

Technisches Infoblatt

Griffigkeitsmessungen SKM-Verfahren

Kiwa Kiwa KOAC
Schumanpark 43
7336 AS Apeldoorn
Niederland
www.kiwa-koac.com

Kontakt

Road Testing
roadtesting@kiwa-koac.com
+31 88 56 22 524

Anverwandte Produkte

- Griffigkeitsmessungen
86% verlangsamtes Rad
- Bremsverlangsamung



Im Rahmen der Verkehrssicherheit spielt die Griffigkeit der Straßenoberfläche eine wichtige Rolle. Die Griffigkeit wird von der Rauheit (Textur) der Straßenoberfläche und dem verwendeten, groben Mineralaggregat bestimmt, aber auch von der Verschmutzung oder der Nässe oder Trockenheit der Straßenoberfläche. Zusammen mit dem Bremssystem des Fahrzeugs, dem Reifentyp, vor allem aber mit auch dem Fahrerverhalten, hat die Griffigkeit einen großen Einfluss auf die Länge des Bremswegs. Da die Bremsverlangsamung auf einer nassen Straßenoberfläche oftmals kleiner ist, als auf einer trockenen Straßenoberfläche und das Risiko auf einen Unfall zwei- bis dreimal höher ist, wird die Griffigkeit standardmäßig auf einer bewässerten Straßenoberfläche gemessen. Mit der zunehmenden Anwendung von neuen, leisen und offenen Straßenoberflächen, wird auch die Griffigkeit in trockenen Bedingungen immer wichtiger (Siehe Technisches Infoblatt Bremsverzögerung).

Die Griffigkeitsmessung ist in internationaler Hinsicht bei weitem nicht standardisiert. In den Niederlanden wird ab dem Jahr 2017 (neben der Methode 86% verlangsamtes Rad) die Seitenkraft-Methode angewandt. Bei einer in der Vergangenheit ausgeführten Studie von der niederländischen Stiftung Wissenschaftliche Studien Verkehrssicherheit (SWOV) und der niederländischen Straßen- und Wasserbaubehörde wurde ein Zusammenhang gefunden zwischen dem Kraftschlussbeiwert, konform der Methode 86% verlangsamtes Rad, und der Anzahl Unfälle auf einer nassen Straßenoberfläche. Aufgrund dieser Studie wurden Grenzwerte für den auf diese Weise gemessenen Kraftschlussbeiwert erstellt. Die auf Basis dieser Studie aufgestellten Grenzwerte werden im Laufe des Jahres 2016, auf Basis anderer, vergleichbarer Studien zwischen der Methode 86% verlangsamtes Rad und Seitenkraft zu neuen Grenzwerten für die SKM-Methode umgerechnet. Anstatt des Begriffs Kraftschlussbeiwert wird oftmals auch der Begriff Griffigkeit verwendet, und bei der SKM-Methode der Begriff Seitenkraftbeiwert.

1 Anwendungsgebiet

Die Griffigkeit kann gemessen werden zur Kontrolle der Anfangsgriffigkeit bei der Übergabe neu angebrachter Straßenoberflächen, sowohl von Asphalt als auch Zementbeton. Die Griffigkeitsmessung kann auch vorgenommen werden, um den Griffigkeitsverlauf zu messen (Monitoring) oder die Griffigkeit periodisch zu überprüfen. Nach dem neuen Bürgerlichen Gesetzbuch ist die Straßenverwaltung nämlich haftbar für die Risiken mit Bezug auf den Zustand der von ihr verwalteten Straßen. Das Griffigkeitsergebnis ist demnach auch wichtig für das Bestimmen der Wartungszeitpunkte und der Art der Wartungsarbeiten. Heutzutage werden viele Straßenbauprojekte ausgeführt, bei denen der Auftragnehmer auch verantwortlich ist für die Wartung während eines bestimmten Zeitraums. Dabei werden vom Auftragnehmer oftmals Anforderungen an die Qualität der Straßenoberfläche gestellt, die während dieses Zeitraums erfüllt werden müssen. Dies gilt auch für die Griffigkeit der Straßenoberfläche. Auf dem Grundgebiet der niederländischen Straßen- und Wasserbaubehörde kann, höchstwahrscheinlich ab dem Jahr 2017, die SKM-Methode angewandt werden, einschließlich der dazugehörigen Akzeptanzgrenzen und Messtermine.

Diese Akzeptanzgrenzen und Messtermine werden in diesem Fall wahrscheinlich abweichen von den aus den standardmäßigen RAW Bestimmungen bekannten Mindestwerten.

2 Geräte und Messprinzip

Die Messgeräte und das Messprinzip werden ausführlich beschrieben im deutschen “Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau Teil: Seitenkraftmessverfahren (SKM)” (TP Griff-StB(SKM)).

2.1 Seitenkraft

Die Messgeräte sind im Messfahrzeug integriert. Abbildung 1, Abbildung 2 und die schematische Skizze in Abbildung 3 verleihen einen Eindruck des Messsystems. Das Messrad steht in einem Winkel von 20° zur Fahrrichtung und läuft frei.



Abbildung 1 Messsystem

Während des Transports ist das Messrad eingezogen. Bevor das Messfahrzeug in das Messfach fährt, wird das Messrad rechtzeitig gesenkt und in Kontakt mit dem Boden gebracht. Die statische Belastung (FN), die vom Messrad auf die Straße ausgeübt wird, beträgt 1960 ± 10 N. Das Messrad ist mit einem standardisierten, flachen Messreifen versehen, mit einer Reifenspannung von $3,5 \pm 0,1$ bar. Vom Messfahrzeug aus wird vor dem Messreifen, mithilfe einer Abflussanlage (Wasserschuh), ein Wasserfilm angebracht mit einer Breite von 80 mm und einer theoretischen Dicke von 0,5 mm, welche auf einer theoretischen, flachen Oberfläche berechnet wurde. Der Durchfluss der Pumpe wird, je nach Messgeschwindigkeit, angepasst.



Abbildung 2 Messrad

Die Messung wird im Prinzip einzeln ausgeführt. Bei Messungen, die im Rahmen eines Bauvertrages ausgeführt werden, werden Messungen jedoch doppelt ausgeführt, wobei Messflächen mit einer Länge von 2 km - oder mehr - bemessen werden (auch wenn die zu prüfende Messfläche kürzer ist als 2 km, wird trotzdem eine Messlänge von 2 km gemessen). In diesem Fall werden strenge Anforderungen gestellt an die Unterschiede, die zwischen der ersten und der zweiten Messung vorhanden sein dürfen. Wenn diese Anforderungen nicht erfüllt werden, sind zusätzliche Messungen notwendig.

2.2 Messprinzip

Beim Seitenkraftmesssystem (SKM) wird die Seitenkraft bei einem festgelegten Winkel ($20^\circ \pm 1^\circ$) des Messrads (frei drehendes Rad in der Mitte der rechten Radspur des Messfahrzeugs) festgelegt.

Durch den Winkel des Messrads tendiert das Rad dazu, in eine andere Richtung zu rollen, als die Fahrrichtung des Messfahrzeugs. Dies wird mithilfe einer Reaktionsstange jedoch verhindert. Diese Reaktionsstange ist mit einem elektronischen Kraftmesser versehen, mit dem die Seitenkraft F_y gemessen wird (siehe Abbildung 3). Die Abweichung im Messwert dieses Kraftmessers beträgt höchstens 0,2% des maximalen Messbereichs des Kraftmessers. Indem Kiwa KOAC zurückführbare Kalibrierungen am Kraftmesser durchführt, wird diese Abweichung mindestens mit Faktor 5 reduziert (max. 0,04%). Außerdem dürfen bei Temperaturschwankungen zwischen 5°C und 50°C im Messbereich des Kraftmessers keine Änderungen im Messwert von mehr als $\mu y = \pm 0,005$ vorkommen

Der Beiwert der gemessenen Seitenkraft F_y und die bekannte Radlast (Normalkraft) F_z , resultieren im Seitenkraftbeiwert. Dieser Seitenkraftbeiwert wird pro 0,10 m gemessen und meistens als Durchschnittswert über eine Flächenlänge von 100 m präsentiert.

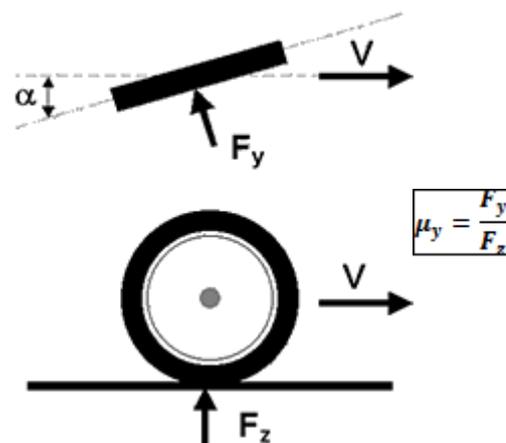


Abbildung 3 Messprinzip

Der Seitenkraftbeiwert hängt ab von den Eigenschaften der Straßenoberfläche, dem Winkel des verwendeten Reifens, der Geschwindigkeit, der Dicke des Wasserfilms, eventuellen Verunreinigungen, Messreifeneigenschaften und von der Temperatur (Reifen, Befeuchtungswasser, Straßenoberfläche und Luft). Von den Messreifeneigenschaften, die darauf einen Einfluss haben, sind die Reifenabmessungen, der Reifentyp, die Radlast, die Reifenspannung und die Gummieigenschaften die wichtigsten.

Mit dem integrierten Datensammlungssystem von KOAC-NPS werden sowohl der Kraftmesser des SKF-Systems, Wasserdurchfluss, Temperatursensoren, Textur, HSRP, GPS, Kamerabild als auch die Seitenposition gemessen und festgelegt. Auch die Bedienung, Präsentation und Verwaltung der Messung werden von diesem System versorgt.

3 Operationale Bedingungen

3.1 Messgeschwindigkeit

Der Seitenkraftbeiwert nimmt ab, je mehr die Geschwindigkeit zunimmt. Das Maß, in dem dies geschieht, hängt von verschiedenen Faktoren ab, von denen Texturtiefe einer der wichtigsten ist. Aus diesem Grund gibt es für verschiedene Geschwindigkeiten verschiedene Normwerte.

Abhängig von den örtlichen Bedingungen wird vor Beginn der Messung eine feste Zielmessgeschwindigkeit gewählt. Diese Zielmessgeschwindigkeit beträgt 40, 60 oder 80 km/h. Im Prinzip gibt der Auftraggeber an, welche Geschwindigkeit hantiert werden soll. Die anzuwendenden Normwerte sind nämlich auch abhängig von der Zielmessgeschwindigkeit. Am Einsatzort bestimmt der Messtechniker jedoch immer, ob die angegebene Zielmessgeschwindigkeit auch tatsächlich erreichbar und sicher ist.

Die Toleranzen für diese Zielgeschwindigkeit werden bestimmt von der Art der Messung, die ausgeführt wird. Bei Messungen im Rahmen von Monitoring beträgt diese Toleranz ± 10 km/h (als Durchschnitt über eine Fläche von 100 m). Im Falle von übrigen Messungen beträgt diese Toleranz ± 4 km/h (als Durchschnitt über eine Fläche von 100 m).

In Anbetracht der Geschwindigkeitsabhängigkeit des Seitenkraftbeiwerts wird auf Basis der tatsächlich gefahrenen Messgeschwindigkeit eine Korrektur auf die gemessenen Seitenkraftbeiwerte angewandt (siehe auch Paragraph 4.2 "Geschwindigkeitskorrektur").

3.2 Querpositionsmessung

Das Querpositionssystem dient der Festlegung des Messabstands gegenüber der Fahrbahnmarkierung und besteht aus einem Sensor, einem Datensammlungssystem und einem Display, das dem Fahrer die benötigten Steuerkorrekturen zeigt.

Der Querpositionsmesswert wird wie folgt definiert: der Abstand der fiktiven Mitte der Kontaktfläche des Messreifens, bis zur rechten Straßenmarkierung der bemessenen Fahrspur (meistens die linke Seite des rechten Seiten- oder Teilstreifens).

Das Querpositionssystem hat ein Auflösungsvermögen von 0,4 cm in Querrichtung und 1 cm in Längsrichtung. Die Abweichung der gemessenen Werte darf bei einem statischen Test (Kalibrierung) höchstens ± 2 cm betragen. Die Abweichung zum Set-Wert wird dem Fahrer alle 5 Meter in Schritten in maximal 5 cm gezeigt.

Der Messbereich des Querpositionssystems zur Mitte des Messfahrzeugs beträgt an beiden Seiten 3 Meter.

3.3 Wetter und Straßenoberfläche

Um eine gute Messung ausführen zu können, muss die zu Messende Straßenoberfläche sichtlich sauber und nicht verunreinigt sein. Sollte der Messtechniker dies bezweifeln oder Hinweise für unsichtbare Verunreinigungen finden (zum Beispiel durch Schaumbildung auf der Fahrbahn), wird die ausgeführte Messung wiederholt.

Außerdem müssen extreme Temperatur- und Niederschlagsbedingungen während der Messungen vermieden werden. Im Prinzip dürfen also keine Messungen durchgeführt werden auf nassen Fahrbahnen, die Spray verursachen.

Außerdem dürfen keine Messungen ausgeführt werden bei Straßentemperaturen, die bei weniger als 5 °C und mehr als 50°C liegen, bei Lufttemperaturen, die weniger als 5 °C betragen und bei einer Wassertemperatur (das verwendete Sprühwasser), die niedriger als 8 °C und höher als 25 °C ist.

Alle diese Temperaturen werden während der Messung konstant registriert und in den Messdaten gespeichert. Die Präzision, mit der die Luft- und Wassertemperatur festgelegt wird, beträgt ± 0.5 °C mit einem Auflösungsvermögen von 0.1 °C über einen Messbereich von 0 - 60 °C. Die Präzision, mit der die Temperatur der Straßenoberfläche festgelegt wird, beträgt ± 1.5 °C mit einem Auflösungsvermögen von 1 °C über einen Messbereich von 0 - 50 °C.

Messungen zum Monitoring werden nur in der Periode Mai bis einschließlich Oktober ausgeführt. Andere Messungen dürfen auch außerhalb dieses Zeitraums ausgeführt werden, solange die Randbedingungen für die Temperatur erfüllt werden.

3.4 Anmerkungen

Für die Kontrolle der Griffigkeit muss die Straßenoberfläche während der Dauer der Messungen sauber und frei von Hindernissen sein. Während der Messungen werden optional 'Events', wie zum Beispiel lose Steine, andere Verschmutzungen, Änderungen im Oberflächentyp und Seitenstraßen angegeben.

4 Verarbeitung Messdaten

4.1 Berechnung

Der Seitenkraftbeiwert wird wie folgt ermittelt:

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

Wobei:

μ_y abgelesener Wert Seitenkraftbeiwert
 F_y gemessene Seitenkraft
 F_z bekannte Radlast (Normalkraft)

$$m = \mu_y$$

Wobei:

m Messwert

4.2 Messwertkorrekturen

Geschwindigkeitskorrektur

Wegen des großen Einflusses der Geschwindigkeit auf den Griffigkeitswert muss die Zielmessgeschwindigkeit, nach Paragraph 3.1, beibehalten werden. In der Praxis treten, wegen verschiedener Verkehrsbedingungen, Abweichungen zur Zielmessgeschwindigkeit auf, die eine Korrektur des Griffigkeitsmesswerts auf das entsprechende Referenzniveau erfordern. Bei der Berechnung dieser Korrektur wird auf drei Dezimalstellen gerundet.

Die Messwertkorrektur mit Bezug auf die Geschwindigkeit wird mit der folgenden Formel ausgeführt:

$$m_v = m + \frac{(V_{ist} - V_{soll})}{20} \times 0,05$$

Wobei:

m_v = normalisierter, auf die Zielgeschwindigkeit umgerechneter SKM-Griffigkeitswert pro 1 m Fläche [-]

m = gemessener, durchschnittlicher Seitenkraftbeiwert des schief stehenden Rads pro 1 m Fläche.

V_{ist} = Durchschnittsgeschwindigkeit pro 1 m Fläche [km/h]

V_{soll} = Zielmessgeschwindigkeit [km/h]

Temperaturkorrektur

Der geschwindigkeitskorrigierte Griffigkeitsmesswert m_v muss, wegen der Straßentemperatur- und Wassertemperaturabhängigkeit (TF und TW) auf die Referenztemperatur $TF_b = TW_b = 20^\circ\text{C}$ korrigiert werden. Diese Korrektur findet mittels folgender Formel statt, wobei auf drei Dezimalstellen gerundet wird.

$$m_{v,T} = m_v + (TW - 20) \times 0,002 + (TF - 20) \times 0,0012$$

Wobei:

$m_{v,T}$ = normalisierter, auf die Zielgeschwindigkeit umgerechneter und temperaturkorrigierter SKM-Griffigkeitswert pro 1 m Fläche [-]

m_v = normalisierter, auf die Zielgeschwindigkeit umgerechneter SKM-Griffigkeitswert pro 1 m Fläche [-]

TW= gemessene Wassertemperatur [°C] (siehe Paragraph

3.3) TF = gemessene Temperatur der Straßenoberfläche

[°C] (siehe Paragraph 3.3) $m_{v,T}$ ist der Griffigkeitswert

μ_{skm}

4.3 Standardbericht

Der Standardbericht wird im Prinzip pro Messfläche von 100 m erstellt und enthält folgende Daten:

Daten des Einsatzorts:

- Einsatzort der Messung (Straße, Bahn, Streifen, Messungsspur in Fahrstreifen, Messlänge vom beschriebenen Nullpunkt aus und Kilometer);
- Messrichtung gegenüber der Fahrrichtung, falls diese davon abweicht;
- Typ der Straßenoberfläche, offen (ZOAB, ZOAB+, 2-schichtig ZOAB, dünne lärmindernde Deckschichten) oder geschlossen (Asphaltbeton (AC), SMA, Kombinationsdeckschicht, Zementbeton und Oberflächenbehandlung).

Ausführungs- und Verarbeitungsdaten:

- Messdatum und die laufende Nummer des Messtages;
- gemessene Luft-, Wasser- und Straßenoberflächentemperatur;
- eventuelle Messbedingungen außerhalb des Toleranzgebiets;
- Messgeschwindigkeit.

Messwerte:

- durchschnittlicher Seitenkraftbeiwert pro Straßenabschnitt von 100 m;
- Standortdaten aller Straßenabschnitte von 5 m und länger, deren berechnete 5 m-Werte niedriger sind, als der angegebene Grenzwert.

Der Durchschnitt sollte auf drei Dezimalstellen gerundet werden. Abhängig vom Ziel der Messungen wird eine Anzahl von Anforderungen an die Art und Weise gestellt, auf die die Messergebnisse gemeldet werden.

Messungen im Rahmen von Bauverträgen

Das Messergebnis wird in Flächen von 100 m unterteilt und aus dem Durchschnitt von zwei validierten Messvorgängen berechnet. Zwei Messvorgänge sind valide, wenn die Messwerte für jeden Messabschnitt von 2 km die folgenden Bedingungen erfüllen:

- der Unterschied des durchschnittlichen Seitenkraftbeiwerts pro Messabschnitt von 2 km darf nicht größer sein 0,015;
- der Unterschied des durchschnittlichen Seitenkraftbeiwerts pro Abschnitt von 100 m innerhalb des gesamten Messabschnitts von 2 km darf nicht größer sein 0,050;
- die durchschnittliche Seitenposition pro Abschnitt von 100 m innerhalb des Messabschnitts von 2 km darf nirgendwo mehr als 0,15 m von der verlangten Messposition auf der Deckschicht abweichen.

Aus diesen beiden Messvorgängen werden die nachfolgenden, individuellen Messwerte derselben 100m-Abschnitte zu neuen, durchschnittlichen 100m-Messwerten berechnet.

Ein individueller 100m-Wert wird berechnet aus den nach Paragraph 4.2 korrigierten (durchschnittlichen) individuellen 1m-Werten und auf zwei Dezimalstellen gerundet.

Messungen im Rahmen von Monitoring

Das Messergebnis pro 100 m besteht aus dem Durchschnittswert der nicht-korrigierten, individuellen 1m-Werte (also ohne Geschwindigkeits- und Temperaturkorrekturen, wie in Paragraph 4.2 beschrieben).

Übrige Messungen

Alle übrigen Messungen werden einzeln ausgeführt und pro 100 m gemeldet. Diese werden einschließlich der Geschwindigkeits- und Temperaturkorrekturen, wie in Paragraph 4.2 beschrieben, ausgearbeitet.