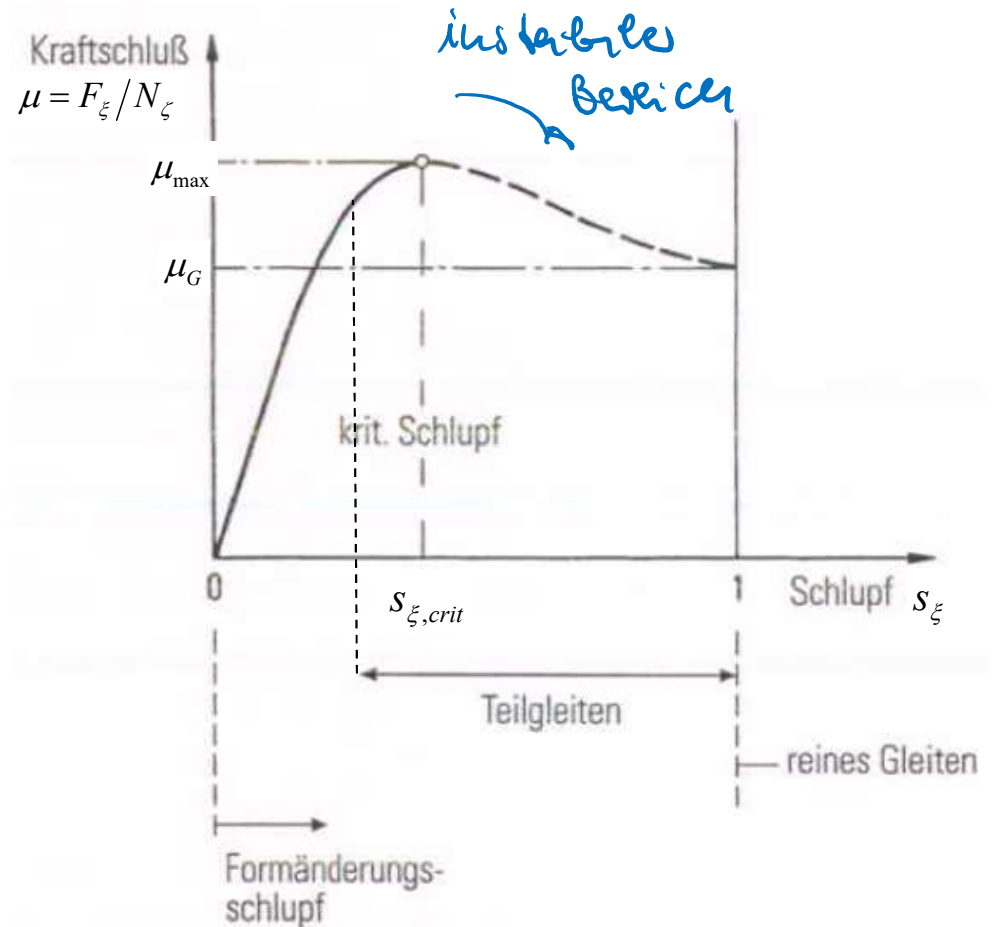
### Def. Kraftschluss

Reibungszahl, Reib(ungs)koeffizient,  
Coefficient of Friction, Kraftschluss  
(-beiwert), Reibwert (ugs.)

$$\mu = \frac{F_{\xi}}{N_{\zeta}}$$



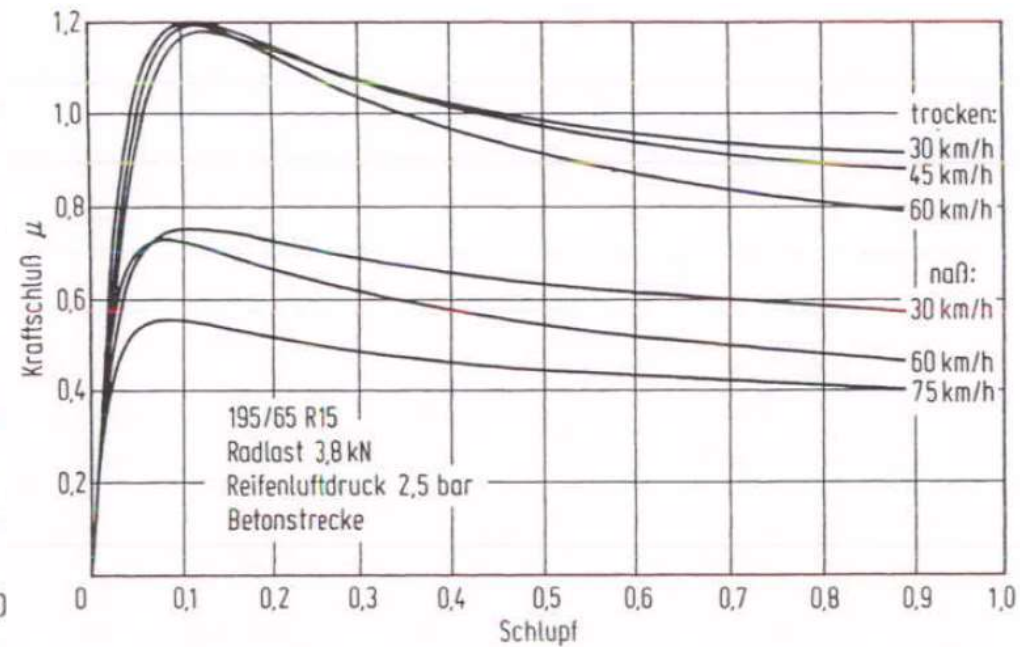
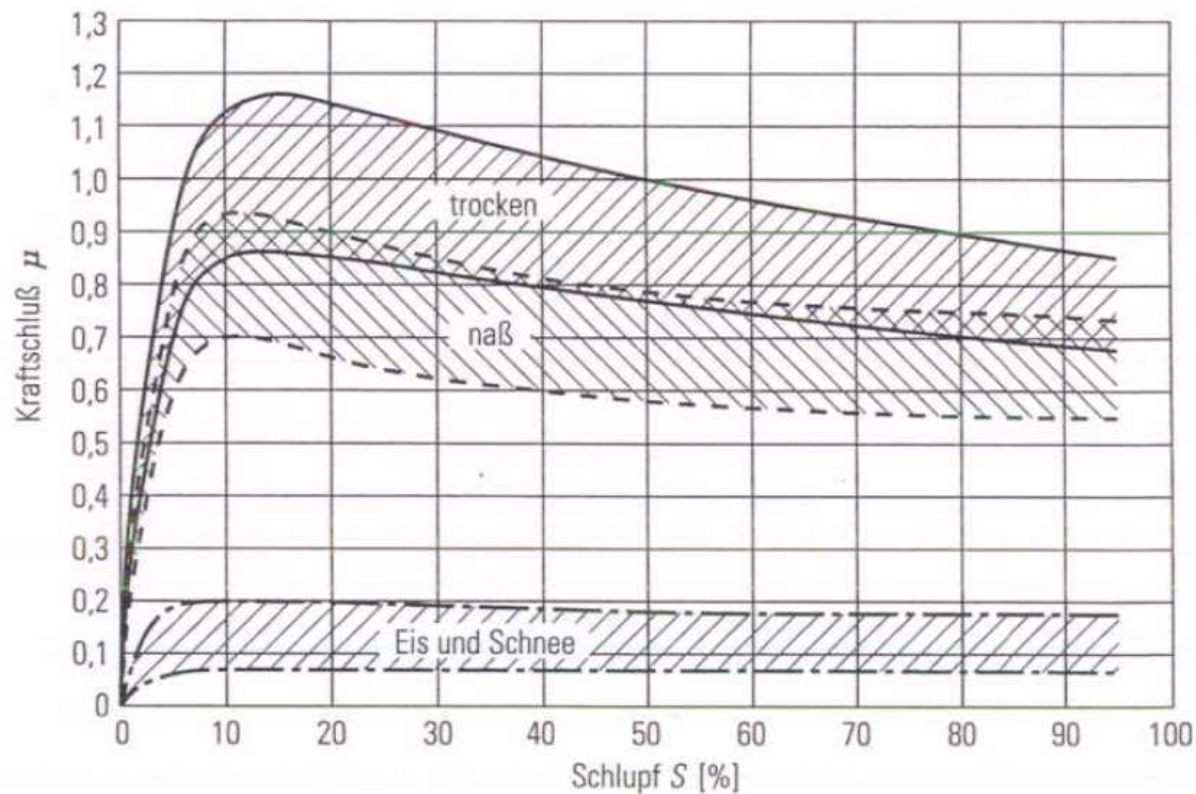
### Kraftschluss-Schlupf-Kurve (prinzipieller Verlauf)





# Längskraft

## Typische Kraftschluss-Schlupf-Kurven

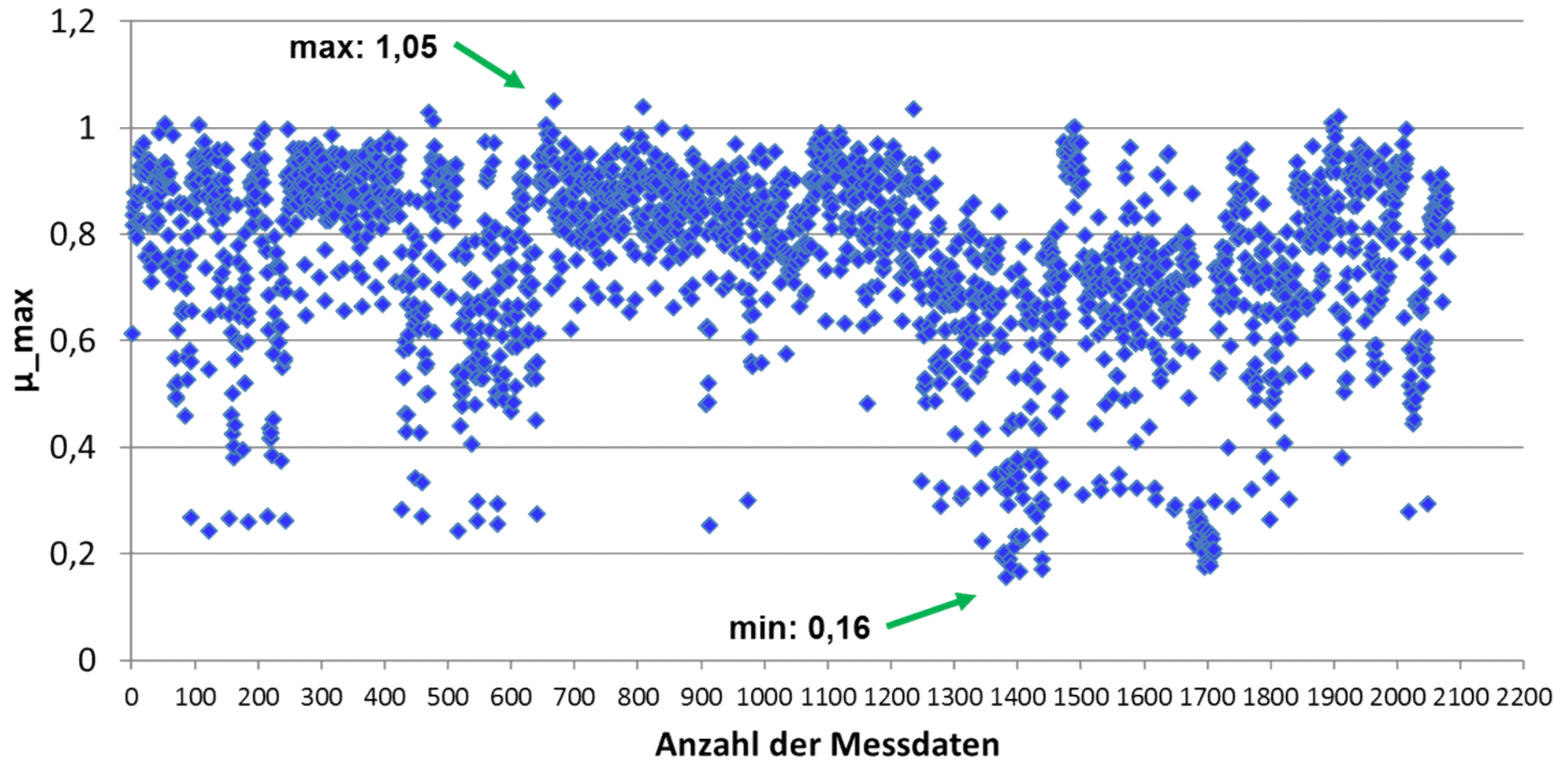


# Längskraft

## Messungen des Kraftschlusspotenzials

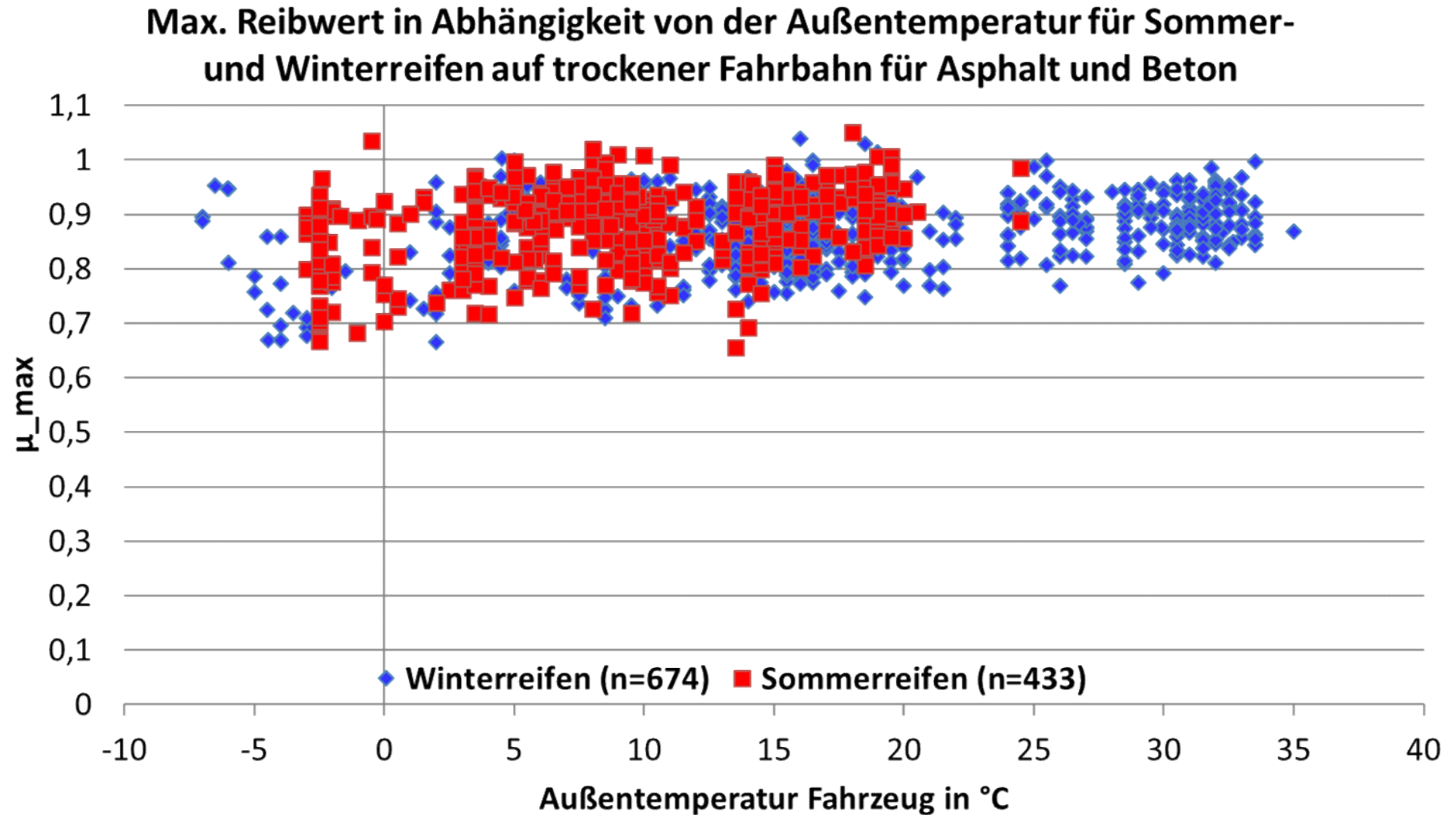
Max. Reibwerte alle Messdaten (n=2080)

Stand: 04.11.2015



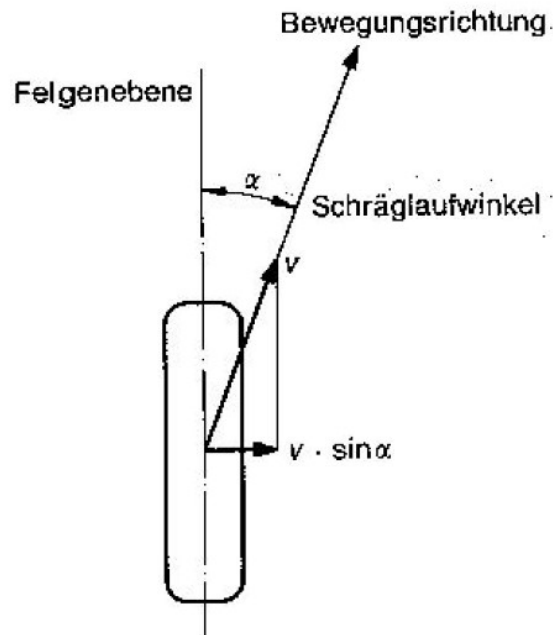
# Längskraft

## Messungen des Kraftschlusspotenzials



# Seitenkraft

## Seitlicher Schlupf, Seitenkraft und Rückstellmoment

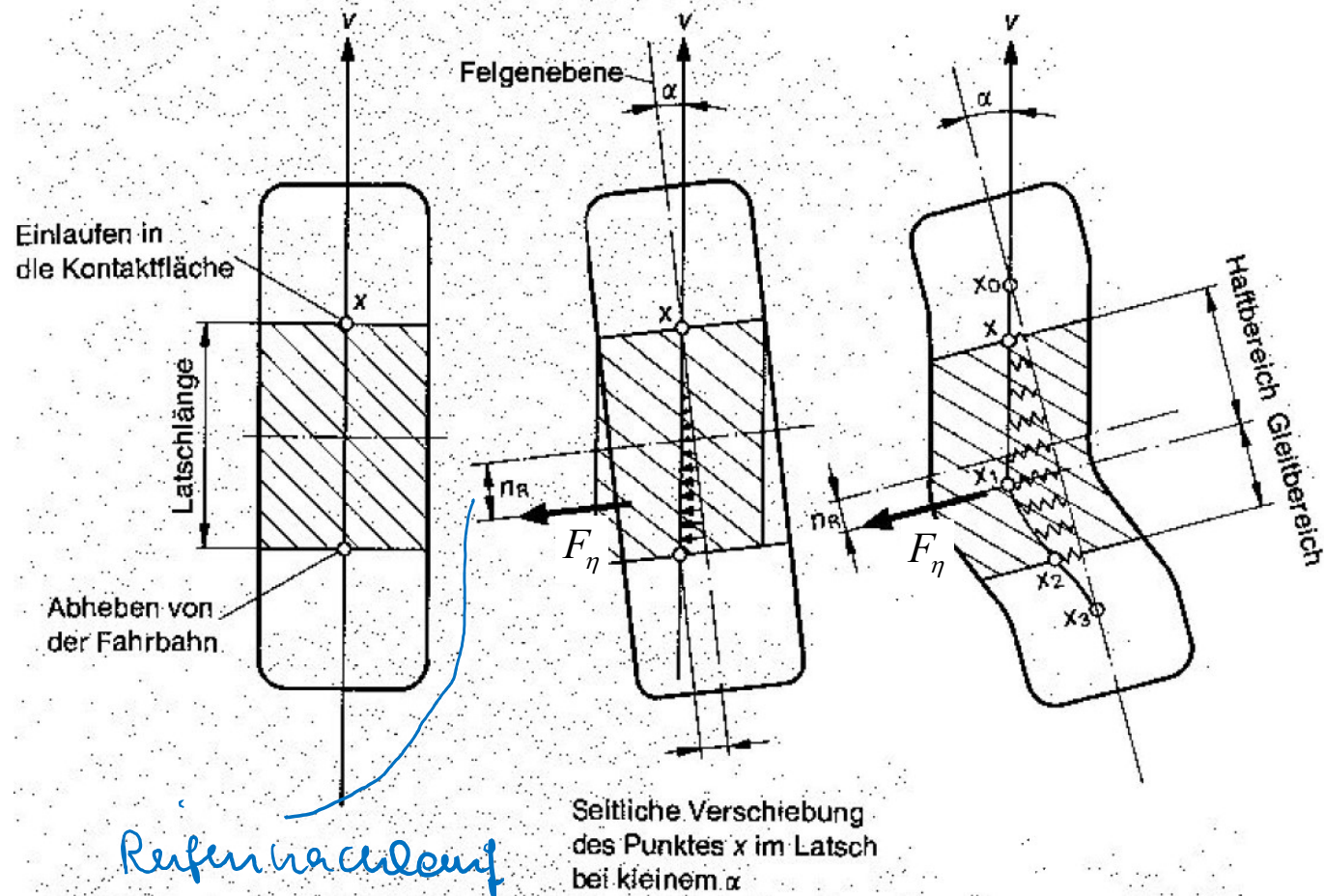


Def. seitlicher Schlupf  $s_y$

$$s_y = \frac{v \sin \alpha}{v} = \sin \alpha$$

Meist wird direkt mit  $\alpha$  gearbeitet

a Geradeausfahrt b kleine Schräglaufwinkel c größere Schräglaufwinkel

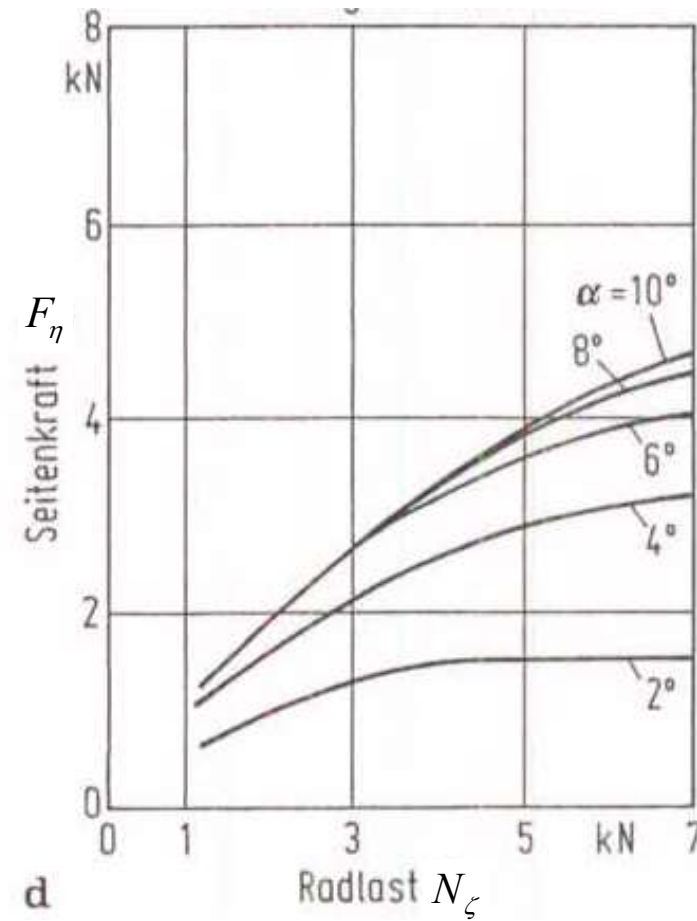
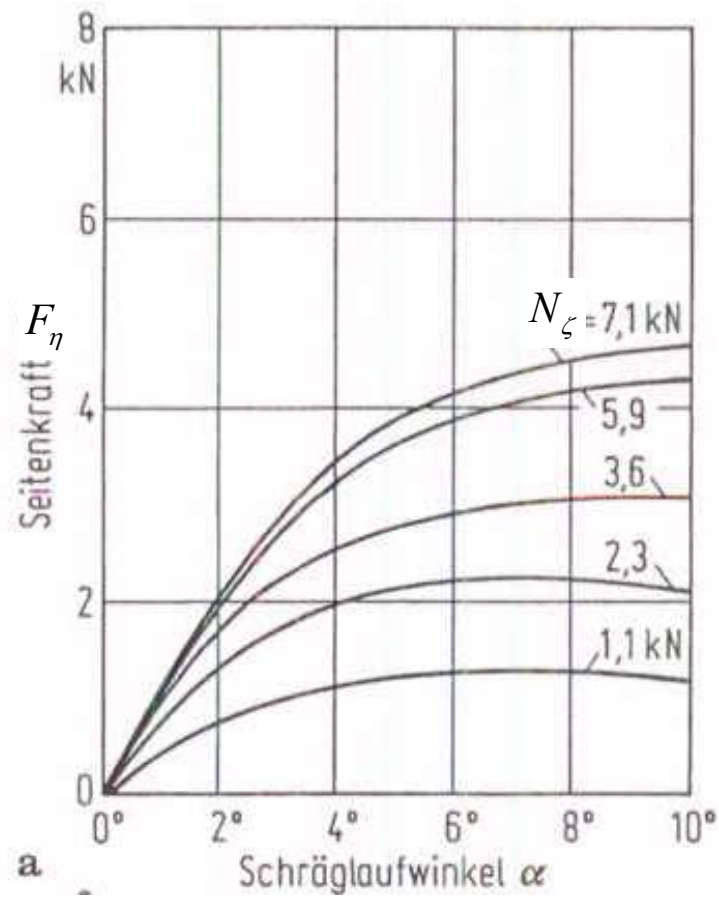


Reifenverhalten



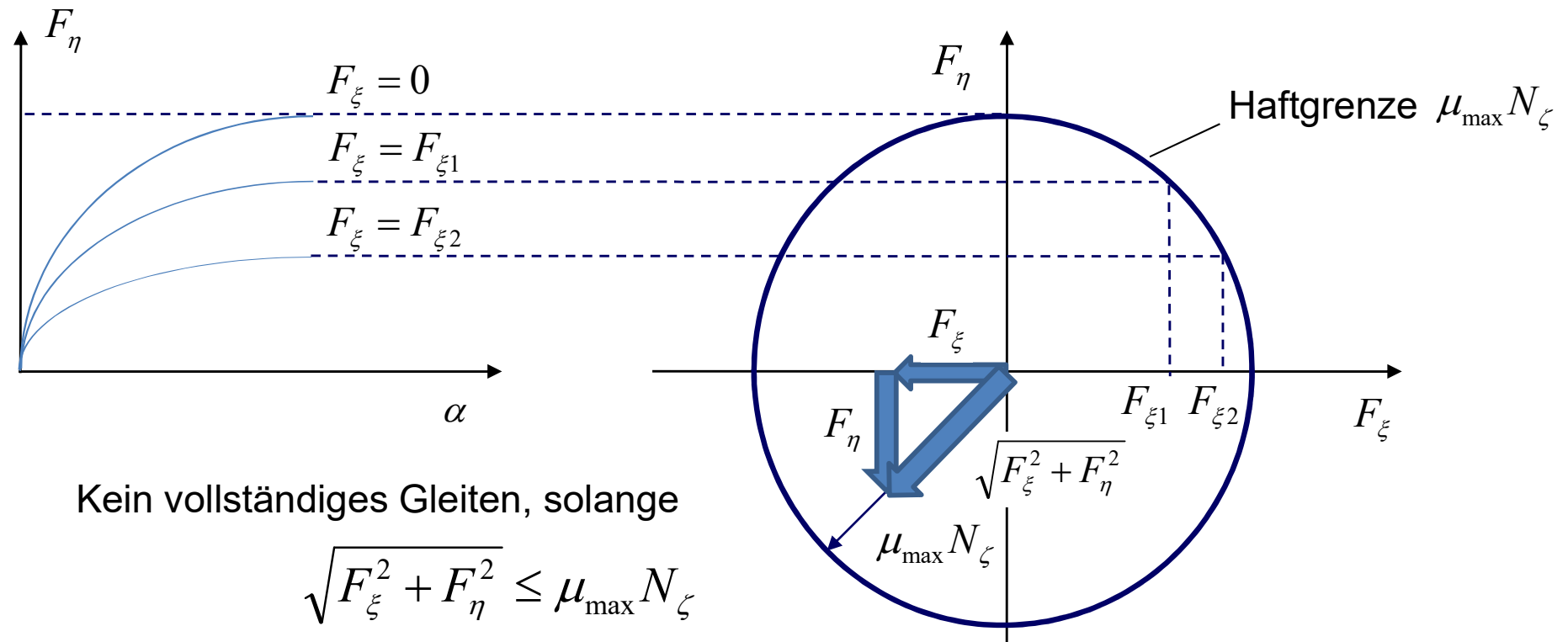
# Seitenkraft

## Seitenkraft in Abhängigkeit von der Radlast



# Längskraft und Seitenkraft kombiniert

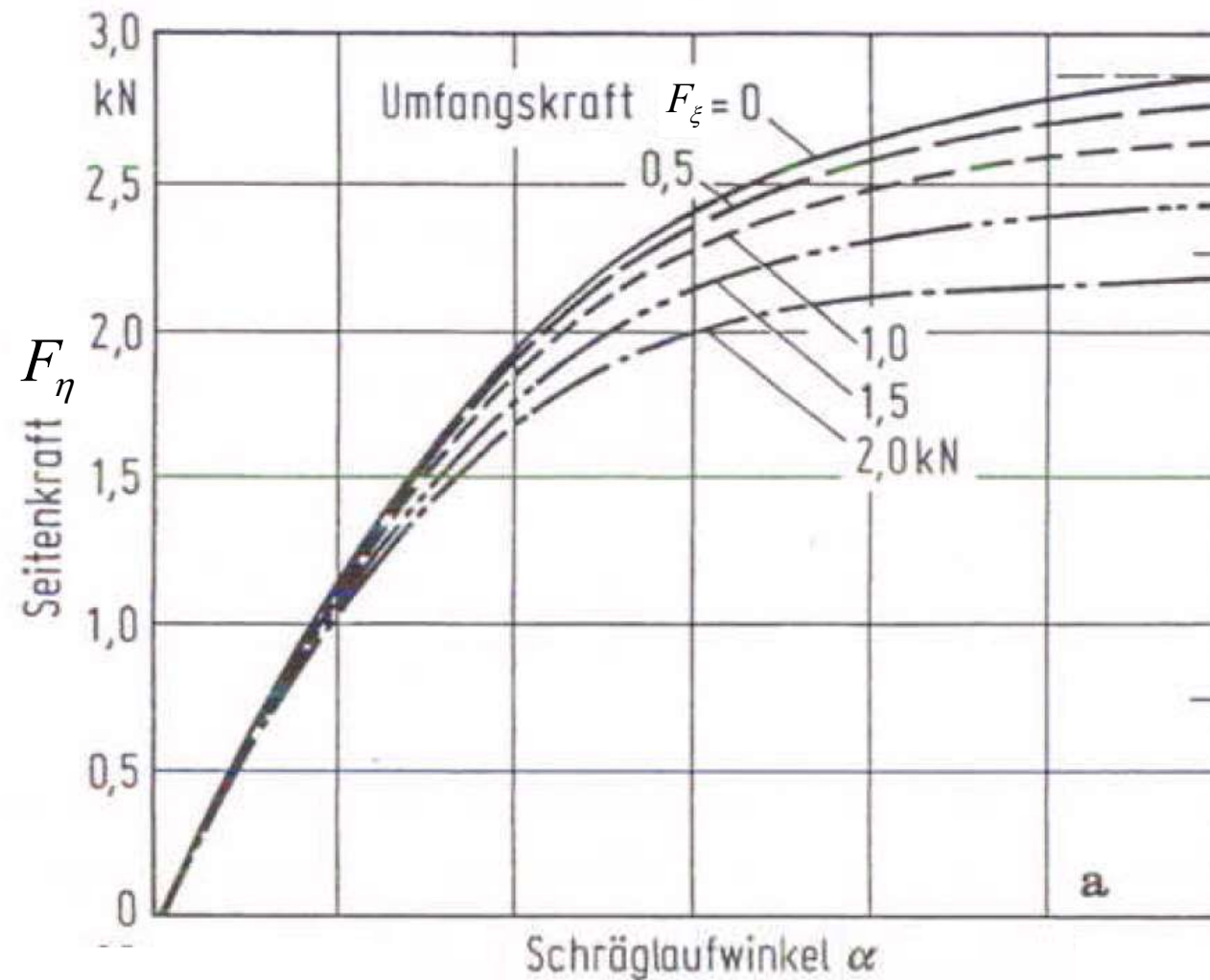
## Kammscher Kreis





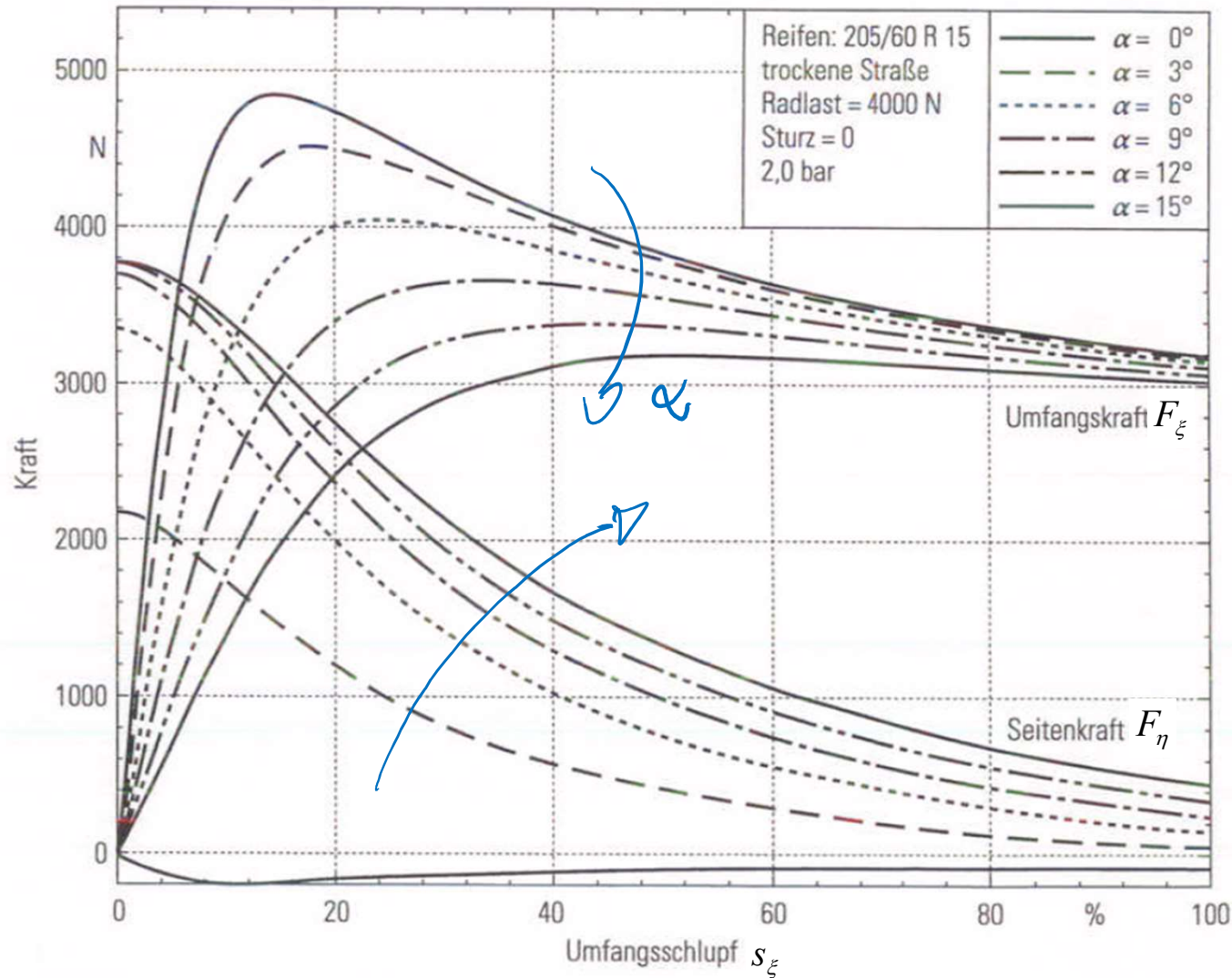
# Längskraft und Seitenkraft kombiniert

## Seitenkraft in Abhängigkeit von der Längskraft



# Längskraft und Seitenkraft kombiniert

## Seiten- und Längskraft i. Abh. vom Längsschlupf



# **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**