

0) Einstellungen am Prüfstand und Reifenmerkmale

Versuchsobjekte: Reifen 185/60 R14 82H GoodYear Eagle Touring

Radlasten: 200, 300, 400 kg

Fülldruck: Variante A: 1,8 bar

Variante B: 1,5 bar

weitere Parameter: Geschwindigkeit: 120 km/h

Sturzwinkel: 0 °

Schräglaufwinkel: 0...+/- 10°

Schräglaufwinkelverstellgeschwindigkeit: 60 °/min

1) Allg. Bedeutung von Seitenkraft- und Rückstellmomentkennlinie auf das Fahrverhalten.

Die Seitenkraftkennlinie stellt die übertragbare Seitenkraft in Abhängigkeit vom Schräglaufwinkel dar. Die Radlast ist dabei ein wichtiger Einflussparameter. Es gilt: je größer die Radlast, umso größer ist auch die übertragbare Seitenkraft bei gleichem Schräglaufwinkel. Alle Kennlinien haben gemeinsam, dass bei einem Schräglaufwinkel von 0° keine Seitenkraft übertragen werden kann, da in diesem Punkt gleitfreies Rollen herrscht und in seitlicher Richtung keine Relativbewegung zwischen Reifen und Fahrbahn existiert, die aber zur Kraftübertragung zwischen Gummi und Fahrbahn notwendig ist. Des Weiteren steigen alle Linien bis etwa 3° Schräglaufwinkel linear an (proportionale Zunahme der Seitenkraft zum Schräglaufwinkel). In den Bereichen größer als 3° zeigen alle Linien degressives Verhalten, d.h. der Anstieg wird mit steigendem Schräglaufwinkel immer kleiner und kann schließlich Null werden, sodass eine Erhöhung des Schräglaufwinkels keine Zunahme der übertragbaren Seitenkraft bedeutet.

Je höher die übertragbare Seitenkraft ist, umso höhere Kurvengeschwindigkeiten sind möglich. Da prinzipiell gilt: je höher der Schräglaufwinkel, umso höher die Seitenkraft, wird sicher an der stärker belasteten Achse, die auch eine größere Seitenkraft aufnehmen muss, ein größerer Schräglaufwinkel einstellen. Durch das Verhältnis der Schräglaufwinkel vorn und hinten wird das Eigenlenkverhalten geprägt.

Auch bei der Rückstellmomentenkennlinie gilt: bei Schräglaufwinkel 0° wird kein Rückstellmoment erzeugt. Im Bereich 0° bis 3° steigt das Rückstellmoment mit dem Schräglaufwinkel steil an, da Seitenkraft und Reifennachlauf zunehmen. Im Bereich größer 3° bis etwa 10° nimmt das Rückstellmoment ab, da der Nachlauf abnimmt (Gleiten im Latschausgang). Bei größeren Schräglaufwinkeln kann es sogar zur Vorzeichenumkehr kommen, wenn der Nachlauf negativ wird.

Je größer die Radlast, um so größer ist auch das erzeugte Rückstellmoment, d.h. je stärker die Achsverteilung nach vorn verschoben ist bei gleicher Gesamtmasse, um so stärker ist das Rückstellmoment bei gelenkter Vorderachse. Außerdem ist das Rückstellmoment bei einem bestimmten Schräglaufwinkel (entspricht einer bestimmten Seitenkraft oder Kurvengeschwindigkeit) maximal. Die Vorzeichenumkehr bei sehr großen Schräglaufwinkeln ist für den Fahrer in erster Linie ein psychologisches Problem, da es nicht den gewohnten Bedingungen entspricht, statt der Rückstelltendenz am Lenkrad eine Verstärkungstendenz zu spüren.

2) Darstellung der Seitenkraft- und Rückstellmomentenkennlinie über dem Schräglaufwinkel für beide Reifen und alle Radlasten anhand der aufgezeichneten Daten und Interpretation der Diagramme.

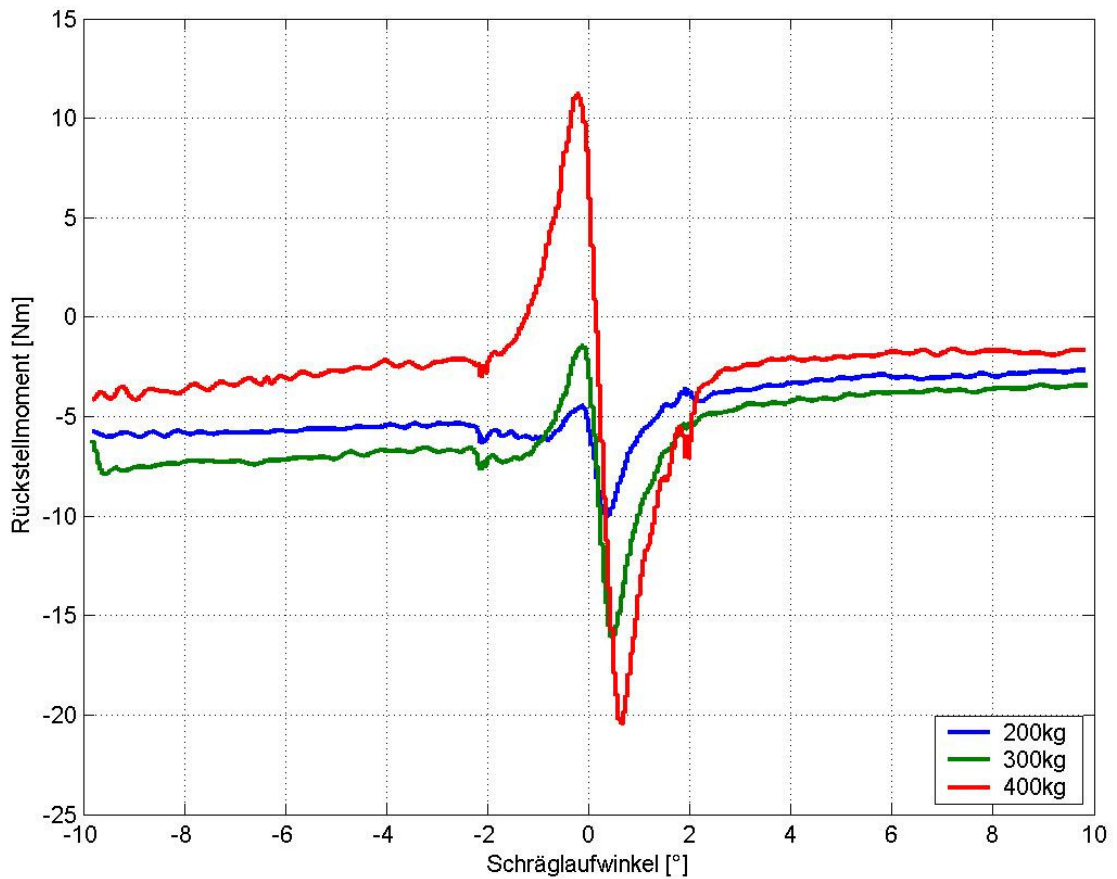
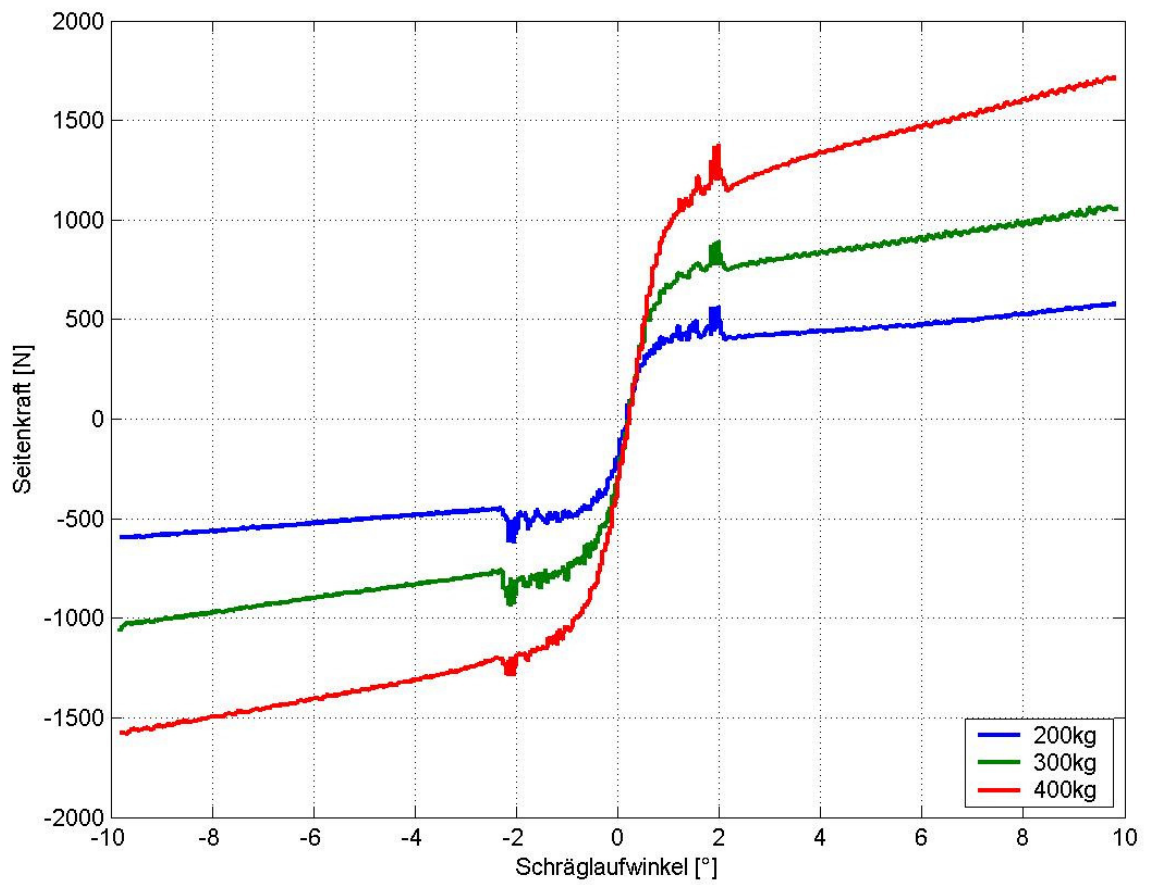
Die Messwerte wurden mit Hilfe des Programms *EXCEL* importiert, kombiniert und sortiert. Die so aufbereiteten Daten wurden mit dem Programm *MatLab* eingelesen und ausgewertet.

Da die Messwerte relative stark rauschen, wurden zur besseren Darstellung der Kennlinien die Daten gefiltert.

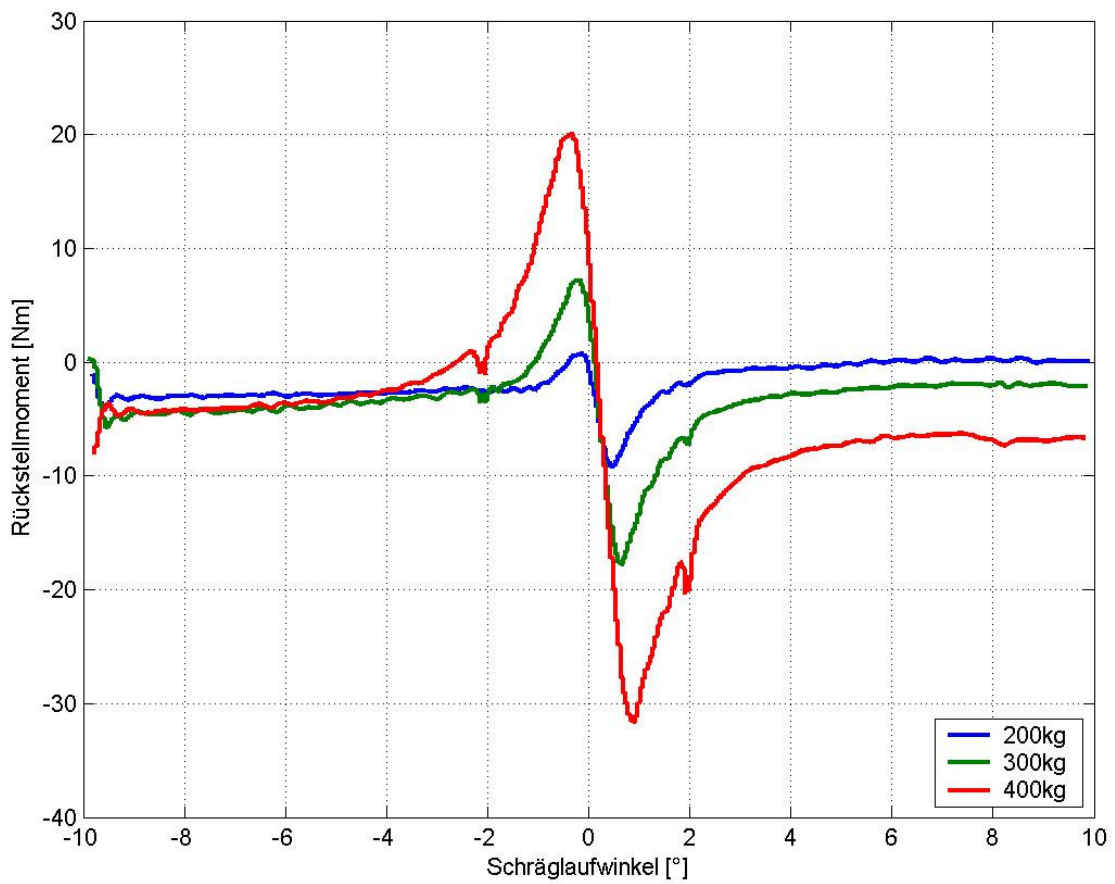
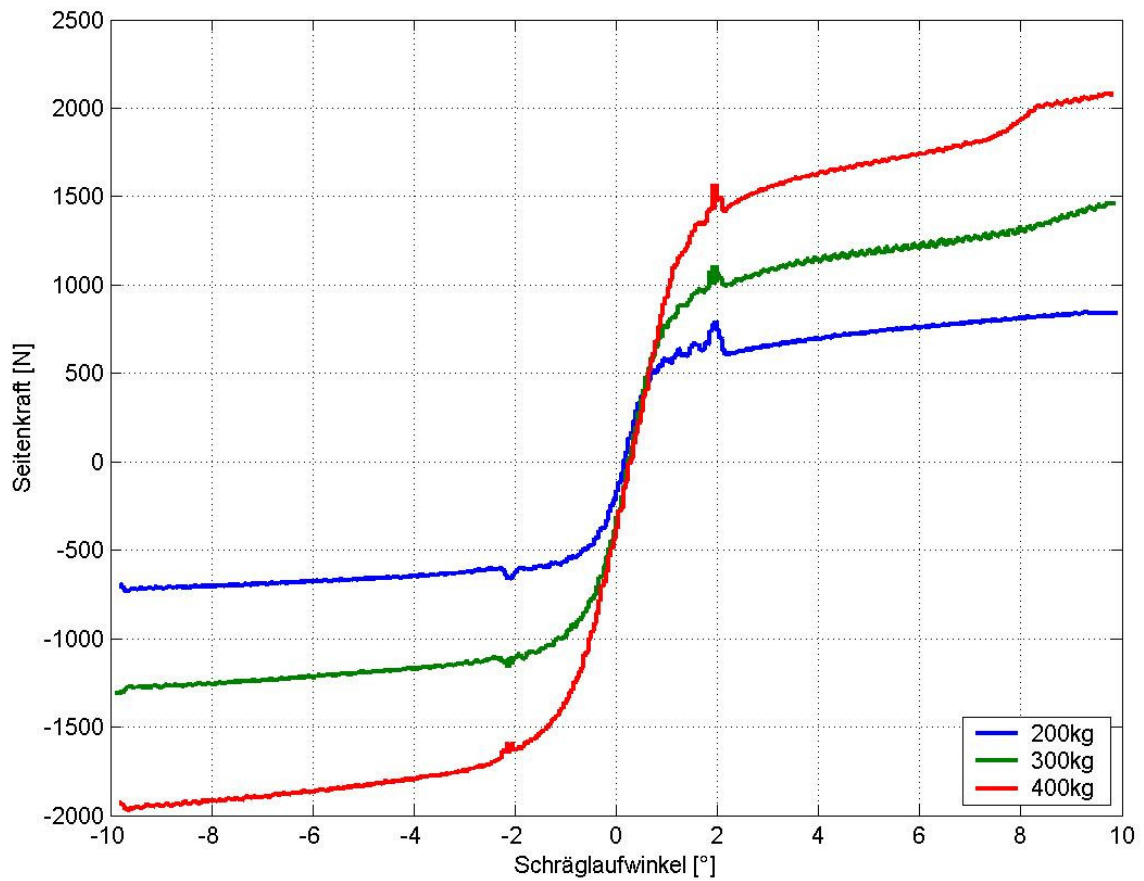
Es wurde der Filter „Chebyshev –Filre Typ1“ als Tiefpassfilter verwendet.

Die Cut-Off-Frequenz wurde für die Seitenkräfte auf 5Hz und für die Rückstellmomente auf 2Hz festgelegt. Die folgenden Diagramme zeigen sowohl die Kennlinien für die übertragbare Seitenkraft als auch die Kennlinien für das jeweilige Rückstellmoment bei den verschiedenen Radlaststufen über dem Schräglaufwinkel des Reifens.

2a) Variante 1



2b) Variante 2



3) Ein Fahrzeug (vereinfacht als Einspurmodell, Fahrzeugmasse $m_g=700$ kg, Schwerpunktabstand: $l_v=1,36$ m; $l_h=1,04$ m) fährt mit $v=120$ km/h (s.o.) eine Kurve mit einem Radius von $R=300$ m.

Berechnen Sie die Radlast vorn und hinten!

allgemeine Daten: $m_g := 700\text{kg}$ $v := 120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
 $l_v := 1.36\text{m}$ $R := 300\text{m}$
 $l_h := 1.04\text{m}$ $\mu_s := 0.8$

vorn: $F_{QV} := \frac{l_h}{l_v + l_h} \cdot m_g \cdot g$ $F_{QV} = 2974.7\text{N}$

hinten: $F_{QH} := \frac{l_v}{l_v + l_h} \cdot m_g \cdot g$ $F_{QH} = 3890\text{N}$

Können bei einem vorhandenen Reibbeiwert (Annahme: $\mu_s=0,5$) die für die Kurvenfahrt erforderlichen Seitenkräfte übertragen werden?

$F_{Sv} := m_g \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{l_h}{l_v + l_h}$ $F_{Sv} = 1123.5\text{N}$

$F_{Sv_möglich} := \mu_s \cdot F_{QV}$ $F_{Sv_möglich} = 2379.7\text{N}$

$F_{Sv_möglich} > F_{Sv}$

$F_{Sh} := m_g \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{l_v}{l_v + l_h}$ $F_{Sh} = 1469.1\text{N}$

$F_{Sh_möglich} := \mu_s \cdot F_{QH}$ $F_{Sh_möglich} = 3112\text{N}$

$F_{Sh_möglich} > F_{Sh}$

→ Seitenkräfte können übertragen werden.

Welches tendenzielle Eigenlenkverhalten (Übersteuern, Untersteuern, Neutral) ist zu erwarten, wenn das Fahrzeug mit folgenden Reifen ausgerüstet ist:

Fülldruck A 1,8 bar

Fülldruck B 1,5 bar

Reifen vorn	Reifen hinten	Fahrverhalten
Fülldruck A	Fülldruck A	Neutral
Fülldruck A	Fülldruck B	Übersteuern
Fülldruck B	Fülldruck B	Neutral
Fülldruck B	Fülldruck A	Untersteuern

Durch den geringeren Fülldruck am hinteren Reifen wird dessen Schräglaufsteifigkeit geringer. Dies hat zur Folge, dass der Schräglaufwinkel der hinteren Räder größer als der der Vorderen ist, was ein Übersteuern des Fahrzeugs nach sich zieht. Ist der Fülldruck in den vorderen Reifen geringer kommt es aus denselben Gründen zu einem Untersteuern.

Schlagen Sie Maßnahmen bzgl. der Reifen vor, mit denen gefährlichem Übersteuern entgegengewirkt werden kann?

Der Schräglaufwinkel und damit das Eigenlenkverhalten ist abhängig von der Radlast, der Störkraft, der Reifenbauart, dem Reifenprofil, dem Fülldruck und der Haftreibungskraft.

Besonders die Radlast hat hier einen großen Einfluss. Erhöht man zum Beispiel die Fahrzeugmasse so ist eine stärkere Tendenz zum Untersteuern zu beobachten.

Ebenso ist es ratsam, an den hinteren Rädern einen höheren Fülldruck als an den Vorderen einzustellen.

Des Weiteren lässt sich der Grad der Untersteuerneigung mittels der Wanksteifigkeitsverteilung zwischen Hinter- und Vorderachse wegen der degressiven Abhängigkeit der Reifenseitenkraft von der Radlast ab mittleren Querbewegungen beeinflussen.¹

Reifendimension

Im Gegensatz zur Coulomb'schen Reibung ist bei der Gummireibung der Reibbeiwert abhängig von der Größe der Kontaktfläche ("Latsch"). Mit zunehmender Kontaktflächengröße steigt der Reibbeiwert degressiv an. Mit einem Breitreifen mit großem Durchmesser können somit größere Kräfte übertragen werden als mit einem normalen Reifen mit geringerem Durchmesser, da bei diesem der "Latsch" kleiner ist.

¹ Vgl: Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik

Reifenhärte (Härte der Gummimischung)

Der Reibbeiwert ist temperaturabhängig. Ähnlich einer Normalverteilung, steigt dieser mit zunehmender Temperatur erst bis zu einem Maximalwert an und fällt danach wieder ab. Die Höhe der Temperatur bei der der Reibbeiwert seinen Maximalwert erreicht ist wiederum abhängig von der Härte der Gummimischung des Reifens. Der maximale Reibbeiwert eines "weichen" Reifens liegt bei einer niedrigeren Temperatur als der eines "Harten" Reifens. Deshalb bestehen Winterreifen aus einem weicheren Gummi als Sommerreifen, damit auch bei niedrigen Temperaturen ein hoher Reibbeiwert erreicht und eine hohe Kraftübertragung gewährleistet wird.

4) Erstellen Sie das Gough-Diagramm für einen Reifen aus den vorliegenden Messdaten.

