

Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung des Polierwiderstandes von Sand

FA 6.077

Forschungsstelle: Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung, (Prof. Dr.-Ing. P. Schießl)

Bearbeiter: Wörner, T. / Westiner, E. / Böhnisch, S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Oktober 2005

fasst ist, dass sie als Ergänzung zur europäischen Norm DIN EN 1097-8:2001-01 verwendet werden kann.

Tabelle 1: Einflussparameter der Voruntersuchungen

Einflussgrößen			
Korngröße	Kornform	Poliermittel	Polierdauer (h)
- 0,2/0,4	- Kornform bereinigt	- natürlicher Grobkorund	3,0
- 0,71/1,0	- Kornform unbereinigt	- natürlicher Feinkorund, - Quarzmehl	6,0
- 1,0/2,0		- zweigeteilte Prüfung (gem. DIN EN 1097-8)	9,0
			12,0

1. Aufgabenstellung

Beobachtungen an Versuchsstrecken und Laborversuche haben gezeigt, dass die Griffigkeit einer Fahrbahnoberfläche in Abhängigkeit vom Asphalttyp neben der Polierresistenz der groben Gesteinskörnung (gGK, Splitt) bei sandreichen Gemischen (sandreiche Asphalte, Betonfahrbahnen) insbesondere von der feinen Gesteinskörnung (fGK, Sand) beeinflusst wird.

Das für die Prüfung von Sandoberflächen in der TP Min-StB Teil 5.5.2 festgeschriebene, bislang jedoch lediglich auf nationaler Ebene existierende Prüfverfahren nach Wehner/Schulze steht jedoch nur an wenigen Prüfstellen zur Verfügung.

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es daher, auf der Basis eines europäisch genormten Verfahrens in Anlehnung an die DIN EN 1097-8 ein im Rahmen der Qualitätssicherung einsetzbares Verfahren zur Beurteilung der Polierresistenz von Sand zu entwickeln, um die bereits vorhandenen Prüfeinrichtungen nutzen zu können.

Neben der Erstellung einer Arbeitsanleitung zu diesem Verfahren galt es, als zweiten Schwerpunkt zu überprüfen,

- ob mit dem Prüfverfahren ein Einfluss von petrographischer/mineralogischer Zusammensetzung und Kornform auf den Polierwiderstand nachweisbar ist und
- ob zwischen den Ergebnissen der Polierprüfung von Splitt und Sand mit dem in TP Min-StB Teil 5.5.2 beschriebenen Verfahren für Sand nach Wehner/Schulze ein Zusammenhang besteht.

2. Untersuchungsmethodik

In Vorversuchen wurde auf der Grundlage der bereits bestehenden Prüfung von Sandoberflächen gem. TP Min-StB Teil 5.5.2 und der Prüfung der Polierresistenz von Splitt der Kornklasse 8/10 gem. DIN EN 1097-8 eine Arbeitsanleitung erstellt, die in den Hauptuntersuchungen mit Hilfe der Untersuchung weiterer Gesteine verifiziert werden sollte.

Zunächst sind hierzu die drei Sande Kalkstein, Basalt und Grauwacke detailliert auf ihre bautechnischen Eigenschaften gem. TP-Min untersucht worden, um mit Hilfe der Spreizung der Untersuchungsergebnisse ihre Eignung für die Prüfung unterschiedlicher Einflussfaktoren auf den Polierwiderstand eines Sandes festzustellen.

Anschließend wurde unter Variation der in Tabelle 1 aufgeführten Einflussgrößen der Polierprüfung die Entwicklung des Polierwiderstandes dieser Untersuchungssande ermittelt. Durch die Auswertung der vergleichende Betrachtung dieser Griffigkeitsentwicklungen konnte eine Arbeitsanleitung zur Prüfung des Polierwiderstandes von Sand erstellt werden, die so ge-

Um das Verfahren generell zu verifizieren und zu untersuchen, ob eine für die Bewertung ausreichende Spreizung der Untersuchungsergebnisse aller Sande vorliegt, wurden für die Versuche der Hauptuntersuchungen als Felsgesteine neben den bereits untersuchten Gesteinen die Sande des Diabas, Granit und Quarzit sowie gebrochener silikatischer bzw. gebrochener carbonatischer Kies und zwei in ihrer Mineralogie und Kornform unterschiedliche Natursande nach den Vorgaben der Arbeitsanleitung geprüft. Die Qualität dieser Gesteinskörnungen bzw. deren Gleichmäßigkeit wurde anhand von Sanduntersuchungen und der Bestimmung des Polierwiderstandes der zugehörigen Splitte analog der Voruntersuchungen abgeschätzt.

Ergänzend zur Anbindung an die in vorangegangenen Forschungsprojekten gewonnenen Erkenntnisse sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Prüfverfahren zur Bestimmung des Polierwiderstandes in den Hauptuntersuchungen verglichen worden. Hierzu wurden, um einen Zusammenhang mit der Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen aus Asphalt abschätzen zu können, orientierend Griffigkeitsmessungen mit dem Verfahren nach Wehner/Schulze unter Verwendung von zwei bereits in den Voruntersuchungen verwendeten Sanden (Kalkstein und Grauwacke) mit unterschiedlichen Niveaus des Polierwiderstandes durchgeführt.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Voruntersuchungen

Sowohl die Ergebnisse der Polierprüfungen an den Splitten, als auch an den Sanden zeigten in den untersuchten Kornfraktionen eine gute messtechnische Differenzierung auf. Auch die deutliche Spreizung der Messwerte bei der Untersuchung der Sandeigenschaften bestätigte die Eignung der Sande Kalkstein, Basalt und Grauwacke für die Auswertung der Voruntersuchungen.

Aus den Ergebnissen der an den oben genannten Sanden durchgeführten Untersuchungen der Einflussgrößen Korngröße, Kornform, Poliermittel und Polierdauer auf den Polierwiderstand konnten die nachfolgend aufgeführten Randbedingungen für die Ermittlung des Polierwiderstandes von Sand abgeleitet werden, welche für die Verifizierung des Prüfverfahrens im Rahmen der Hauptuntersuchungen festgelegt wurden:

- Prüfkorngröße 0,71/1,0 mm,
- Prüfkornform kornformunbereinigt,
- Poliermittel natürlicher Feinkorund,
- Polierdauer 360 Minuten.

Im Gegensatz zu der in der DIN EN 1097-8 festgelegten zweigeteilten Polierprüfung wird aufgrund des ermittelten günstige-

ren Streumaßes und der wesentlich größeren Spreizung der Messwerte für die Ermittlung des Polierwiderstandes von Sand ausschließlich natürlicher Feinkorund als Poliermittel gewählt. Aufgrund der leichteren Herstellung und der größeren Homogenität der Prüfkörperoberfläche während der Prüfung wurde gegenüber den Festlegungen der TP Min-StB T. 5.5.2 die Prüfkorngröße 0,71/1,0 mm gewählt.

In Anlehnung an die Prüfung des Polierwiderstandes von Splitt gem. DIN EN 1097-8 wurde neben der Polierprüfung der Untersuchungssande auch das auf die jeweilige Korngröße heruntergebrochene Kontrollgestein mituntersucht. Für die Ermittlung des Polierwiderstandes eines Sandes in Anlehnung an die DIN EN 1097-8 ergibt sich daher der mit der Kenngröße PSV_{Sand} bezeichnete Wert des Polierwiderstandes für Sand wie folgt:

$$PSV_{Sand} = S + (66,5) - C$$

Dabei ist:

- S der Mittelwert für die vier Probekörper der Gesteinskörnung;
- C der Mittelwert für die vier PSV_{Sand} -Kontrollgesteinsprobekörper.

3.2 Hauptuntersuchungen

Die Vorgaben zur Prüfung des Polierwiderstandes von Sand aus den Voruntersuchungen konnten durch die Ergebnisse in den Hauptuntersuchungen bestätigt werden.

Die Untersuchung des Einflusses der Kornform auf den Polierwiderstand mit Hilfe des Fließkoeffizienten E_{SC} als Kenngröße der Kornform zeigte keinen signifikanten Zusammenhang auf. Ebenso konnte für den Vergleich des SZ_s -Wertes als Kennwert der Abriebfestigkeit über den Widerstand gegenüber mechanischer Schlagbeanspruchung keine Beziehung zum Polierwiderstand des Sandes (PSV_{Sand}) festgestellt werden. In beiden Fällen übt die Zusammensetzung des Mineralbestandes verbunden mit der daraus erwachsenden Kornform des Untersuchungsgesteins einen großen, schwer zu isolierenden Einfluss auf den Zusammenhang aus.

Das Ergebnis der um die ergänzend untersuchten Sande erweiterten Untersuchung des Einflusses der Polierdauer auf den Polierwiderstand bestätigte auch hier die Festlegungen der Voruntersuchungen für die Randbedingungen der Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Polierwiderstandes von Sand. Insbesondere bei wenig abrasivem Polierverhalten eines Gesteins konnte nach einer Polierdauer von 360 Minuten kaum mehr eine Veränderung des Polierwiderstandes festgestellt werden.

Zur Anbindung der Untersuchungsergebnisse an die Erkenntnisse der bisherigen Forschung wurde der Vergleich des PSV_{Sand} Wertes zum PWS_{Sand} -Wert untersucht. Ein Zusammenhang beider Polierkennwerte konnte jedoch aufgrund des verhältnismäßig niedrigen Regressionskoeffizienten nicht eindeutig nachgewiesen werden. Als Ursache hierfür wird der Einfluss mess- und verfahrenstechnisch unterschiedlicher Randbedingungen beider Prüfverfahren angenommen (Bild 1). Orientierend hierzu wurde der Einfluss von Korngröße und Poliermittel auf den Zusammenhang dieser Polierkennwerte untersucht. Während die Verwendung desselben Poliermittels (Quarzmehl) keine nennenswerte Verbesserung des Zusammenhanges erbrachte, konnte für den Vergleich der Polierkennwerte gleicher Korngrößen und insbesondere beim Vergleich der PWS_{Sand} mit den Pendel-Werten der Korngrößen 0,71/1,0 mm eine Erhöhung des Zusammenhanges der Polierwiderstände beider Verfahren auf ein sehr signifikantes Maß festgestellt werden.

Hinsichtlich des Vergleiches der PSV_{Sand} -Werte mit dem bestehenden Prüfverfahren gem. TP Min-StB Teil 5.5.2 und der Nutzung des hier vorhandenen Bewertungshintergrundes besteht jedoch weiterhin Forschungsbedarf, da sich die Ermittlung und Bestimmung der Entwicklung des Polierwiderstandes von Sand mittels PWS-Verfahren im Gegensatz zum PSV-Verfahren aus gerätetechnischen Randbedingungen auf nur eine Prüfkorngröße beschränkt und sich die Untersuchungsergebnisse somit bisher nicht statistisch absichern lassen.

Orientierende Untersuchungen zeigten, dass unter Verwendung einer härteren Prüfgummimischung eine diesbezügliche Messwerterfassung möglich ist, wodurch sich jedoch das Niveau des Messergebnisses verändert. Die Vergleichbarkeit der Kennwerte beider Verfahren erfordert daher eine Überprüfung des auf die Korngröße 0,2/0,4 mm festgelegten Bewertungshintergrundes auch für die Prüfkorngrößen 0,71/1,0 und 1,0/2,0 mm. Hier besteht beim Verfahren in Anlehnung an die TP Min-StB Teil 5.5.2 weiterer Forschungsbedarf.

Eine Umrechnung von Polierwerten des Verfahrens in Anlehnung an EN 1097-8 (PSV_{Sand}) in PWS Werte ist überdies aufgrund des Einflusses des Kontrollgesteins nur über die SRT-Messergebnisse möglich.

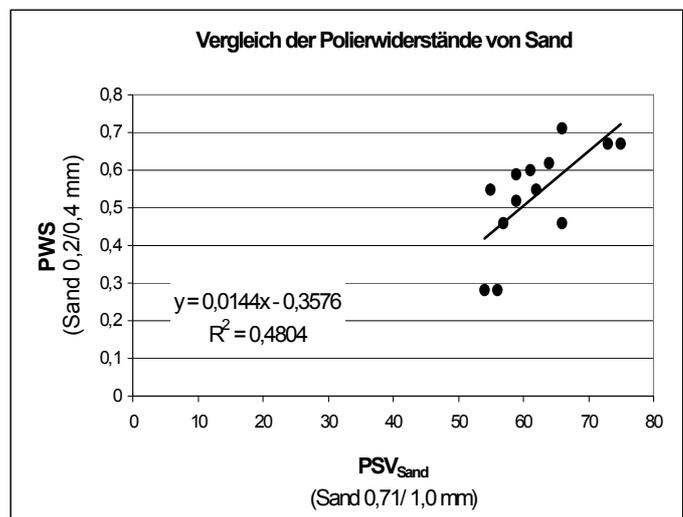


Bild 1: Vergleich der Polierwiderstände von Sand

Beim Vergleich des Polierwiderstandes von Sand (PSV_{Sand} , 0,71/1,0 mm) mit dem der Splittfraktion (PSV 8/10 mm) konnte bei einem Stichprobenumfang von $n = 12$ Untersuchungsgesteinen der folgende Zusammenhang ermittelt werden (Bild 2).

$$PSV_{Sand} = 0,658 \cdot PSV + 31,0$$

Die orientierend durchgeführten Untersuchungen des Einflusses des verwendeten Sandes auf die vorhandene Griffigkeit einer Asphaltoberfläche haben ergeben, dass im hier untersuchten Fall sandreicher Gemische (AB 0/8) der Polierwiderstand wesentlich stärker vom verwendeten Sand als vom Splitt abhängt. Demnach lässt sich der Asphalt weitestgehend unabhängig von der verwendeten Splittfraktion durch die Wahl eines geeigneten Sandes in seinem Polierwiderstand verändern, wodurch wiederum die Notwendigkeit der Polierprüfung von Sand bestätigt wird (Bild 3).

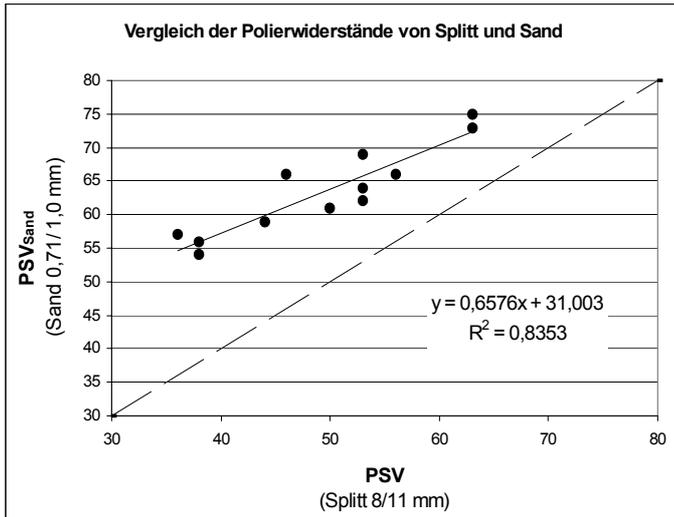


Bild 2: Vergleich des Polierwiderstandes von Sand (PSV_{Sand}) mit dem Polierwiderstand der zugehörigen Splittfraktion (PSV)

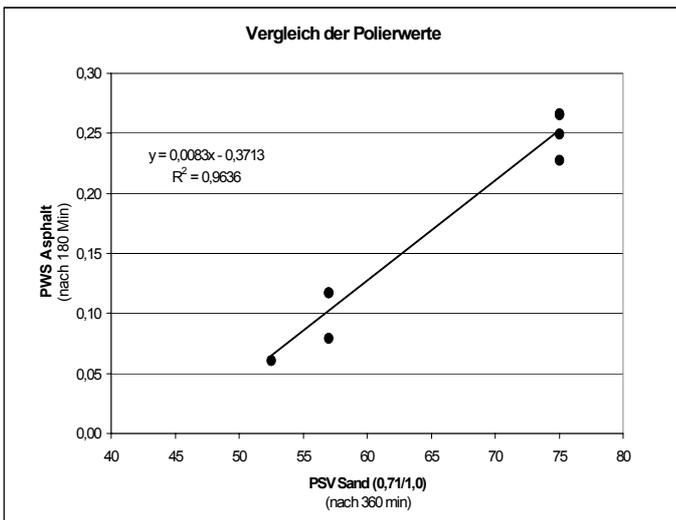


Bild 3: Zusammenhang des Polierwiderstandes von Sand (PSV Sand) mit der Griffigkeit der Asphaltoberfläche

Die Untersuchung des Einflusses der petrographisch/mineralogischen Zusammensetzung eines Gesteins auf dessen Polierwiderstand zeigte, dass insbesondere die Polierwiderstände der Sande und weniger die der Splittfraktion der Untersuchungs-gesteine durch den Gehalt an CaCO_3 und SiO_2 beeinflusst werden. Demnach konnte ein signifikanter Anstieg des Polierwiderstandes mit sinkendem Gehalt an CaCO_3 und steigendem Anteil SiO_2 festgestellt werden.

Im Rahmen von Voruntersuchungen zur Überprüfung der Eignung eines Gesteins in der Deckschicht einer Verkehrsfläche kann diese Methode daher zur Abschätzung des zu erwartenden Polierwiderstandes empfohlen werden.

4. Folgerungen für die Praxis

Mit der vorliegenden Arbeit ist es gelungen, auf der Basis des Verfahrens nach DIN EN 1097-8 und der TP Min-StB T. 5.5.2 eine Arbeitsanweisung zur Ermittlung des Polierwiderstandes von Sand zu schaffen.

Hinsichtlich der Nutzung des vorhandenen Bewertungshintergrundes besteht beim PWS-Verfahren jedoch bezüglich einer umfangreicheren Messwerterfassung weiterhin Forschungsbedarf.

Die Untersuchungsergebnisse dieser Forschungsarbeit zeigen darüber hinaus, dass für die Beurteilung der Dauerhaftigkeit des Polierwiderstandes eines Sandes neben der Bestimmung des Polierkennwertes (PSV_{Sand}) auch die Ergebnisse der chemisch/mineralogischen Zusammensetzung und des Polierwiderstandes des zugehörigen Splittes herangezogen werden können. Dies empfiehlt sich insbesondere als Kriterium zur Vorauswahl eines Sandes.

Der Bauindustrie ist damit die Möglichkeit gegeben, ohne weitere Investitionen in zusätzliche Prüftechnik mit einem weit verbreiteten und damit kostengünstigen Prüfverfahren in Anlehnung an die europäische Norm den Polierwiderstand von Sand feststellen zu können und dies insbesondere bei der Konzeption sandreicher Asphalt- oder auch Betondeckschichten im Hinblick auf die Griffigkeit zu berücksichtigen.

Für die Bauverwaltung bietet sich hierdurch die Gelegenheit, bei der Ausschreibung Anforderungen an den Polierwiderstand von Sand festzulegen, die im Rahmen von Kontrollprüfungen bzw. der Güteüberwachung kontrolliert werden können, sowie die Möglichkeit, zielgerichtet Deckschichten zu konzipieren, die hinsichtlich der Griffigkeitsentwicklung ein positives Verhalten erwarten lassen.

