

## Erhöhung der Verkehrssicherheit durch gute Griffigkeitswerte während der gesamten Gebrauchsdauer von hochbelasteten Straßen

FA 4.208

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. B. Steinauer)/ RWTH Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet für Ton- und Grenzflächenmineralogie (Prof. Dr. rer. nat. H. Stanjek)

Bearbeiter: Wang, D./Stanjek, C.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Mai 2011

### 1 Aufgabenstellung

Die Griffigkeit ist eine der wichtigsten Kenngrößen der Straßenoberfläche, da sie einen unmittelbaren Einfluss auf die Verkehrssicherheit hat. Für die Entwicklung der Griffigkeit ist vor allem die verwendete Gesteinskörnung von zentraler Bedeutung. Dieser Aspekt findet in den Regelwerken (z. B. TL Asphalt-StB 07, 2007, TL Beton-StB 07, 2007, ZTV Asphalt-StB 07, 2007, ZTV Beton-StB 07, 2007) entsprechend Berücksichtigung, sodass hier an die Gesteinskörnung bestimmte Anforderungen bezüglich der Griffigkeit gestellt werden. Da sich unterschiedliche Gesteine, aber auch namentlich gleiche Gesteine unterschiedlich verhalten, lag das Ziel dieses Forschungsvorhabens darin, ein detailliertes und umfassendes Verständnis für die Prozesse zu gewinnen, die durch die Beanspruchung von Verkehr und Witterung zum Materialverlust und demnach zu einer Veränderung der Oberflächentextur sowie zur Griffigkeitsentwicklung der Fahrbahnoberfläche führen. Übergeordnetes Ziel war es, Minerale bzw. Mineralstoffgemische zu identifizieren, die über einen sog. selbstschärfenden Effekt verfügen und damit zur Erhöhung der Verkehrssicherheit durch gute Griffigkeitswerte während der gesamten Gebrauchsdauer von hochbelasteten Straßen beitragen.

### 2 Untersuchungsmethode

Eine Übersicht über die ausgewählten und untersuchten Gesteine erfolgt in der Tabelle 1.

Im Rahmen der Voruntersuchungen sind sechs Basalte, sechs Diabase, sechs Granite und sechs Grauwacken aus verschiedenen Regionen angefordert und einer röntgenografischen Phasenanalyse unterzogen. Basierend auf den Ergebnissen der Voruntersuchungen werden aus den 24 Gesteinen 4 Granite (Granit III, IV, VI und VII) zum Zweck der Hauptuntersuchung ausgewählt, da sie eine ausreichende Korngröße aufweisen, in ihrem Mineralbestand vergleichbar sind und zusätzlich eine erhebliche Variationsbreite bieten. Zusätzlich wird ein Diabas (Diabas II) in die Hauptuntersuchung mit aufgenommen, um ein sehr quarzarmes Gestein für Vergleichszwecke zur Verfügung zu haben.

Von den fünf aufgenommenen Gesteinen werden zunächst aus den Gesteinskörnern der Korngröße 8/11 Probeplatten mit den Abmessungen 32 cm x 26 cm x 4 cm im Mosaiklegeverfahren hergestellt. Sie werden anschließend den Belastungsversuchen unterzogen. Hierbei sind drei unterschiedliche Belastungsarten in der Aachener-Poliermaschine (in Anlehnung an [TU BERLIN, 2004]) vorgesehen:

- Versuchsreihe 1: Ausschließlich Polieren mit Quarzmehl WF 6 als Poliermittel.
- Versuchsreihe 2: Polieren mit Quarzmehl WF 6 als Poliermittel im Wechsel mit einer Beanspruchung in Form eines Frost-Tau-Wechsels.
- Versuchsreihe 3: Ausschließlich Polieren mit Quarzsand WF 31 als Poliermittel.

Nach der Belastung erfolgt die topografische Aufnahme der Gesteine mittels des optischen Texturmessgerätes. Weiter wird die Griffigkeit mittels Prüfstands nach Wehner/Schulze und dem SRT-Pendel bestimmt und die mineralogische Untersuchung (Polarisationsmikroskopie an Dünnschliffen und Stereomikroskopie) durchgeführt.

Tab. 1: Übersicht der Gesteine und die an denen durchgeführten Untersuchungen

Gestein	Herkunft	Voruntersuchung			Hauptuntersuchung			Ergänzende Untersuchungen	Untersuchungen an Asphaltplatten
		Röntgenografische Untersuchung	Versuchsreihe 1	Versuchsreihe 2	Versuchsreihe 3				
Basalt	I BY	X							
	II BY	X							
	III BY	X							
	IV HE	X							
	V HE	X							
	VI RP	X							
Diabas	I BY	X							
	II HE	X	X	X				X	
	III TH	X							
	IV TH	X							
	V TH	X							
	VI SN	X							
Granit	I BY	X							
	III BY	X	X	X					
	IV BW	X	X	X	X	X		X	
	V BW	X							
	VI BY	X	X	X					
	VII BY	X	X	X					
Grauwacke	I NW	X							
	II NW	X							
	III NW	X							
	IV NW	X							
	V NW	X							
	VI SN	X							

RP: Rheinland-Pfalz, BW: Baden-Württemberg, HE: Hessen, BY: Bayern, TH: Thüringen, NW: Nordrhein-Westfalen, SN: Sachsen

**Tab. 2: Übersicht der Beanspruchungsvarianten der ergänzenden Untersuchungen**

Variante	Anfängliche Textur	Verschleißsimulation in Aachener-Poliermaschine
1	Gesägt	Polieren mit Quarzmehl (WF 6)
2	Geschliffen	
3	Poliert	
4	Gesägt	Polieren mit Quarzsand (WF 31)
5	Geschliffen	
6	Poliert	

Nach Abschluss der Hauptuntersuchungen wurden ergänzende Untersuchungen durchgeführt. Dazu wurden von Granit IV werkseitig sechs massive Platten angefertigt, mit je zwei gesägten, geschliffenen oder polierten Oberflächen, sodass alle Minerale auf einer gleichen Ausgangshöhe liegen. So ließ sich der Einfluss verschiedener Anfangsrauheiten und der Poliermittelfeinheit auf die Textur untersuchen (s. Tabelle 2).

Abschließend werden die aus den Hauptuntersuchungen und ergänzenden Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse an den Asphaltplatten, die mit einem beheizbaren Laborzwangsmischer und dem Walzsektor-Verdichtungsgerät im Laboratorium hergestellt wurden, auf ihre Plausibilität überprüft.

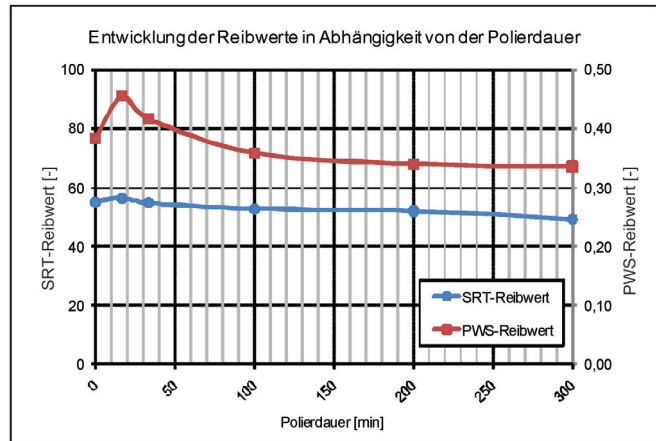
### 3 Untersuchungsergebnisse

#### 3.1 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

##### 3.1.1 Versuchsergebnisse der Versuchsreihe 1 der Hauptuntersuchungen

Mit dem Ziel, eine Aussage machen zu können, wie sich die Minerale unter der Polierbeanspruchung verhalten, werden der Abtrag (entspricht der Veränderung der Arithmetischen Mittelrauwerte) und die Texturänderungen der Minerale wie Quarze und Feldspäte ermittelt.

Im Gegensatz zu den Graniten III, VI und VII, bei denen die Griffigkeit ständig abfiel, wurde die Griffigkeitserhöhung bei Granit IV und Diabas II beobachtet. Bei beiden Gesteinen ist nach einer Polierdauer von 16,67 Minuten ein Anstieg der Reibwerte ablesbar (s. Bild 1).



**Bild 1: Reibwertentwicklung unter Polierbeanspruchung in Versuchsreihe 1 am Beispiel des Granit IV**

Grundsätzlich kann festgestellt werden, je länger das Mineral der Polierbeanspruchung ausgesetzt ist, desto größer ist der Abtrag. Diese Aussage trifft für alle im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Minerale zu. Der Abtrag ist auch mit der Höhenlage des Minerals eng verknüpft. Je höher das Mineral auf einer Oberfläche liegt, desto intensiver wird das Mineral durch Reifen beansprucht und desto stärker wird es abgetragen. Durch den ständigen Abtrag infolge der Polierbeanspruchung wird zum einen die ursprüngliche Oberfläche ständig herausmodelliert und zum anderen bildet sich beim Brechvorgang eine neue Oberfläche. Mithilfe der Korrelation lässt sich die Frage beantworten, wie die Textur durch den Abtrag infolge der Polierbeanspruchung bearbeitet wird (glättender oder aufrauender Effekt). Die Aufrauung und Glättung der Textur wird durch das zweidimensionale Leistungsdichtespektrum (engl.: Power Spectral Density, PSD, s. [PERSSON, 2001],) dargestellt. Um das zweidimensionale Leistungsdichtespektrum einer fraktalen Oberfläche über mehrere Größenordnungen der Ortsfrequenz quantitativ zu beschreiben, sind somit LPSD-Werte (Logarithmierte PSD-Werte) bei verschiedenen Wellenlängen aufgenommen worden. Dazu gehören LPSD<sub>4</sub>, LPSD<sub>10</sub>, LPSD<sub>100</sub>, LPSD<sub>200</sub>, LPSD<sub>300</sub>, LPSD<sub>400</sub> sowie LPSD<sub>500</sub>. Die LPSD-Werte

**Tab. 3: Korrelationen und Signifikanz zwischen dem Abtrag und der Änderung der LPSD-Werte**

Mineral	Gestein	Korrelationsanalyse	Kurzwellige Mikrotextrur		Langwellige Mikrotextrur				
			$\Delta$ LPSD <sub>4</sub> (t)	$\Delta$ LPSD <sub>10</sub> (t)	$\Delta$ LPSD <sub>100</sub> (t)	$\Delta$ LPSD <sub>200</sub> (t)	$\Delta$ LPSD <sub>300</sub> (t)	$\Delta$ LPSD <sub>400</sub> (t)	$\Delta$ LPSD <sub>500</sub> (t)
Feldspat	Granit III	Korrelationskoeffizient	-0,167	-0,223	-0,441	-0,414	-0,375	-0,345	-0,323
		Signifikanz (zweiseitig)	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Granit IV	Korrelationskoeffizient	0,158	0,199	0,336	0,307	0,275	0,251	0,233
		Signifikanz (zweiseitig)	0,18	0,09	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05
	Granit VI	Korrelationskoeffizient	0,041	-0,051	-0,466	-0,548	-0,567	-0,570	-0,569
		Signifikanz (zweiseitig)	0,79	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Granit VII	Korrelationskoeffizient	0,206	0,127	-0,473	-0,508	-0,501	-0,494	-0,487	
	Signifikanz (zweiseitig)	0,10	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Quarz	Granit III	Korrelationskoeffizient	-0,232	-0,328	-0,642	-0,483	-0,404	-0,359	-0,330
		Signifikanz (zweiseitig)	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Granit IV	Korrelationskoeffizient	0,150	0,089	-0,274	-0,382	-0,416	-0,430	-0,436
		Signifikanz (zweiseitig)	0,28	0,52	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
	Granit VI	Korrelationskoeffizient	-0,330	-0,361	-0,485	-0,485	-0,447	-0,404	-0,366
		Signifikanz (zweiseitig)	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
CFG	Diabas II	Korrelationskoeffizient	0,247	0,253	0,184	0,106	0,059	0,030	0,009
		Signifikanz (zweiseitig)	0,01	0,00	0,04	0,24	0,51	0,74	0,92

Grün hervorgehoben: Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.  
Gelb hervorgehoben: Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

stellen die Amplitude der Textur bei der entsprechenden Wellenlänge dar und werden für verschiedene Minerale aus unterschiedlichen Gesteinskörnern für jede Belastungsstufe berechnet. Hierbei wird angenommen, dass die Textur aufgeraut wird und sich der Reibwert erhöht, wenn die LPSD-Werte nach der gesamten Polierdauer zunehmen. Die Textur wird geglättet und der Reibwert fällt ab, wenn sich die LPSD-Werte durch die Polierbeanspruchung reduzieren. Die getroffene Annahme wird hinsichtlich ihrer Richtigkeit in Kap. 3.4 überprüft.

Ein positiver Zusammenhang zwischen Abtrag und Veränderung der LPSD-Werte ist bei Feldspat aus Granit IV (bei Wellenlängen  $\geq 100 \mu\text{m}$ ) und beim CFG aus Diabas II (bei Wellenlängen  $\leq 100 \mu\text{m}$ ) festgestellt worden (s. Tabelle 3). Durch den ständigen Abtrag ist die Textur der Oberfläche rauer geworden und es erhöhen sich dementsprechend die LPSD-Werte. Dies deutet daher auf einen eventuellen Zusammenhang zwischen den LPSD-Werten und der Griffigkeit hin, da an den beiden genannten Gesteinen eine Griffigkeitserhöhung beobachtet wurde (s. Bild 1). Ein negativer Zusammenhang zwischen dem Abtrag und der Texturänderung konnte bei Feldspäten aus Granit III, VI und VII sowie bei allen Quarzen nachgewiesen werden. Hierbei ist der Abtrag stets mit einer Glättung der Textur verbunden.

Anhand der Ergebnisse in der Tabelle 3 ist ersichtlich, dass sich der Feldspat aus Granit IV unter der Polierbeanspruchung völlig anders als der aus Granit III, VI und VII verhält. Im Gegensatz zu anderen Graniten, die sowohl Alkalifeldspäte als auch Plagioklasse enthalten, enthält der Granit IV ausschließlich Alkalifeldspat. Durch einen Vergleich des Polierverhaltens zwischen Granit IV und den anderen Graniten ist feststellbar, dass sich der Alkalifeldspat ganz anders unter der Polierwirkung verhält als der Plagioklas. In den Tabellen 4 und 5 werden die vier in die Hauptuntersuchungen aufgenommenen Granite zusammengefasst, die sich hinsichtlich des Mineralbestandes unterscheiden. Durch eine Variation der Zusammensetzung wird der Einfluss des Gehaltes an Alkalifeldspat und Plagioklas im Gestein auf den Abtrag und die Texturänderung mittels der Korrelationsanalyse ermittelt, die von den Einflüssen weiterer Einflussgrößen,

wie der Polierdauer, der Höhenlage sowie der anfänglichen Textur der Minerale, eliminiert und bereinigt worden ist.

Der Abtrag sowie die Texturänderung stehen mit dem Gehalt an Alkalifeldspat in einer positiven und mit dem Gehalt an Plagioklas in einer negativen Beziehung. Diese lineare Beziehung ist zwar statistisch signifikant, aber wegen des relativ geringeren Korrelationskoeffizienten ( $< 0,3$ ) nicht stark. Der höhere Gehalt an Alkalifeldspat, insbesondere der Gehalt an Mikroklin, führt tendenziell zu einem höheren Abtrag des Minerals. Da die Veränderungen der LPSD-Werte bei nahezu allen Wellenlängen mit dem Gehalt an Alkalifeldspat tendenziell in einem positiven Zusammenhang stehen (s. Tabelle 5), ist zu erwarten, dass die Oberfläche des Feldspates im Mikrotextrbereich mit einem erhöhten Gehalt an Alkalifeldspat aufgeraut wird. Hierbei tendiert ein erhöhter Gehalt an Albit zu einer Aufrauung der langwelligen Mikrotextr ( $\geq 100 \mu\text{m}$ ), während ein höherer Gehalt an Mikroklin zu einer Aufrauung im Wellenlängenbereich von  $4 \mu\text{m}$  bis  $100 \mu\text{m}$  führen kann. Ein steigender Gehalt an Plagioklas ist zwar tendenziell günstig für den Widerstand gegen Verschleiß, hat aber eine Verringerung der LPSD-Werte bei nahezu allen Wellenlängen zur Folge. Eine signifikante Korrelation zwischen der Texturänderung und dem Gehalt an Plagioklas ist im Wellenlängenbereich bis  $200 \mu\text{m}$  feststellbar.

Es sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, dass die mit der Korrelationsanalyse gewonnenen Erkenntnisse über die Einflüsse der Zusammensetzung der Feldspäte auf ihr Polierverhalten (wie z. B. der Abtrag und die Texturänderung) bei den mineralogischen Untersuchungen nicht bestätigt werden konnte, weil eine differenzierte Beobachtung des Polierverhaltens von Albit, Mikroklin sowie Oligoklas mit der Stereomikroskopie im Auflicht nicht möglich ist.

**3.1.2 Versuchsergebnisse der Versuchsreihe 2 der Hauptuntersuchungen**

Auf Grundlage des Versuchs für Frost-Tau-Wechsel [DIN EN 1367-1, 1999] wird in Versuchsreihe 2 der Hauptuntersuchungen eine möglichst realitätsnahe Beanspruchung infolge der

**Tab. 4: Korrelationen und Signifikanz zwischen dem Abtrag des Feldspats und seiner Zusammensetzung**

Korrelationsanalyse	Gehalt an Alkalifeldspat [%]	Gehalt an Plagioklas [%]	Gehalt an Albit [%]	Gehalt an Mikroklin [%]	Gehalt an Oligoklas [%]
Korrelationskoeffizient	0,126	-0,156	-0,018	0,215	-0,156
Signifikanz (zweiseitig)	0,01	0,00	0,72	0,00	0,00

Grün hervorgehoben: Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.  
 Gelb hervorgehoben: Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

**Tab. 5: Korrelationen und Signifikanz zwischen der Veränderung der LPSD-Werte des Feldspats**

Änderung der LPSD-Werte	Korrelationsanalyse	Gehalt an Alkalifeldspat [%]	Gehalt an Plagioklas [%]	Gehalt an Albit [%]	Gehalt an Mikroklin [%]	Gehalt an Oligoklas [%]
$\Delta\text{LPSD}_{4(t)}$ [-]	Korrelationskoeffizient	0,161	-0,201	-0,052	0,303	-0,201
	Signifikanz (zweiseitig)	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00
$\Delta\text{LPSD}_{10(t)}$ [-]	Korrelationskoeffizient	0,186	-0,219	-0,017	0,307	-0,219
	Signifikanz (zweiseitig)	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00
$\Delta\text{LPSD}_{100(t)}$ [-]	Korrelationskoeffizient	0,219	-0,199	0,195	0,149	-0,199
	Signifikanz (zweiseitig)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Delta\text{LPSD}_{200(t)}$ [-]	Korrelationskoeffizient	0,164	-0,125	0,231	0,028	-0,125
	Signifikanz (zweiseitig)	0,00	0,02	0,00	0,59	0,02
$\Delta\text{LPSD}_{300(t)}$ [-]	Korrelationskoeffizient	0,130	-0,085	0,234	-0,028	-0,085
	Signifikanz (zweiseitig)	0,01	0,10	0,00	0,59	0,10
$\Delta\text{LPSD}_{400(t)}$ [-]	Korrelationskoeffizient	0,108	-0,060	0,232	-0,060	-0,060
	Signifikanz (zweiseitig)	0,04	0,24	0,00	0,25	0,24
$\Delta\text{LPSD}_{500(t)}$ [-]	Korrelationskoeffizient	0,094	-0,044	0,230	-0,080	-0,044
	Signifikanz (zweiseitig)	0,07	0,39	0,00	0,12	0,39

Grün hervorgehoben: Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.  
 Gelb hervorgehoben: Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.



Wechselbeziehungen zwischen Frost und Auftauen simuliert. Die Reibwertentwicklung infolge der Beanspruchung aus Frost-Tau-Wechseln und Polierverschleiß ist langfristig gesehen mit der Entwicklung des Reibwertes der Versuchsreihe 1 vergleichbar. Entgegen der Erwartung, dass sich die Frost-Tau-Wechsel erhöhend auf den Reibwert auswirken, war ein Abfall des Reibwertes zu verzeichnen. Die anschließende Polierbeanspruchung kann dann entweder zu einer Erhöhung oder zu einer Abminderung des Reibwertes führen. Der Reibwert infolge kurzer Polierbeanspruchung (z. B. mit einer Polierdauer von 16,67 Minuten) stieg wieder an, teilweise auch über das Niveau vor der Witterungsbeanspruchung hinaus. Eine weitergehende Polierbeanspruchung mit einer Polierdauer von 100 Minuten oder 166,67 Minuten bewirkte jedoch wiederum ein Absinken des Reibwertes, was gemäß der Versuchsreihe 1 bereits aufgezeigt wurde.

Grundsätzlich kann mit Hilfe der Korrelations- und Regressionsanalyse festgestellt werden, dass im Vergleich zum Polieren die Frost-Tau-Wechsel hauptsächlich einen kurzfristigen Einfluss auf die Reibwerte haben. Im Endzustand ist der Einfluss von 40 Frost-Tau-Wechseln im Vergleich zu 300 Minuten Polieren vernachlässigbar klein. Trotz der eventuellen zwischenzeitlichen Griffigkeitserhöhung sinken sowohl die SRT- als auch die PWS-Reibwerte letztendlich mit der Zunahme der Polierdauer, bis das "Endniveau" erreicht wird. Der langfristige Reibwert ist fast ausschließlich durch den anfänglichen Reibwert und die Polierdauer bedingt. Anhand der Ergebnisse der Texturdaten ist der Abtrag infolge der Frostbeanspruchung unabhängig davon, ob die Minerale auf den Kuppen oder in den Tälern liegen. Die Texturänderung infolge der Frost-Tau-Wechsel steht mit der anfänglichen Textur in einem engen, negativen Zusammenhang. Je höher die Amplitude der anfänglichen Textur ist, desto stärker wird die Textur durch Absplittierung infolge der Frostbeanspruchung geglättet. Die spitze Textur ist somit eher geneigt abzusplittern und einzuebnen als die flachere.

### 3.1.3 Versuchsergebnisse der Versuchsreihe 3 der Hauptuntersuchungen

Bei der Steinprobe der Versuchsreihe 3 kann mit zunehmender Polierdauer bis 100 Minuten ein kontinuierlicher Abfall der SRT-Werte verzeichnet werden. Die Reibwerte fallen degressiv ab und erreichen nach 100 Minuten Polierdauer den nahezu konstanten "Endreibwert". Trotz der erneuten Beanspruchung in der Aachener Poliermaschine für weitere 200 Minuten ist keine deutliche Griffigkeitserhöhung zu verzeichnen. Bei den mittels PWS-Prüfstand gemessenen Werten war hingegen ein anderes Verhalten zu beobachten. Die PWS-Werte nahmen mit Erhöhung der Polierdauer bis 100 Minuten schnell ab. Auffallend ist, dass ab 100 Minuten mit andauernder Polierbeanspruchung sogar ein Anstieg der Reibwerte auftritt. Dieser Aspekt lässt sich dadurch begründen, dass der rot eingefärbte Zementmörtel durch die Reifen so stark beansprucht und abgetragen wurde, dass sich Hohlräume und Täler im Zementmörtel auf der Oberseite der Steinplatte herausbildeten. Dadurch wurde die Makrotextur aufgeraut und das Drainagevermögen somit verbessert. Der Abtrag sowohl des Quarzes als auch des Feldspates in der Versuchsreihe 3 ist deutlich höher als der in der Versuchsreihe 1. Der Abtrag des Minerals hängt von der Polierdauer, der Höhenlage der Minerale und der Texturänderung verschiedener Wellenlängen ab. Je länger das Mineral der Polierbeanspruchung ausgesetzt ist, desto größer ist der Abtrag. Je höher das Mineral auf der Oberfläche liegt, desto intensiver wird dieses Mineral durch den Reifen beansprucht und somit stärker abgetragen. Des Weiteren steht die Texturänderung mit der anfänglichen Textur in einer negativen Beziehung. Dies bestätigt auch die schon in Versuchsreihe 1 herausgefundenen Ergebnisse.

### 3.2 Ergebnisse der ergänzenden Untersuchungen an den massiven Granitplatten

Aus dem Bild 2 ist ersichtlich, dass die gesägten Granitplatten den höchsten und die polierten den geringsten SRT-Wert im unpolierten Zustand haben. Die Griffigkeitsentwicklung infolge der Polierbeanspruchung hängt von dem ursprünglichen Reibwert, dem verwendeten Poliermittel sowie der Polierdauer ab und ist von einer Probe zur anderen unterschiedlich. Bei den gesägten Granitplatten konnte mit zunehmender Polierdauer ein kontinuierlicher Abfall der SRT-Werte verzeichnet werden. Bei den geschliffenen und polierten Granitplatten war hingegen ein anderes Verhalten in Abhängigkeit vom verwendeten Poliermittel zu beobachten. Nach einer Polierdauer von 300 Minuten wiesen die drei mit Quarzmehl polierten Probeplatten einen deutlichen Unterschied bezüglich der SRT-Werte auf, während die drei mit Quarzsand polierten Probeplatten fast einen gleichen endgültigen Reibwert hatten. Die Polierbeanspruchung mit Quarzsand führte zu einer deutlich intensiveren Bearbeitung der Oberfläche als die Polierbeanspruchung mit Quarzmehl. Mit dem Quarzsand wurde ermöglicht, einen nahezu gleichen Endzustand nach 300 Minuten Polierdauer zu erreichen.

In den Bildern 3 und 4 sind die LPSD-Werte im unpolierten Zustand und nach einer Polierdauer von 300 Minuten getrennt nach dem verwendeten Poliermittel dargestellt. Bei einer logarithmischen Auftragung der Kreisfrequenz ergibt sich eine Gerade für jede Probeplatte, die im Folgenden LPSD-Kurve genannt wird.

Die angefertigten Probeplatten weisen einen nahezu parallelen Verlauf der LPSD-Kurve auf. Während die gesägten Platten die höchsten LPSD-Werte haben, besitzen die polierten Platten die geringsten Werte. Die Abstände zwischen den drei Kurven sind deutlich zu erkennen. Durch die Polierbeanspruchung sind die gesägten Platten geglättet und die polierten sowie die geschliffenen aufgeraut worden, sodass der Unterschied zwischen solchen Platten hinsichtlich der SRT-Reibwerte mit Zunahme der Polierdauer immer geringer wird. Diese Erkenntnis kann durch die Veränderung der LPSD-Werte nachgewiesen werden. Nach 300 Minuten Polierdauer haben sich die Abstände der LPSD-Kurven zwischen den verschiedenen Platten sehr stark verringert. Je nach verwendetem Poliermittel haben sich unterschiedliche LPSD-Kurven ergeben. Im Bild 3 zeigt sich, dass die LPSD-Kurven von den drei mit Quarzmehl polierten Platten nach 300 Minuten sehr eng nebeneinander liegen und teilweise zusammenfallen. Eine LPSD-Kurve ist von den anderen jedoch noch zu unterscheiden. Bei den drei mit Quarzsand polierten Platten sind die LPSD-Kurven nach einer Polierdauer von 300 Minuten so zusammengefallen, dass sich keinerlei Unterschied beobachten lässt. Das bestätigt auch die Erkenntnis der Griffigkeitsmessung und der mineralogischen Untersuchung, wonach diese drei Platten bei einer Polierdauer von 300 Minuten einen nahezu gleichen SRT-Wert aufweisen. Dies deutet auf einen Zusammenhang zwischen den LPSD-Werten und der Griffigkeit hin.

Auf Basis der Ergebnisse der ergänzenden Untersuchungen an massiven Granitplatten werden folgende zusätzliche Untersuchungen nach einer Rücksprache mit dem Betreuerkreis durchgeführt. Die Platten der Variante 1, 2 und 3 sind noch um weitere 600 Minuten mit Quarzmehl zu polieren, um zu überprüfen, ob die drei Platten letztendlich auch einen gleichen Endreibwert erreichen können. Anhand der Ergebnisse der SRT-Reibwerte (s. Bild 5, links) ist ersichtlich, dass der SRT-Reibwert der geschliffenen und der polierten Platte nach 900 Minuten Polieren nahezu gleich war. Die gesägte Platte unterschied sich jedoch hinsichtlich des SRT-Werts deutlich von den anderen.

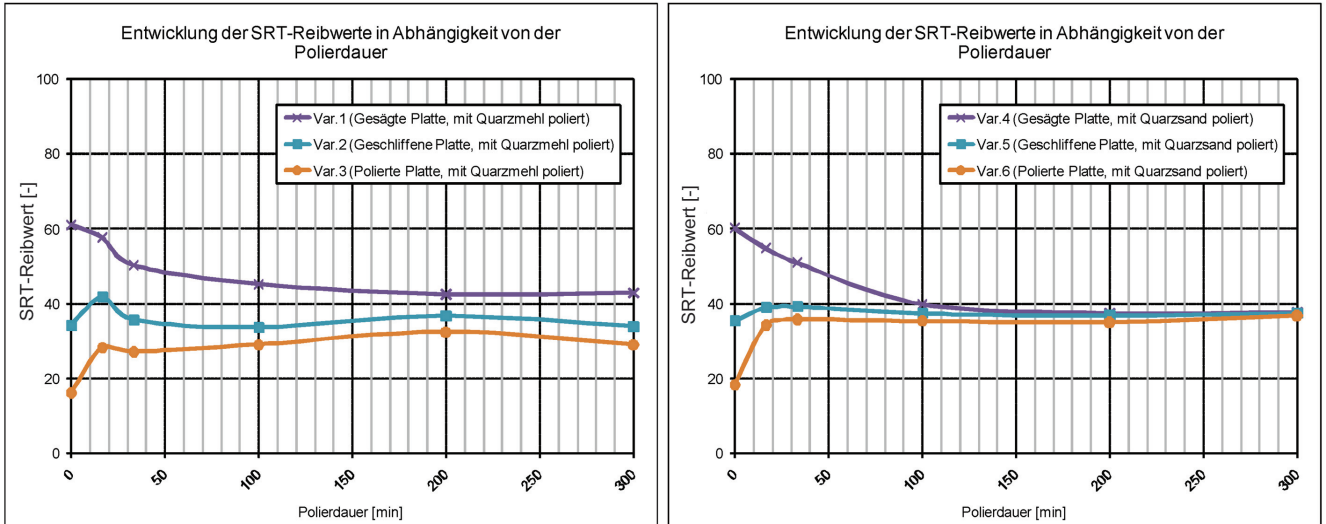


Bild 2: Grafische Darstellung der Griffigkeit der massiven Steinplatten aus Granit IV in Abhängigkeit von der Polierdauer und dem verwendeten Poliermittel (links: mit Quarzmehl poliert, rechts: mit Quarzsand poliert)

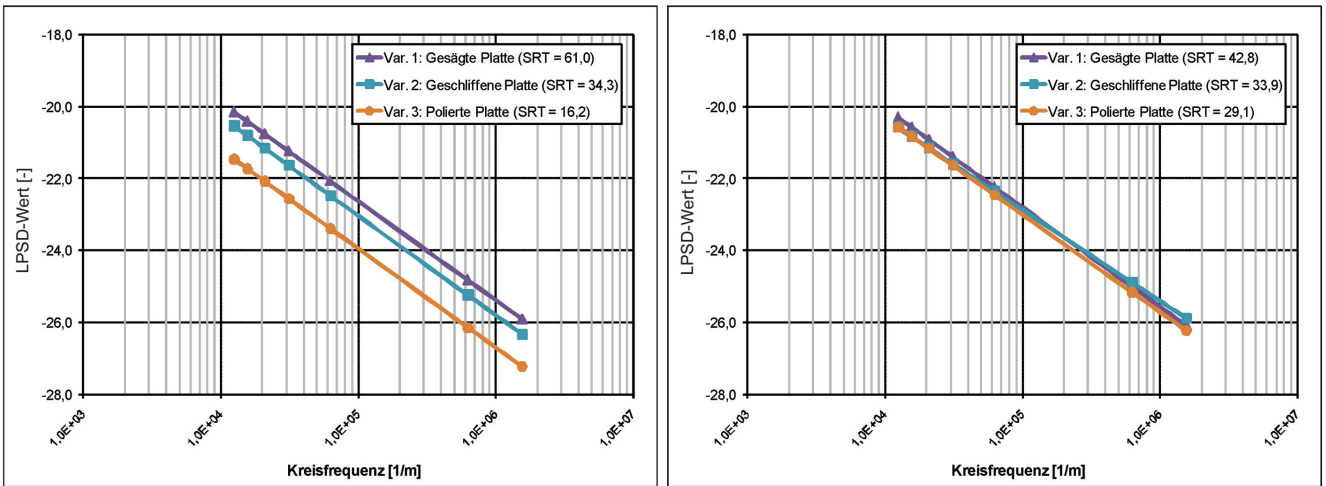


Bild 3: LPSD-Werte der massiven Steinplatten aus Granit IV, die mit Quarzmehl poliert werden (links: im unpolierten Zustand, rechts: nach einer Polierdauer von 300 Minuten)

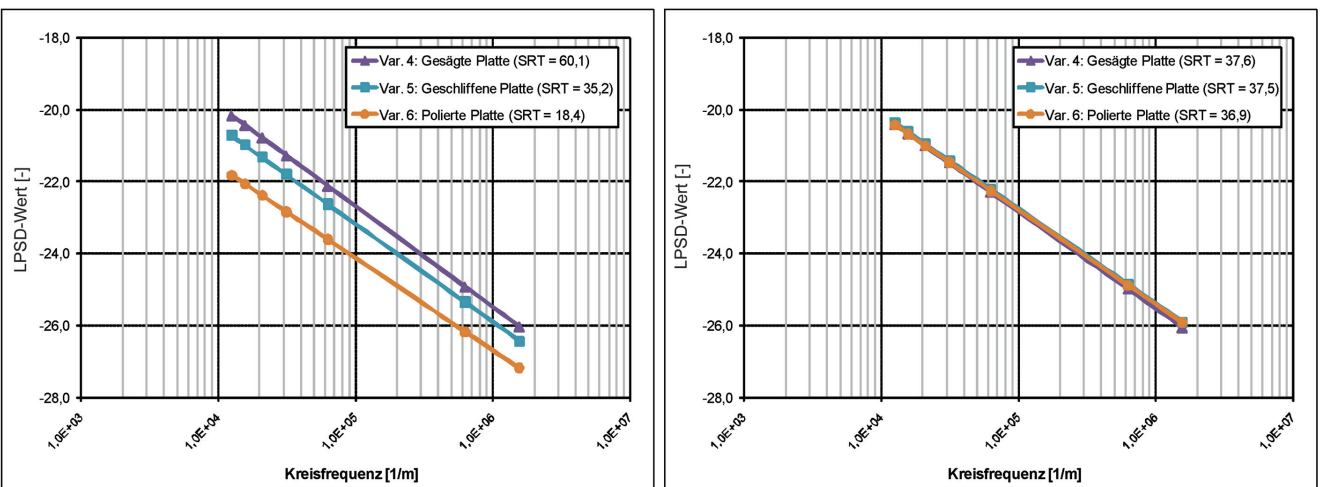
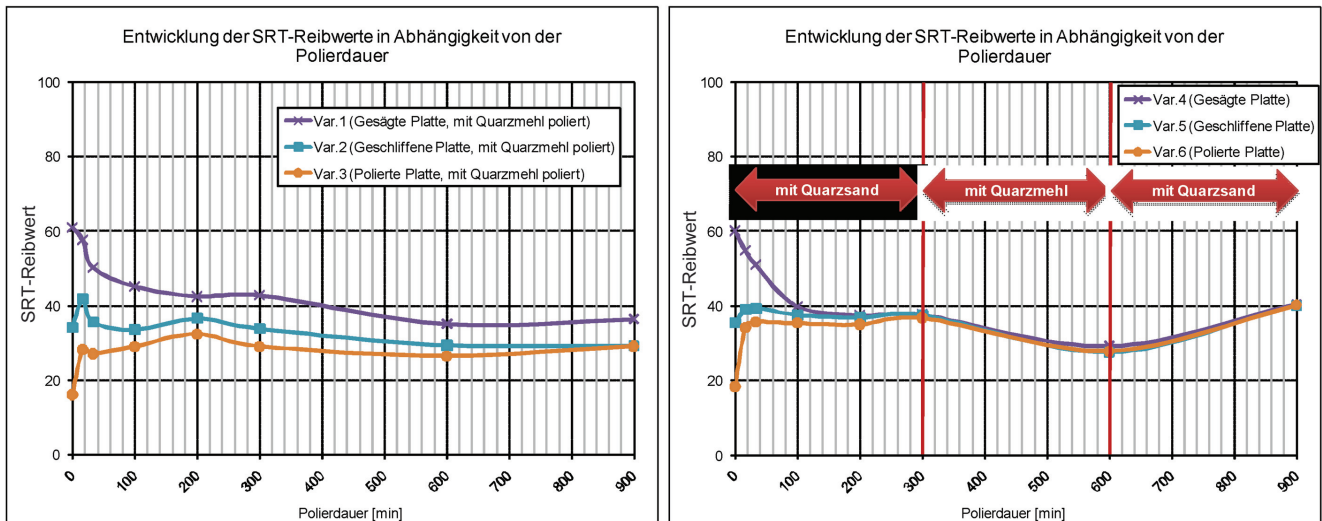


Bild 4: LPSD-Werte der massiven Steinplatten aus Granit IV, die mit Quarzsand poliert werden (links: im unpolierten Zustand, rechts: nach einer Polierdauer von 300 Minuten)



**Bild 5: Grafische Darstellung der Griffigkeit der massiven Steinplatten aus Granit IV in Abhängigkeit von der Polierdauer (links: Var. 1, 2 und 3; rechts: Var. 4, 5 und 6;)**

Die Platten der Variante 4, 5 und 6, die mit Quarzsand bereits 300 Minuten poliert wurden, sollen 300 Minuten mit Quarzmehl und 300 Minuten mit Quarzsand poliert werden, um einen eventuell erneut auftretenden Polier- oder Aufraueffekt zu erzeugen. Durch die Politur mit Quarzmehl wurde die Oberfläche der zuvor mit Quarzsand polierten Platten nur noch sehr wenig verändert. Durch eine weitere Polierdauer von 300 Minuten mit Quarzsand war der Abtrag deutlich stärker. Die Oberfläche der Probeplatten unterschied sich unter dem Mikroskop kaum von der, die sich nach den ersten 300 Minuten Polierdauer gebildet hatte. Anhand der Ergebnisse der SRT-Reibwerte ist ersichtlich, dass die 300 Minuten Polierdauer mit Quarzmehl als Poliermittel zu einer deutlichen Glättung der Oberfläche der Probeplatten geführt hat (s. Bild 5, rechts). Durch weitere 300 Minuten Polierdauer mit Quarzsand wurde die Oberfläche wieder aufgeraut. Hinsichtlich des SRT-Reibwertes und der topografischen Eigenschaften sind nun keinerlei Unterschiede vorhanden.

Trotz unterschiedlicher Ausgangsrauheit wurde der Oberflächenzustand der massiven Granitplatten, infolge der wechselnden Polierbeanspruchung weitestgehend angeglichen. Es dürfte somit eine Art Endzustand (oder anders ausgedrückt Endniveau) der Oberflächen entstanden sein, welcher vor allem von der Reihenfolge und der Feinheit des verwendeten Poliermittels abhängt. Im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen können zwei Zustände festgelegt werden. Zum einen der Zustand "Polieren mit Quarzmehl" und zum anderen die Situation "Polieren mit Quarzsand". In Abhängigkeit von der Polierdauer pendelt der SRT-Reibwert zwischen diesen beiden Zustandsformen.

### 3.3 Ergebnisse der Untersuchungen an Asphaltplatten

Der SRT-Reibwert der Asphaltplatten erreichte vor dem Polieren sein Maximum. Nachdem die Bindemittel abgefahren waren und die Gesteinskörner gegenüber dem umgebenden Bitumen hervortraten, nahm der Reibwert ab, statt weiter zuzunehmen. Da die Gesteinskörner im unpolierten Zustand mit dem Bitumen umhüllt und eng verbunden waren, sollte das (insbesondere bei frisch hergestellten Asphalten) den SRT-Reibwert begünstigen. Im Gegensatz zu den SRT-Werten war bei den mittels PWS-Prüfstand gemessenen Werten ein anderes Verhalten zu beobachten. Die unpolierten Oberflächen der Asphaltplatten aller Beanspruchungsvarianten wiesen einen relativ geringeren Reibwert auf, der sich durch weitere Polierbeanspruchung erhöhen kann. Dieser Effekt ist anscheinend unabhängig von dem Poliermittel und nur von Gestein zu Gestein unterschiedlich. Auf Basis

der Ergebnisse der topografischen Beobachtungen an den Asphaltplatten können grundsätzlich folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die am höchsten aus der Oberfläche herausragenden Stellen wurden zuerst freigelegt.
- Das Bindemittel, das auf der Oberfläche und/oder zwischen den Gesteinskörnern liegt, ist bei Granit IV nach ca. 30 Minuten und bei Diabas II nach ca. 50–60 Minuten herauspoliert. Da beim Granit IV wegen größerer Rohdichte volumemäßig mehr Bitumen verwendet worden ist und sich somit ein dickerer Bitumenfilm einstellen kann, ist die Verklebung des Bindemittels mit Diabas deutlich besser als mit Granit. Dies bestätigen auch die Kenntnisse aus der Literatur [DAMES, 1997]: Die Affinität der basischen Gesteine (wie z. B. Diabas) ist tendenziell besser als die der sauren Gesteine (wie z. B. Granit).
- Bei Granit konnte unter dem Mikroskop nicht bestimmt werden, ob das Bitumen auf dem Quarz oder dem Feldspat zuerst abgetragen wird. Die freipolierten Stellen lassen sich leider nicht einem bestimmten Mineral zuordnen. Bezüglich der Verklebung des Bindemittels mit dem Mineral ist kein deutlicher Unterschied zwischen Quarz und Feldspat zu erkennen.
- Bei Verwendung von Quarzsand als Poliermittel kann das Bitumen auf der Oberfläche der Gesteinskörner stärker abgetragen werden als bei Quarzmehl. Nach einer Polierdauer von 300 Minuten sind nahezu alle Gesteinskörner auf der Oberfläche freigelegt.
- Im Vergleich zu Quarzsand führt Quarzmehl zu einem stärkeren Herauspolieren des Bindemittels zwischen den Gesteinskörnern. Dies raut die Makrotextur auf und begünstigt tendenziell das Drainagevermögen.

### 3.4 Zusammenhang zwischen Textur und Griffigkeit auf Basis der Ergebnisse der ergänzenden Untersuchungen

Der Zusammenhang zwischen Textur- und Griffigkeitsänderung ist anhand der Daten an den massiven Granitplatten in den ergänzenden Untersuchungen abzuleiten. Die  $LPSD_{10}$ ,  $LPSD_{100}$ ,  $LPSD_{200}$ ,  $LPSD_{300}$ , und  $LPSD_{400}$ -Werte werden durch eine Varianzanalyse bei der Regression ausgeschlossen. Sie lassen sich aus  $LPSD_4$ - und  $LPSD_{500}$ -Wert berechnen und sind daher keine unabhängige Variable im engeren Sinn.



Tab. 6: Ergebnisse der Regressionsanalyse zwischen Textur- und Griffigkeitsänderung

a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	Korrigiertes R <sup>2</sup>	F-Test	Signifikanz
-201,394	11,425	2,385	-2,534	-6,239	0,818	0,792	31,545	0,000

$$\Delta\mu = a + b_1 \cdot \Delta\text{LPSD}_4(t) + b_2 \cdot \Delta\text{LPSD}_{500}(t) + c_1 \cdot \text{LPSD}_4(0) + c_2 \cdot \text{LPSD}_{500}(0)$$

Mit:

- $\Delta\mu$ : Veränderung des Reibwerts (SRT-Reibwert)
- $\Delta\text{LPSD}_\lambda(0)$ : LPSD-Wert bei einer Wellenlänge von  $\lambda$   $\mu\text{m}$  in unbeanspruchtem Zustand
- $\Delta\text{LPSD}_\lambda(t)$ : Veränderung des LPSD-Werts bei einer Wellenlänge von  $\lambda$   $\mu\text{m}$  nach einer Polierdauer von t Minuten
- t: Polierdauer [Minuten]
- a, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>: Regressionskoeffizienten

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Das Bestimmtheitsmaß der Regressionsfunktion liegt bei ca. 82%. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Reibwert und der Textur von Mineralen konnte somit bestätigt werden. Anhand der Ergebnisse kann grundsätzlich festgestellt werden, dass sich mit Zunahme der LPSD<sub>4</sub>- und LPSD<sub>500</sub>-Werte die Griffigkeit erhöht. Je höher die Veränderung der LPSD-Werte in positive Richtung ist, desto größer ist die Zunahme der SRT-Reibwerte. Des Weiteren stehen die anfänglichen LPSD-Werte (LPSD<sub>4</sub>(0) und LPSD<sub>500</sub>(0)) mit der Griffigkeitsänderung in einem negativen Zusammenhang. Je höher die anfänglichen LPSD-Werte sind, um so eher nimmt der SRT-Wert ab. Die anfänglichen LPSD-Werte sind daher entscheidend für die Entwicklung des SRT-Werts. Dies würde auch erklären, warum bei geschliffenen sowie polierten Platten eine Griffigkeitserhöhung und bei gesägten Platten nur ein Griffigkeitsabfall zu beobachten ist.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die hier gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf alle Oberflächen übertragen werden dürfen. Bei Oberflächen von anderen Baustoffen (andere Mineralverbindungen oder die Platten mit Bitumen) oder bei anderen Messverfahren (z. B. mit Prüfstand nach Wehner/Schulze) könnten sich vollkommen andere Ergebnisse ergeben. Dies lässt sich durch Folgendes begründen: Der abgeleitete Zusammenhang zwischen der Textur- und Griffigkeitsänderung wird nur an den angefertigten massiven Platten bestimmt, bei denen alle Minerale auf einer gleichen Höhe liegen und gleichmäßig durch die Reifen beansprucht werden. Der Einfluss der Höhenlage der Minerale sowie des Drainagevermögens bleibt hier unberücksichtigt.

### 3.5 Zusammenfassung des Polierverhaltens des Granits

Glimmer (Muskovit und Biotit) hat einen erheblichen Einfluss auf das Polierverhalten der Gesteine. Ursachen dafür sind die leichte Spaltbarkeit und die geringe Härte dieser Minerale, aber auch ihre Lage im Gesteinsverband. Sind die Glimmeraggregate mehr oder weniger parallel zur beanspruchten Oberfläche orientiert, so spalten sich schon bei leichtem Druck dünne Glimmerblättchen ab. Bei der Beanspruchung mit der Aachener-Poliermaschine wurden die flachliegenden Glimmer schuppenartig abgetragen, wobei allmählich muldenförmige Vertiefungen entstanden. Hierbei werden die benachbarten Minerale, wie Quarz und Feldspäte randlich freigestellt. An den sich somit ergebenden lokalen Ausschürfungen lässt sich eine stärkere Kantenausrundung beobachten, als es im übrigen Gesteinsverband der Fall ist. Diese Auswirkung der Glimmer auf die benachbarten Feldspäte und der Quarze ist von der Kristallgröße und der Form der Glimmer sowie dem Polierverhalten der benachbarten Minerale abhängig. Senkrecht zur Gesteinsoberfläche stehende Glimmerblättchen setzen der Polierwirkung wegen der in dieser Richtung fehlenden Spaltbarkeit einen deutlich höheren Wider-

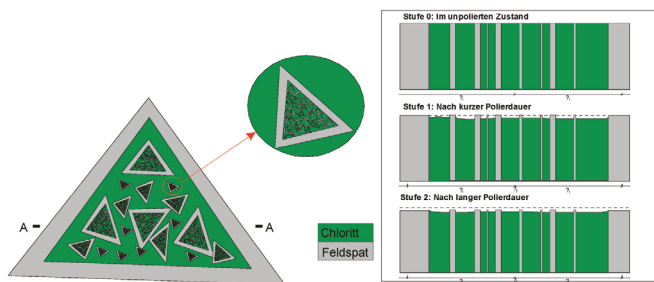
stand entgegen. Zudem werden sie durch benachbarte härtere Minerale vor dem Abtrag "geschützt". Erst bei längerer Polierdauer brechen kleine Stücke dieser Glimmer aus, was zu einer Zunahme des Feinreliefs führt. Danach kommt es jedoch auch zu einer leichten Kantenabrundung der benachbarten Minerale.

Bei den Massivplatten aus Granit IV ist ein Teil der Feldspäte durch Eisenoxid (Hämatit) leicht rötlich gefärbt. Diese Partien treten völlig unregelmäßig und ohne scharfe Begrenzung auf. Sie sind teilweise schon im Originalzustand der Platten leicht eingetieft und zeigen eine raue Oberfläche. Da sich im Stereomikroskop in der Draufsicht die verschiedenen Feldspäte nicht unterscheiden lassen, kann nur vermutet werden, dass es sich dabei um Mikroklin handelt, denn Mikroklin zeigt durch Einlagerung von Hämatit häufig eine bräunlich rote Farbe. Der ebenfalls in Granit IV enthaltene Albit ist dagegen weiß bis farblos [Klockmann, 1978]. Die rötlichen Feldspäte wurden bei der Polierbeanspruchung deutlich stärker abgetragen als die weißlichen, wobei oft flache, aber auch tiefe, kraterförmige Löcher entstanden. Diese Vertiefungen sind randlich gerundet, innen jedoch rau und "feingrieselig". Die farblosen, milchig trüben Feldspäte sind erheblich polierresistenter und zeigten sich, trotz ihrer Spaltbarkeit, ähnlich haltbar wie die Quarze.

Quarz verhält sich wegen seiner nicht vorhandenen Spaltbarkeit und seiner Härte sehr polierresistent, weil Quarz betragsmäßig geringer abgetragen wird als andere Minerale wie Feldspat, Glimmer oder Mineralgemenge (wie z. B. CFG bei Diabas). Bei der Beanspruchung mit einem feinen Poliermittel (Quarzmehl) war eine Veränderung der Oberfläche erst nach längerer Polierdauer sichtbar. Beim Polieren mit grobem Quarzsand fand dagegen schon nach der ersten Belastungsstufe ein sichtbarer Abtrag statt. Im unbeanspruchten Zustand zeigte die bruchraue Oberfläche der Quarze den typischen muscheligen Bruch mit scharfen Kanten und hohem Glanz. Beim Polieren wurden die Kanten zunehmend gerundet und der Glanz nahm ab. Die Bruchflächen wurden matt und entwickelten eine neue Oberflächenstruktur, die eine gewisse Ähnlichkeit mit fein genarbtm Leder aufweist. Diese narbige Struktur wurde beim Polieren mit Quarzmehl sehr fein, beim Polieren mit Quarzsand deutlich gröber ausgebildet. Diese Struktur entwickelte sich bei allen Massivplatten, unabhängig von ihrem Ausgangszustand, also auch auf den polierten Platten, wo die Quarze anfangs völlig glatt waren. Die narbige Struktur ist möglicherweise auf eine Art "Hammerschlageffekt" des Schleifmittels zurückzuführen, wobei sehr feine Splitter aus der Quarzoberfläche ausbrechen, deren Mikrokanten unmittelbar danach gerundet werden. Nach langer Polierdauer, vor allem mit Quarzsand, wurden viele Quarze durch die zunehmende Kantenrundung und den Abtrag benachbarter Glimmer freipoliert und kuppenförmig gerundet.

### 3.6 Zusammenfassung des Polierverhaltens des Diabases

Der Diabas II setzt sich aus einem Gerüst mehr oder weniger frischer, leistenförmiger Feldspäte zusammen. In den Zwickeln zwischen den Feldspatleisten kommt im Allgemeinen kein reiner Chlorit vor, sondern ein sehr feines Chlorit-Feldspat-Gemenge (s. Bild 6, links). Der unpolierte Diabas hat eine relativ glatte Oberfläche, welche selten Erhebungen aufweist (s. Bild 6, rechts). Die Polierbeanspruchung hat einen ungleichmäßigen Abtrag des Chlorits und des Feldspats wegen der großen Härte-differenz beider Minerale zur Folge. Die weichen Minerale, vorwiegend Chlorite (Mohshärte 2–3), werden beim Abschleifen und Poliervorgang stark abgetragen, während im Gegensatz



**Bild 6: Schematische Darstellung des Gefüges (links) und des Polierverhaltens (rechts) von Diabas II**

dazu der Feldspat (Mohshärte 6–6,5) nur heraus modelliert wird. Daher treten widerstandsfähigere Körner (Feldspäte) gegenüber ihrer weicheren Umgebung (Chlorite) hervor (s. Bild 6, rechts). Wegen der unregelmäßigen Abstände der Feldspatleisten wird die Textur sowohl im kurzwelligen als auch im langwelligen Bereich rauer. Durch weitere Polierbeanspruchung wird der herausragende Feldspat intensiv bearbeitet und geringfügig abgetragen. Jedoch ist die Textur rauer als im unpolierten Zustand. Dies würde erklären, warum der Endreibwert bei Diabas II nach 300 Minuten Polieren sogar höher als der Anfangsreibwert ist.

#### 4 Folgerung für die Praxis

Beim Vergleich der gewonnenen Ergebnisse aus den Griffigkeitsmessungen, den Texturmessungen im Rahmen der Hauptuntersuchungen sowie den ergänzenden Untersuchungen, lässt sich grundsätzlich die Feststellung machen, dass nach langer Polierdauer ein nahezu konstantes Oberflächenendniveau erreicht wird. Dieses Niveau kennzeichnet eine Textur, die trotz unterschiedlicher Ausgangsrauheit nach dem "Herauspolieren" der weichen Minerale (wie Calcit und Glimmer) entsteht und sich, bei Fortsetzung der Polierbeanspruchung und Beibehaltung des Poliermittels, nicht mehr ändert. Diese Textur kann daher als die gesteinspezifische Textur angesehen werden. Für das Ergebnis der gesteinspezifischen Textur, ist das verwendete Poliermittel von erheblicher Bedeutung. In Abhängigkeit vom Poliermittel, sind zwar bei einer beliebigen Polierdauer unterschiedliche Reibwerte zu erzielen, jedoch lässt sich die These aufstellen, dass sich für beide Arten von Poliermitteln nach einer bestimmten Polierdauer ein konstantes Reibwertniveau einpendelt. Somit gilt:

- Für die gesteinspezifische Textur unter Poliereinwirkung mittels Quarzmehl stellt sich nach einer bestimmten Polierdauer ein konstanter Reibwert ein.
- Für die gesteinspezifische Textur unter Poliereinwirkung mittels Quarzsand stellt sich ebenfalls nach einer bestimmten Polierdauer, jedoch ungleich der Polierdauer unter feinem Poliermittel, ein konstanter Reibwert ein.

Betreffend der massiven Granitplatten, lassen sich aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen Beziehungen zwischen dem zum Einsatz kommenden Poliermittel und der gesteinspezifischen Textur ableiten, sodass im Ergebnis folgende Einflussfaktoren auf die Griffigkeit genannt werden können:

- Mineralbestand,
- Mechanische Eigenschaften der Einzelminerale, wie Härte, Spaltbarkeit, Bruchverhalten etc.,
- Gesteinsgefüge,
- Nachbarschaft und Einbettung der Einzelminerale im Gesteinsverband,
- Härteunterschiede verschiedener im Gesteinsgerüst vorkommender Minerale etc.

Bei den gelegten Steinplatten liegen die Minerale, im Gegensatz zu den massiven Steinplatten, nicht auf einer konstanten Höhe. Somit unterliegen die Minerale unterschiedlicher Polierbeanspruchung und weisen demnach auch verschiedene Polier- und Griffigkeitsverhalten auf. Dies bedeutet, dass die gesteinspezifische Textur der aus den Gesteinskörnungen der Korngröße 8/11 im Mosaiklegeverfahren hergestellten Steinplatten im Wesentlichen von den topografischen Eigenschaften (wie Textur, Höhenlinie) der Gesteinskörnung abhängig ist. Neben den oben erwähnten Einflussfaktoren werden die topografischen Eigenschaften durch die Herstellung der gelegten Steinplatten beeinflusst, zum Beispiel

- durch Auswahl der "repräsentativen" Gesteinskörner hinsichtlich der Kornform und der Korngröße,
- durch Anzahl und Anordnung sowie
- durch die Orientierung der Gesteinskörner.

Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurde die gesteinspezifische Textur für Quarzmehl als Poliermittel durch eine systematische Variation des Mineralbestands der Granite näher betrachtet. Es wurde bereits die Tendenz aufgezeigt, dass der Mineralbestand wie z. B. der Gehalt an Alkalifeldspat und Plagioklas das Polier- und Griffigkeitsverhalten beeinflussen könnte (s. Kap. 3.1.1). Aufgrund der sehr eng miteinander verknüpften Einflüsse, sind diese an den Steinplatten gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Aussagekraft noch zu überprüfen. Eine eindeutige Bestimmung und Festlegung des Mineralbestands einflusses ist somit nicht eindeutig und zweifelsfrei möglich. Um herstellungsbedingte Einflüsse weitestgehend zu eliminieren, sind weitere Untersuchungen und Überprüfungen an den werksseitig hergestellten massiven Steinplatten vorzunehmen.

Bei diesem Forschungsvorhaben geht es vor allem um Grundlagenforschung, bei der versucht wurde, das Polier- und Griffigkeitsverhalten der Minerale sowie der Gesteine im ersten Schritt zu charakterisieren. Auf Basis der mathematischen und statistischen Auswertung von erfassten Textur- und Griffigkeitsdaten wurde eine Vermutung des Zusammenhangs hergestellt und die Tendenz aufgezeigt. Es wurden einige Faktoren noch nicht untersucht, nicht geklärt oder nicht nachgewiesen, wie z. B. der Einfluss der Aufbereitung der Gesteinskörnung auf ihr Polier- und Griffigkeitsverhalten, der Einfluss der Hitzebeanspruchung in Asphaltbauweise auf topografische und mineralogische Eigenschaften des Gesteins usw.. Aus diesem Grund sind Untersuchungen an weiteren Graniten und anderen Gesteinen (wie z. B. weitere Granite, Quarzporphyr sowie Grauwacke und Quarzit) notwendig.

#### 5 Literatur

Dames, J., Huschek, S., Lindner (1997): Untersuchung über den Einfluss unterschiedlicher Mineralstoffe auf das Gebrauchsverhalten von Asphaltdeckschichten hinsichtlich Griffigkeit, Querebenheit und Reifengeräuschen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 754

DIN EN 1367-1 (1999): Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen. Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel

Klockmann, F. (1978): Lehrbuch der Mineralogie, Stuttgart

Persson, B.N.J. (2001): Theory of rubber friction and contact mechanics, Journal of Chemical Physics (115) 8, S. 3840–3861

TL Asphalt-StB (2007): Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen, Ausgabe 2007, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuss "Asphaltbauweisen", Köln



TL Beton-StB 07 (2007): Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuss "Betonbauweisen", Köln

TU Berlin (2004): Vorläufige Prüfanweisung der TU Berlin: "Prüfung mit dem Verfahren nach Wehner/Schulze", TU Berlin

ZTV Asphalt-StB 07 (2007): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe "Asphaltstraßen", Köln

ZTV Beton-StB 07 (2007): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe "Asphaltstraßen", Köln