

Dauerhaft griffige Straßenoberflächen

Polierwiderstand vs. Griffigkeitsprognose

VSVI-Seminar

13. Februar 2019, Bad Zwischenahn

Dipl.-Geologe Bernd Dudenhöfer

ASPHALTA

Prüf- und Forschungslaboratorium GmbH

Berlin

1. Grundsätzliches zum Anfang
2. Bewertung der Polierresistenz von Gesteinskörnungen
3. Griffigkeitsprognose an realen Fahrbahnoberflächen
4. Beispiele für Methoden der Prognose
5. Grenzen der Griffigkeitsprognose
6. Zusammenfassung

Gewährleistung der Straßengriffigkeit bei Nässe

- Der Straßenbaulastträger hat dafür Sorge zu tragen, dass dem Verkehrsteilnehmer zu jeder Zeit eine ausreichend griffige Fahrbahnoberfläche zur Verfügung steht.
- Für den Zeitraum der Verjährungsfrist für Mängelansprüche hat der AN einer Baumaßnahme diesen Anspruch zu erfüllen (ZTV Asphalt/ZTV Beton/ZTV BEA).
- Nach Ablauf dieser Frist, bis zum Ende der Nutzungsdauer der Deckschicht, muss der Straßenbaulastträger die Griffigkeit gewährleisten, ggf. durch griffigkeitsverbessernde Maßnahmen.

Welche Werkzeuge stehen ihm dafür zur Verfügung?

- Verwendung einer Gesteinskörnung mit ausreichendem Polierwiderstand (PSV aus den regelmäßigen Überwachungen des Gesteinslieferanten).
- Messung der Griffigkeit in situ (SKM z.B. bei der ZEB).









- (1) Einleitung und Historie
- (2) Aufgabenstellung und Untersuchungskonzept
- (3) Ergebnisse
 - Erwartungsbereich für Polierwerte
 - Übertragung des Bewertungshintergrundes für feine GK
 - Übertragung des Bewertungshintergrundes für grobe GK
 - Zusammenhang PWS : PSV
- (4) Empfehlungen

Bewertungshintergrund für den Widerstand gegen Polieren von Gesteinskörnungen nach dem PWS-Verfahren

FE 06.0098/2012/DGB: September 2016

Zusammenhang zwischen dem Polierwiderstand und der Mineralogie/Petrographie ausgewählter Gesteinskörnungen

Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie

Bestimmung der PSV-Berechnungsformel bei Verwendung von Quarzkörnung als Poliermittel und Granitsplitt als Kontrollgestein

FE 06.0093/2011/BGB: Januar 2014

Seit fast 50 Jahren ist bekannt, dass die Straßengriffigkeit bei Nässe maßgeblich von der (dauerhaften) Rauigkeit der Gesteinskörnung in der Deckschicht abhängt (Schulze, K.H. 1970)

**Zusammenhang zwischen dem Polierwiderstand von Mineralstoffen und der Griffigkeit von Straßendecken
(Dames, J. und Lindner, J. 1990)**

Nach den Regelwerken des Straßenbaus wird die Prognose der dauerhaften Griffigkeit einer Straße vom Polierwiderstand PSV der groben Gesteinskörnung 8/11 abgeleitet.

Art der Deckschicht	Anforderung PSV
Splittmastixasphalt SMA S	51
Offenporige ADS PA	54
Asphaltbeton AC D S	51
Gussasphalt MA S	48
Waschbeton	53

TL Asphalt-StB und TL Beton StB

Zeitpunkt der Messung	Anforderung μ SKM
Abnahme	0,46
Gewährleistungsende	0,40
Warnwert	0,39
Schwellenwert (Eingreifwert)	0,32

ZTV Asphalt-StB, ZTV Beton-StB, M B Griff

**Einfluss des Größtkorns in bituminösen Deckschichten auf die
Griffigkeit (1988)**

**Einfluss der Polierbarkeit von Sand auf die Griffigkeit von
Asphaltbetondeckschichten (1988)**

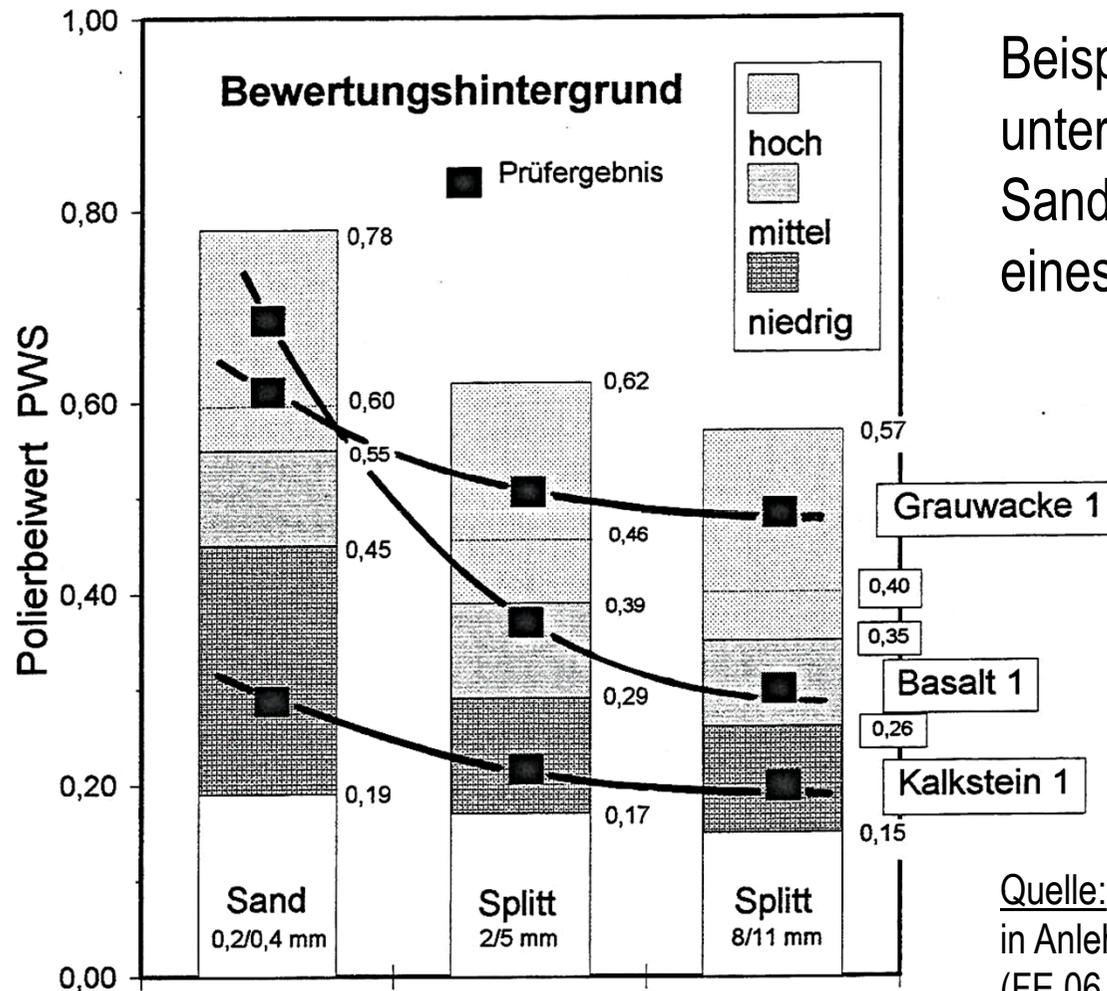
**Bestimmung der Endpolierwerte von im Straßenbau verwendeten
Gesteinen (1989)**

**Untersuchungen zur Optimierung der Griffigkeit von
Betonfahrbahndecken (1990)**

**Untersuchungen zum Griffigkeitsverhalten von Splittmastixasphalt-
Deckschichten (1998)**

**Einfluss unterschiedlicher Sande auf die Griffigkeit von
Asphaltbetondeckschichten (1999)**

Prüfanlage Wehner/Schulze



Beispielhafte Untersuchungsergebnisse zum unterschiedlichen Polierwiderstand von Sand und Splitt unterschiedlicher Korngröße eines Gesteins

Quelle: Untersuchungen zur Sandpolierprüfung in Anlehnung an BS 812 (FE 06.068/1996/CGB der TU Berlin)

Alle diese Erkenntnisse wurden nicht mit dem Verfahren nach BS 812 gewonnen, sondern mit der Prüfanlage nach Wehner/Schulze

Warum war die Forschungsarbeit nötig?

Grundlage des bestehenden
Bewertungshintergrundes!



1959/1960

1. Gerätegeneration

4 Anlagen

2000

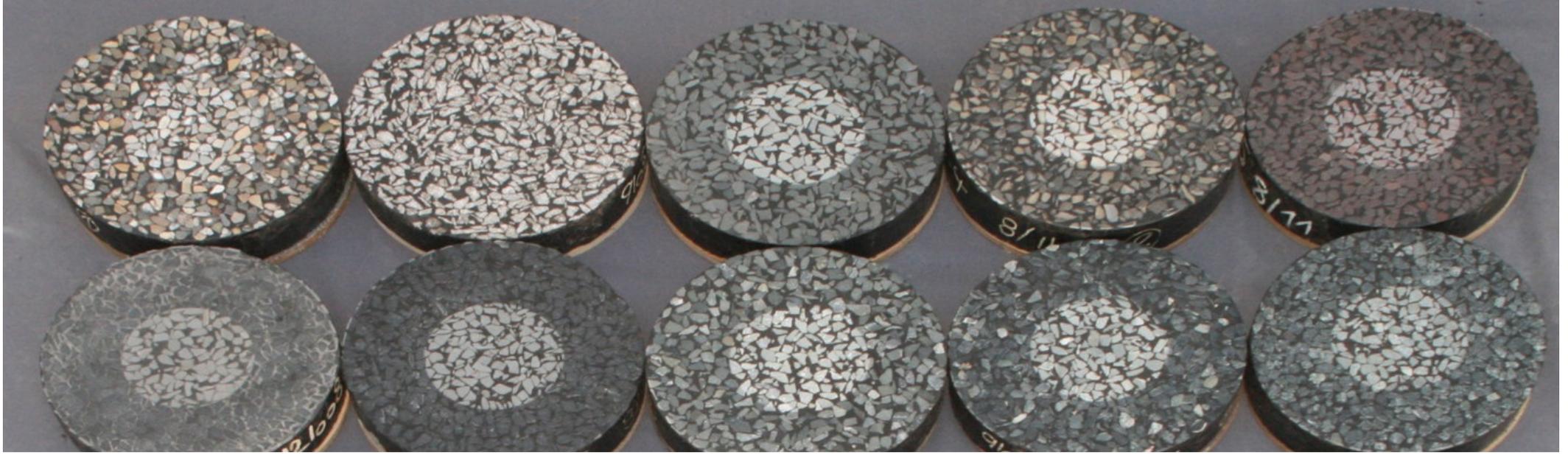
2. Gerätegeneration

> 20 Anlagen

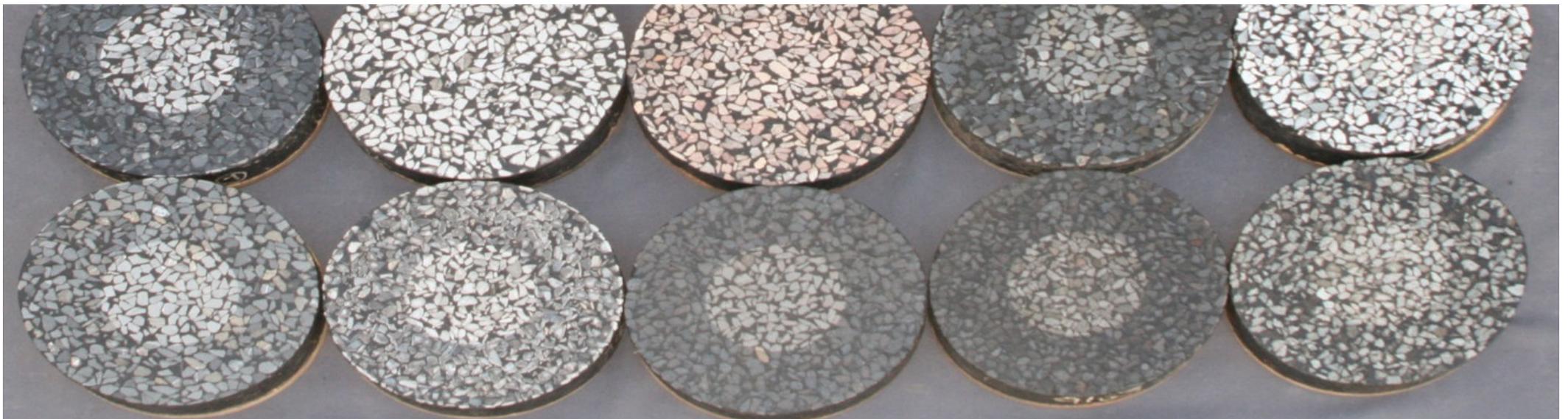
TP Min-StB, Teil 5.5.2 Bestimmung des Polierwertes mit dem Verfahren nach Wehner/Schulze (Ausgabe 1998)

TP Gestein-StB, Teil 5.4.2 Bestimmung des Polierwertes mit dem Verfahren nach Wehner/Schulze (Ausgabe 2008)

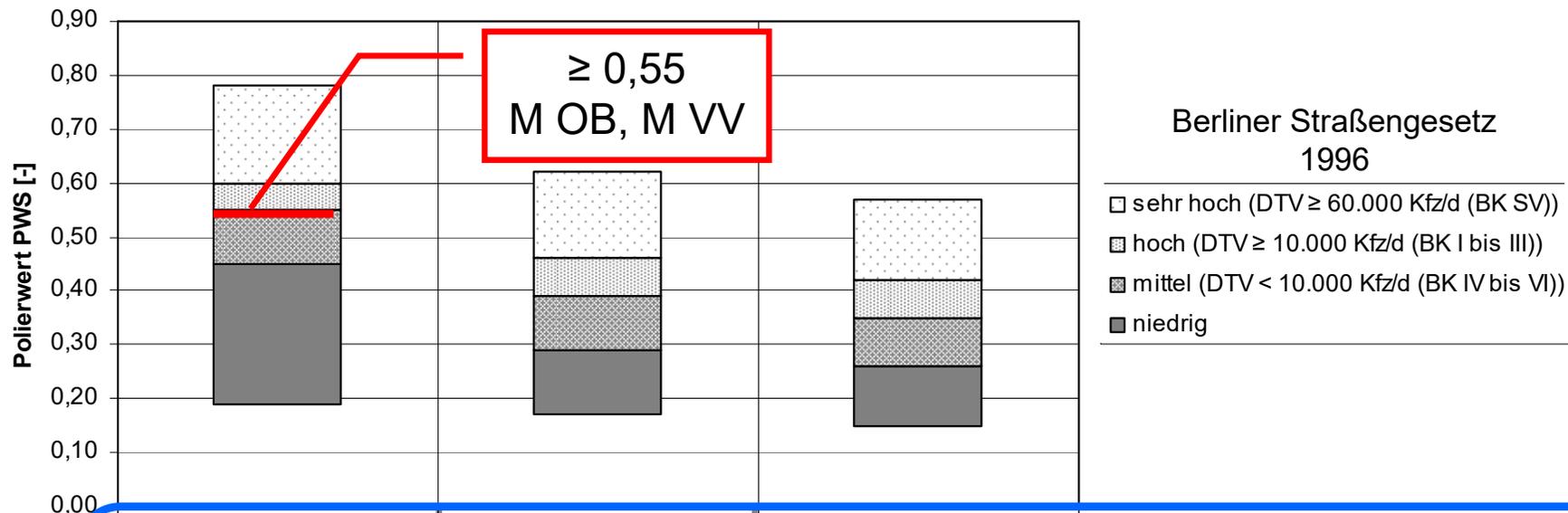
DIN EN 12697 Asphalt - Prüfverfahren für Heißasphalt, Teil 49: Messung der Griffigkeit nach Polierung (Ausgabe 2014)



Bewertungshintergrund der 1. Gerätegeneration

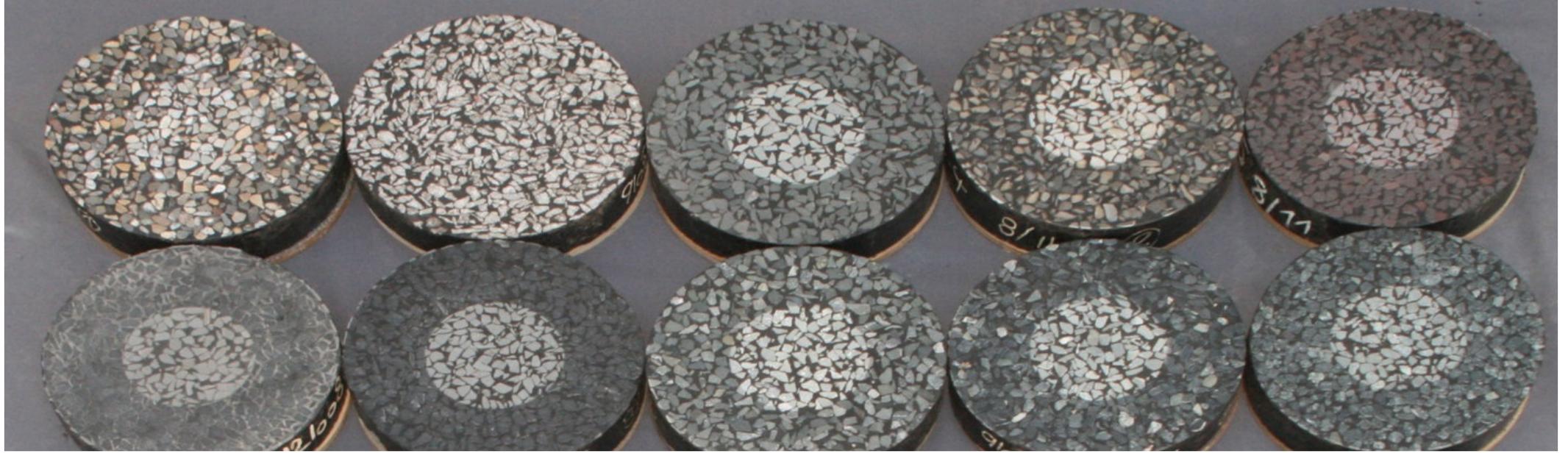


Bewertungshintergrund der 1. Gerätegeneration

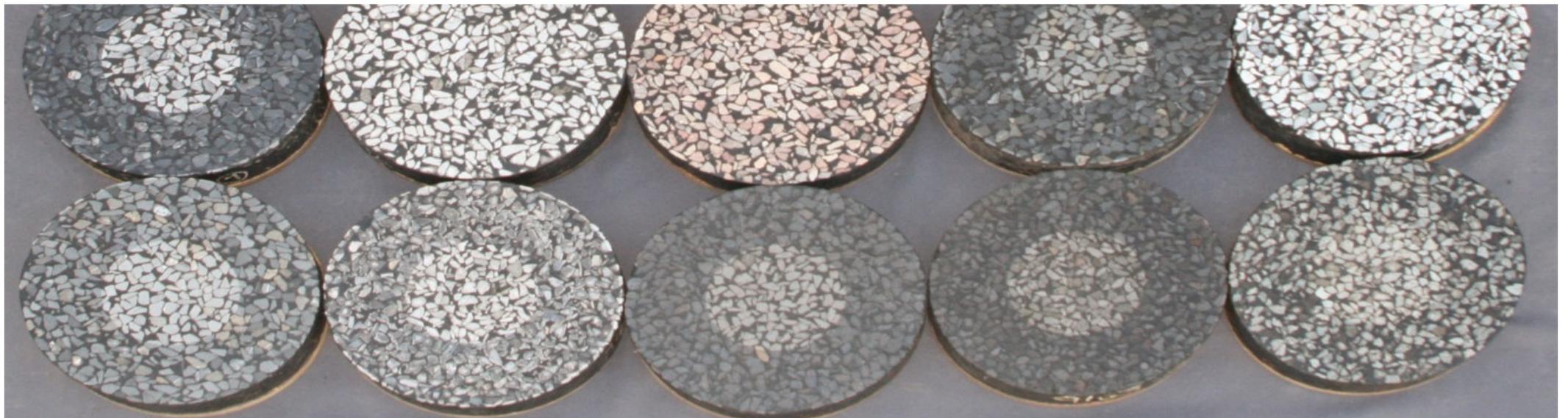


2/5
5/8
8/11

Standardprüfkörper
des Forschungsprojektes
2012-2014



Konzept der Untersuchungen

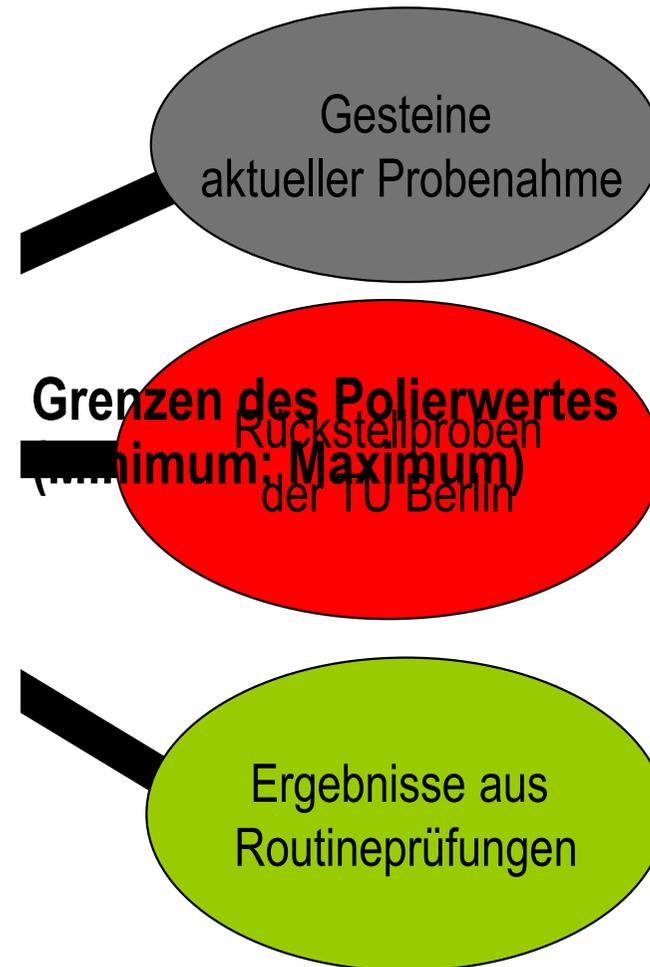
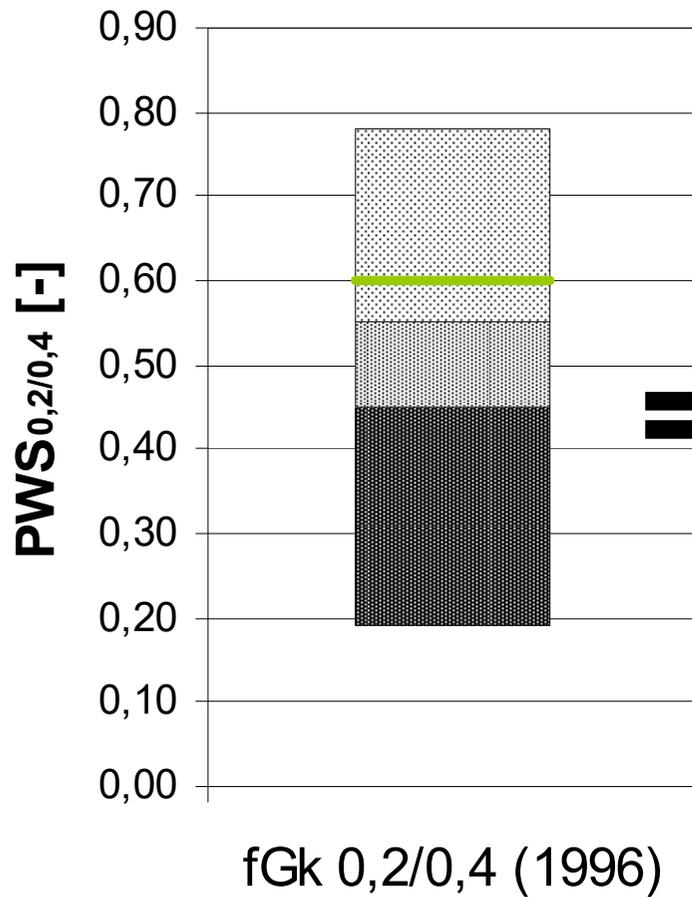


Aufstellen eines neuen Bewertungshintergrundes

- 1. Ermittlung des Erwartungsbereiches der Polierwerte unterschiedlicher Prüfkörnungen**
- 2. Übertragung bestehender Kategorien / Anforderungswerte auf den Bewertungshintergrund der 2. Gerätegeneration**
- 3. Vergleichsuntersuchungen zur Validierung**
- 4. Vergleich der Polierwerte PSV und PWS**

Bestimmung der PSV-Berechnungsformel bei Verwendung von Quarzkörnung als Poliermittel und Granitsplitt als Kontrollgestein

FE 06.0093/2011/BGB: Januar 2014

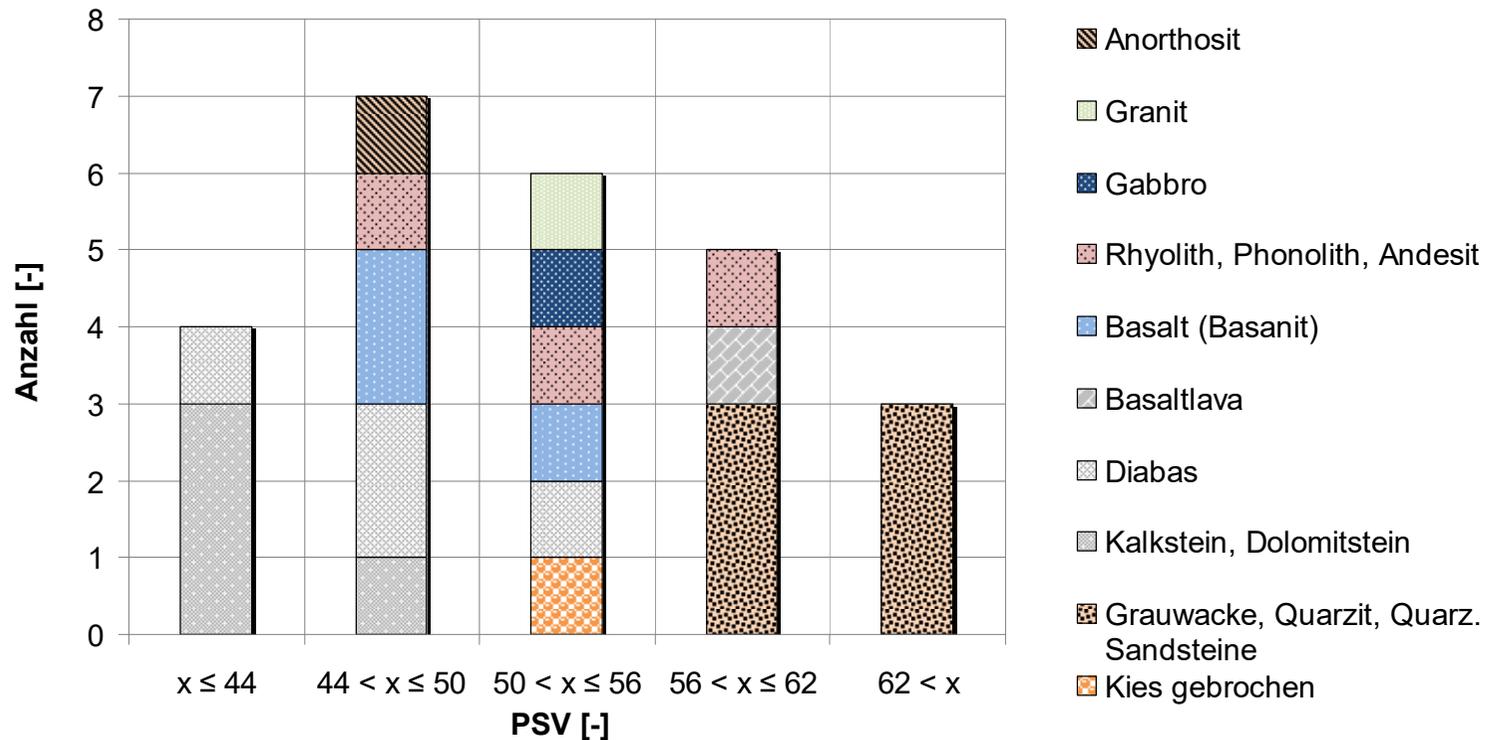


Problematik: keine Vergleichsuntersuchungen möglich, da keines der Geräte aus der 1. Generation mehr gebrauchstauglich war.

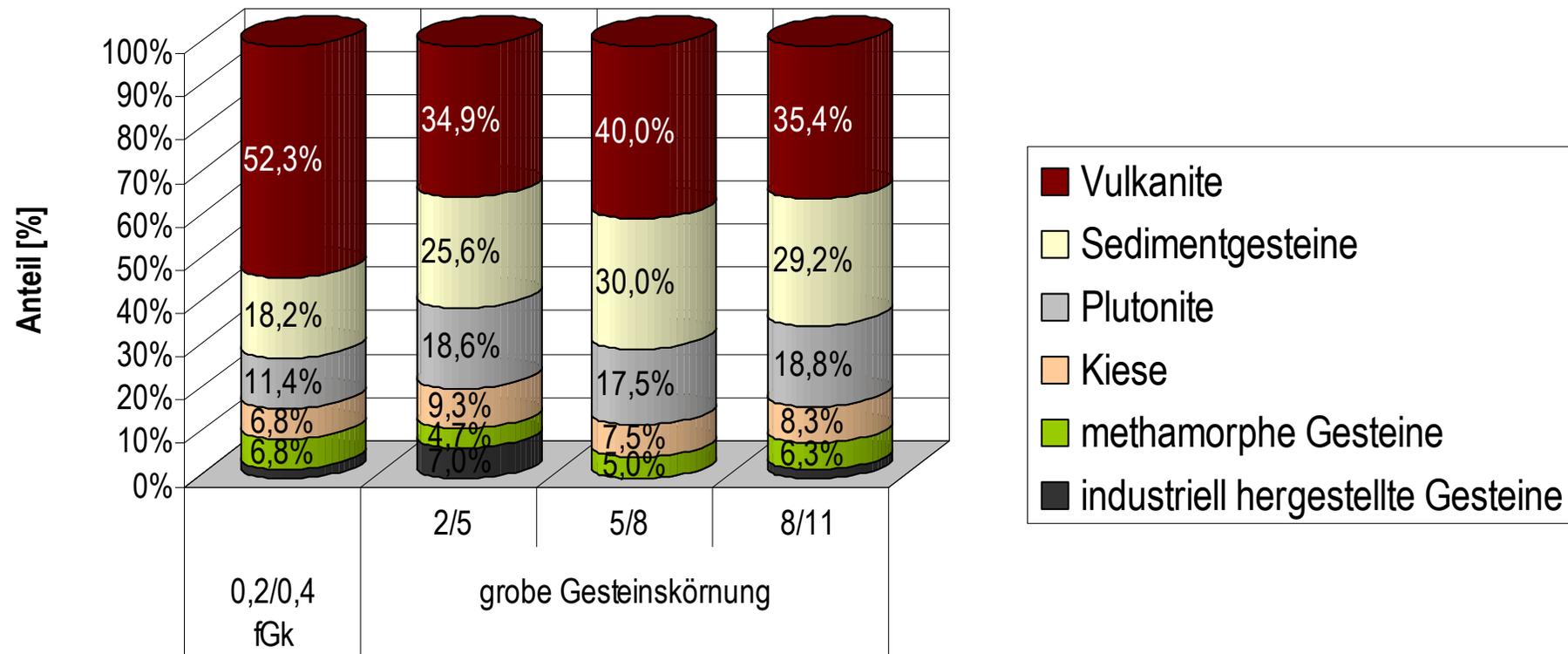
Lösungsansatz: Übertragung des Bewertungshintergrundes über Rückstellproben aus Forschungsprojekten der TU Berlin.

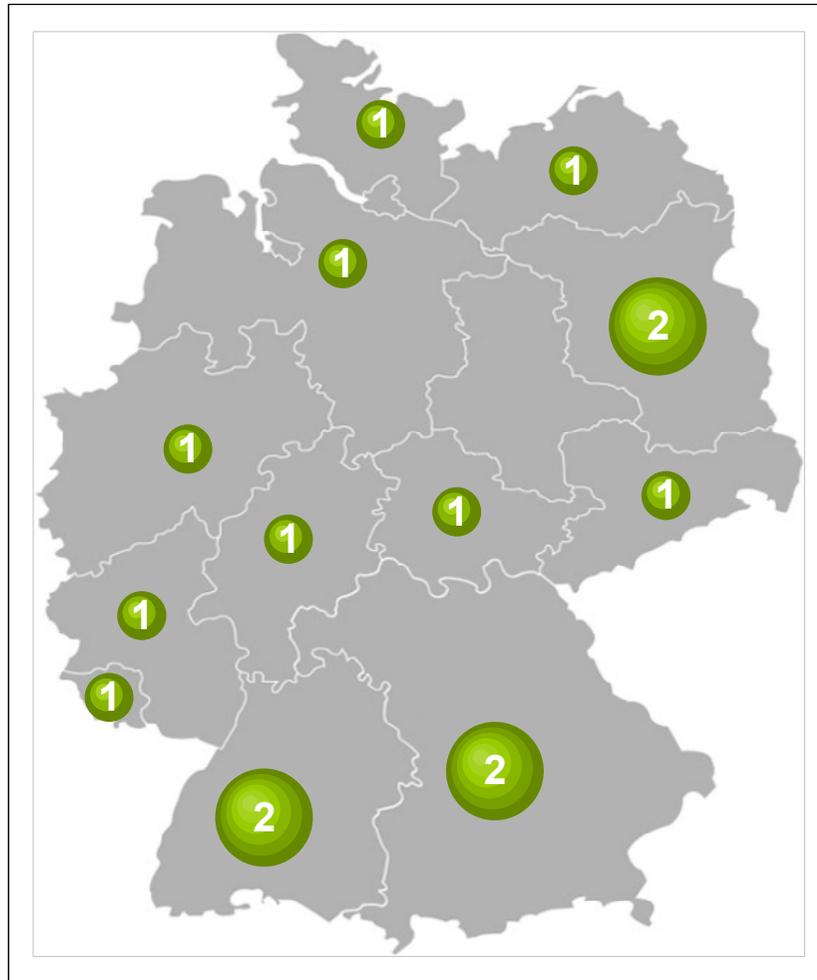
Sand als lose Körnung vorhanden		Vergleichsuntersuchung möglich
8/11 Mosaikplatten vorhanden		Regeneration der Probekörper für Messungen nicht möglich
8/11 Mastixkörper vorhanden		Regeneration der Probekörper für Messungen möglich

- **Kriterien für die Gesteine aktueller Probenahme (gebrochene Gesteinskörnung):**
 - o breites Spektrum natürlicher Gesteine
 - o gleichmäßige Verteilung der Polierwerte (Angaben der Lieferwerke)



- **Zusammenfassung der Gesteine jeder Prüfkörnung aus:**
 - o Aktueller Probenahme
 - o Rückstellproben der TU Berlin
 - o Routineprüfungen





- **Kriterien für die Gesteine aktueller Probenahme (Natarsand):**
 - o Stichprobe bundesweiter Lieferkörnungen (n=15)

Übertragung der „Berliner“ Empfehlungen für Anforderungswerte

Alte Anforderungswerte
1. Gerätegeneration

Neue Anforderungswerte
2. Gerätegeneration

direkte Übertragung - Regression

fGk 0,2/0,4

fGk 0,2/0,4

15 feine Gesteinskörnungen
(6 Brech- und 9 Natursande)

direkte Übertragung mit Zwischenschritt

Mosaik 8/11

Mastix 8/11



Ermittlung der Endpolierwerte
von im Straßenbau
verwendeten Gesteinen

FE 6.048 G 85 C: September 1989

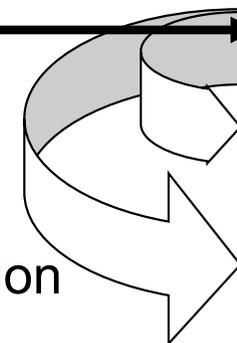
Prüfkörper:

Mastixprüfkörper

Mosaikprüfkörper

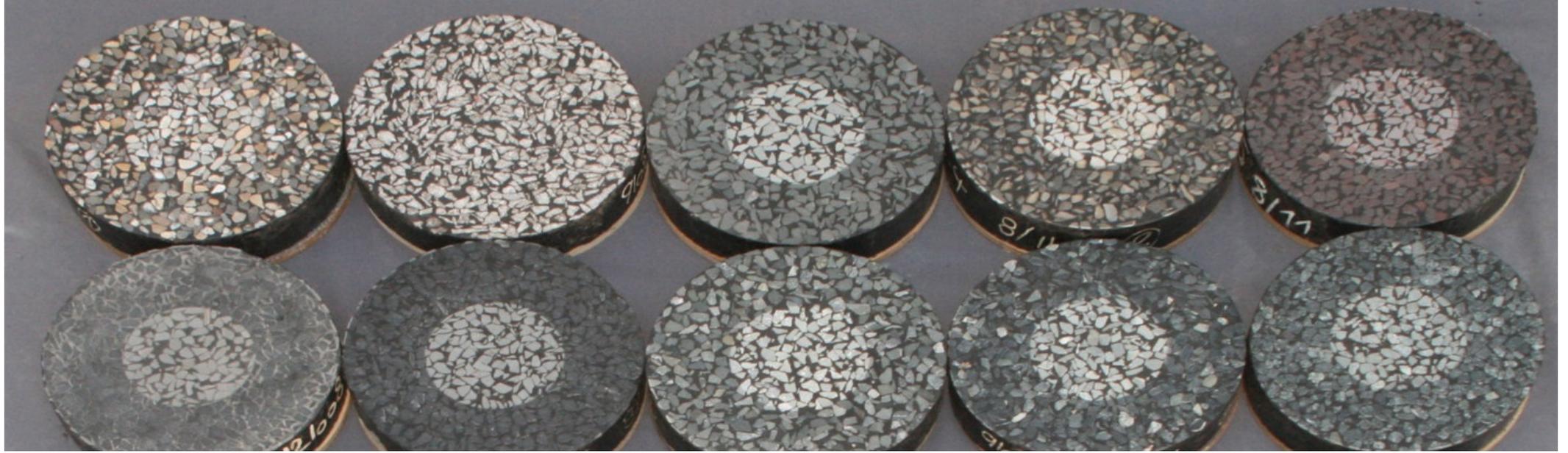
15 Mastixprüfkörper

über Summenlinie
als indirekte Transformation

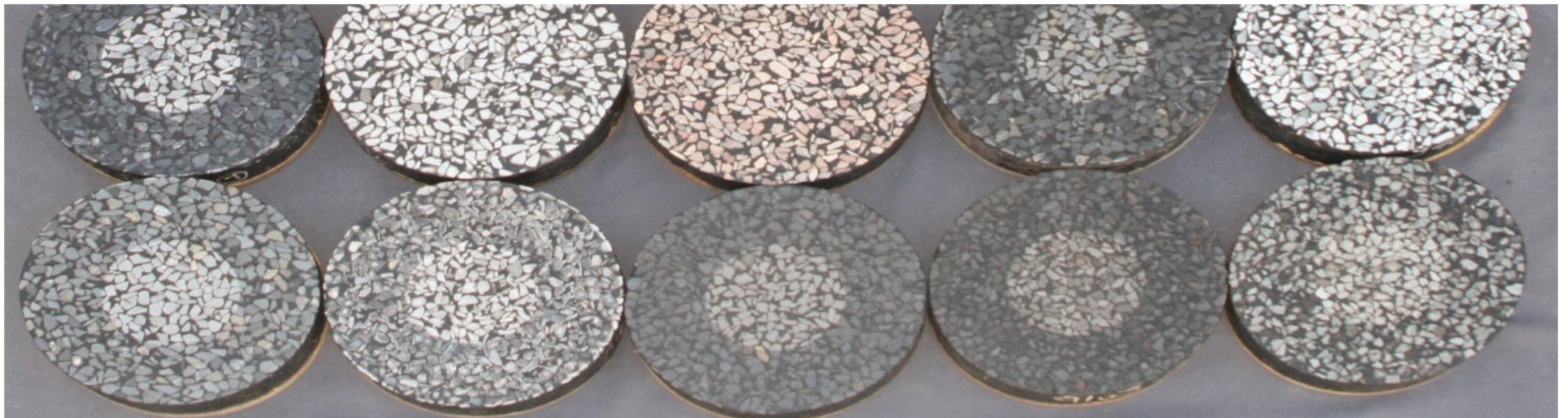


Mastix 5/8

Mastix 2/5

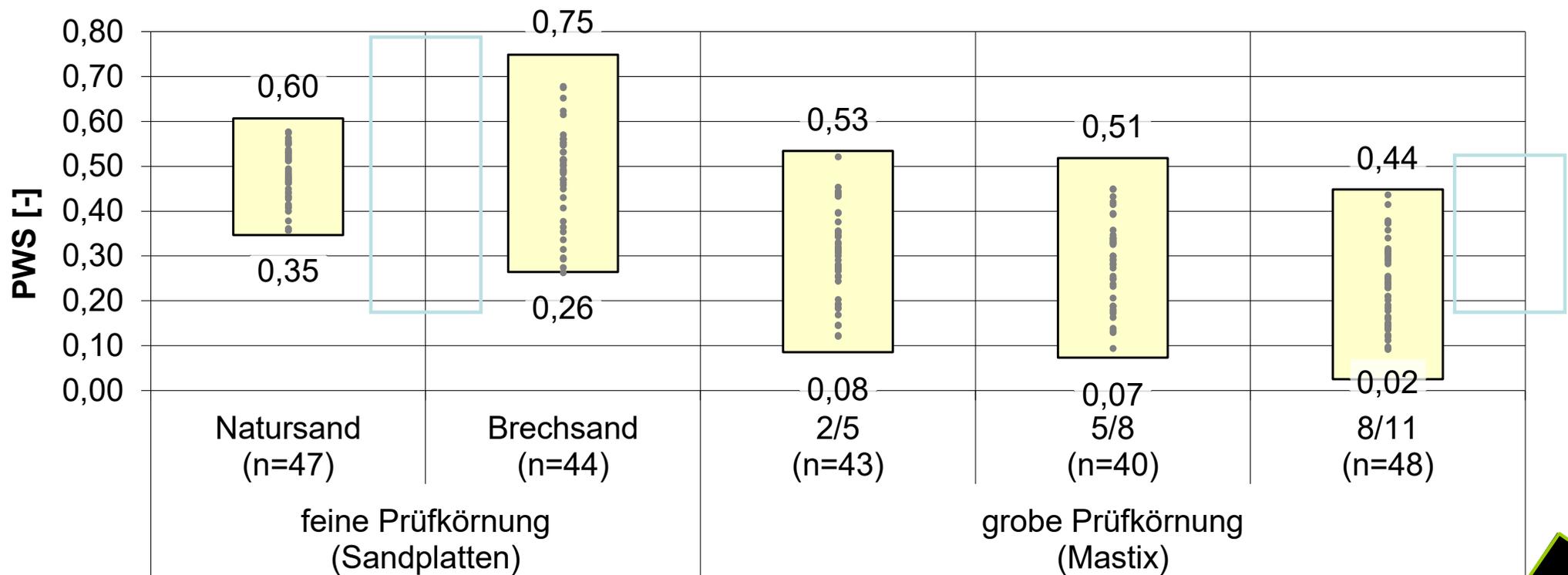


Ergebnisse

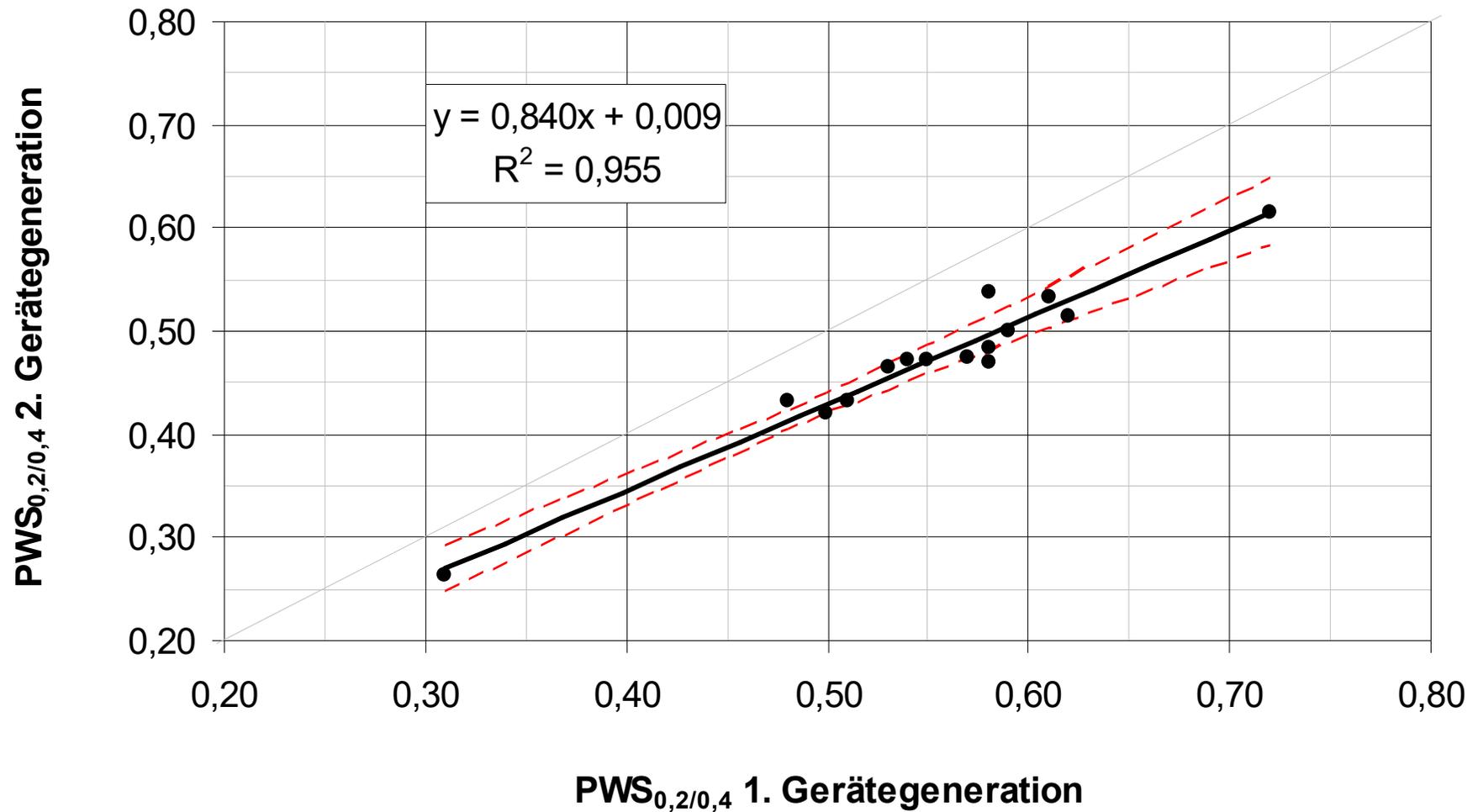


1. Erwartungsbereich für Polierwerte

- Zusammenfassung der Ergebnisse in Summenlinien ($S = 1 - \alpha = 95\%$) für jede Prüfkörnung
- Berücksichtigung zufälliger Abweichungen über den Stichprobenfehler

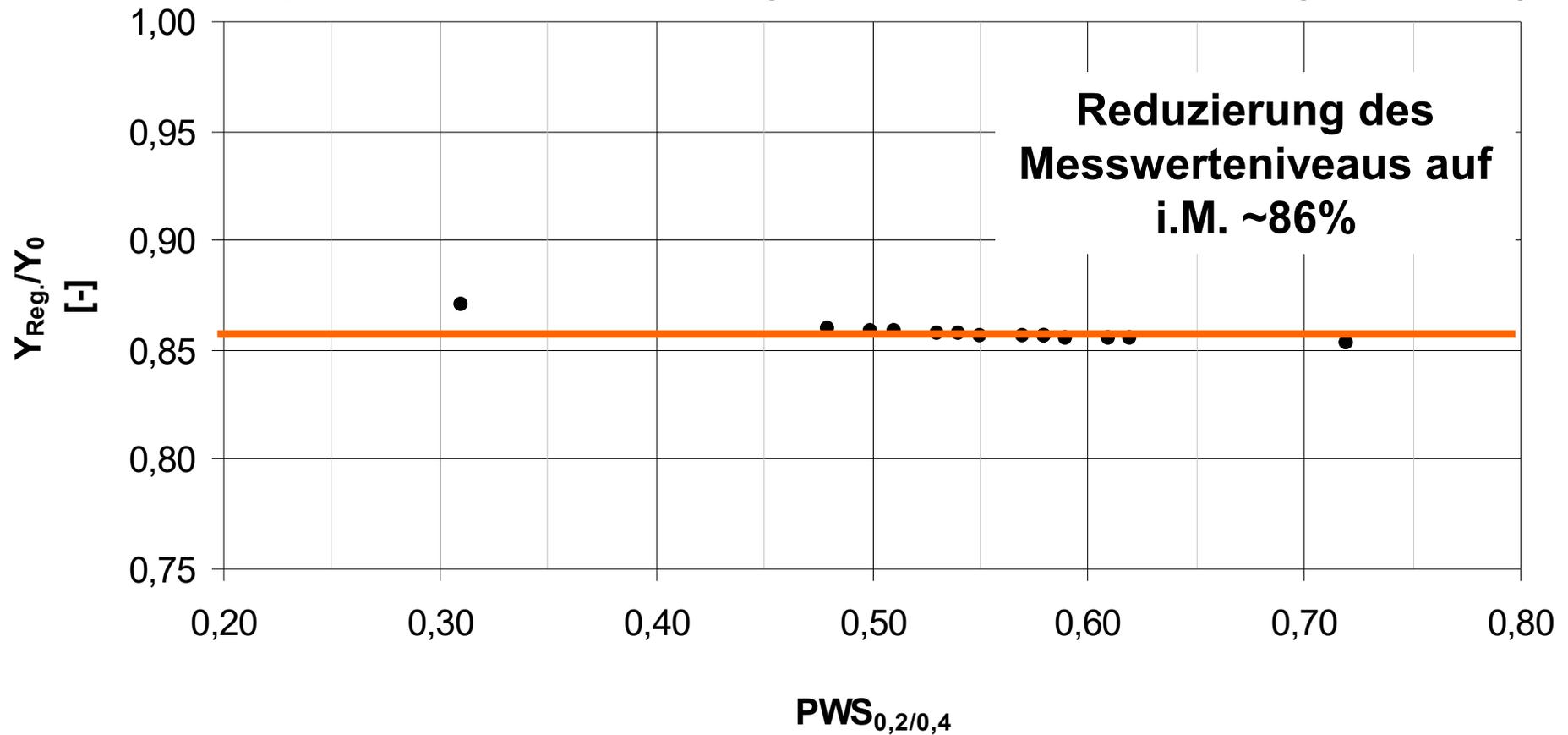


2. Übertragung der Kategorien 0,2/0,4 mm (n = 15)



2. Übertragung der Kategorien 0,2/0,4 mm (n = 15)

multiplikativer Zusammenhang zwischen 1. und 2. Gerätegeneration (fGk)



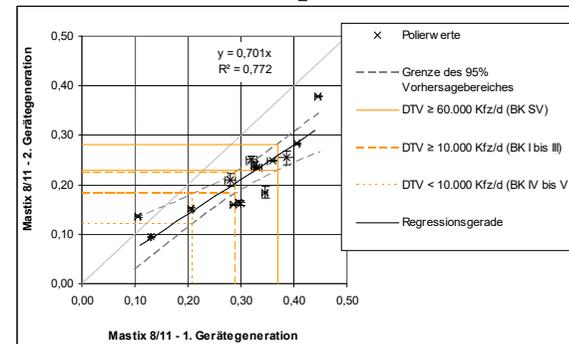
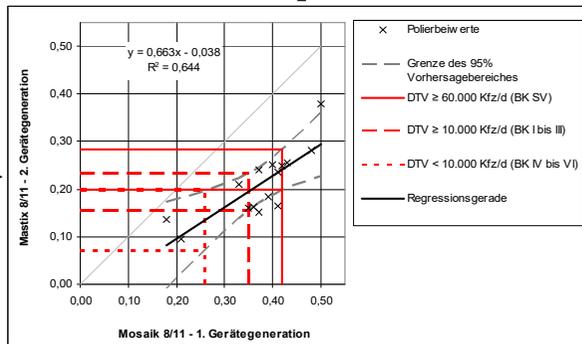
3. Übertragung der Kategorien 8/11 mm

2. Gerätegeneration

1. Gerätegeneration

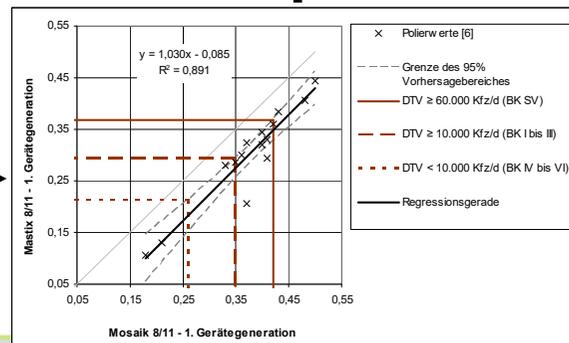
Kategorien Mastix 8/11 (2016)

Superponierung der Vorhersagebereiche



Kategorien Mosaik 8/11 (1996)

Kategorien Mastix 8/11 („1996“)



Kategorien Mastix 8/11 (1990)

Zeitachse

3. Übertragung der Kategorien 8/11 mm

Erkenntnisse aus der Übertragung:

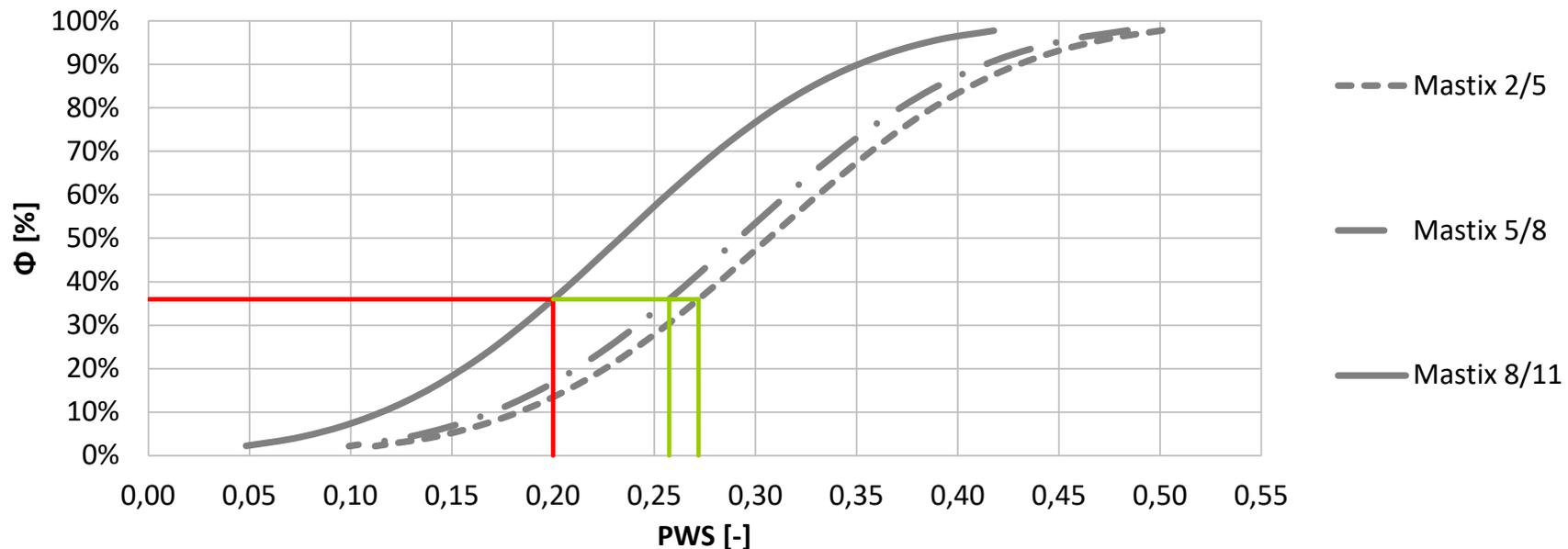
- o Das Messwertniveau bei der Prüfung am Mastixprüfkörper ist im Vergleich zur 1. Gerätegeneration um 30 % niedriger.
- o Mögliche Gründe für das niedrigere Messwertniveau wurden nicht untersucht.

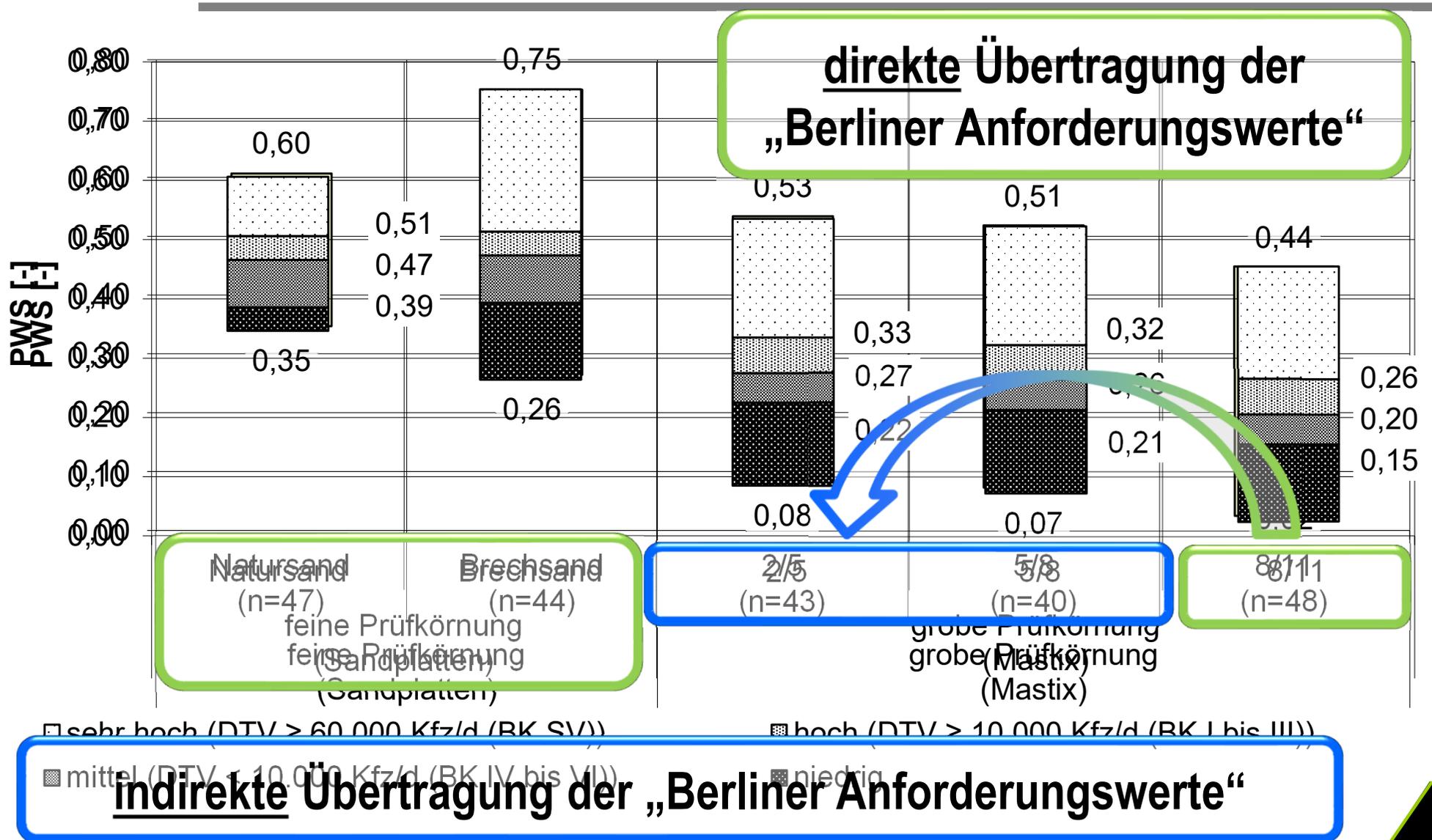
4. Übertragung der Kategorien 2/5 und 5/8 mm

Direkte Übertragung war aufgrund fehlender Kategorien (5/8) bzw. Rückstellproben (2/5) nicht möglich.

Indirekte Übertragung der Kategorien von 8/11 auf 5/8 und 2/5 über die Summenlinien:

- o Berücksichtigung des steigenden Messwerteniveaus bei abnehmender Korngröße
- o Äquivalente Wahrscheinlichkeitsbereiche





LEROUX (~ 1950)



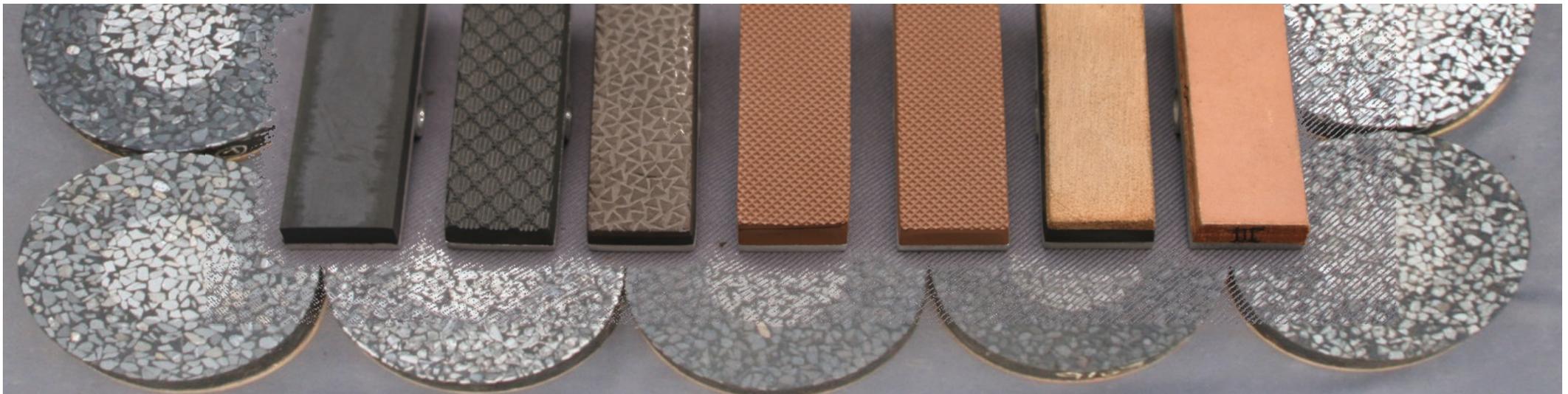
LEROUX (1961)



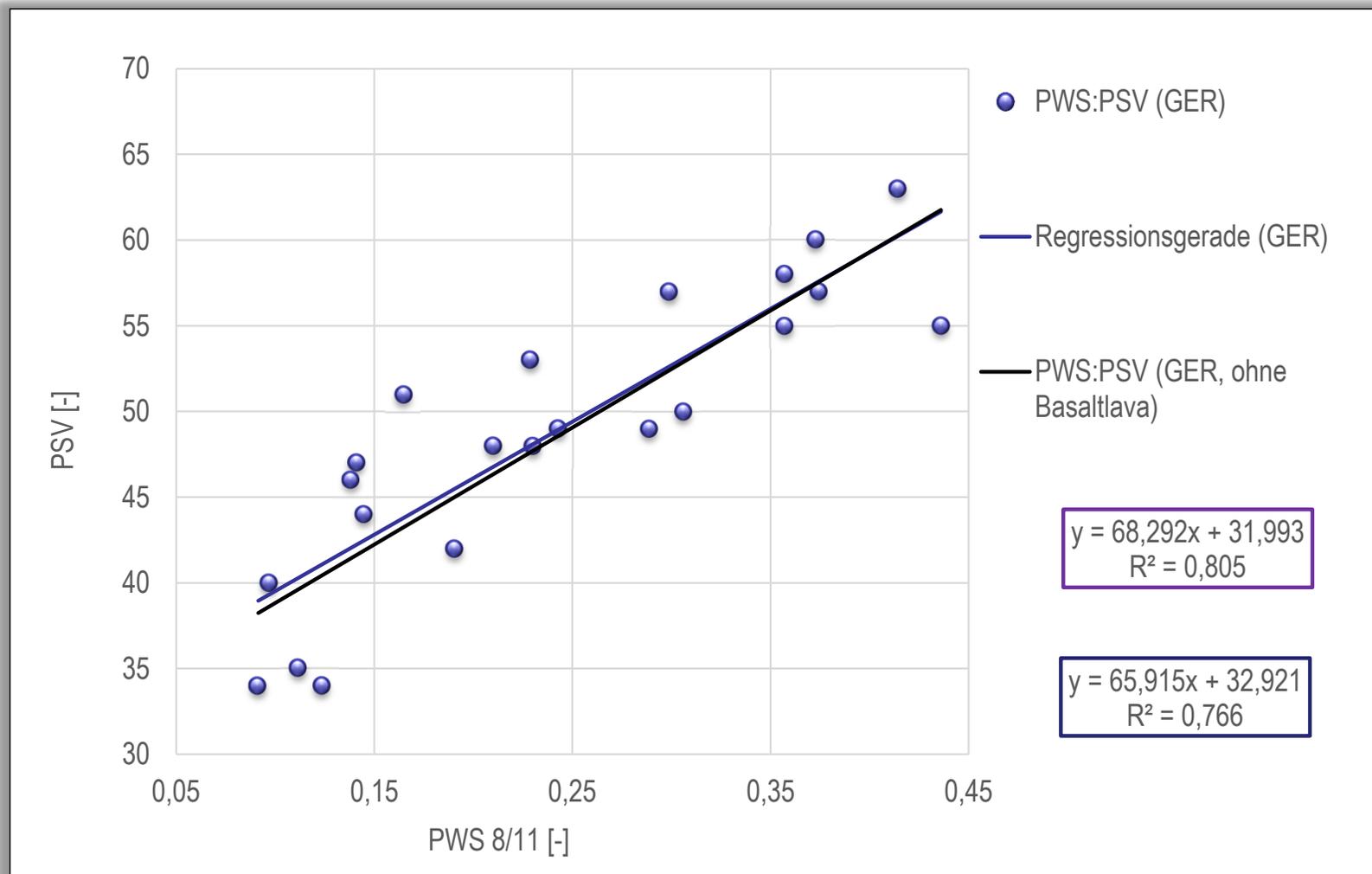
STANLEY (Heute)

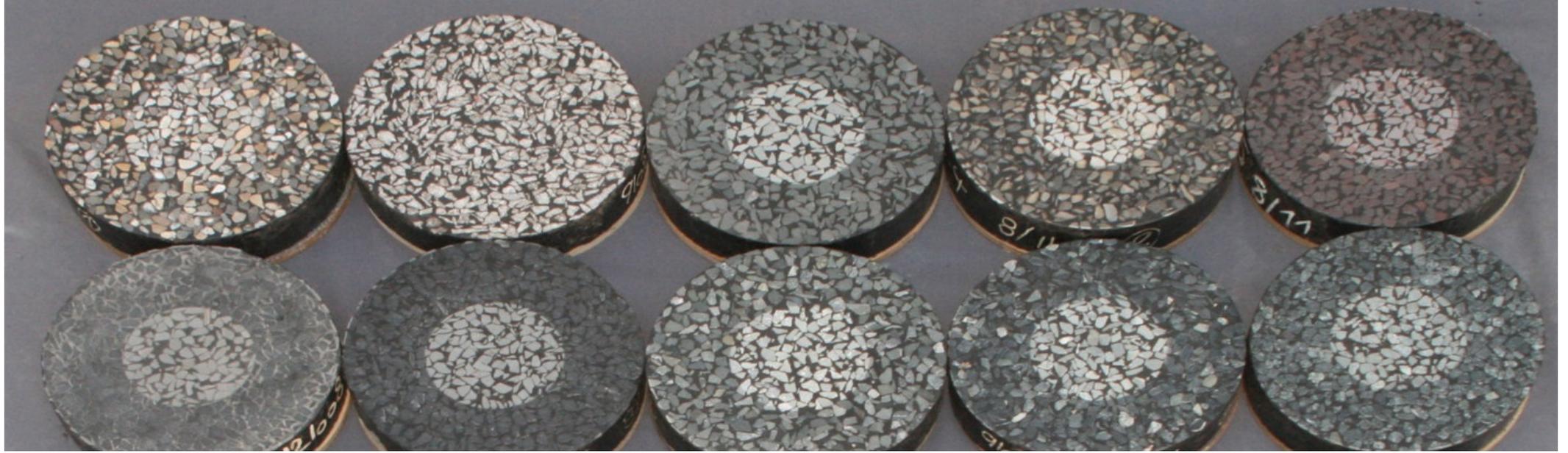


Zusammenhang PWS:PSV

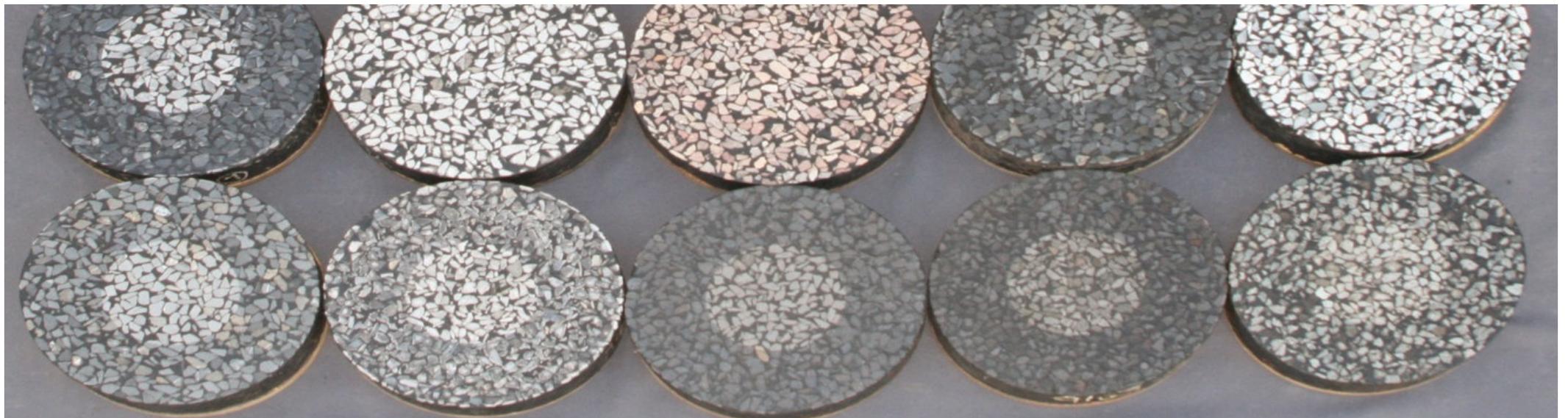


5. Zusammenhang PWS : PSV





Zusammenfassung und Empfehlungen



Mit dem Vorhaben wurden folgende Ziele erreicht:

Quantifizierung der Unterschiede im Messwertenniveau zwischen den beiden Gerätegenerationen:

- Das Messwertenniveau bei der Prüfung gGk am Mastixprüfkörper ist im Vergleich zur 1. Gerätegeneration um 30 % niedriger.
- Das Messwertenniveau bei der Prüfung der fGk ist im Vergleich zur 1. Gerätegeneration um 14 % niedriger.

Der bestehende Bewertungshintergrund konnte auf die 2. Gerätegeneration übertragen werden.

Für die 2. Gerätegeneration wurde erstmals eine Beziehung PSV – PWS hergestellt.

Die Ergebnisse wurden durch Vergleichsuntersuchungen validiert.

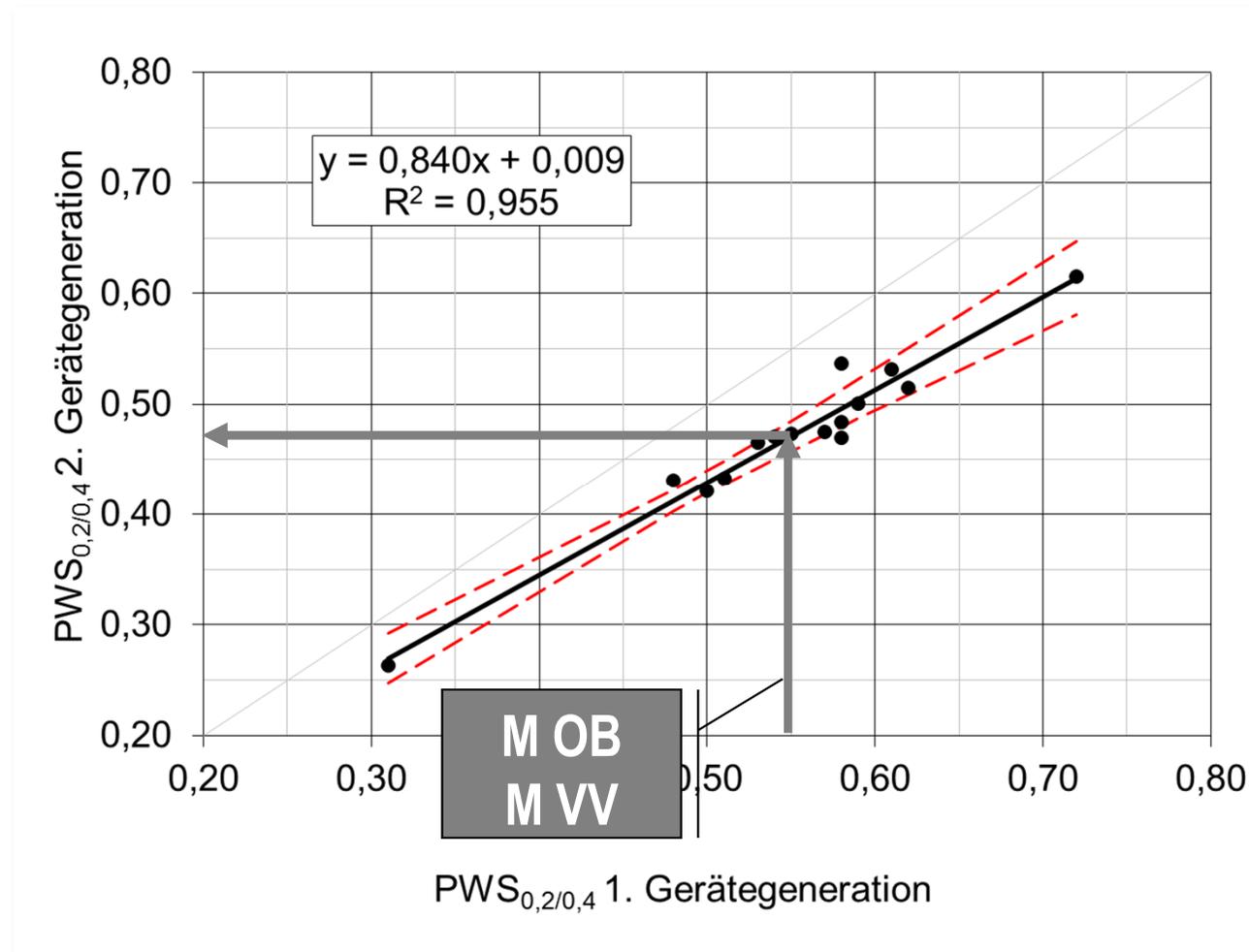
Auf Basis der Untersuchungen wird empfohlen:

Die bestehenden Anforderungswerte an den Polierwiderstand PWS für feine Gesteinskörnungen sollten angepasst werden.

Anforderungswerte für feine Gesteinskörnungen:

M OB - Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Verkehrsflächen aus Beton (Ausgabe 2009)

M VV - Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (Ausgabe 2013)



Auf Basis der Untersuchungen wird empfohlen:

Die bestehenden Anforderungswerte an den Polierwiderstand PWS für feine Gesteinskörnungen sollten angepasst werden.

Die Gerätebeschreibung der Prüfanlage nach Wehner/Schulze sowie die Angaben zur Probekörperherstellung in den DIN EN 12697 Teil 49 und den TP Gestein-StB Teil 5.4.2 sollten präzisiert werden.

Mit dem Prüfverfahren steht ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem, in Kombination mit mineralogisch/petrografischen Methoden, weitgehende Aussagen zur Polierresistenz von Gesteinskörnungen möglich sind.

Anforderungswerte für feine Gesteinskörnungen:

„Berliner“ Anforderungswerte für feine Gesteinskörnungen 1. Gerätegeneration	Empfehlung für Anforderungswerte für feine Gesteinskörnungen 2. Gerätegeneration
$\geq 0,45$	$\geq 0,39$
$\geq 0,55$ (M OB, M VV)	$\geq 0,47$
$\geq 0,60$	$\geq 0,51$

**Zeitnahe Änderung des M OB und M VV
Anforderungswertes!**



vom Polierwiderstand zur Griffigkeitsprognose

Univ.-Prof. Dr. S. Huschek, Die Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze, Bitumen 64. Jahrgang, Heft 1, März 2002

DIN EN 12697-49 (Mai 2014): Asphalt – Prüfverfahren für
Heißasphalt – Teil 49:
Messung der Griffigkeit nach Polierung

Stufe	Standardisierter Untersuchungsablauf	
	nach Huschek	DIN EN 12697 – 49
[0]	Messung der Griffigkeit des Ausgangszustandes mit dem Labor-Griffigkeitsmessgerät (LGM)	
[1]	90.000 Überrollungen in der Polierstation unter ständiger Zugabe von Wasser und Schmirgel; anschließend Griffigkeitsmessung im LGM	
[2]	Mechanisches Aufrauen der Oberfläche durch behutsames Strahlen mit Korund; anschließend Griffigkeitsmessung im LGM	Bei im Labor hergestellten Prüfkörpern soll ein Aufrauen durch Sandstrahlung erfolgen.
[3]	90.000 Überrollungen in der Polierstation unter ständiger Zugabe von Wasser und Schmirgel; anschließend Griffigkeitsmessung im LGM	90.000 Überrollungen in der Polierstation unter ständiger Zugabe von Wasser und Schmirgel; anschließend Griffigkeitsmessung im LGM Ggf. mit Zwischenstufen im Poliervorgang bis zu 270.000 Überrollungen.
[4]	Weitere Griffigkeitsmessungen im LGM bis zum Erreichen eines asymptotischen Grenzwertes. Der erreichte Wert ist das Endergebnis der Verkehrssimulation	

Vergleichende Betrachtung der Griffigkeitsentwicklung nach Polieren bei gleicher Mischgutsorte und volumetrischen Eigenschaften aber unterschiedlichen Gesteinskörnungskomponenten (Gesteinsart der groben und feinen Gesteinskörnung, Art der feinen Gesteinskörnung etc).

Die Griffigkeit der Straße im Nutzungszeitraum war ein Merkmal, was nur den Straßenbaulastträger interessierte.

Die Griffigkeitsprognose wurde zum ersten Mal auch bauvertraglich relevant, nachdem in den ZTV Asphalt-StB 07/ZTV BEA-StB 09 Abnahmewerte und Gewährleistungswerte für die Griffigkeit als Anforderungen zu erfüllen waren.

Aus Angst, diese Anforderungen (nach 4 Jahren Nutzungsdauer) nicht mehr zu erfüllen, wurden die Rezepturen zunächst bindemittelärmer eingestellt.

Welchen Einfluss die volumetrischen Eigenschaften auf die Griffigkeit haben, zeigte sich, nachdem 2013 die Hohlraumgehalte bei den Walzasphaltdeckschichten aus Gründen der Dauerhaftigkeit abgesenkt wurden.

Durch die verminderte Textur kam es zunehmend zu Griffigkeitsdefiziten auf sehr hoch beanspruchten Straßen, insbesondere auch bei der Anfangsgriffigkeit.















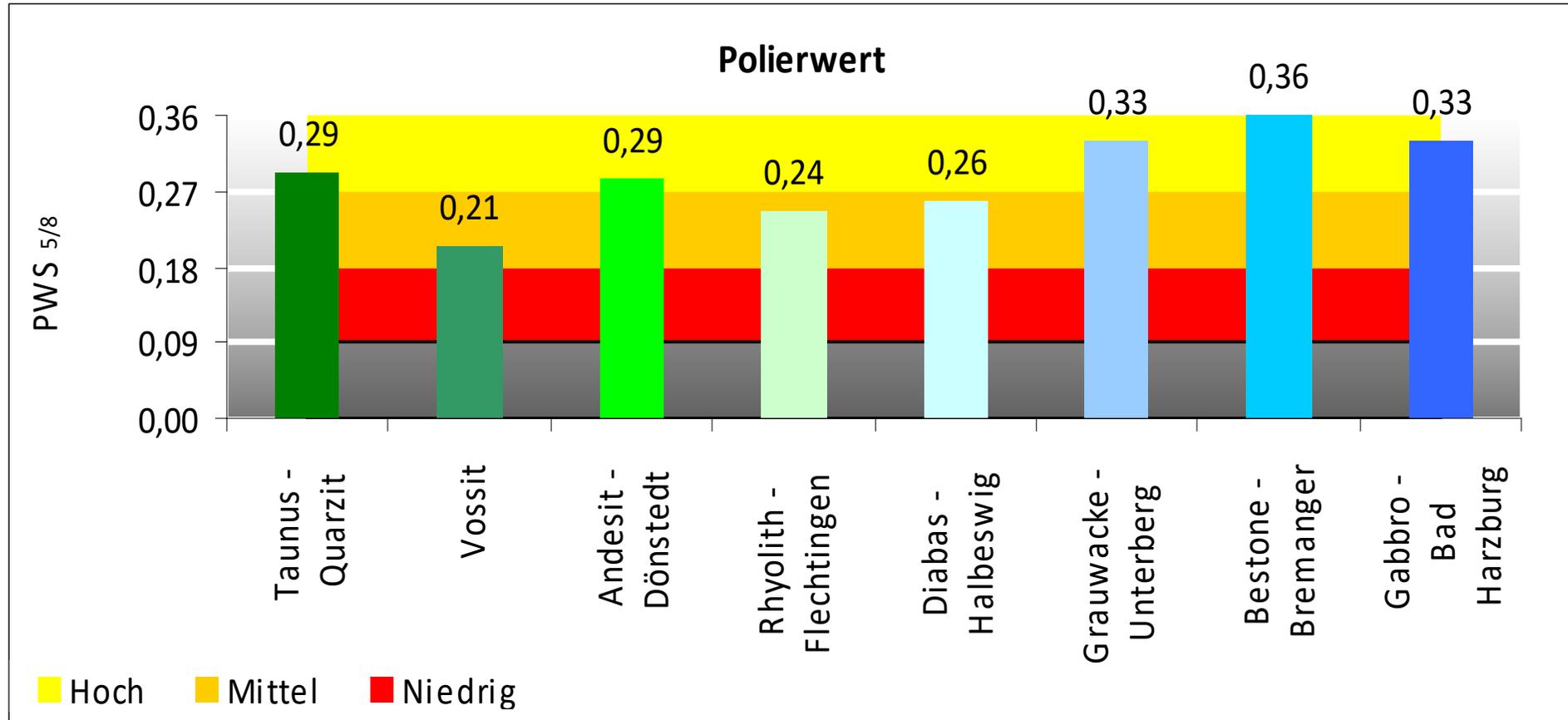
Herzlichen Dank für ihre Aufmerksamkeit

ASPHALTA

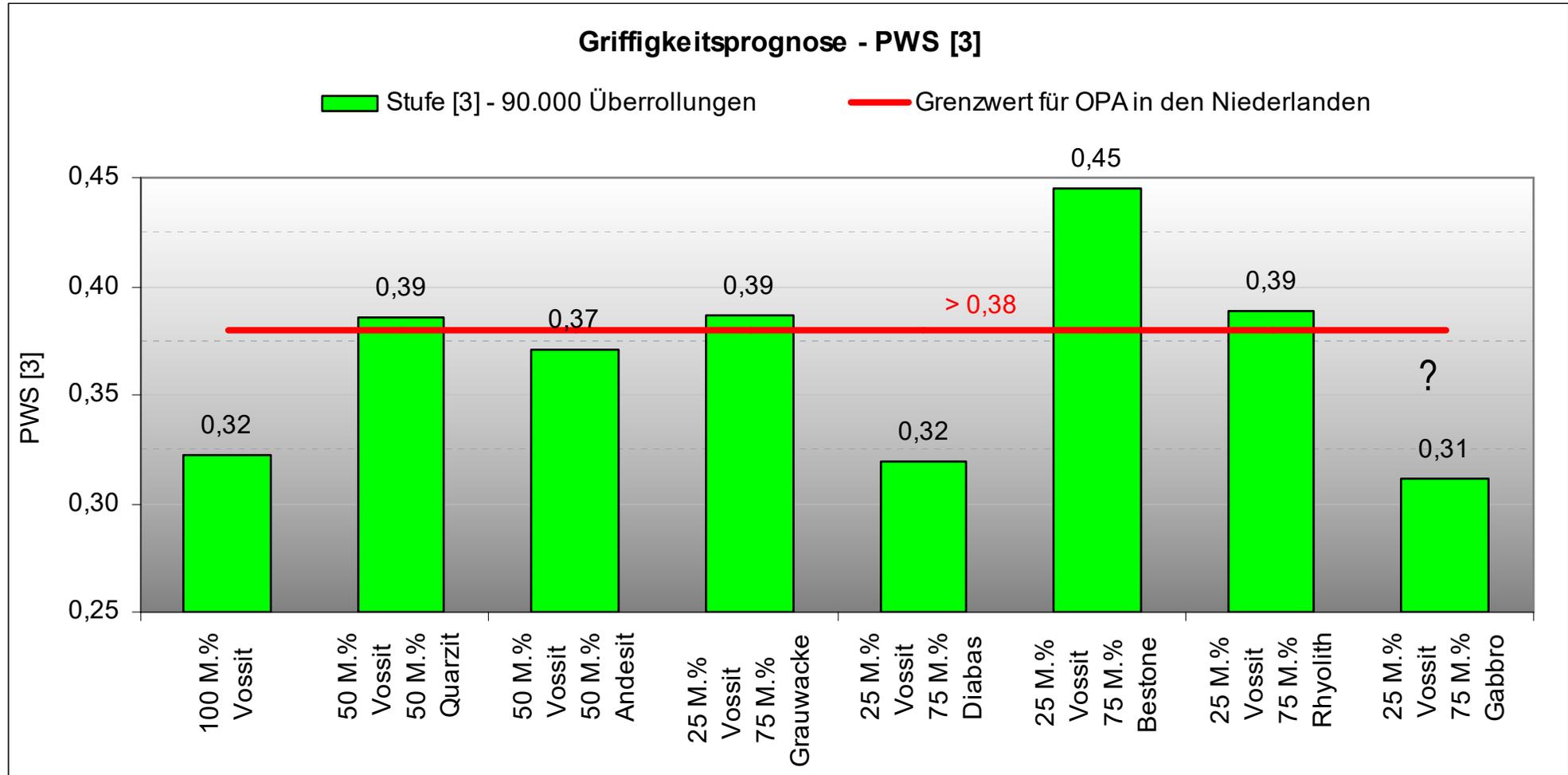
Prüf- und Forschungslaboratorium GmbH
Halenseestraße/Innenraum AVUS Nordkurve
14055 Berlin
+49 (30) 3016036
prueflabor@asphalta.de

WWW.ASPHALTA.DE

Widerstand gegen Polierbeanspruchung



Griffigkeit nach Polierbeanspruchung



Anforderungen für die Griffigkeit und
Prüfverfahren zur Messung sind festgelegt im
**Merkblatt zur Bewertung der Straßengriffigkeit
bei Nässe
M BGriff
Ausgabe 2012**

- In allen Veröffentlichungen und Regelwerken wird übereinstimmend festgestellt, daß zur Gewährleistung eines ausreichenden Kraftschlusses zwischen Reifen und Fahrbahn die Fahrbahnoberfläche rau sein muß

-
- Auf der Grundlage dieser Aufgabe wird seit vielen Jahrzehnten geforscht, welche Faktoren für Griffigkeit der Oberfläche von Straßen maßgebend sind. Die Ergebnisse sind in dem 2001 erschienenen
 - **Merkblatt für den Bau griffiger Asphaltdecken**

zusammengefasst.

- **Rauheit, Oberflächentextur**

Geometrische Gestalt der Fahrbahnoberfläche im Wellenlängenbereich von wenigen Mikrometern bis einigen Dezimetern. Unterschieden wird zwischen Mikro-, Makro- und Megarauheit

- **Mikrorauheit**

Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung kleiner 0,5 mm, wobei Rauheiten bis zu einer Größenordnung von 1/100 mm einen sehr großen Einfluß auf die Naßreibung zwischen Gummi und Mineralstoff haben.

Sie wird durch die Kanten- und Flächenschärfe der Mineralstoffkörner gebildet.

- **Makrorauheit**

Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung von 0,5 mm bis 50 mm, wobei nur Rauheitselemente bis in die Größenordnung von 10 mm die Griffigkeit durch ihre Dränagewirkung beeinflussen.

Wird im wesentlichen durch die Größe und Anordnung der an der Oberfläche befindlichen Mineralstoffe gebildet.

- **Megarauheit**

Rauheitselemente im Wellenlängenbereich von 50 mm bis 500 mm. Diese haben keinen Einfluß auf die Griffigkeit, aber einen maßgeblichen Einfluß auf das Reifengeräusch. Ebenheitselemente

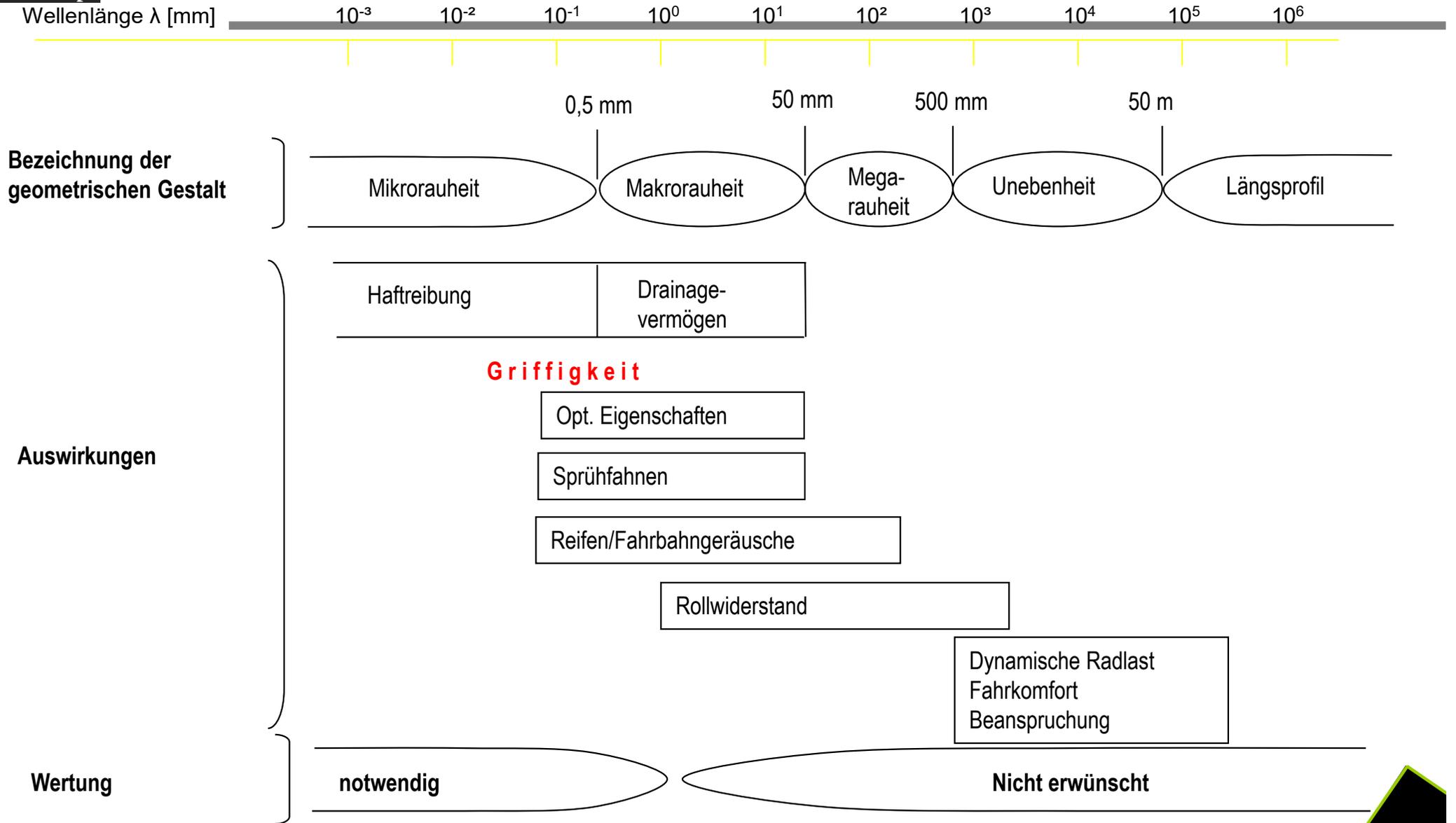
• **Kraftschluss**

Übertragung von Reibungskräften in der Reifenaufstandsfläche durch Reibung. Der Kraftschluss resultiert aus der Wechselwirkung zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche, beeinflusst im wesentlichen von

- der Rauheit der Oberfläche,
- den Eigenschaften des Reifens,
- der Anwesenheit und Dicke eines Zwischenmediums z.B. Wasser)
- der Fahrgeschwindigkeit

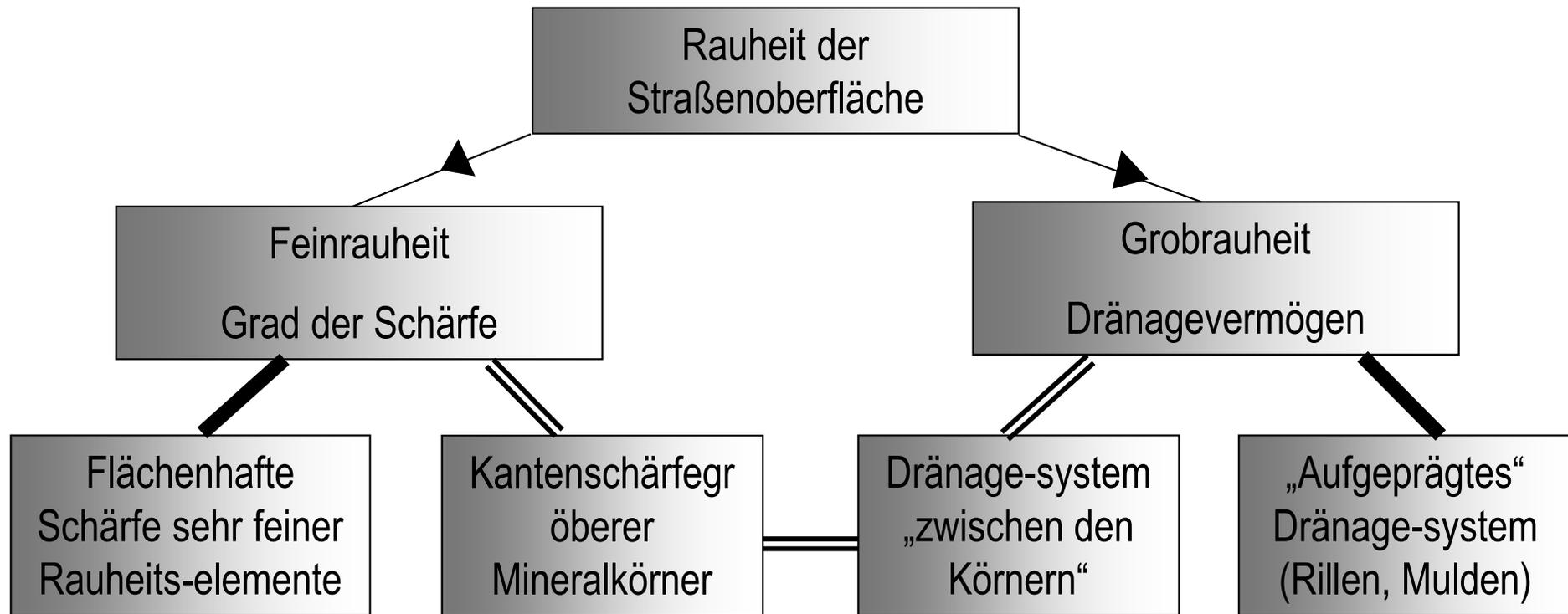
- **Griffigkeit**

Wirkung der Rauheit und der stofflichen Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche auf den Kraftschluß Reifen/Fahrbahn, gekennzeichnet durch den unter festgelegten Bedingungen gemessenen Kraftschluß zwischen Meßreifen bzw. Meßgummi und angenäster Fahrbahn



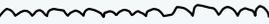
Wellenlängenspektrum der Fahrbahnoberfläche

Schema der Rauheitszerlegung

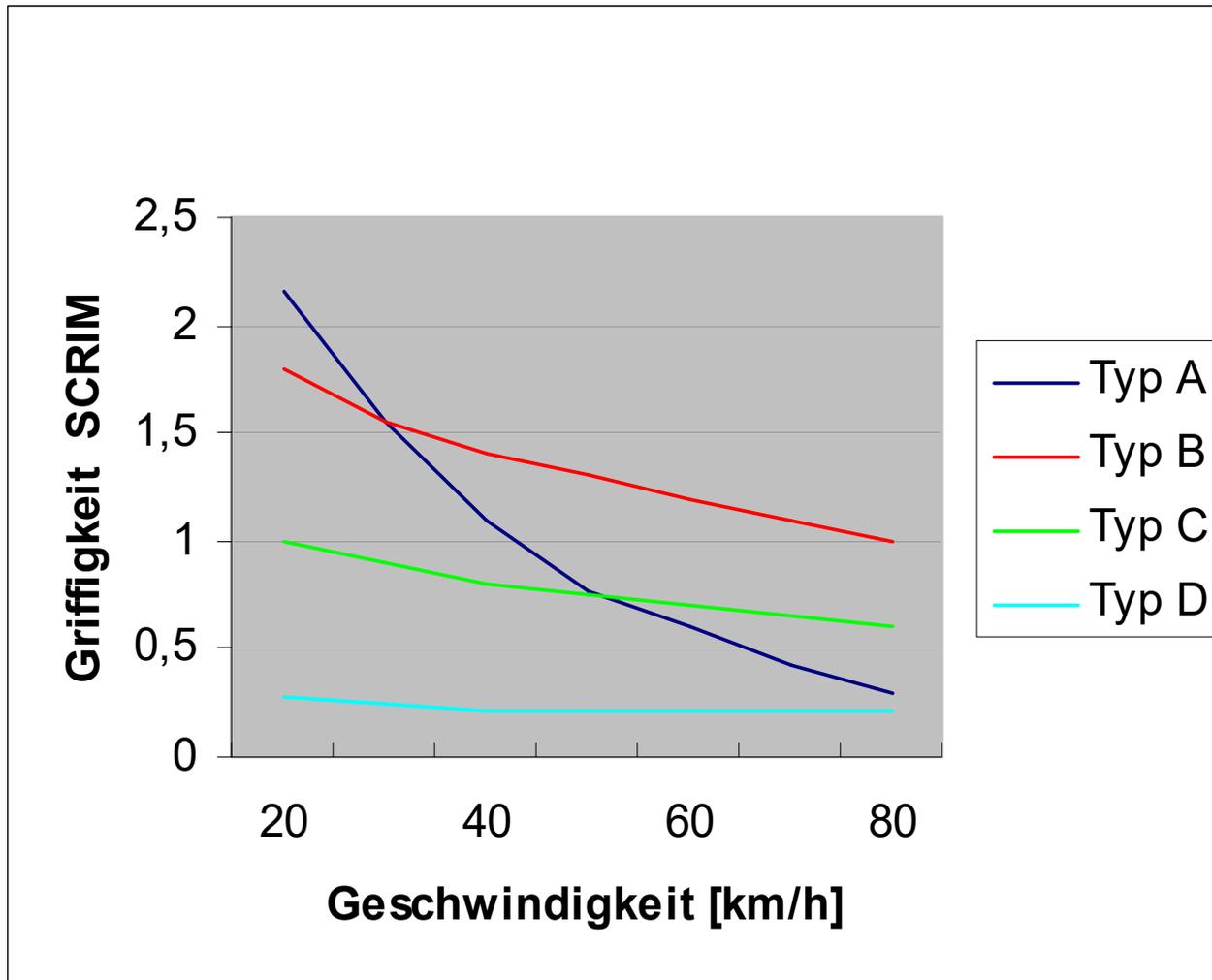


- == Feinem Sandpapier ähnliche Oberflächen mit überlagertem „Profil“
- Oberflächen aus „freistehenden“ Mineralkörnern

Idealisierte Grundformen von Straßenoberflächen

Lfd. Nr.	Bereich	Symbolisierte Darstellung	Allgemeine Beschreibung	Aussehen der Oberfläche (aus dem fahrenden Kraftfahrzeug)
1	2	3	4	5
1	ohne Rauheit		vollkommen glatte Oberfläche	glatt
2	Mikrorauheit		„geschlossene“ Oberfläche (1) aus Rundkorn	glatt
3			(2) aus scharfkantigem Korn (feines Sandpapier)	
4	Makrorauheit		„offene Oberfläche (1) aus Rundkorn	rau
5			(2) aus kantigem Korn	

Einfluss der Textur auf die Griffigkeit



- Typ A
nur Mikrotextur

- Typ B
Mikro- und Makrotextur

- Typ C
nur Makrotextur

- Typ D
weder Mikro- noch
Makrotextur

Primäre Einflussfaktoren auf die Griffigkeit bzw. die Griffigkeitsentwicklung

- Art der Deckschicht
- Zusammensetzung des Mischgutes, insbesondere Art und Korngrößenverteilung der Mineralstoffe, aber auch Hohlraumgehalt, Hohlraumausfüllungsgrad
- Eigenschaften der eingebauten Asphaltdeckschicht
- Art der verwendeten Verdichtungsgeräte
- Art und Eigenschaften des Abstreumaterials

Sekundäre Einflussfaktoren auf die Griffigkeit bzw. die Griffigkeitsentwicklung

- Verkehrsbelastung
- Art des Verkehrs
- Klima
- Lage der Straße im Gelände (Steigung)
- Trassierungselemente (z.B. Kurvenradien)

- Labormessungen

Feldmessungen

a) Schnelfahrende Messsysteme

- Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM)
nach TP Griff-StB (SCRIM)
- Schlupfmessanhänger (Slip Resistance Measuring Trailer-SRMT)

b) Stationär messendes Messsystem

Das stationär messende Messsystem besteht aus dem SRT-Pendel und dem Ausflussmesser nach der „Arbeitsanweisung für kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem kombinierten Ausflussmesser“, Ausgabe 1972 der FGSV

- **Blockiertes Schlepprad (SRM)**

Standardmethode in der Bundesrepublik Deutschland

- **Labormaschine zum Nachahmen der Messung mit dem blockierten Schlepprad**

Laborgriffigkeitsmessgerät des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der TU Berlin

- **Bremsweg- oder Verzögerungsmessungen mit einem gewöhnlichen Kraftfahrzeug**

¹⁾ Quelle: Arbeitsanweisung für Pendelgeräte und Ausflussmesser / 1972

- Skid Resistaince Tester (SRT)
und Ausflussmesser (AM)

Stuttgarter Reibungsmesser
(SRM)

Sideway Force Coeffizient
Routing Investigation Machine
(SCRIM)

SKM

Seiten **K**raft **M**essverfahren

(Messgerät zur routinemäßigen Untersuchung des
Seitenkraftbeiwertes)

Technische Prüfvorschrift für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau – Teil:
Seitenkraftmessverfahren TP Griff-StB (SKM) Ausgabe 2012





SRM

Stuttgarter **R**eibungs **M**esser

(Lange Zeit das in Deutschland standardmäßig
eingesetzte Messgerät zur Untersuchung des
Gleitreibungsbeiwertes bei besonderen Fragestellungen -
gutachterliche Aussagen)

Arbeitsanleitung für Griffigkeitsmessungen mit dem SRM, Ausgabe 2004

Griffigkeitsmessung mit dem Stuttgarter Reibungsmesser



Griffigkeitsmessung mit dem Stuttgarter Reibungsmesser



Beide Messgeräte sind an eindeutig definierte Messanweisungen gebunden.

Bei der Messung werden alle wichtigen, den Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn bei Nässe beeinflussenden Parameter, wie

- Reibungszustand des Messrades
- Belastung des Messrades
- Geschwindigkeit des Messfahrzeuges
- Wasserfilmdicke vor/unter dem Messreifen
- Eigenschaften des Messreifens

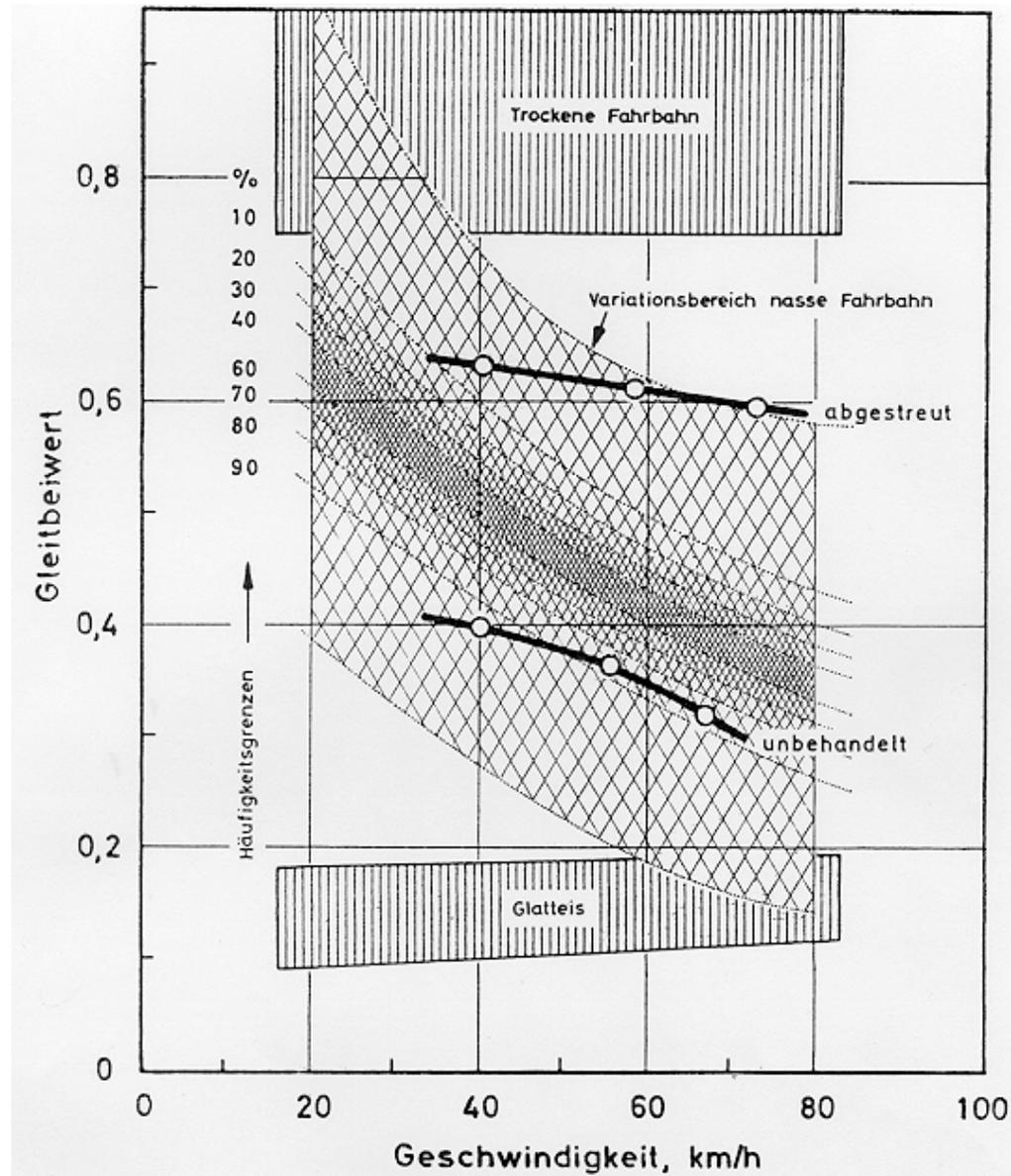
konstant gehalten, um so den Einfluss der Rauheit der Fahrbahnoberfläche auf die Griffigkeit bei Nässe quantifizieren zu können.

Durch die **geringere Reichweite des SRM** wurden die in den vergangenen Jahren durchgeführten Zustandserfassungen aller bundesdeutschen Autobahnen mit dem SKM durchgeführt.

Messsystem	SRM ¹⁾	SCRIM ²⁾
- Messgröße	Gleitreibungskraft am blockierten Rad	Seitenreibungskraft am schräglaufenden Rad
- Simulation	Gefahrenbremsung eines Pkw bei starkem Regen	Ausbrechen eines Pkw bei leichtem Regen
- Wasserfilmdicke	1,0 ± 0,1 mm	um 0,5 mm
- Wasser-dosierung	stufenlos in Abhängigkeit von der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit	keine Dosierung
- Wasservorrat	Tank mit 4 000 l	Tank mit 2 700 l
- Reichweite	max. 16 km Streckenlänge	max. 70 km Streckenlänge
Messreifen	Spezialreifen mit 4 Längsrillen 165-R 15 (Pkw-Größe) Reifeninnendruck 1,5 bar	Spezialreifen ohne Profil 76 x 508 (Motorrad-Größe) Reifeninnendruck 3,5 bar

1) Entwicklungsstand an der TU Berlin

2) Standardausführung in England





Wie sind die mit den beschriebenen Verfahren
ermittelten Messergebnisse zu bewerten?

Merkblatt über Straßengriffigkeit und Verkehrssicherheit bei Nässe

2. Ausgabe 1968

Richtwerte für die Griffigkeit

Messverfahren: SRM, blockiertes Schlepprad (Profiliertes Reifen Phoenix P3)

Geschwindigkeit km/h	Gleitbeiwert μ
80	0,26
60	0,33
40	0,42

Nicht mehr gültig!

Beurteilung der Griffigkeit von Straßenoberflächen*

Zustandswerte	Bedeutung
1	Sehr gut
2	Gut
3	Befriedigend
3,5	Warnwert
4	Schlecht
4,5	Schwellenwert
5	Sehr schlecht

Derzeit gültig!

* nach dem Merkblatt zur Bewertung der Straßengriffigkeit bei Nässe - M BGriff

Zustandswerte im Rahmen der ZEB (Zustandserfassung und Bewertung) als Grundlage für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen

Einordnung der Griffigkeit bei verschiedenen Messverfahren für Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $v > 50$ km/h (bezogen auf 100-m-Mittelwerte bei den kontinuierlich messenden Verfahren)

Zustandswerte		Messverfahren SKM			LFC-Messverfahren (Grip Tester)		Messverfahren SRT/AM	
Zustandswert	Bedeutung	μ_{SKM} bei $v=$			μ_{LFC} bei $v=$		SRT [Einheiten]	AM [s]
		40 km/h	60 km/h	80 km/h	40 km/h	60 km/h		
1,5	1,5-Wert	0,67	0,58	0,53	0,64	0,62	65	≤ 30
3,5	Warnwert	0,49	0,44	0,39	0,46	0,44	55	≤ 60
4,5	Schwellenwert	0,42	0,37	0,32	0,38	0,36	50	≤ 120

Anmerkung:

Da je nach Oberflächenstruktur die mit den unterschiedlichen Verfahrenen gemessenen Werte unterschiedlich beeinflusst werden, sind sie untereinander nicht vergleichbar.

Daher ist eine Korrelation zwischen den Messverfahren nicht zulässig. Des Weiteren sind auch Umrechnungen zwischen den verschiedenen Messgeschwindigkeiten der jeweiligen Verfahren nicht zulässig.

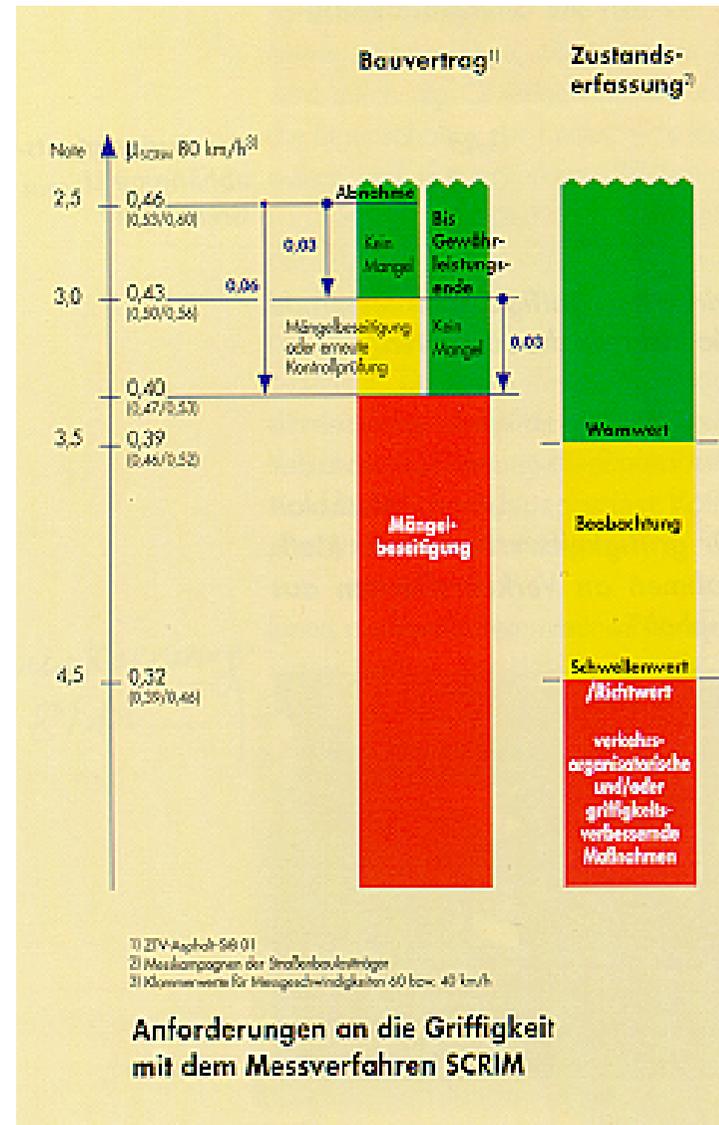
Bewertung der Griffigkeit nach ZEB (Zustandserfassung und Bewertung)

Nach M BGriff alt

Zustands- wert	Bedeutung	ZEB-Werte			Umrechnungswerte				
		μ_{SCRIM} bei v=			μ_{SRIM} bei v=			SRT [Einheiten]	AM [s]
		40 km/h	60 km/h	80 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h		
1	Sehr gut	0,70	0,63	0,56	0,69	0,60	0,51	67	-
1,5	Zielwert	0,67	0,60	0,53	0,66	0,57	0,48	65	30
2	Gut	0,63	0,56	0,49	0,63	0,54	0,45	62	-
3	Befriedigend	0,56	0,49	0,42	0,57	0,48	0,39	57	-
3,5	Warnwert	0,53	0,46	0,39	0,54	0,45	0,36	55	60
4	Unbefriedigend	0,49	0,42	0,35	0,51	0,42	0,33	52	-
4,5	Richtwert	0,46	0,39	0,32	0,48	0,39	0,30	50	120
5	Ungenügend	0,42	0,35	0,28	0,45	0,36	0,27	47	-

Zweck	Zustands- note	80 km/h		60 km/h	
		SCRIM	SRM	SCRIM	SRM
Abnahme	2,5	0,46	0,42	0,53	0,51
Ablauf Gewähr- leistung	3,0	0,43	0,39	0,50	0,48
Warnwert	3,5	0,39	0,36	0,46	0,45
Schwellen- wert	4,5	0,32	0,30	0,39	0,39

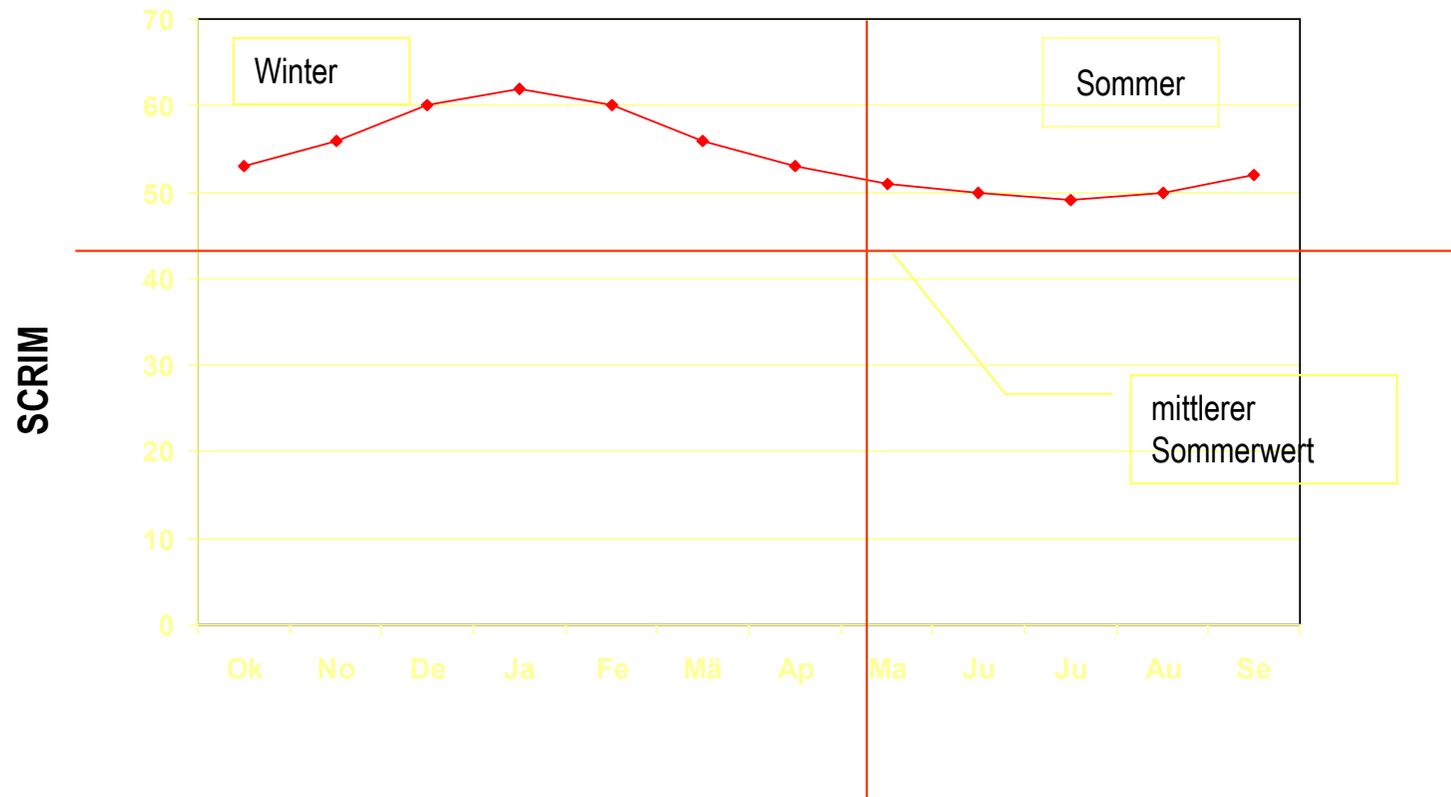
* nach dem Merkblatt für die.... MB Griff alt



Gemessene SCRIM-Werte ($\mu_{SKM, 80}$) und empfohlene Konsequenzen bzw. Maßnahmen

$\mu_{SKM, 80}$	empfohlene Konsequenzen/Maßnahmen
$> 0,39$	Keine Maßnahmen bzgl. einer Griffigkeitsverbesserung oder verkehrsbeschränkender Beschilderung notwendig
$0,32 - 0,39$	<ul style="list-style-type: none"> - Beobachtungszeiträume der Strecken in Bezug auf die Griffigkeit verkürzen - Abschnittsbezogene Untersuchungen des Unfallgeschehens bei Nässe
$< 0,32$	<p>Ingenieurmäßige Beurteilung nach folgenden Gesichtspunkten:</p> <p>a) Abschnittsbezogene Untersuchung des Unfallgeschehens bei Nässe</p> <p>Unfallschwerpunkt:</p> <p>Maßnahmen verkehrsrechtlicher Art bzw. baulicher Maßnahmen einleiten</p> <p>a) Überprüfung anhand der fahrdynamischen Zusammenhänge, ggf. Maßnahmen verkehrsrechtlicher Art anordnen bzw. bauliche Maßnahmen einleiten</p>

Griffigkeitsschwankungen in Abhängigkeit der Jahreszeit



Eine sehr wesentliche Möglichkeit zur Erzielung einer dauerhaften Griffigkeit von Asphalt- und Betondeckschichten bietet neben vielen anderen kompositionellen Merkmalen bei der Zusammensetzung die Wahl eines polierresistenten Gesteins

- **Polierwiderstand**

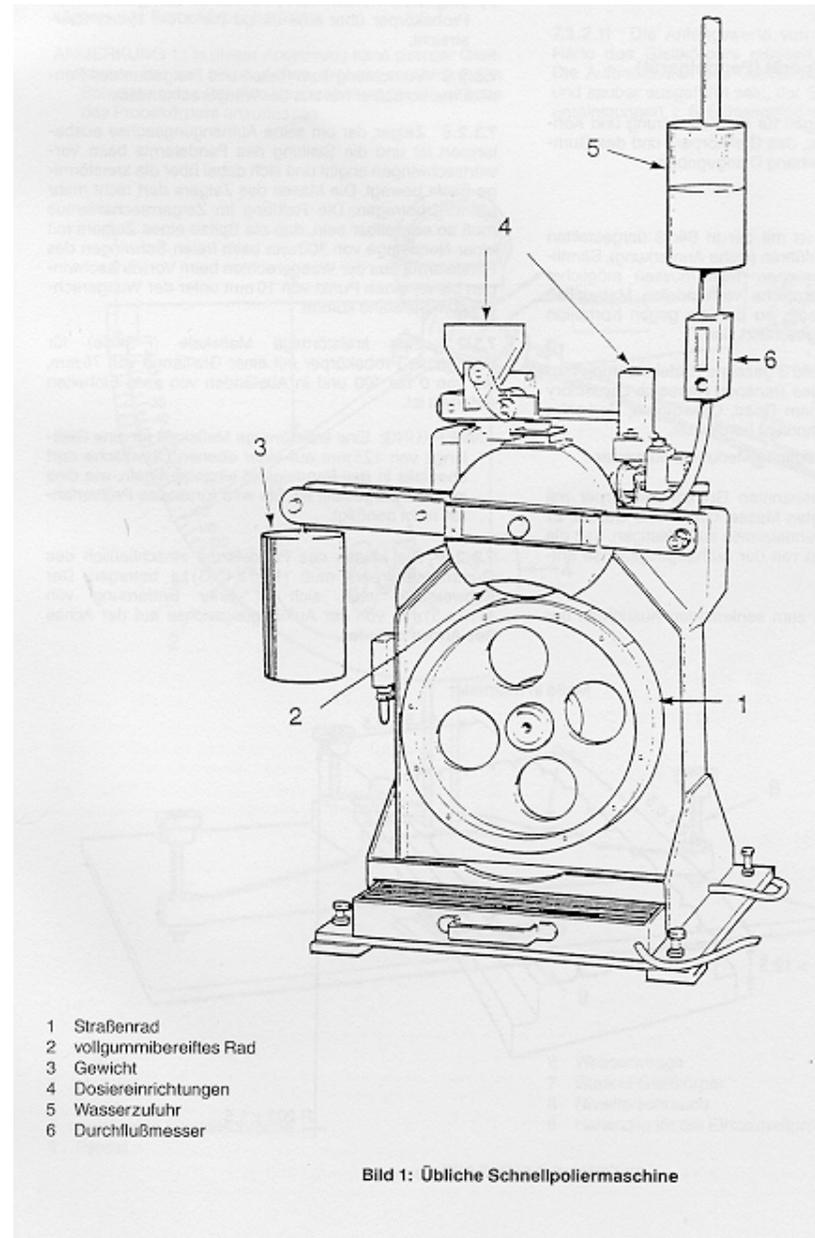
Der Gesteinsspezifische Widerstand der Mineralstoffoberfläche gegen Rauheitsänderungen im Mikrobereich durch polierende Beanspruchung

Poliereinrichtung nach EN 1097-8
ehemals BS 812

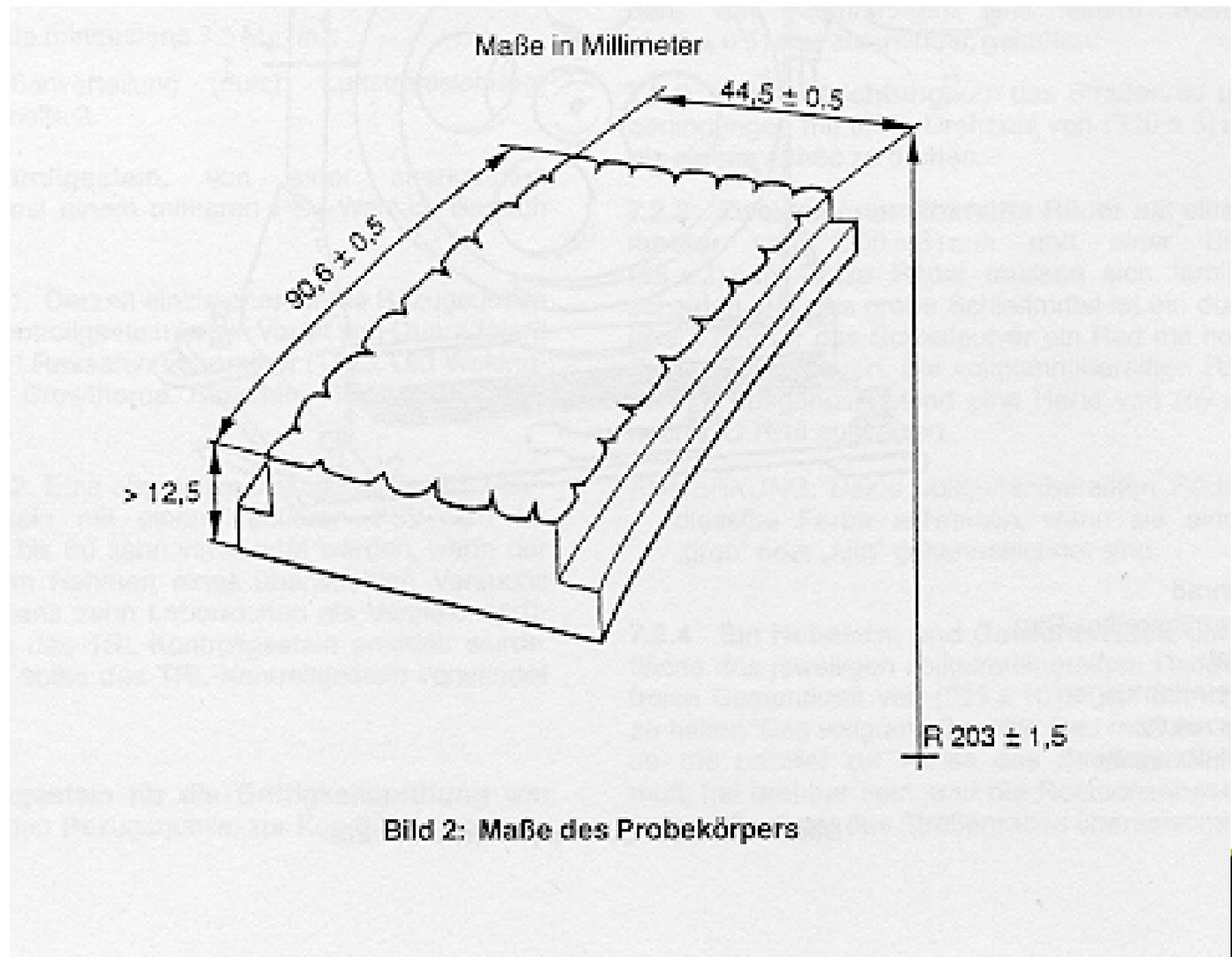
Poliereinrichtung nach
Wehner/Schulze

Poliergerät nach Gauer (PGM)

Poliereinrichtung nach EN 1097-8



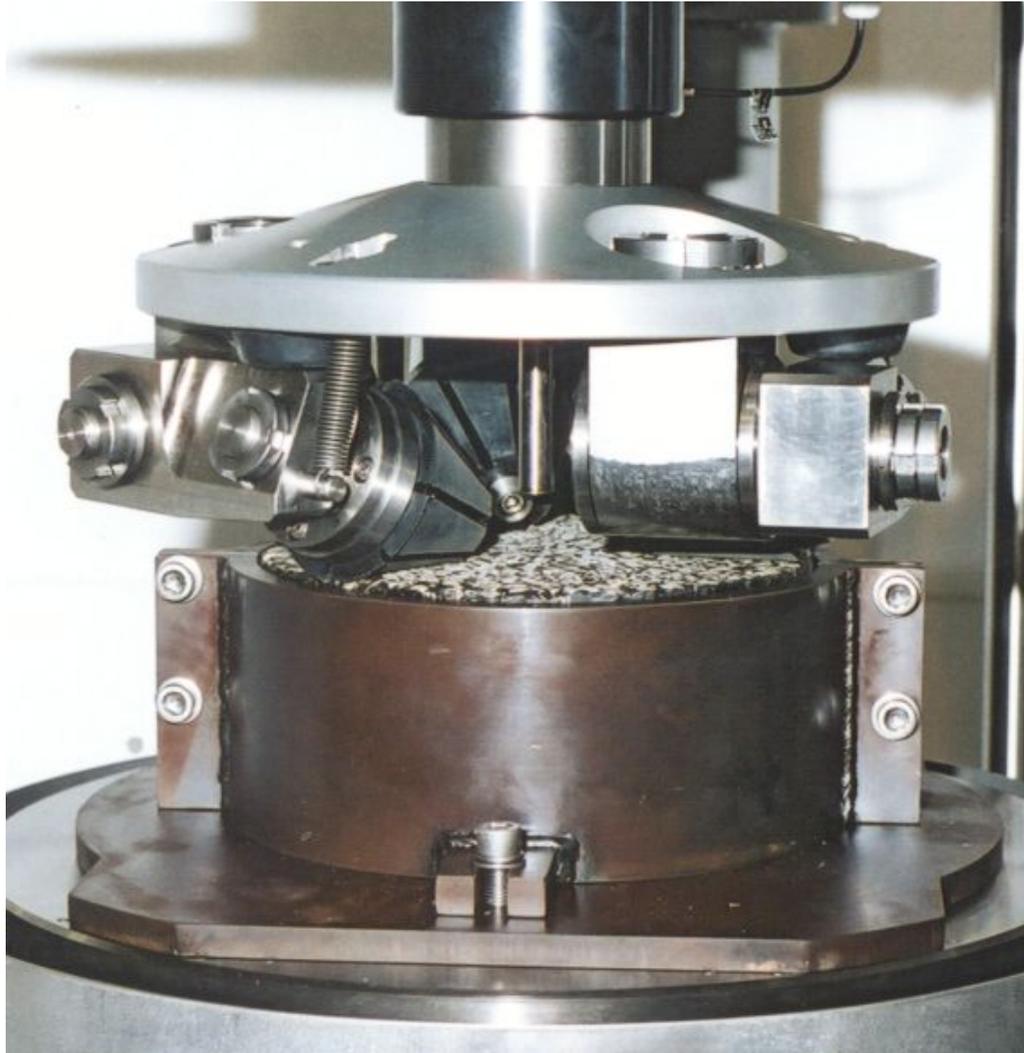
Probekörper nach EN 1097-8



Probekörper für die Polierprüfung nach Wehner/Schulze



Polierkopf der Polieranlage nach Wehner/Schulze

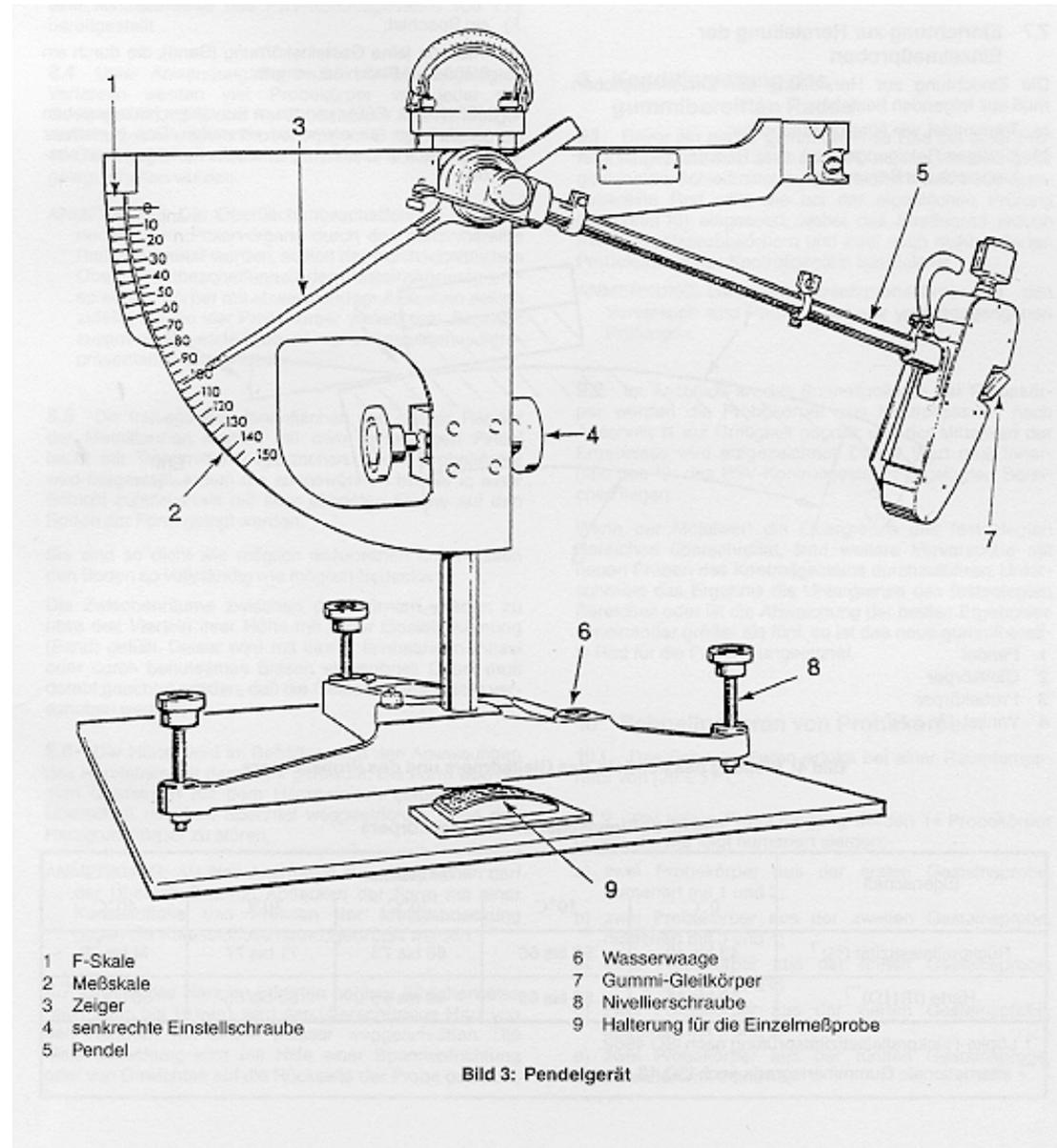


SRT und Ausflussmesser

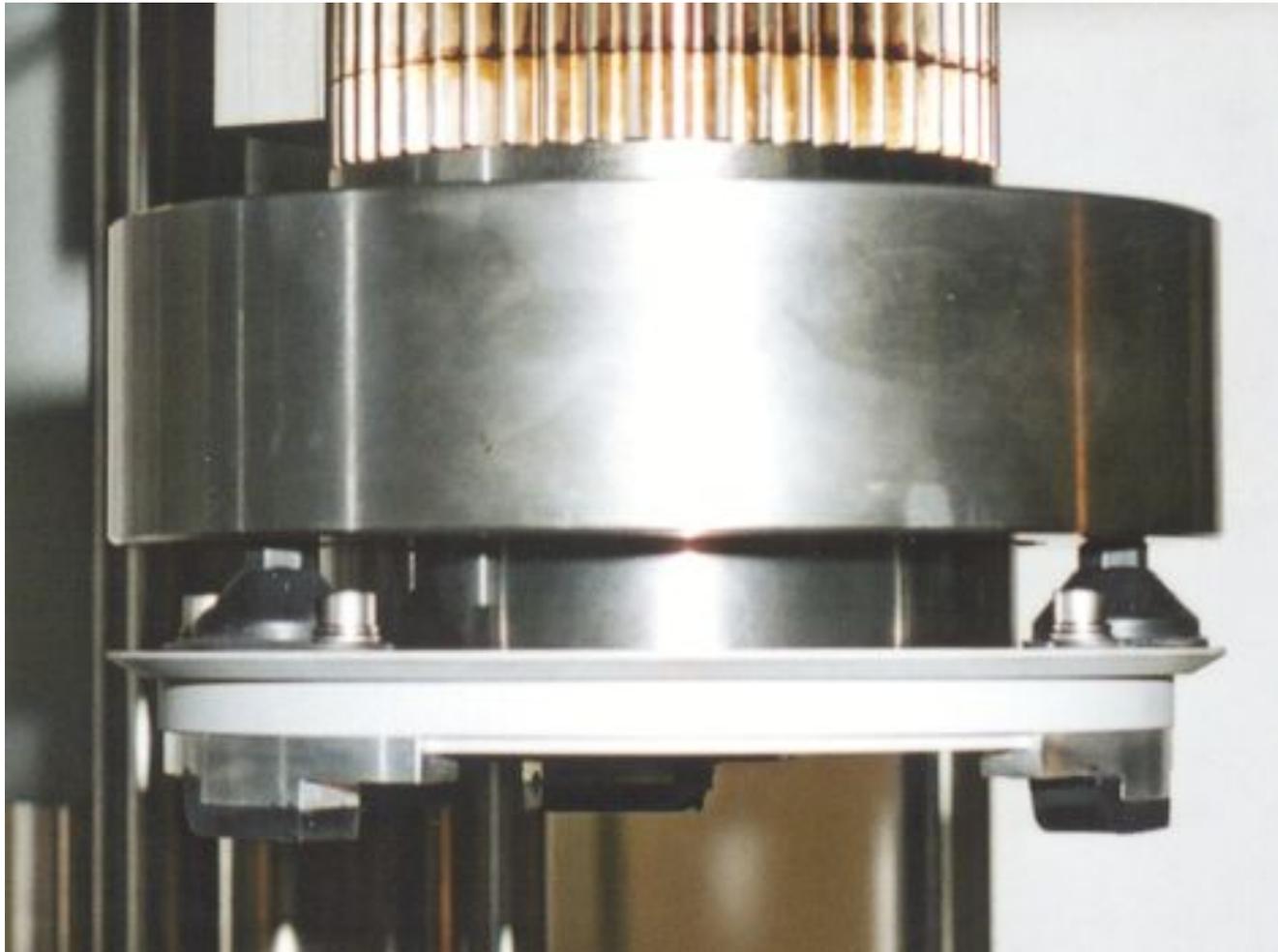
Griffigkeitsmessgerät nach
Wehner/Schulze

Griffigkeitsmessgerät nach Gauer
(PGM)

Pendelgerät nach EN 1097-8



Messkopf der Prüfanlage nach Wehner/Schulze



Prüfanlage nach Wehner/Schulze



Bauklasse III bis VI normale Beanspruchung

PSV \geq 43

Bauklasse SV, I, II und III mit besonderer Beanspruchung

PSV \geq 50

Empfehlung

Deckschichten mit langfristig besonders starker Polierbeanspruchung und bei polierempfindlichen Bauweisen

PSV \geq 53

Ausführungsvorschriften zu § 7 des Berliner Straßengesetzes über Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau

Zu Abschnitt 4.7 der TL Min-StB 94 - Widerstandsfähigkeit gegen Polieren (Polierresistenz)



Polieranforderungen nach dem Berliner Straßengesetz

Bei Straßen der Bauklasse SV sowie bei Straßen mit besonderen Beanspruchungen und bei Straßen der Bauklassen I und II (nach RSt0 86, Fassung 1989) ist **zur Bestimmung der Polierresistenz das Verfahren Wehner/Schulze anzuwenden.**

Als unterer Grenzwert für Straßen der Bauklasse SV sowie für Straßen mit besonderen Beanspruchungen bzw. für Straßen, die einen $DTV \geq 60\ 000$ Kfz/24 Stunden aufweisen gilt:

Splitt 8/11	> 0,42
Splitt 2/5	> 0,46
Sand 0,2/0,4	> 0,60

Als unterer Grenzwert für Straßen der Bauklassen I und II bzw. für Straßen, die einen $DTV \geq 10\ 000$ Kfz/24 Stunden aufweisen gilt:

Splitt 8/11	> 0,35
Splitt 2/5	> 0,39
Sand 0,2/0,4	> 0,55

Warum Griffigkeitsprognosen?

Zur dauerhaften Sicherstellung eines
ausreichend hohen Griffigkeitsniveaus

Zum wirtschaftlichen Einsatz von Baustoffen
und Schonung von natürlichen Ressourcen

Splittmastixasphalt-Probekörper nach der Polierprüfung



Komponenten, die für die Auswahl von Mineralstoffen mit hohem Polierwiderstand von Bedeutung sein können¹⁾:

- Verkehrsbelastung
- örtliche Verkehrsverhältnisse (z.B. Geschwindigkeit, Anfahr- und Bremsbereiche)
- Trassierung der Straßen (z. B. Steigungen, enge Kurven, Querneigungsverhältnisse)
- örtlich verfügbare Mineralstoffe

¹⁾ nach: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 27/1994

Komponenten, die für die Auswahl von Mineralstoffen mit hohem Polierwiderstand von Bedeutung sein können¹⁾:

- Art der Deckschicht (SMA; AB)
- spezielle Mischgutzusammensetzung (z.B. sandreich)
- Nutzungsdauer der Deckschicht
- Erhaltungskosten

¹⁾ nach: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 27/1994

Welche Parameter beeinflussen die Griffigkeitseigenschaften einer Asphaltdeckschicht ?

Bindemittel ?

Gestein ?

Einbau ?

Die Oberflächen von Asphaltdeckschichten bestehen nach einer von Verkehr und Witterung abhängigen Einfahrzeit zum größten Teil aus fast bindemittelfreien Gesteinsflächen. Bei diesen Gesteinsflächen überwiegt in der Regel der Splittanteil; der Einfluss des Splittes ist daher bedeutend, besonders bei Deckschichten, die wenig Sand enthalten.

Gesteinsart

Das unterschiedliche Griffigkeitsverhalten von Gesteinsarten beruht hauptsächlich auf deren Feinrauheit, Polierresistenz und Kantigkeit.

Richtungslos sperrige Textur ist günstiger als Fluidaltextur

Ungleichkörnigkeit bei Sedimentgesteinen und porphyrische Struktur bei magmatischen Gesteinen sind als günstig zu werten.

Bildung eines Sekundärreliefs durch unterschiedlich harte und spaltbare Minerale günstig. Dies widerspricht oftmals der Forderung nach hohem Schlagzertrümmerungswert

Griffigkeit von Asphaltdeckschichten

Menge und Korngrößenverteilung

Splittmenge und Korngrößenverteilung haben großen Einfluss auf das Griffigkeitsniveau der Fahrbahnoberfläche. Hoher Splittgehalt günstig für die Makrorauheit und somit für schnellen Verkehr (Dränagewirkung)

Größtkorn

Asphaltdeckschichten zeigen mit abnehmendem Größtkorn eine Tendenz zur besseren Griffigkeit. Der Anteil der Kantenschärfe nimmt mit abnehmendem Größtkorn gegenüber der Flächenschärfe zu. Somit zeigen Gesteine mit hoher Festigkeit (Basalt) eine deutlich steigende Polierresistenz mit Abnahme der Korngröße.

Der Sand ist für die Griffigkeit von großer Bedeutung.

Gesteinsart

Die Gesteinsart des Sandes hat einen deutlichen Einfluss auf die Feinrauheit des Mörtels. Beim Sand wirkt vordringlich die Kantenschärfe. Hoher Brechsandanteil führt gegenüber Natursand im Allgemeinen zu einer besseren Anfangs- und Dauergriffigkeit

Menge und Korngrößenverteilung

Sandmenge hat einen großen Einfluss auf die Griffigkeit, Grob- und Mittelsand wirkt dabei stärker als Feinsand.

Art und Korngrößenverteilung des Füllers haben keinen Einfluss auf die Griffigkeit

Bei Walzasphalt jedoch die Füllermenge

Die Bindemittelsorte hat keinen nachweisbaren Einfluss, wohl aber die Bindemittelmenge. Dicke Bindemittelfilme sind ungünstig für die Anfangsgriffigkeit. Daher sind grundsätzlich beim Einbau von Asphaltdeckschichten abstumpfende Maßnahmen vorzusehen (Ausnahme: offenporiger Asphalt – OPA).

Zu geringe Hohlraumgehalte in der fertigen Deckschicht vergrößern die Gefahr einer griffigkeitsmindernden Mörtelanreicherung in der Deckschicht. Daher werden im Sinne der Griffigkeit Hohlraumgehalte empfohlen, die sich im oberen Bereich der ZTV Asphalt bewegen.

Parameter	Merkmal		Einfluss auf die Griffigkeit	
			AC D	SMA
Mineral	Splitt	Gesteinsart	+	++
		Menge und Korngrößenverteilung	+	+
		Größtkorn	+	+
	Sand	Gesteinsart	++	0
		Menge und Korngrößenverteilung	+	0
	Füller	Gesteinsart	-	-
Menge		0	0	
Bindemittel	Bitumen	Art	-	-
		Menge	-	-
	Additive	Art	-	-
Hohlraumgehalt	Asphalt	Größe	++	++

Abstumpfende Maßnahmen haben einen großen Einfluss auf die Anfangsgriffigkeit. Für die mittel- und langfristige Griffigkeitsentwicklung spielen sie bei den gebräuchlichen Abstumpfungsverfahren eher keine Rolle.

Abstumpfungsmaßnahmen planen!



Einbau der ABS-Strecke

- Aus den Zählungen der Jahre 1995 – 2005 wurden die Verkehrsmengen für die Untersuchungsabschnitte ermittelt

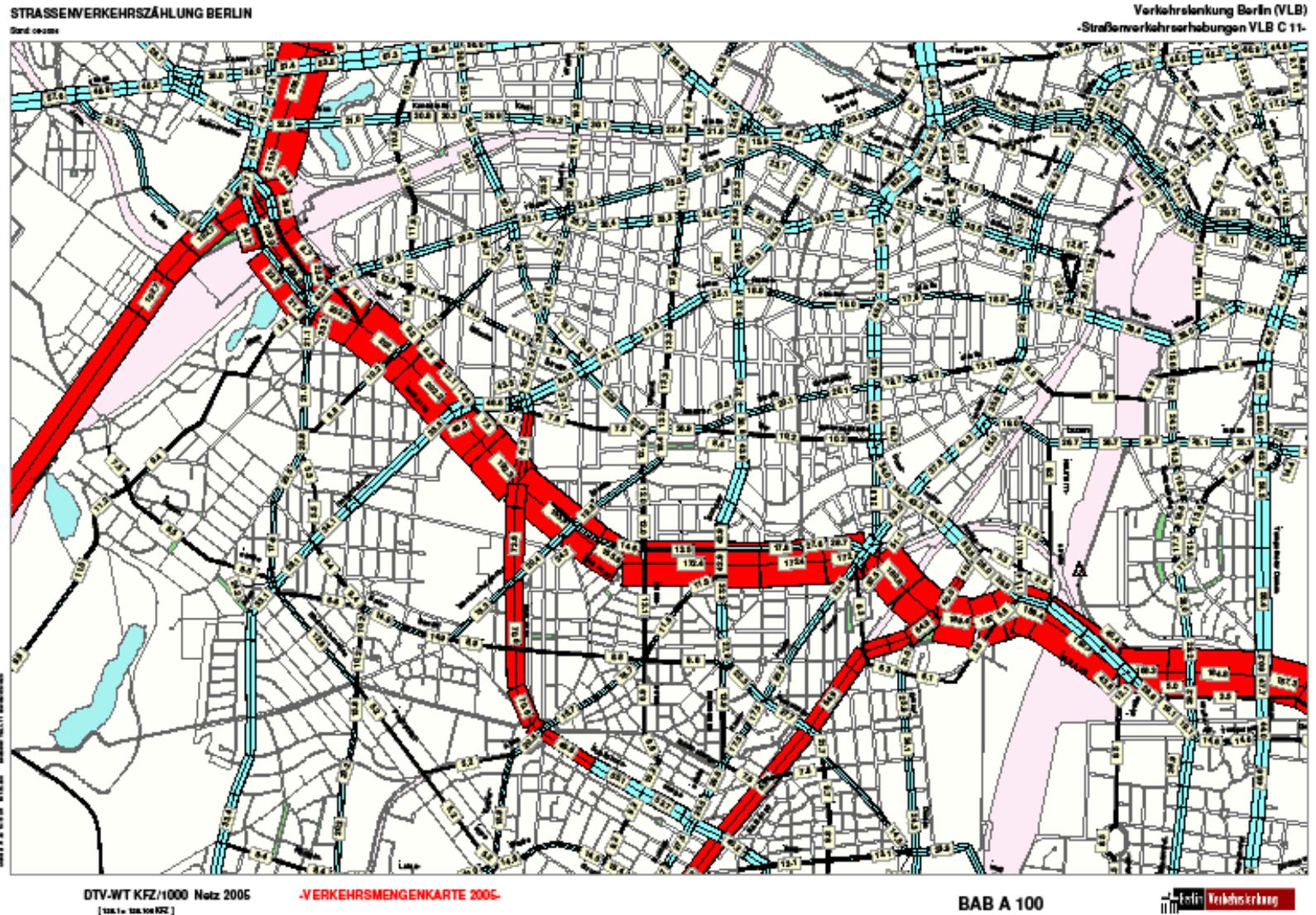


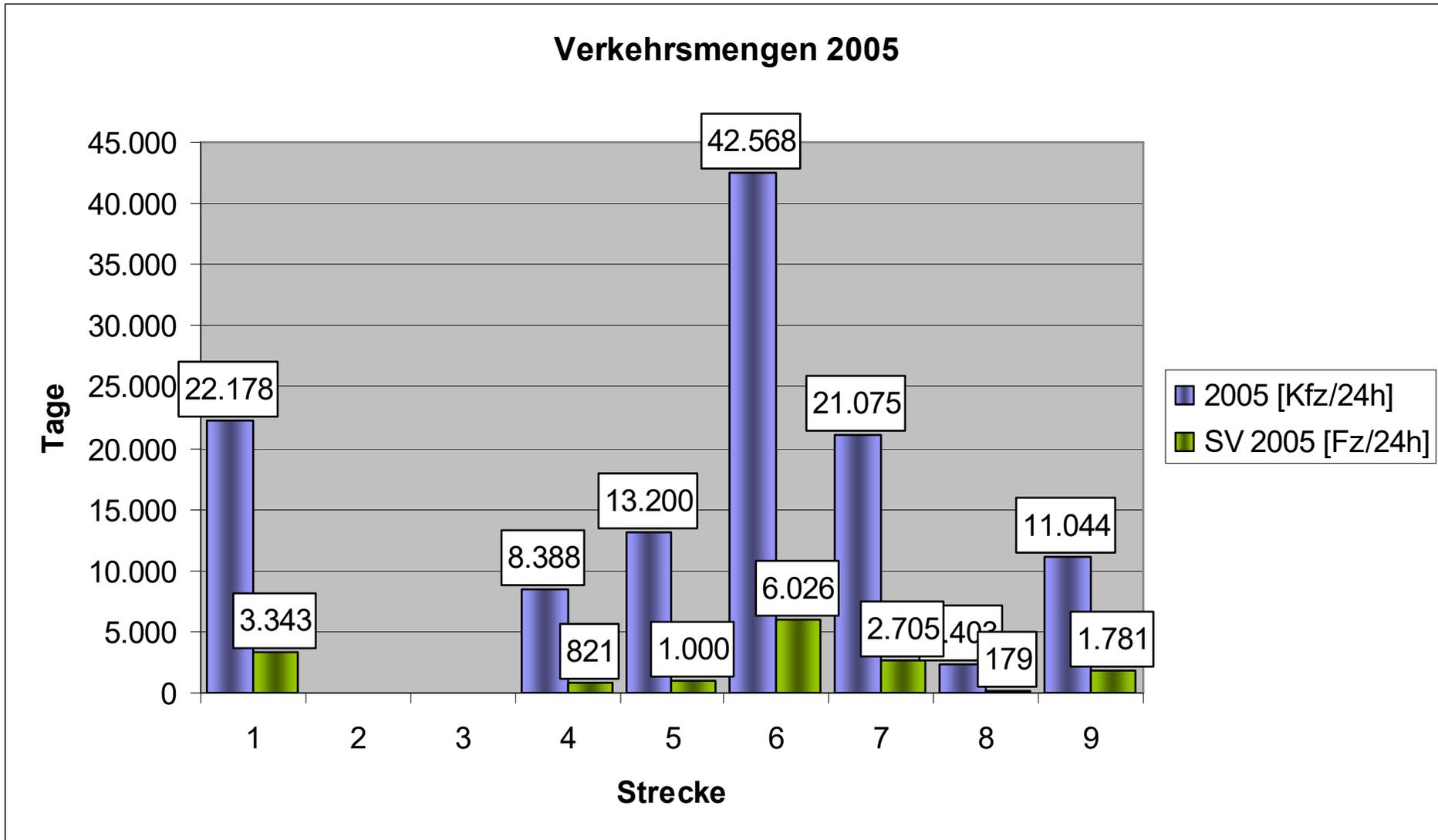
Nutzungsdauer und Verkehrsbeanspruchung

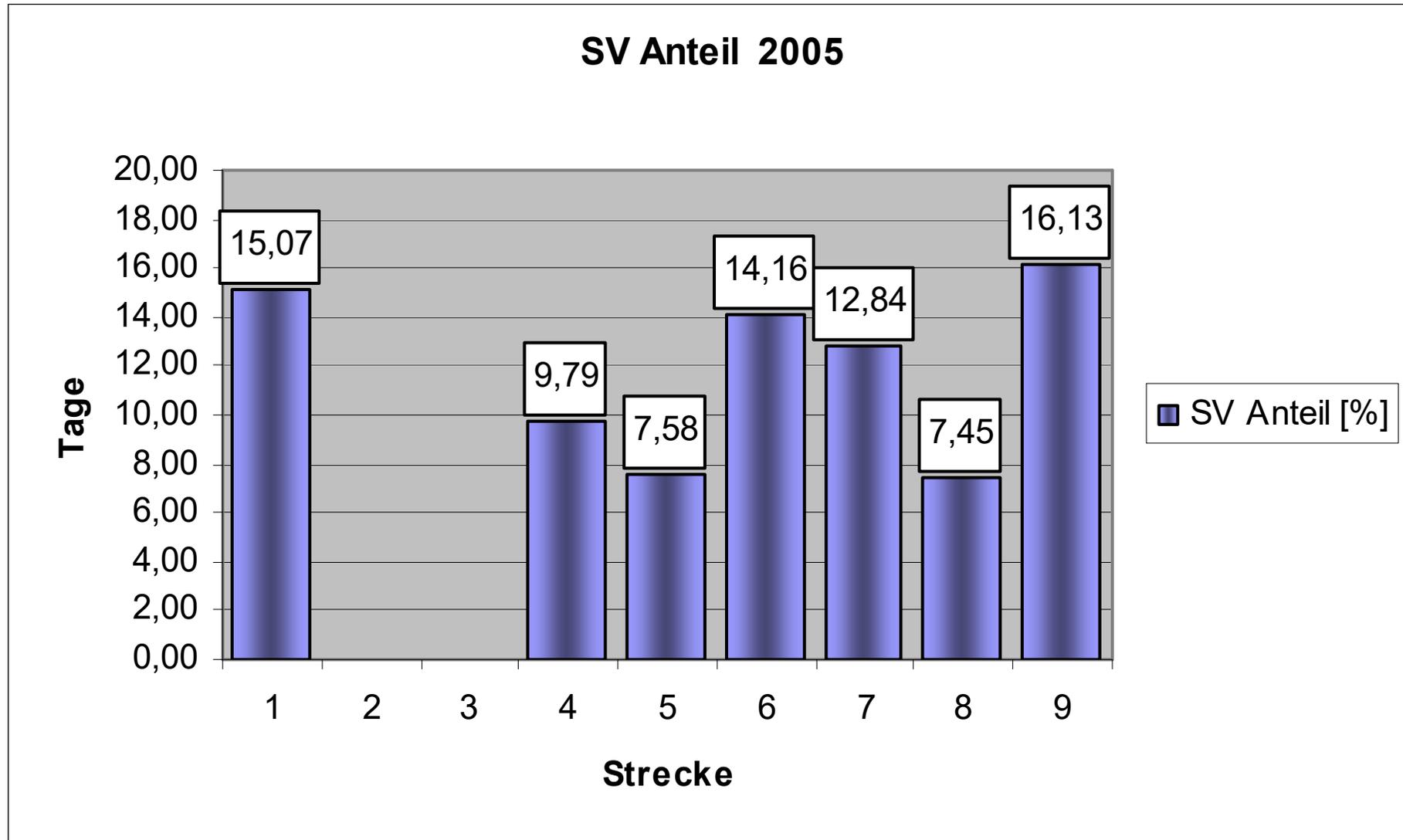
Nr.	Strecke	Verkehrsfreigabe	Bauklasse
1	A 24, km 141 - 147	September 2002	SV
2	A 115, km 21 - 23	Juli 2002	SV
3	Straße Freiheit	Mai 2003	I
4	B 96, OU Senftenberg	Juli 2002	I
5	B 96n OU Oranienburg	November 2002	I
6	A 10, km 9,88 – 11,28	Mai 2004	SV
7	A 15, km 17 - 13	Oktober 2002	I
8	L 55, Lindau - Loburg	November 2002	III
9	A 15, AS Forst	September 2002	I

Ermittelte Verkehrsmengen durch Zählung

Verkehrsmengen								
Strecke	Bezeichnung	Kfz			SV	SV	DTV-WT	
		1995 [Kfz/24h]	2000 [Kfz/24h]	2005 [Kfz/24h]	2005 [Fz/24h]	Anteil [%]	Kfz	LKW
1	BAB A 24; R. Berlin	29.616	28.232	22.178	3.343	15,07		
2	BAB A 115; R. AD Funkturm					9,35	102.700	9.660
3	Freiheit Spandau							
4	B 96 OU Senftenberg, Absch.20		9.319	8.388	821	9,79		
5	B 96 OU Oranienburg, Abschnitt 745			13.200	1.000	7,58		
6	BAB A 10; R. AD Spreeau	30.113	39.018	42.568	6.026	14,16		
7	BAB A 15; R. AD Spreewald	17.877	16.686	21.075	2.705	12,84		
8	L 55 Lindau-Loburg; R. Loburg		3.468	2.403	179	7,45		
9	BAB A 15 AS Forst; R. Polen	9.253	9.026	11.044	1.781	16,13		





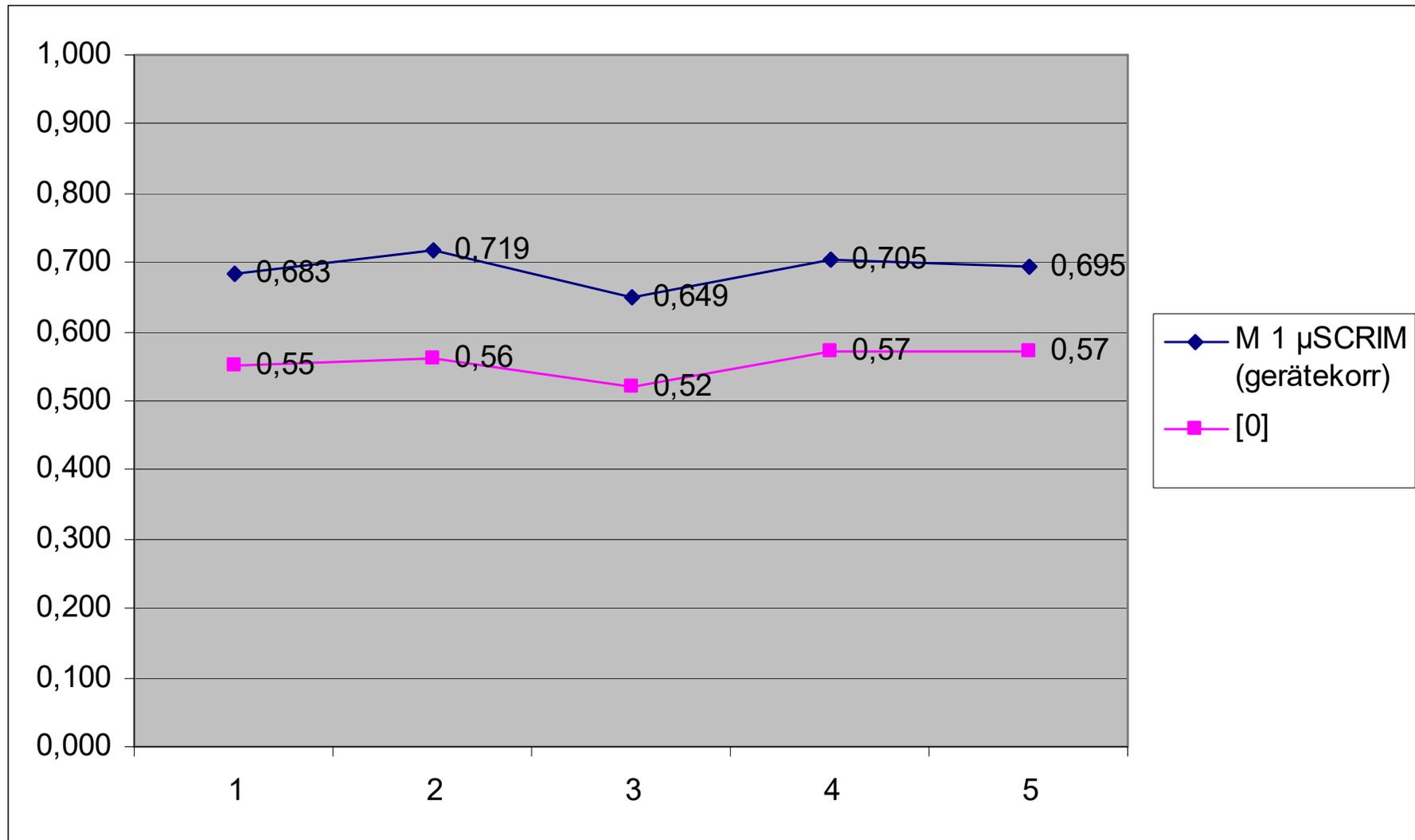


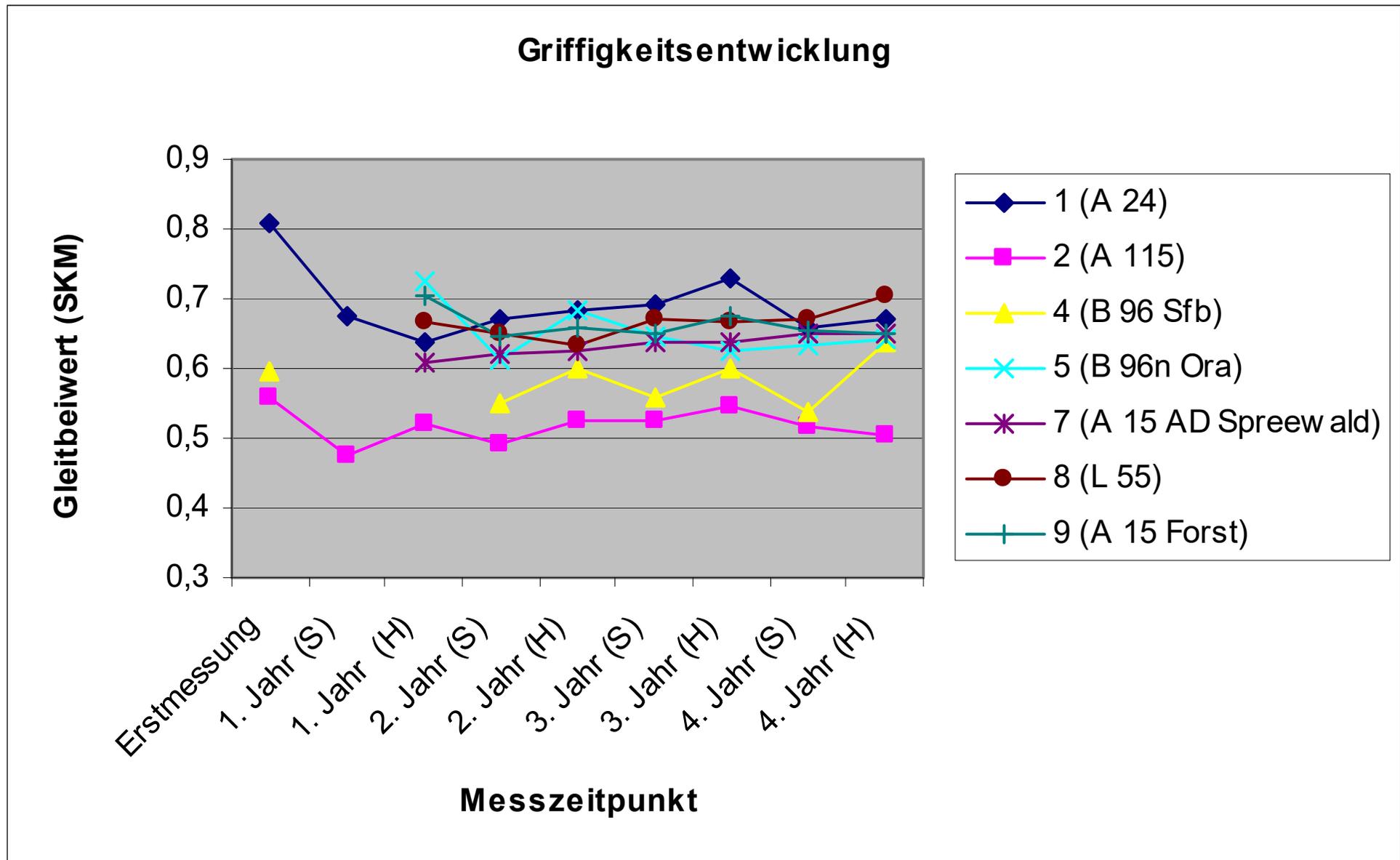
Nr.	Strecke	DTV _{SV} / Bauklasse	Bauklasse
1	A 24, km 141 - 147	3.343 / SV	SV (3.200)
2	A 115, km 21 - 23	9.660 / SV	SV
3	Straße Freiheit	Keine Angaben	I
4	B 96, OU Senftenberg	821 / III	I
5	B 96n OU Oranienburg	1.000 / II	I
6	A 10, km 9,88 – 11,28	6.026 / SV	SV
7	A 15, km 17 - 13	2.705 / I	I
8	L 55, Lindau - Loburg	179 / IV	III
9	A 15, AS Forst	1.781 / II	I

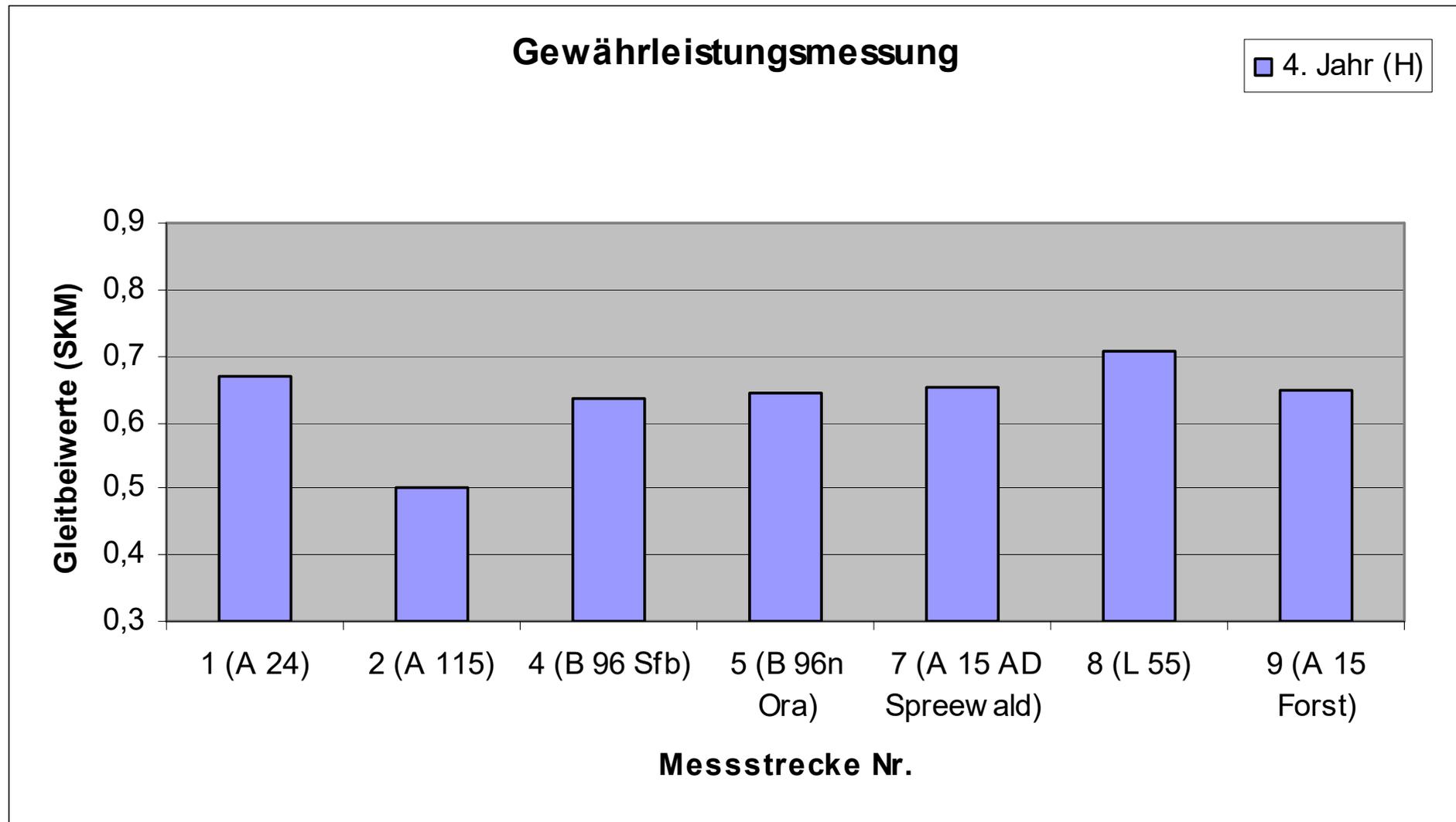
- Der Beginn des Messprogramms liegt unterschiedlich weit vom Zeitpunkt der Verkehrsübergabe entfernt

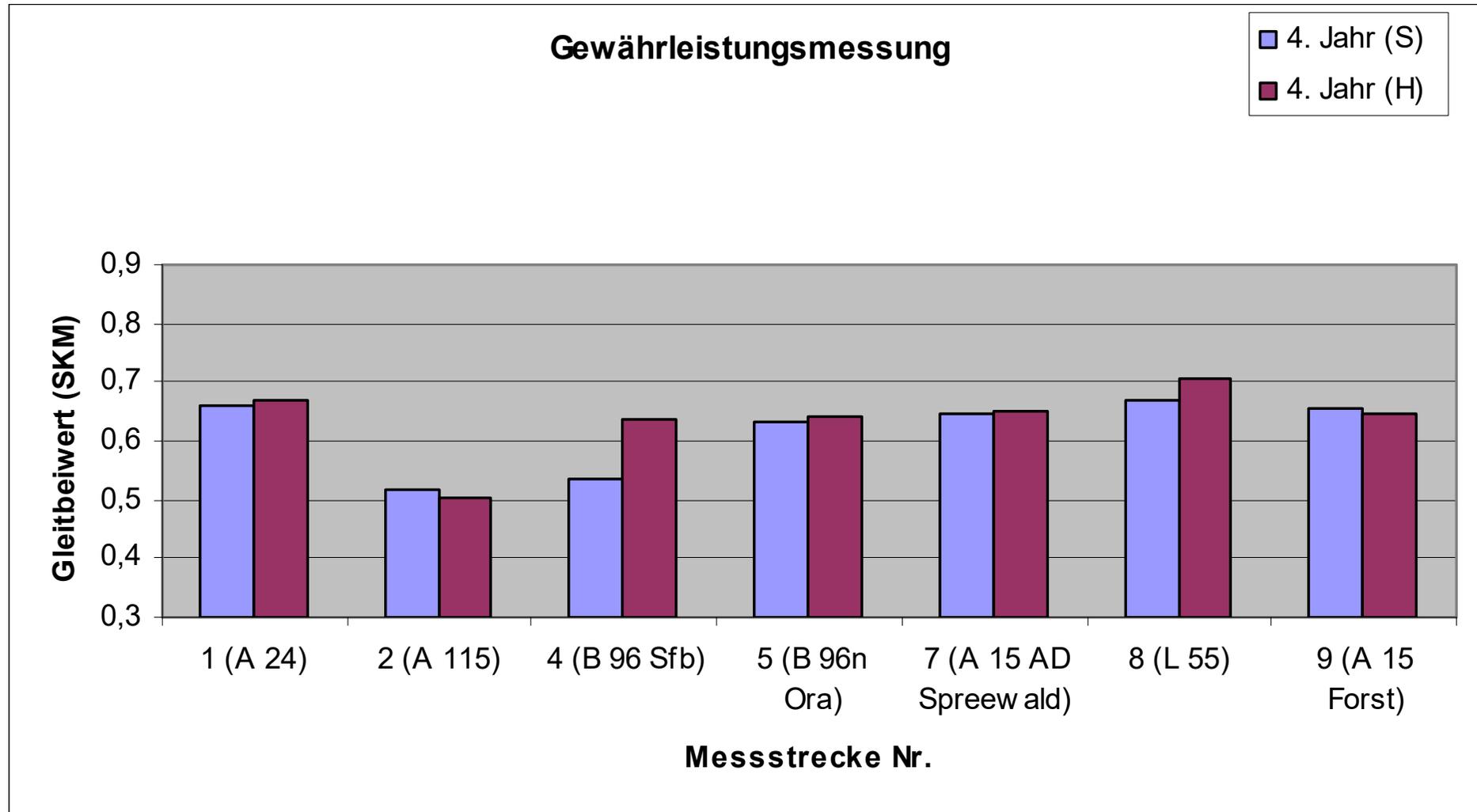
Nr.	Strecke	Zeit (d)
1	A 24, km 141 - 147	59
2	A 115, km 21 - 23	53
3	Straße Freiheit	58
4	B 96, OU Senftenberg	49
5	B 96n OU Oranienburg	235
6	A 10, km 9 – 10,5	98
7	A 15, km 17 - 13	409
8	L 55, Lindau - Loburg	252
9	A 15, AS Forst	270

Gegenüberstellung SKM, PWS der 8. Prüfstrecke

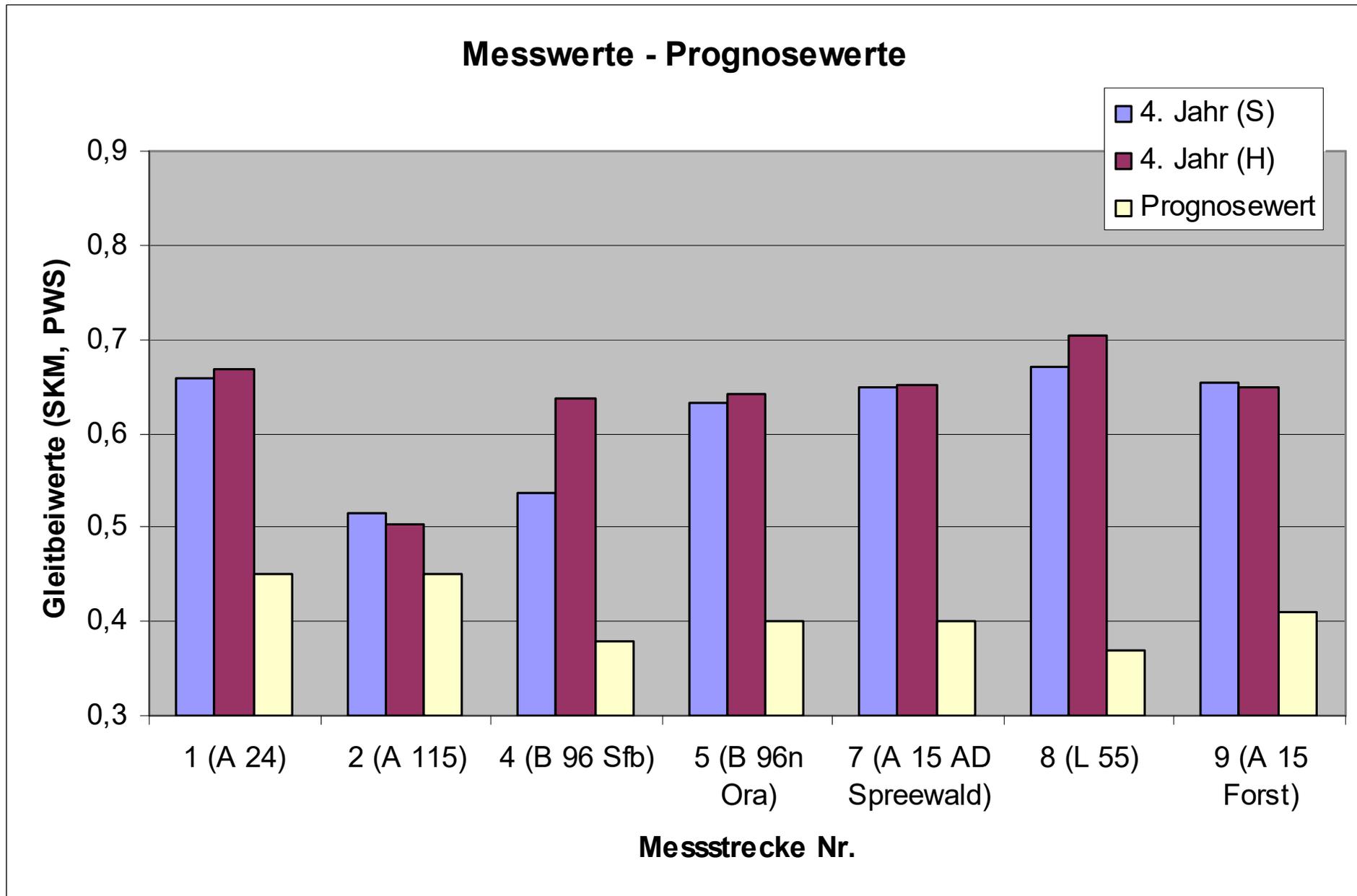








Vergleich Griffigkeitsmessung in situ - Prognosewerte



Asphaltsorten

Gesteine

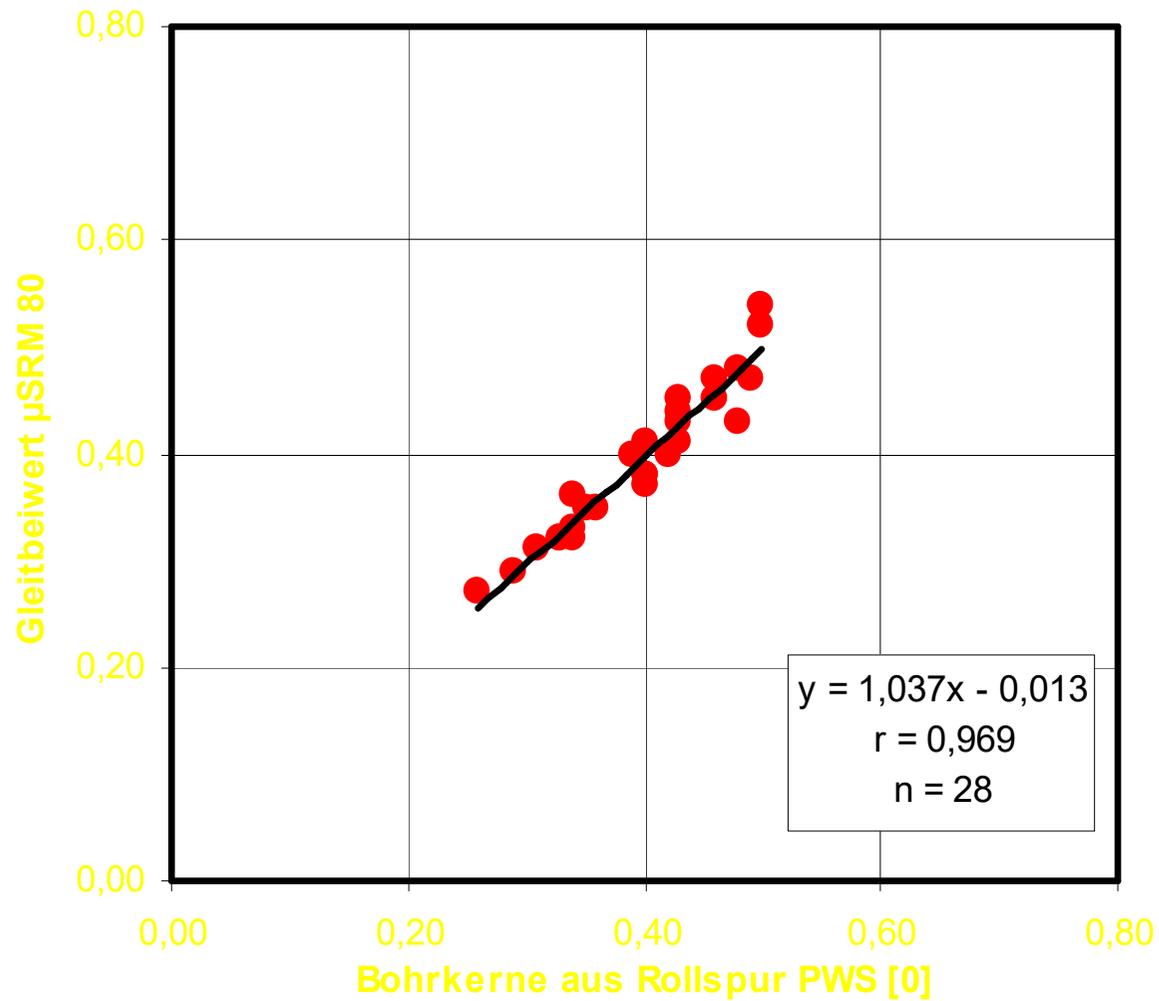
Zeitpunkt der Prüfung

Griffigkeitsrelevante Beanspruchung

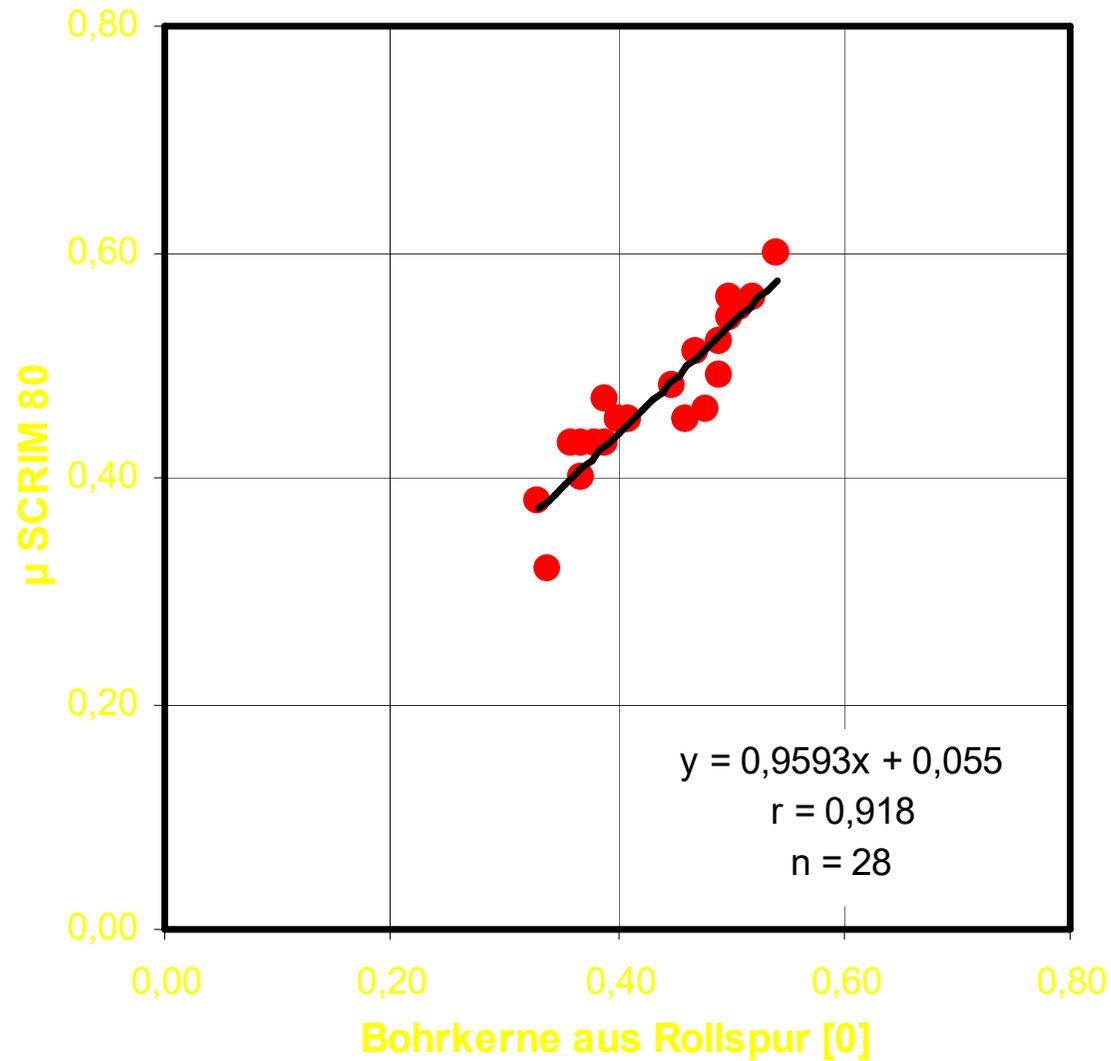
- Zur dauerhaften Sicherstellung eines ausreichend hohen Griffigkeitsniveaus

Zum wirtschaftlichen Einsatz von Baustoffen

Korrelation zwischen $\mu_{SRM\ 80}$ und PWS [0]



Korrelation zwischen $\mu_{\text{SCRIM } 80}$ und PWS [0]



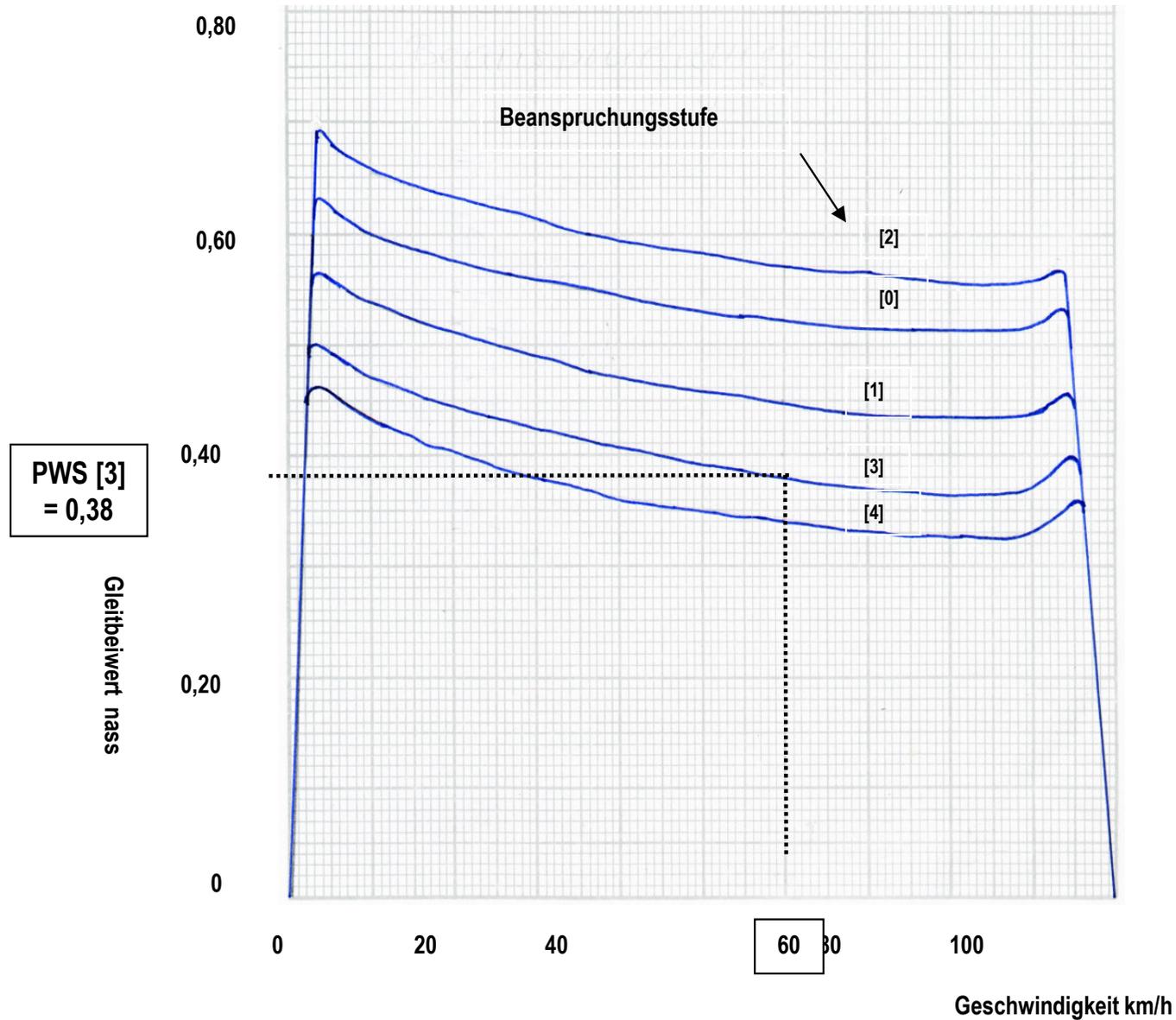
Prüfanlage nach Wehner/Schulze



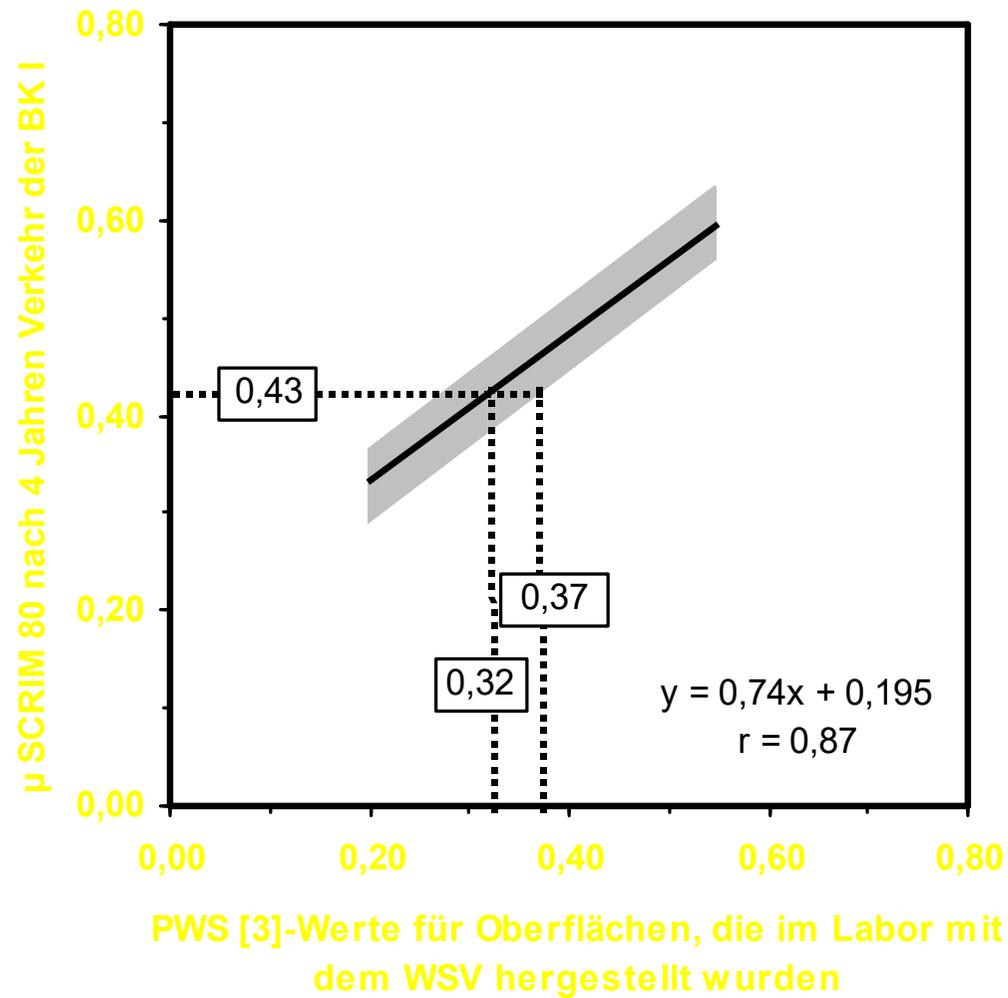
Beanspruchungsstufen PWS

Stufe	Standardisierter Untersuchungsablauf
(0)	Messung der Griffigkeit des unbeanspruchten Ausgangszustandes mit dem Labor-Griffigkeitsmessgerät (LGM)
(1)	90.000 Überrollungen in der Poliermaschine unter konstanter Zugabe von Wasser und Quarzmehl; anschließend Griffigkeitsmessung LGM
(2)	Aufräumen der Oberfläche durch dosiertes Sandstrahlen; anschließend Griffigkeitsmessung LGM
(3)	90.000 Überrollungen in der Poliermaschine unter konstanter Zugabe von Wasser und Quarzmehl; anschließend Griffigkeitsmessung LGM
(4)	Weitere Griffigkeitsmessungen LGM bis zum Erreichen eines asymptotischen Grenzwertes.

Beispiel für die Bestimmung der PWS-Werte



Korrelation zwischen PWS [3] und $\mu_{\text{SCRIM } 80}$ nach 4 Jahren Verkehr der Bauklasse I



Griffigkeitsprognose für AB und SMA-Deckschichten

Bauklasse	p %	PWS [3] min
SV	> 95	0,42
	> 50	0,36
I	> 95	0,37
	> 50	0,32

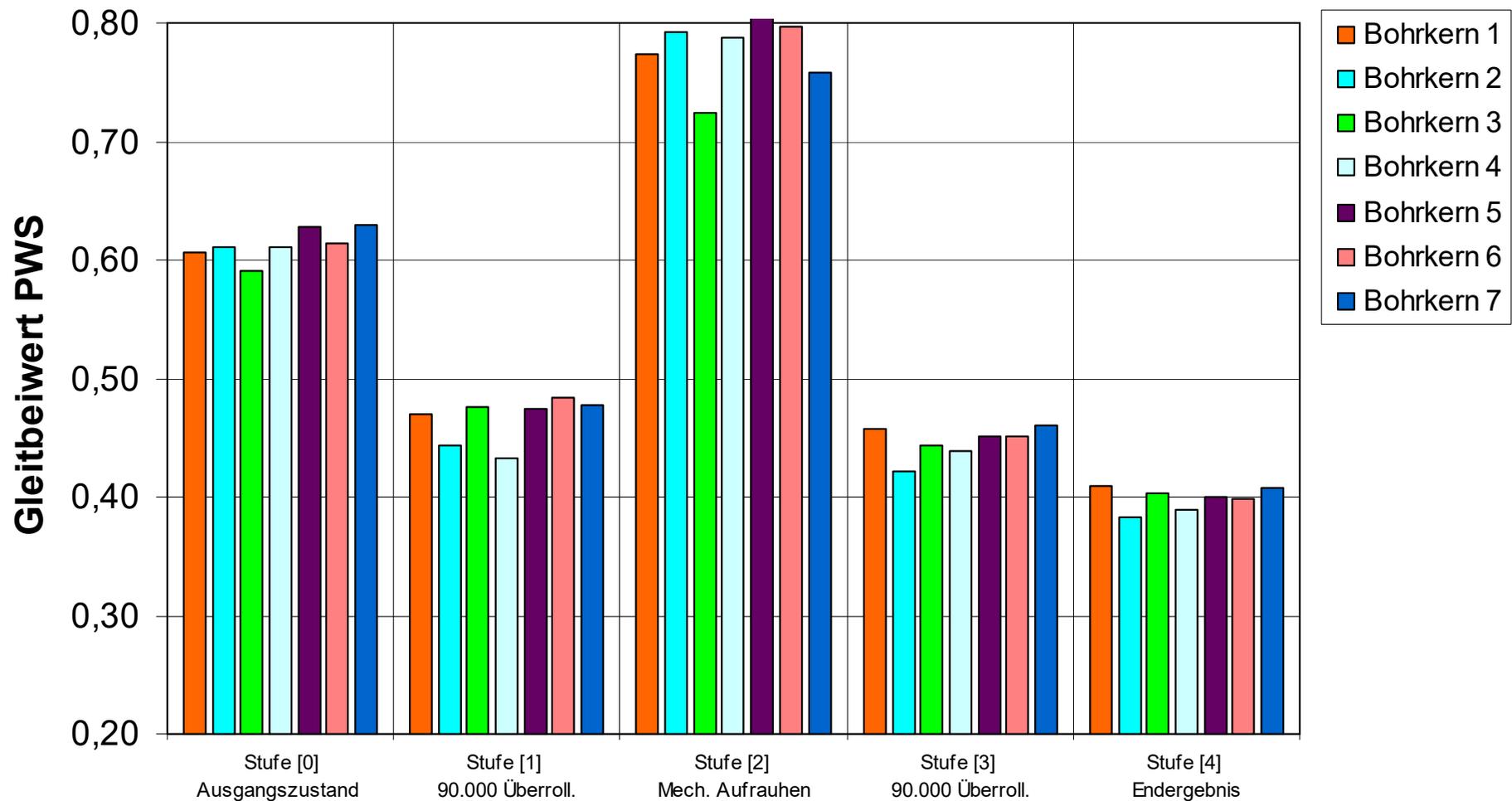
Nr.	Strecke	Art der Deckschicht	Größtkorn [mm]
1	A 24, km 141 - 147	DSH	5
2	A 115, km 21 - 23	DSH (V)	5
3	Straße Freiheit	SMA	11
4	B 96, OU Senftenberg	SMA	8
5	B 96n OU Oranienburg	SMA	11
6	A 10, km 9 – 10,5	SMA	11
7	A 15, km 17 - 13	SMA	11
8	L 55, Lindau - Loburg	SMA	11
9	A 15, AS Forst	SMA	11



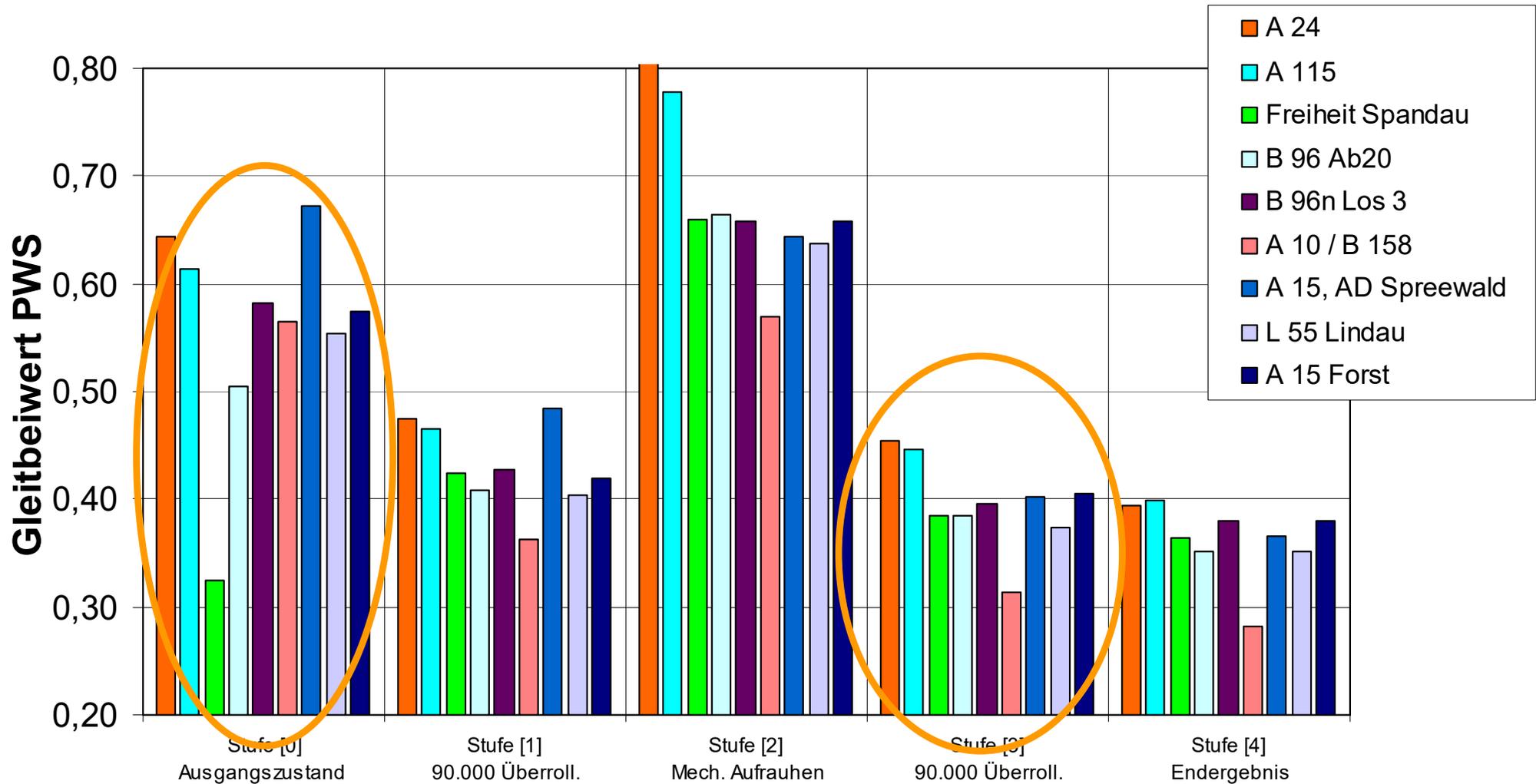
2. Ergebnisse der Prognoseprüfungen



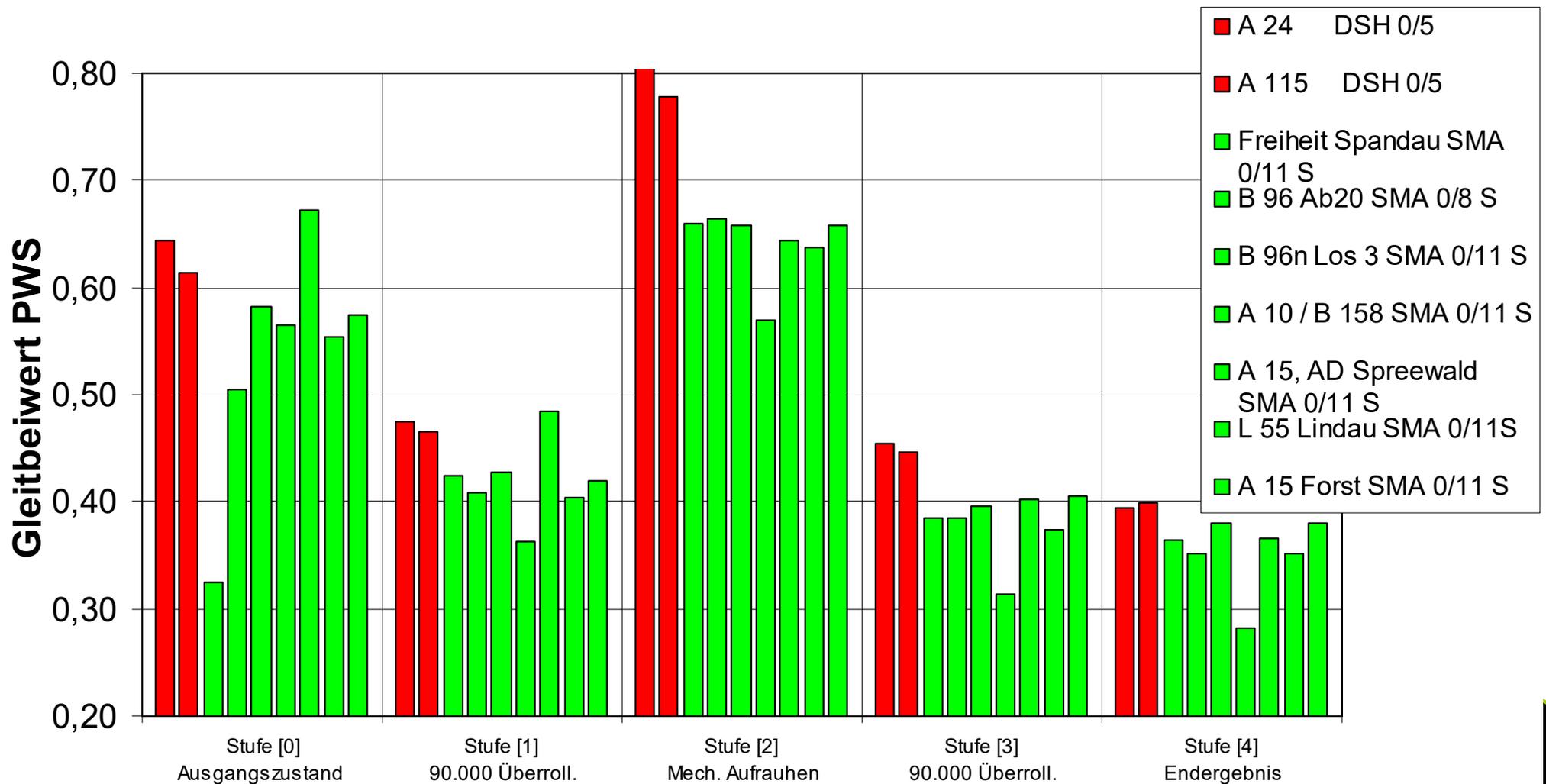
Verkehrssimulation in der Prüfanlage Wehner/Schulze



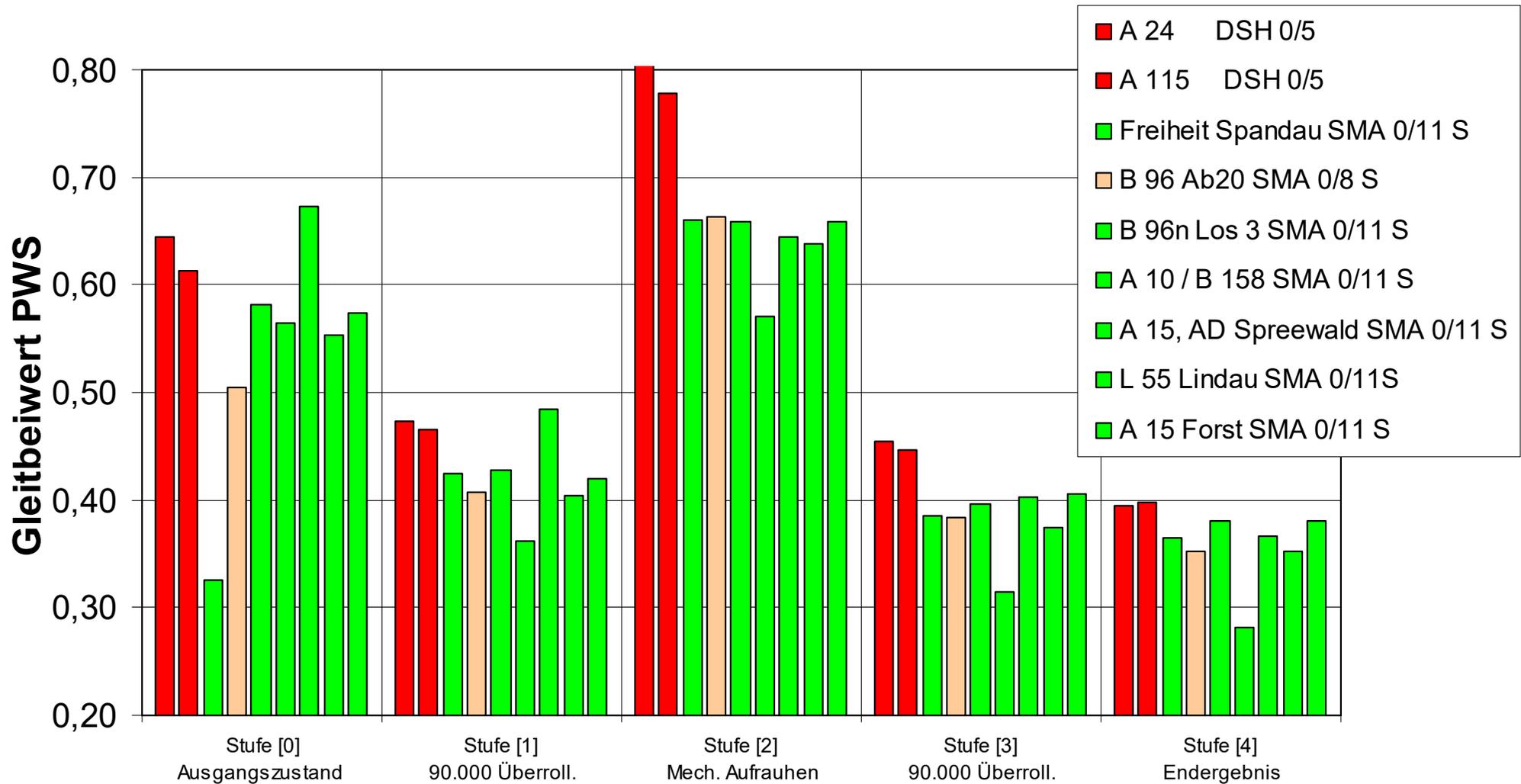
Verkehrssimulation in der Prüfanlage Wehner/Schulze



Verkehrssimulation in der Prüfanlage Wehner/Schulze

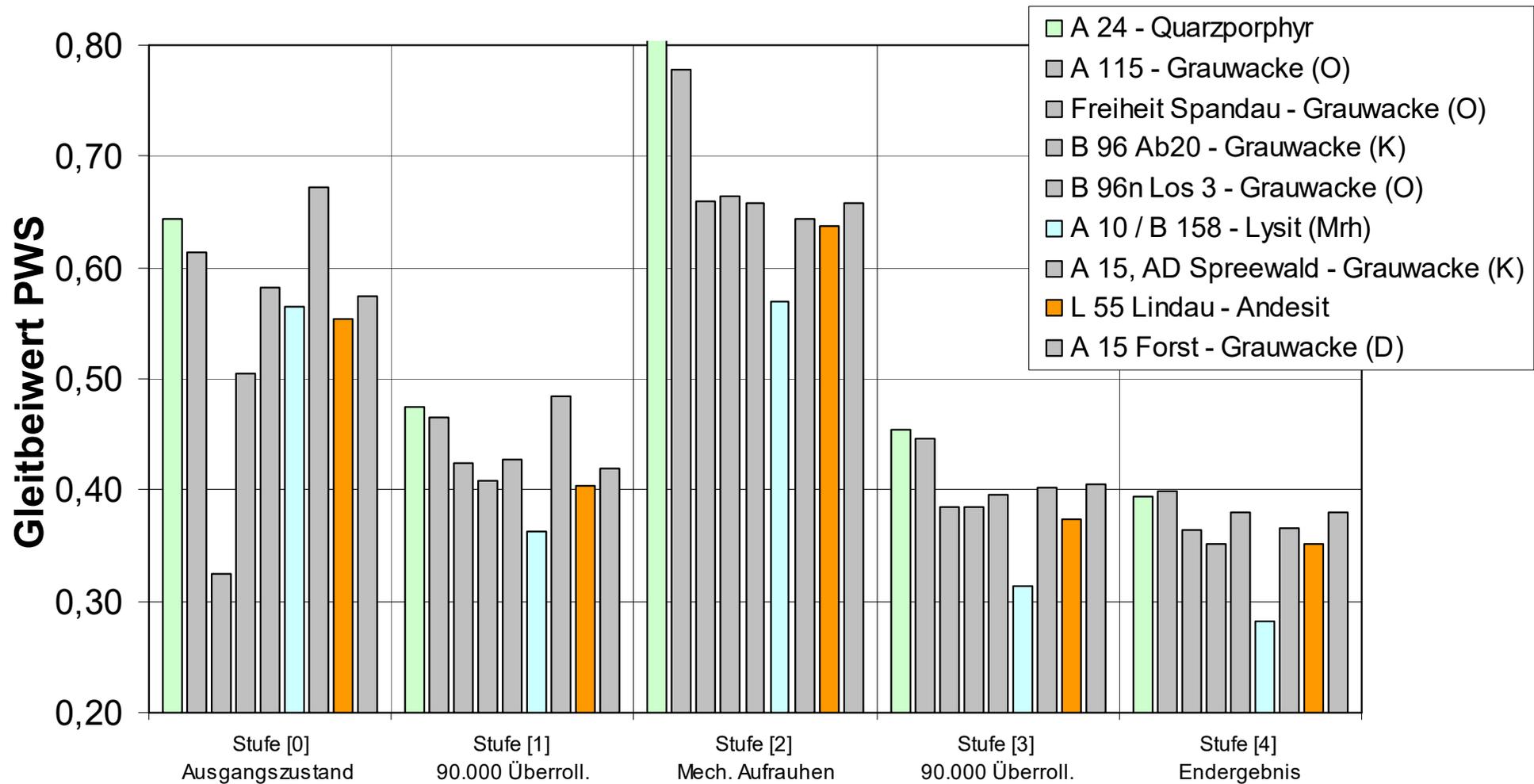


Verkehrssimulation in der Prüfanlage Wehner/Schulze



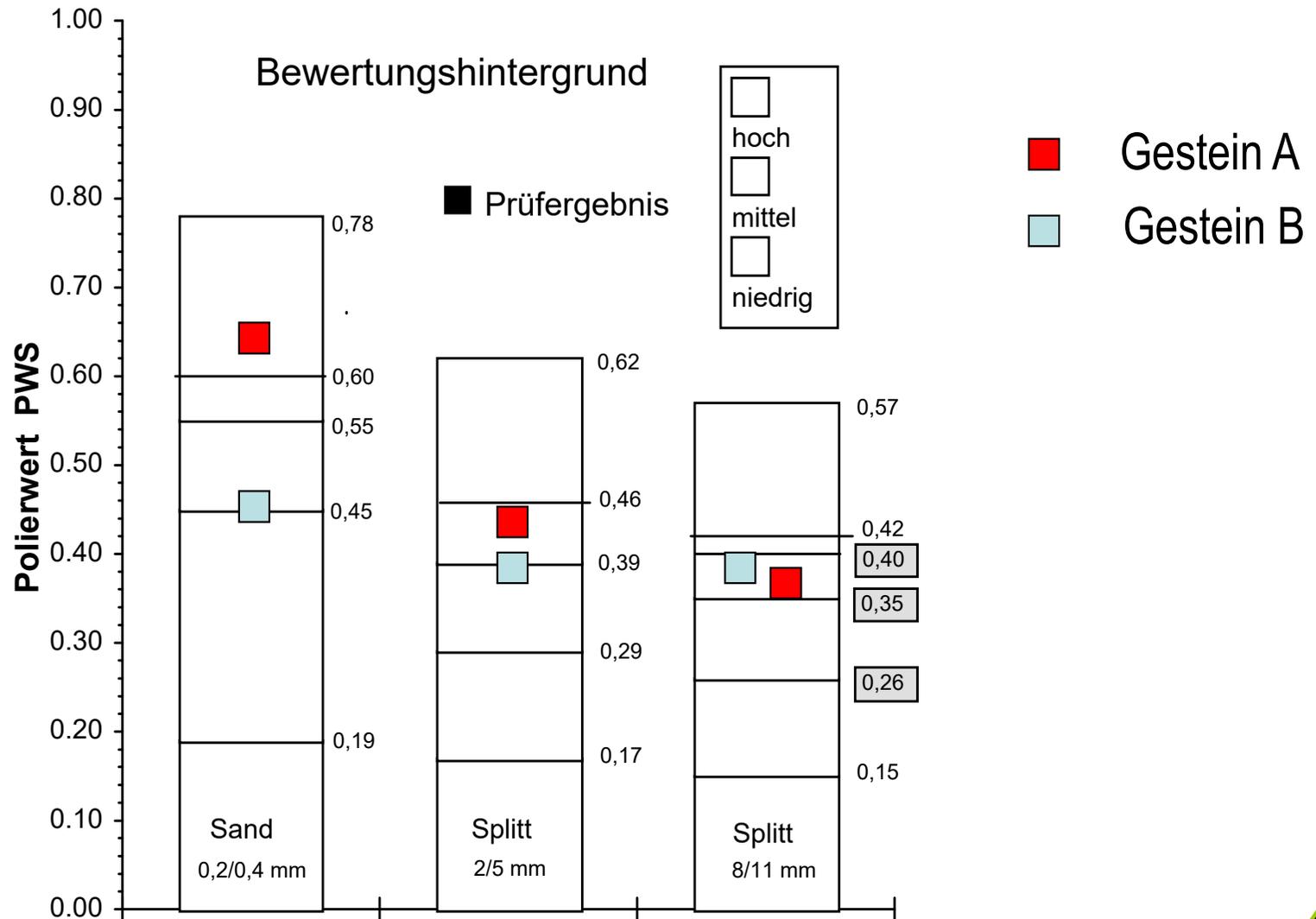
Nr.	Strecke	0/2N	0/2	2/5	5/8	8/11
1	A 24, km 141 - 147	N	Q	Q		
2	A 115, km 21 - 23	N	G (O)	G (O)		
3	Straße Freiheit		G (O)	G (O)	G (O)	G (O)
4	B 96, OU Senftenberg		G (K)	G (K)	G (K)	
5	B 96n OU Oranienburg		G (O)	G (O)	G (O)	G (O)
6	A 10, km 9 – 10,5		G (O)	L	L	G (O)
7	A 15, km 17 - 13		G (K)	G (K)	G (K)	G (K)
8	L 55, Lindau - Loburg		A	A	A	A
9	A 15, AS Forst		G (D)	G (D)	G (D)	G (D)

Verkehrssimulation in der Prüfanlage Wehner/Schulze



Nr.	Gestein		PWS		PSV
		0,2-0,4	2/5	8/11	
1	Andesit (Mammendorf)	0,58	0,45	0,42	55
2	Lysit (Mauerholm)				ca. 50
3	Quarzporphyr (Flechtingen)				57
4	Grauwacke (Koschenberg)				54
5	Grauwacke (Oßling)	0,62	0,46	0,42	54
6	Grauwacke (Dubring)				54

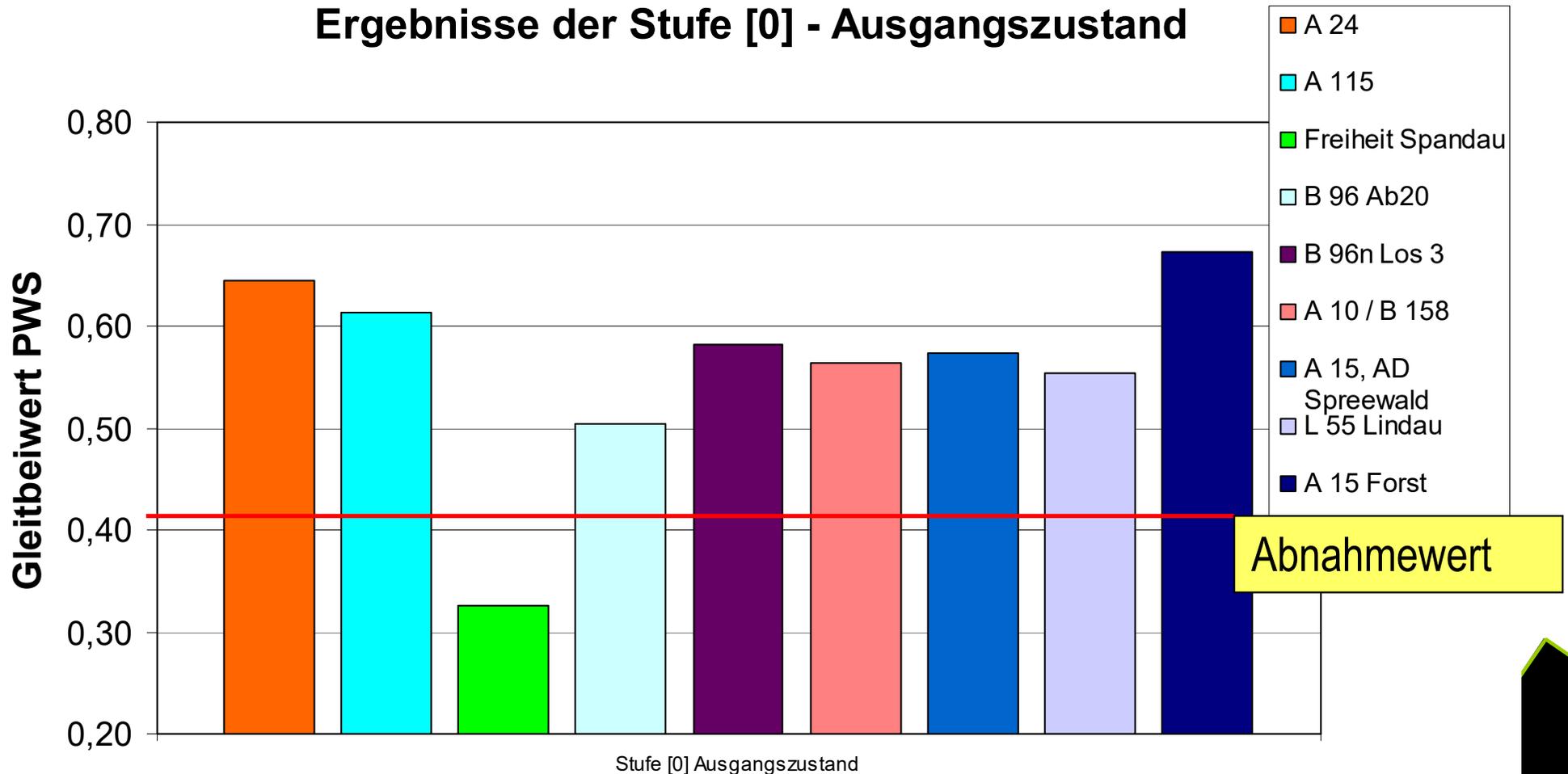
Bewertungshintergrund PWS Mineralstoffe



Nutzungsdauer bis zur Nullmessung [PWS]

Nr.	Strecke	Zeit (d)
1	A 24, km 141 - 147	68
2	A 115, km 21 - 23	60
3	Straße Freiheit	9
4	B 96, OU Senftenberg	360
5	B 96n OU Oranienburg	240
6	A 10, km 9 – 10,5	143
7	A 15, km 17 - 13	261
8	L 55, Lindau - Loburg	300
9	A 15, AS Forst	291

Verkehrssimulation in der Prüfanlage Wehner/Schulze Ergebnisse der Stufe [0] - Ausgangszustand





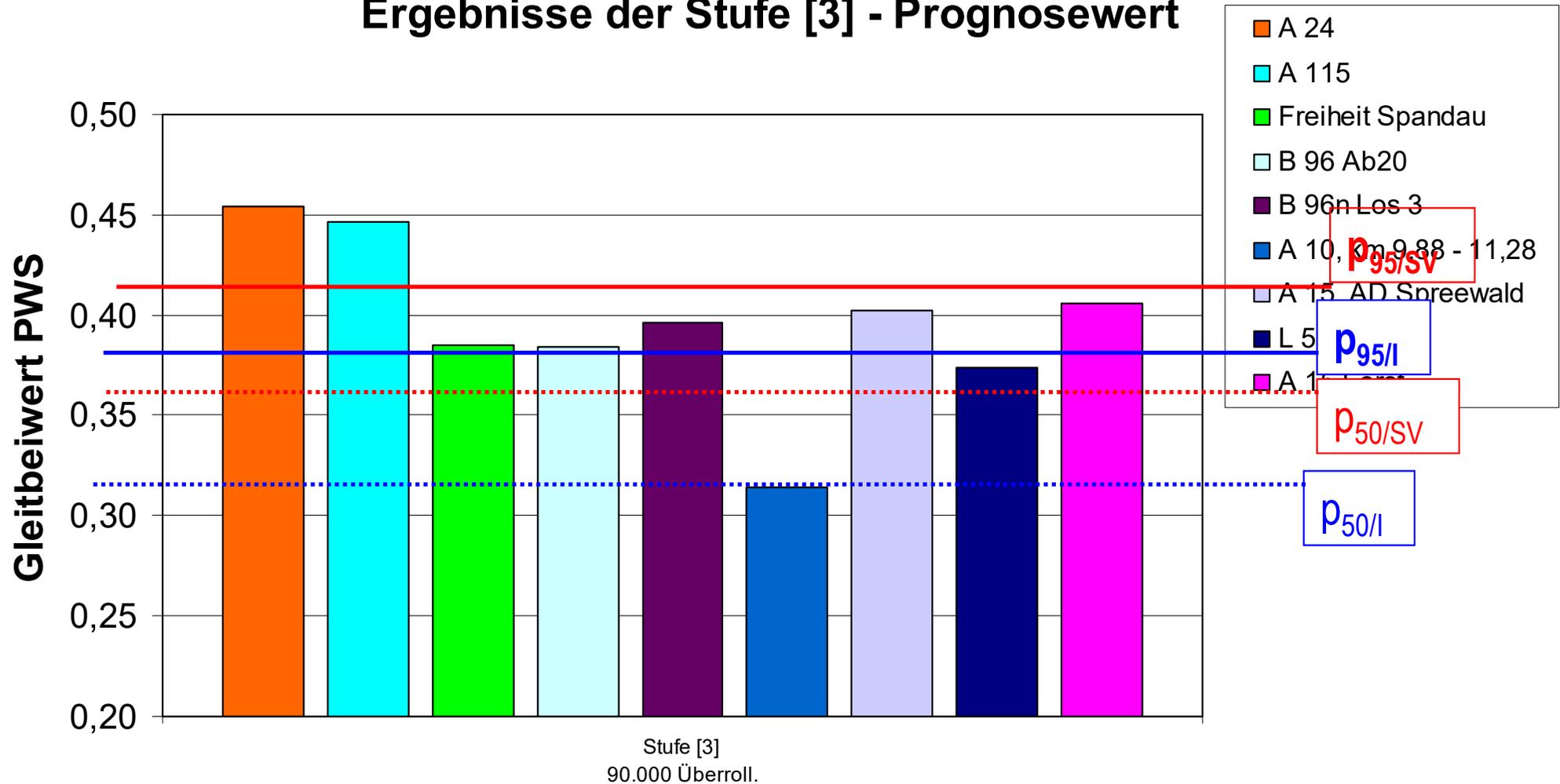




4. Zusammenfassung und Ausblick



Verkehrssimulation in der Prüfanlage Wehner/Schulze Ergebnisse der Stufe [3] - Prognosewert



Erfassung der griffigkeitsrelevanten Beanspruchung birgt die größten Unsicherheiten bei der Prognose. Die Äquivalenz zwischen PKW und LKW hinsichtlich ihrer Polierwirkung ist unbekannt, gleiches gilt für die Auswirkungen von Steigungen, Kurvenradien sowie Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen. Die Nutzung von Verkehrsbelastungszahl bzw. Bauklasse stellt nur eine grobe Näherung dar.

Bei geringeren Polierbeanspruchungen durch den Verkehr kommen die Atmosphärrillen als aufrauende Elemente immer mehr zur Wirkung und überlagern sich mit der Polierwirkung durch den Verkehr.

Texturänderungen in den Rollspuren durch Verformung der Asphaltsschichten lassen sich bei der Standard-Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze im Labor nicht vollständig erfassen.