

Messung und Beurteilung der Griffigkeit

Eine Wissenschaft für sich !

Alain Jacot

Ing. dipl. EPF / Erhaltungsmanager TBA Kt. Zürich



Messung und Beurteilung der Griffigkeit Eine Wissenschaft für sich !

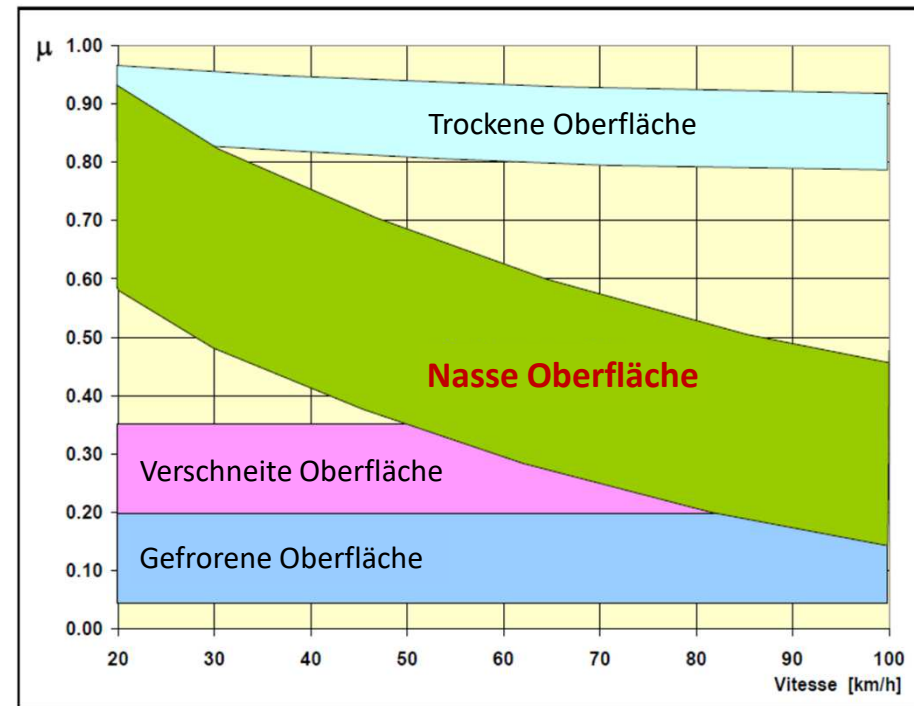


Inhaltsverzeichnis

- **Einführung**
- **Die Mechanismen der Fahrbahngriffigkeit**
- **Einflussfaktoren auf die Griffigkeit**
- **Makrotextur und Mikrotextur**
- **Griffigkeitsmessungen (Methoden und Messgeräte)**
- **Beurteilung der Griffigkeitsmessungen**
- **Besonderheiten der Strassenmarkierungen**
- **Schlussfolgerung und Empfehlungen**

Einführung

- Die **Griffigkeit** hängt **grundsätzlich vom Fahrbahnzustand ab**
- Die **Griffigkeit** hängt **nicht von der Geschwindigkeit ab, mit Ausnahme der nassen Oberflächen!**
- **Folglich werden sämtliche Griffigkeitsmessungen mit einem vordefinierten Wasserfilm ausgeführt**



Griffigkeitsmechanismen

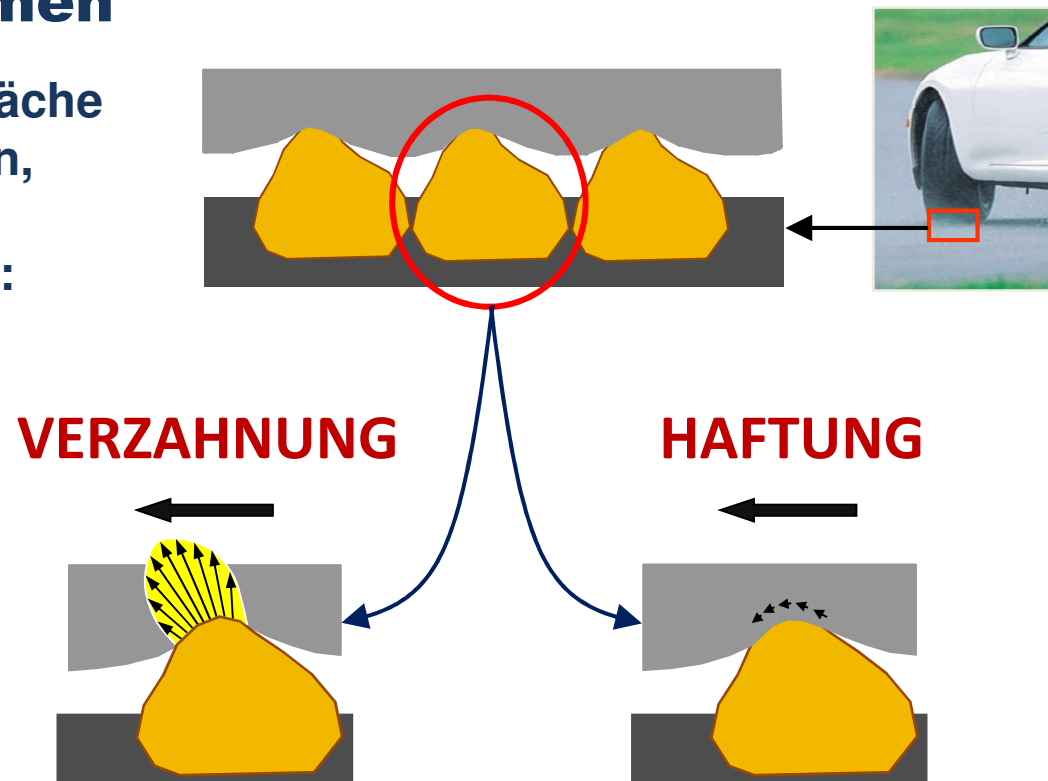
Interaktionen an der Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahn, die Reibungskräfte auf der Fahrbahnoberfläche erzeugen:

- **VERZAHNUNG**

☞ Viskoelastische Kräfte

- **HAFTUNG**

☞ Molekulare Interaktionen



Griffigkeitsmechanismen

Die **HAFTUNG** hängt von der mobilisierten Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahn ab, kann aber bei nasser oder verschmutzter Oberfläche nicht entstehen

Die **HYSTERESE (Verzahnung)** hängt von der Rauigkeit der Fahrbahn ab, die die Gummistruktur des Reifens verformt. Dies kann aber schlecht oder gar nicht funktionieren, wenn die Rauigkeit der Fahrbahn abgeseifen ist



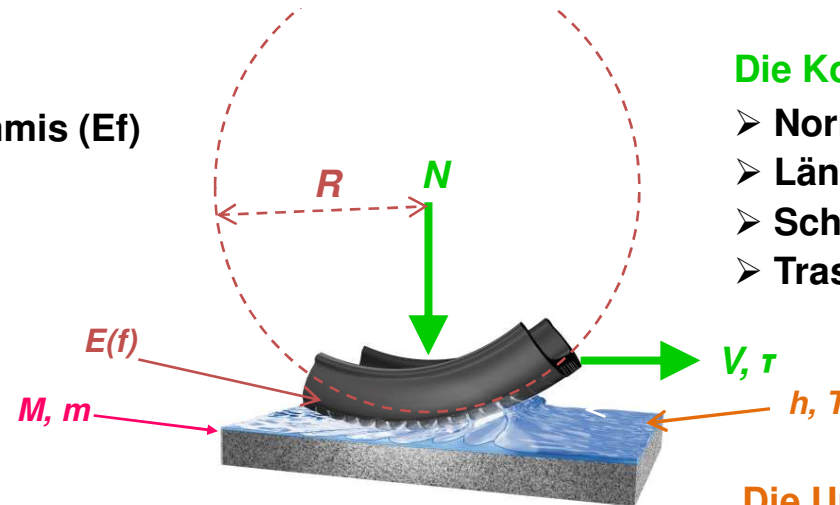
Einflussfaktoren auf die Griffigkeit

Die Reifeneigenschaften

- Viskoelastizität des Gummis (E_f)
- Reifengeometrie (R, L)
- Tiefe des Reifenprofils

Die Textureigenschaften

- Makrotextur (M)
- Mikrotextur (m)
- Positive oder negative Textur



Die Kontakteigenschaften

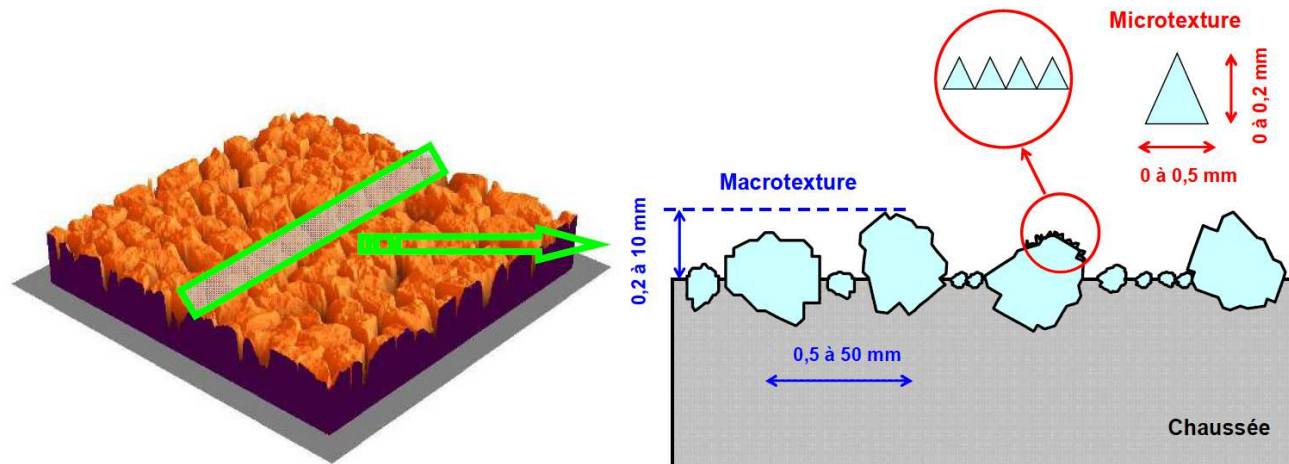
- Normallast (N)
- Längsgeschwindigkeit (V)
- Schlupfratio (τ)
- Trasse, Querneigung

Die Umgebungsbedingungen

- Höhe des Wasserfilms (h)
- Temperatur (T)
- Schnee, Glatteis
- Schmutz, Verunreinigung

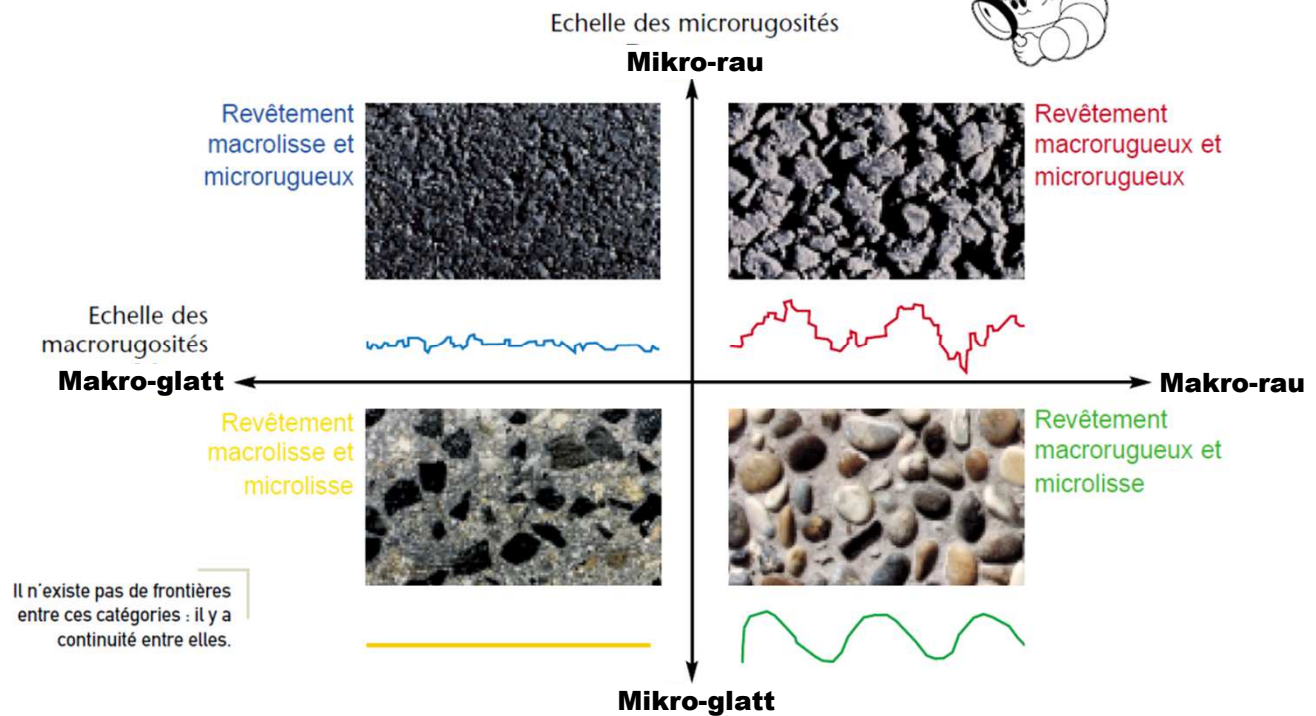
Makrotextur und Mikrotextur

- **MAKROTEXTUR:** hängt von der **Belagsoberfläche** ab
- **MIKROTEXTUR:** hängt von der **Oberfläche der Gesteinskörnung** ab



Makrotextur und Mikrotextur

- Makro-rau
- Makro-glatt
- Mikro-rau
- Mikro-glatt

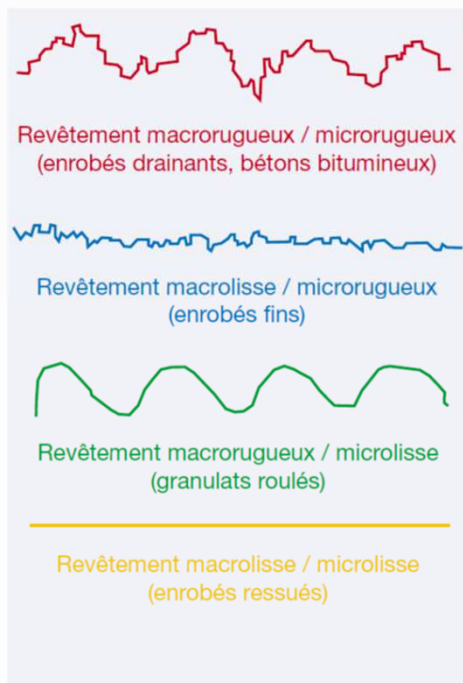


Texturfunktionen

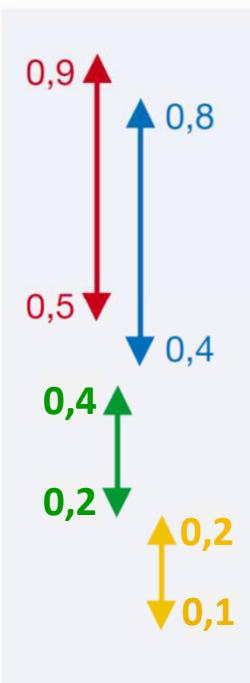
- Die **Makroraugigkeit** hat eine Drainage- und Lagerungsfunktion, kann aber den Wasserfilm nicht durchbrechen
- Die **Mikroraugigkeit** erzeugt hohe lokale Druckverhältnisse zwischen Reifen und Fahrbahn, was den Wasserfilm durchbrechen kann

* Bei trockenen Verhältnissen weisen alle Fahrbahnoberflächen einen Griffigkeitskoeffizient zwischen 1.0 et 1.3 auf (bei genügender Kontaktfläche !)

Art der Oberflächentextur

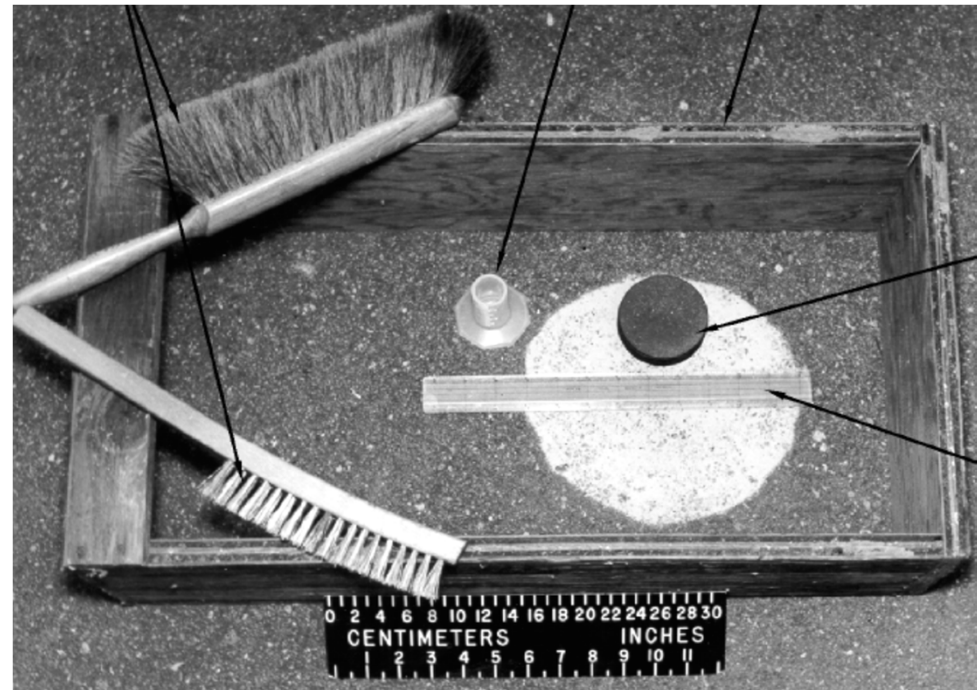


Griffigkeitskoeffizient bei Nässe *



Volumetrische Messung der Makrotextur

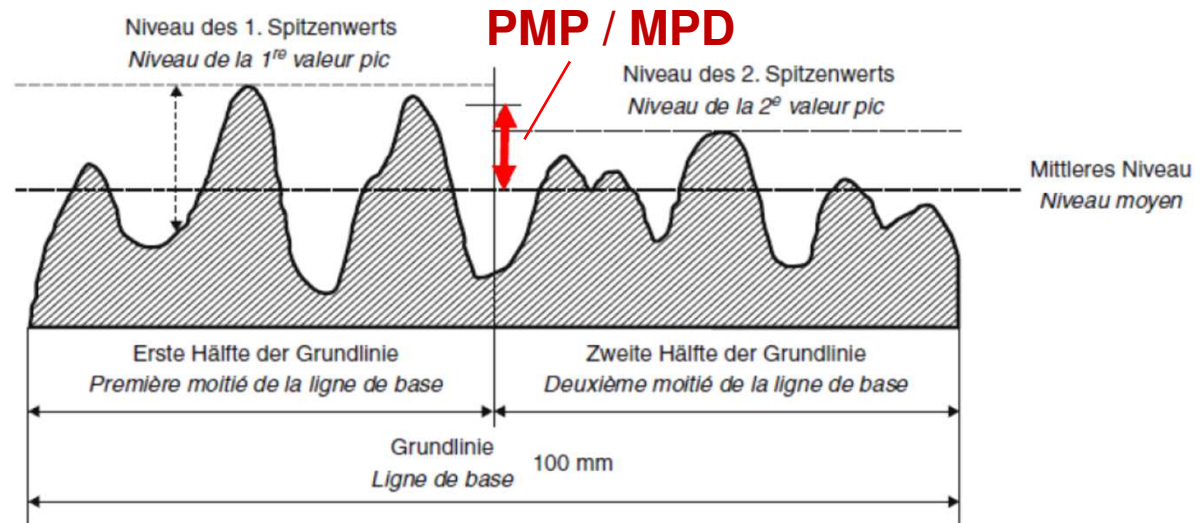
- «Sandfleck»
- Kalibrierte Glaskugeln
- Lokal (0 km/h)
- VSS 40 511a & EN 13036-1
- PMP ≥ 0.25 mm
- **Mittlere Texturtiefe**
 $PMT = 4 \cdot V / \pi \cdot D^2$



Profilometrische Messung der Makrotextur

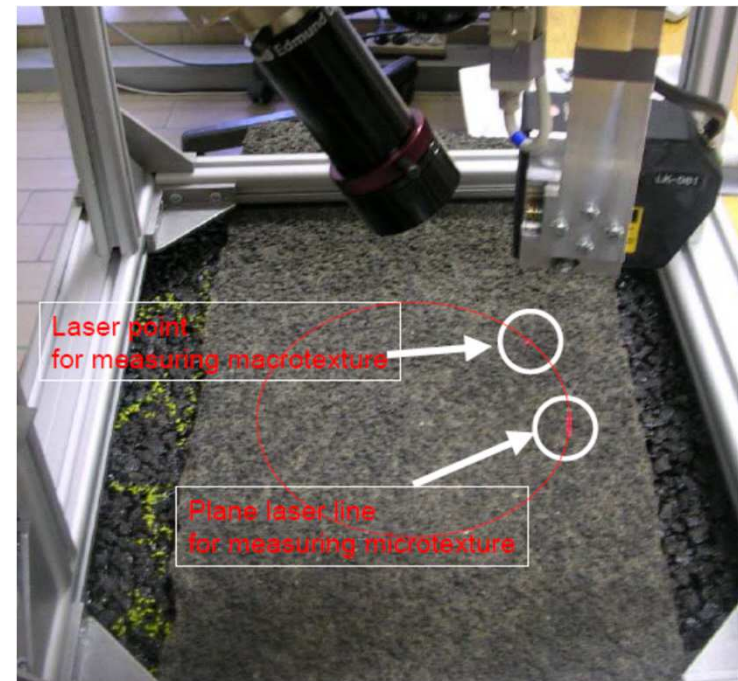
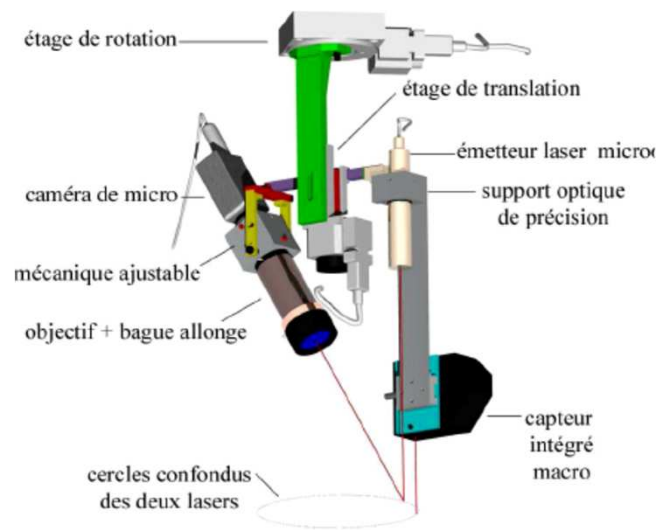
- Spezieller Laser
- Kontinuierlich
- 0 bis 100 km/h
- VSS 40 511a & EN ISO 13473-1
- **MPD** (Mean Profile Depth) = **Mittlere Profiltiefe**

$$\text{Mittlere Profiltiefe MPD / Profondeur moyenne du profil PMP} = \frac{1. \text{ Spitzwert / 1}^{\text{re}} \text{ valeur pic} + 2. \text{ Spitzwert / 2}^{\text{e}} \text{ valeur pic}}{2} - \text{mittleres Niveau / niveau moyen [mm]}$$



Texturmessung im Labor (Forschung)

- Makro- und **Mikro**textur (Beispiel CRRB)
- Aufnahme dauert mehrere Stunden



Indirekte Messung der Mikrotextur

SRT Pendel

Angesichts der kleinen Messgeschwindigkeit ($V = 12 \text{ km/h}$), sind die SRT Pendelwerte hauptsächlich von **der Wirkung der Mikrotextur** beeinflusst

Bei schlechten SRT-Werten:
Dynamische Längsmessungen bei $V \geq 40 \text{ km/h}$ (mit Makrotextur !)

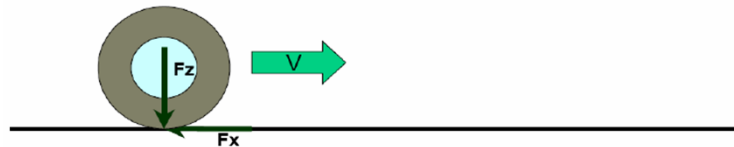


Methoden der Griffigkeitsmessung

- Längsmessung mit einer konstanten (oder variablen) Schlupfratio
- Quermessung in Abhängigkeit vom Anstellwinkel des Messrades

Coefficient de frottement longitudinal μ **LFC**

$$\mu = F_x / F_z$$



$$F_x = M_B / R$$

$$F_x = \text{Force freinage [kN]} \quad M_B = F_x * R = \text{Moment freinage [kN*m]}$$

$$F_z = \text{Force normale [kN]} \quad V = \text{Vitesse de mesure [m/s]}$$

$$R = \text{Distance entre le moyeu et la surface de contact [m]}$$

Coefficient de frottement latéral μ_y **SFC**



$$\mu_y = \frac{F_y}{F_z}$$

F_y = Force latérale [kN]

F_z = Force normale [kN]

V = Vitesse de mesure [m/s]

α = Angle d'envirage [°]

Messgeräte für **Längsmessungen**

- **Skiddometer BV11 (Schweiz)**
- **RoadStar (Österreich)**



- **GripTester**



Messgeräte für **Seitenkraftmessung**

- **SKM** = **SeitenKraftMessgerät** (Deutschland & Schweiz)
- **SCRIM** (England & EU)



Seitenkraftmessung ist in erster Linie von der Mikrotextrur beeinflusst

Messungen bei engen Kurvenradien sind systembedingt problematisch!

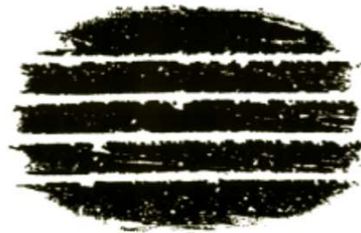


Einflussfaktoren auf die Messungen

- 1 PW-Reifen (mittlere Grösse)**
- 2 AIPCR-Reifen gerillt (RoadStar, Skiddometer BV8)**
- 3 ASTM-Reifen glatt (Skiddometer BV11, GripTester)**
- 4 Glatter Messreifen für SKM und SCRIM**



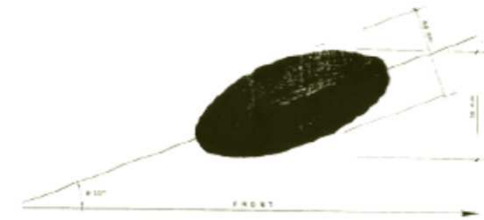
1



2



3

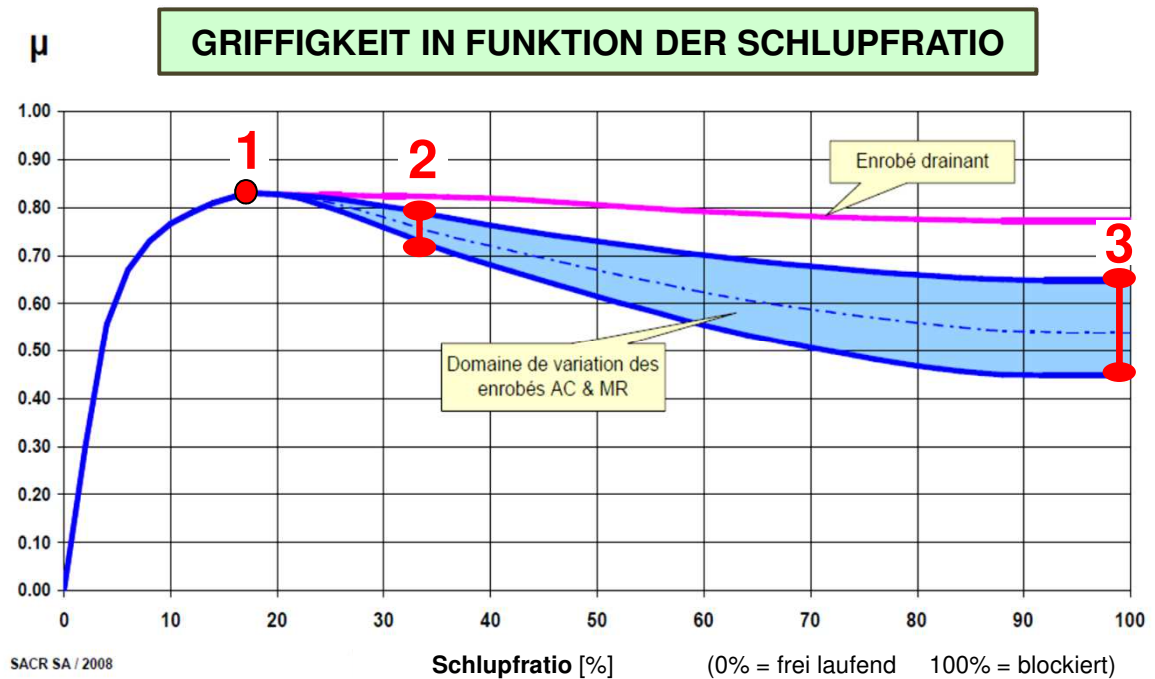


4

Einflussfaktoren auf die Messungen

SCHLUPFRATIO

- 1 18 % Skiddometer**
- 2 34 % SKM & SCRIM**
- 3 100 % (blockiertes Rad)**



Beurteilung der Griffigkeitsmessungen

- Norm VSS 40 525
- Dynamische Messgeräte in der Schweiz
- **Abnahmewerte und Schwellenwerte**

Abnahmewerte und Schwellenwerte der dynamischen Messsysteme der Griffigkeit <i>Valeurs de réception et valeurs seuil des appareils de mesure dynamiques de l'adhérence</i>						
Anforderung an die Griffigkeit <i>Exigence pour l'adhérence</i>	Abnahmewerte μ <i>Valeurs de réception μ</i>			Schwellenwerte μ <i>Valeurs seuil μ</i>		
Dynamische Messverfahren <i>Systèmes dynamiques</i>	40 km/h	60 km/h	80 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Skiddometer BV 8 (gebremstes Messrad) <i>Skiddomètre BV 8 (roue freinée)</i>	0,70	0,58	0,49	0,60	0,48	0,38
SKM & SCRIM (schräg gestelltes Messrad) <i>SKM & SCRIM (roue oblique)</i>	0,58	0,48	0,42	0,48	0,39	0,32

Beurteilung der Griffigkeitsmessungen

- Norm VSS 40 525
- Kombinierte Methode SRT-Pendel / Ausflussmesser
- **Richtwerte >> dynamische Messung wenn ungenügend**

Richtwerte der Griffigkeit bei örtlicher Anwendung der kombinierten Methode SRT-Pendel/Ausflussmesser <i>Valeurs indicatives de l'adhérence relative à l'utilisation locale de la méthode combinée pendule SRT/drainomètre</i>		
Richtwerte der Griffigkeit <i>Valeurs indicatives de l'adhérence</i>	Kombinierte Methode SRT-Pendel/Ausflussmesser <i>Méthode combinée Pendule SRT/drainomètre</i>	
Signalisierte maximale Geschwindigkeit <i>Vitesse maximale signalisée</i> V_{max}	SRT-Wert <i>Valeur SRT</i>	Ausflussmesszeit <i>Temps d'écoulement</i> [s]
> 80 km/h (HLS / RGD)	60	50
60...80 km/h (ausserorts / hors localité)	60	50
≤ 50 km/h (innerorts / en localité)	60	50

Griffigkeit der Strassenmarkierungen

- Norm VSS 40 877 «Markierungen – Lichttechnische Anforderungen, Griffigkeit»  **SRT \geq 45**
- Norm EN 1436 «Anforderungen an Markierungen auf Strassen und Prüfverfahren»
- **Tabelle 8 EN 1436:2018**

Klasse	Mindest-SRT-Wert
S0	keine Anforderung
S1	SRT-Wert \geq 45
S2	SRT-Wert \geq 50
S3	SRT-Wert \geq 55
S4	SRT-Wert \geq 60
S5	SRT-Wert \geq 65

Besonderheiten der Strassenmarkierungen

- Die Qualität der Retroreflektion und der Griffigkeit sind de facto in Konkurrenz. Man muss ein Optimum in der Dosierung der Einstreuprodukte finden, das heisst zwischen den **Mikroglaskugeln** und den **Griffigkeitssplitten**.
- Strukturmarkierungen können in der Regel nicht mit dem SRT-Pendelgerät gemessen werden.
- Für die Markierungen und die farbigen Beläge der Mehrzweckstreifen gelten die gleichen Anforderungen wie für die umliegenden Fahrbahnflächen.

Besonderheiten der Strassenmarkierungen

- **Micro-GripTester: Spezielles Messgerät zur Messung von Kleinflächen und Strassenmarkierungen (nicht normiert).**



Schlussfolgerung und Empfehlungen

- **Die Griffigkeit ist ein komplexer physikalischer Vorgang**
- **Die Griffigkeit ist von mehreren Faktoren beeinflusst**
- **Die Ergebnisse der verschiedenen Messmethoden sind nicht immer zu 100% vergleichbar, können sich aber gut ergänzen**
- **Die normierten Schwellenwerte sind ein erster Schritt bei der Beurteilung der Griffigkeit. Für eine globalere Betrachtung müssen fallweise weitere Faktoren beigezogen werden**

Schlussfolgerung und Empfehlungen

- **Bei Unfällen ist die Expertise eines Spezialisten nötig**
- **Gemäss Norm VSS 40 525 :**

23 Sicherheitsrelevanz der Schwellenwerte

Bei der Beurteilung von Unfallursachen ist die Griffigkeit nur eines von vielen Elementen, welches in Betracht kommen kann.

Bei Schleuder- oder Auffahrunfällen bei Nässe sind neben der Griffigkeit weitere wichtige Einflussfaktoren, wie Geschwindigkeit, Fahrweise, Wagen- und Reifenzustand, Strassengeometrie, Witterung und allgemeiner Zustand der Fahrbahnoberfläche zu betrachten. Der Einfluss aller Faktoren muss im Rahmen einer Unfallanalyse untersucht werden.

Schlussfolgerung und Empfehlungen

- Angesichts der vielseitigen Einflussfaktoren auf das vorhandene Griffigkeitsniveau und in Anbetracht der sehr variablen lokalen Verhältnisse (Trasse, Umwelt, Geschwindigkeit), ist es wichtig **BEDARF und ANGEBOT an Griffigkeit angemessen zu berücksichtigen**
- Die Griffigkeitsverhältnisse können **ausschliesslich auf einer feuchten oder nassen Fahrbahnoberfläche kritisch sein**, insbesondere nach einer langen trockenen Periode (Ansammlung von Verunreinigungen und Staub)

Zum Schluss, noch eine Frage!

**Kann man den Rollwiderstand eines Reifens vermindern
ohne gleichzeitig seine Griffigkeitsqualität zu reduzieren ?**

Seit kurzem

JA !

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Haben Sie weitere Fragen ?