EMPA

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches
Laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca
Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research

Polierwiderstand von Mineralstoffen

Polished Stone Value PSV
Coefficient de polissage accéléré

Eidgenössisches Verkehrs– und
Energiewirtschaftsdepartement, Bern
Forschungsauftrag 10/86

EMPA Nr. 54'400
CH – 8600 Dübendorf

Dezember 1989

Forschungsauftrag 10/86

Zusammenfassung

Hauptschwerpunkte der Forschungsarbeiten der EMPA bildeten die Untersuchungen von Mineralstoffen aus 12 Provenienzen der Schweiz. An diesen Mineralstoffen wurden der Polierwiderstand bestimmt und die petrographischen Eigenschaften ermittelt. Der internationale Vergleich deckte Unterschiede beim Durchführen in den verschiedenen Laboratorien auf. Anstrengungen wurden daraufhin unternommen, das Prüfverfahren zu verbessern. Die gewonnenen Erkenntnisse sind in der vorliegenden Forschungsarbeit enthalten.

Aufgrund dieser Resultate wurden Anforderungen an den Polished Stone Value von Mineralstoffen für deren Verwendung im Strassenbau festgelegt. Aus schweizerischer Sicht notwendige Grenzwerte waren entsprechend der Verkehrsbeanspruchung und der Belagsoberflächen zu fixieren. Solche Grenzwerte waren sowohl für bituminöse Fahrbahnen als auch für Betonbeläge zu erarbeiten.

Der zuständigen normenschaffenden Kommission "Baustoffe–Technologie" der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS konnten die erforderlichen Grenzwerte vorgeschlagen werden. Diese sind in der Folge in die Schweizer Norm SN 670 710 d, "Sand, Kies, Splitt und Schotter für Beläge, Qualitätsvorschriften", aufgenommen worden.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Forschungsarbeit wurden umfangreiche Vorarbeiten wie intensiver Erfahrungsaustausch, vergleichende Untersuchungen und Seminare für die Aenderung der englischen Norm BS 812 betreffend Arbeitsvorschriften und Prüfverfahren durchgeführt. Diese Arbeiten wurden teilweise im Rahmen der internationalen ad–hoc–Gruppe "Polierwiderstand von Mineralstoffen" durchgeführt, bei der die EMPA als Vertreter der Schweiz und der VSS–Kommission 271, "Baustoff–Technologie", teilnimmt.

Résumé

L'examen de granulats de 12 provenances différentes de Suisse constituait le centre de gravité de la contribution de l'EMPA au présent mandat de recherche. Sur chacun de ces granulats, on a procédé à une détermination du coefficient de polissage ainsi qu'à une étude des caractéristiques pétrographiques. Une comparaison réalisée sur le plan international a mis en évidence des différences entre les déterminations effectuées dans les divers laboratoires. Des efforts ont alors été entrepris pour améliorer la méthode d'essai et leurs résultats sont donnés dans le présent travail de recherche.

Ces résultats ont servi pour poser les exigences concernant le coefficient de polissage accéléré (Polished Stone Value, PSV) que doivent remplir les granulats pour leur utilisation en construction routière. Il s'agissait également de déterminer les valeurs limites adaptées aux conditions de sollicitation par le trafic et aux caractéristiques de la surface des revêtements valables en Suisse. Ces valeurs limites devaient être fixées aussi bien pour les revêtements bitumineux que pour les chaussées en béton.

Il a ainsi été possible de proposer à la commission de normalisation compétente "Technologie des matériaux de construction" de l'Union des professionnels suisses de la route (VSS) les valeurs limites nécessaires. Ces valeurs ont ensuite été reprises dans la norme suisse SN 070 710 d "Sables, graviers, gravillons et pierres concassées pour revêtements".

En relation avec ce mandat de recherche, des travaux préliminaires, des échanges de vue intensifs ainsi que des essais interlaboratoires et des séminaires ont eu lieu en vue de la modification de la norme anglaise BS 812 en ce qui concerne la méthode d'essai et son mode opératoire. Ces travaux ont été effectués en partie dans le cadre du groupe international "Résistance au polissage des granulats" créé à cet effet et dans lequel l'EMPA représente la Suisse et la commission VSS 271 "Technologie des matériaux de construction".

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
Zusammenfassung		1
Résumé		2
1.	Auftrag	5
2.	Zweck	6
3.	Allgemeines	7
4.	Untersuchungsprogramm	8
5.	Prüfvorschrift BS 812, Teil 3, 1975	9
6.	Ergänzungen vom 31.3.1983 zur Prüfvorschrift BS 812, Teil 3 und Analysensiebe	16
7.	Unterschiede zwischen den beiden Prüfvorschriften BS 812, Teil 3	18
8.	Geräte der EMPA	19
9.	Arbeitsvorschrift zum Bestimmen massgebender Polished Stone Value PSV	24
10.	Durchführen der Untersuchungen	35
10.1	Vorgehen der EMPA	35
10.2	Zusammenarbeit mit internationaler Arbeitsgruppe	35
10.3	Verfahrensanalyse	36
10.4	Messen des Polished Stone Value PSV	36
10.5	Polierprüfung	37
10.6	Einlegen der Mineralstoffkörner	37
11.	Ergebnisse der Untersuchungen	38
11.1	Verfahrensanalyse	38
11.2	Petrographische Untersuchungen	41
11.3	Polished Stone Value PSV	54
11.4	Messen des Polished Stone Value nach verschiedener Wasserlagerungsdauer der Prüfkörper	55
11.5	Polished Stone Value nach mehrmaliger Polierung	58

		Seite
12.	Erkenntnisse	61
12.1	Verfahrensanalyse	62
12.2	Statistische Auswertungen zur Verfahrensanalyse	66
13.	Empfehlung an die Normenkommission	68
14.	Ausblick	69

1. Auftrag

Forschungsauftrag 10/86

Das Eidg. Verkehrs– und Energiewirtschaftsdepartement erteilte am 1. Oktober 1986 auf Antrag der VSS–Kommission K 271, "Baustoff–Technologie", der Eidgenössischen Materialprüfungs– und Forschungsanstalt Dübendorf (EMPA), den Forschungsauftrag 10/86 "Polierwiderstand von Mineralstoffen (Polished Stone Value)" durchzuführen. Dazu waren folgende Forschungsarbeiten notwendig:

Untersuchen von Mineralstoffen aus 12 verschiedenen Provenienzen auf

- Petrographische Beschaffenheit und Härte, Kornform und Kornrundung der 12 Mineralstoffe
- Zusätzliche Messungen nach verschiedenen Wasserlagerungszeiten
- Polished Stone Value nach mehrmaligem Polieren
- Massgebender Polished Stone Value PSV

Aufgrund dieser Untersuchung sind Grenzwerte des Polished Stone Value PSV der neuen Schweizer Norm SN 670 710 d, Ziffer 19, "Polierwiderstand", festzulegen.

Zusammenarbeiten mit der internationalen Arbeitsgruppe "Polierwiderstand von Mineralstoffen". Die Arbeiten dieser internationalen ad–hoc–Gruppe wurden durch die EMPA massgebend beeinflusst.

An sämtlichen Arbeiten der ad–hoc–Gruppe "Polierwiderstand von Mineralstoffen" der internationalen Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Strassenbau beteiligte sich die EMPA als Vertreter der Schweiz und der VSS Kommission 271, "Baustoff–Technologie".

2. Zweck

Diese Forschungsarbeit liefert Grundlagen für das Festlegen von Anforderungswerten des Polished Stone Value PSV in der Schweizer Norm SN 670 710 d, "Sand, Kies, Splitt und Schotter für Beläge, Qualitätsvorschriften", Ziffer 19, "Polierwiderstand". Das Prüfverfahren ist exakt zu formulieren und in internationaler Zusammenarbeit anzuwenden. Einflüsse des Prüfverfahrens auf die Ergebnisse sind zu analysieren und zu dokumentieren.

3. Allgemeines

Der Wunsch vieler Verkehrsteilnehmer ist die sichere, schnelle, komfortable Fortbewegung im eigenen Fahrzeug. Damit Fahrsicherheit und Fahrkomfort möglichst vielen Erfordernissen und Wünschen gerecht werden, sind ausser technischen Einrichtungen am Fahrzeug auch bauseitig von der Strasse her Anforderungen an Fahrbahngeometrie, Ebenheit längs und quer zur Fahrrichtung sowie an die Baustoffe zu erfüllen. Speziell bei grossen Fahrgeschwindigkeiten und generell bei nassen Fahrbahnen tragen korrekt ausgewählte Mineralstoffe zum Erreichen der notwendigen Verkehrssicherheit entscheidend bei.

Der Kraftschluss zwischen Fahrbahnoberseite und Fahrzeugpneus ist einer der wesentlichen Faktoren für die Verkehrssicherheit. Dieser Kraftschluss hängt sehr stark von der Rauhigkeit der Fahrbahn ab.

In allen Strassenbelägen stellen die Mineralstoffe den weitaus grössten Anteil dar in der Mischung aus körnigen Gesteinen und bituminösem oder hydraulischem Bindemittel. Die am häufigsten verwendeten Bindemittel für die Herstellung von Strassenbelägen werden zu etwa 10...15 Volumen–Prozent dosiert. Diese Grössenordnung gilt sowohl für bituminöse Bindemittel als auch für Zement. Die Rauhigkeit von Fahrbahnen werden deshalb zum überwiegenden Anteil von der Qualität der verwendeten Mineralstoffe bestimmt.

Die Griffigkeit von Strassenbelägen lässt sich kompositionell beeinflussen. Die Wahl eines hohen Grobkornanteils der Mineralstoffe führt zu grosser Makrorauhigkeit. Diese allein genügt jedoch nicht. Mineralstoffe, die unter Verkehrseinwirkung ihre Mikrorauhigkeit weitgehend behalten, sind unabdingbare Voraussetzung um die Rauhigkeit von Strassenbelägen während der gesamten Gebrauchsdauer zu erhalten.

Die Griffigkeit von Strassenbelägen, als hauptsächliche Einflussgrösse auf die Verkehrssicherheit, führt unter anderem dazu, den Polierwiderstand der Mineralstoffe allgemein stark zu beachten. Als Folge davon begann die Suche nach einem Prüf– und Messverfahren, das die Beurteilung der Makro– und Mikrorauhigkeit der Mineralstoffe zulässt. Das in England unter BS 812 beschriebene, normierte Prüfverfahren findet weite Verbreitung. Auch für diese Forschungsarbeit dient es als Grundlage zur Ermittlung der Messwerte.

4. Untersuchungsprogramm

Unter der Leitung der EMPA sind mit der internationalen ad–hoc–Gruppe "Polierwiderstand von Mineralstoffen" zusammen folgende Arbeiten geplant und durchgeführt worden:

Verfahrensanalyse

Ausarbeiten eines Prüfprogramms um Einflüsse beim Durchführen der Prüfungen Polished Stone Value PSV zu erfassen und um diese Einflüsse anhand der Untersuchungsergebnisse auswerten zu können.

Zusätzliche Untersuchungen an 7 ausgewählten Provenienzen

Messungen der Polished Stone Values nach verschiedener Wasserlagerungsdauer der Prüfkörper Polished Stone Values nach mehrmaligem Polieren.

Untersuchen von 12 für die Schweiz repräsentativen Mineralstoffen

Die EMPA untersuchte nach umfangreicher eigener sowie nach wichtiger Vorarbeit der internationalen ad–hoc–Gruppe 12 Mineralstoffe deren Herkunft über die gesamte Schweiz verteilt ist.

Die 12 Mineralstoffe wurden untersucht hinsichtlich:

Petrographischer Beschaffenheit
Kornform und Kornrundung
Härte
Massgebende Polished Stone Value PSV

5. Prüfvorschrift BS 812, Teil 3, 1975

Die Prüfvorschrift gemäss British Standard BS 812, Teil 3, aus dem Jahr 1975, legte die Geräte und das Vorgehen zum Bestimmen der Polished Stone Values fest. Die entsprechenden Detailangaben sind im folgenden aufgeführt.

Gerät

Poliergerät auf einem festen und ebenen Fundament aus Stein oder Beton starr montiert.

Prüfkörperrad

Ein Prüfkörperrad mit flacher Umfangsfläche und von einer Grösse und Form, das 14 Prüfkörpern auf der Umfangsfläche Platz bietet. Es entsteht eine kontinuierliche Oberfläche von Gesteinskörnern mit 45 mm Breite und 406 mm Durchmesser.

Antrieb

Der Antrieb des Prüfkörperrades erfolgt mit einem elektrischen Motor. Das Prüfkörperrad muss eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 315 bis 325 $U \cdot min^{-1}$ aufweisen.

Polierreifen

Ausgestattet mit einem Pneu, Durchmesser 203 mm, 55 ± 5 IRHD, dessen Pneudruck mit 310 ± 15 kPa vorgeschrieben ist. Für den Poliervorgang mit Grob– und Feinkorund wird der gleiche Pneu verwendet.

Eine Vorrichtung, die die Lauffläche des Pneus mit einer Gesamtkraft von 390 ± 5 N auf das Prüfkörperrad presst. Der Pneu soll dabei frei um seine Achse rotieren, die parallel zur Achse des Prüfkörperrades liegt. Die Rotationsebenen des Polierreifens und Prüfkörperrades dürfen nicht mehr als 20 Bogenminuten (1 mm auf 200 mm) ausserhalb der Parallelen sein. Die Rotationsebenen durch das Zentrum von Prüfkörperrad und Polierreifen dürfen nicht mehr als 0.8 mm verschoben sein. Prüfkörperrad und Polierreifen genau ausrichten. Prüfkörperrad und Polierreifen sollen frei sowie ohne Spiel in den Lagern drehen können.

Eine Vorrichtung, die sicherstellt, dass der Pneu beim Stillstand nicht belastet wird, da sonst die Gefahr einer Deformierung des Pneus besteht.

Dosiervorrichtungen

Eine separate Dosiervorrichtung für jede Korundsorte.

Grobkorund, Dosiermengen

Grobkorund nur einmal für die Prüfung verwenden.

Korngrössenverteilung

Maschensieb	Durchgang	
0.600 mm	98 bis 100	Masse–%
0.500 mm	70 bis 100	Masse–%
0.425 mm	30 bis 90	Masse–%
0.355 mm	0 bis 30	Masse–%
0.300 mm	0 bis 5	Masse–%

Dosiermengen

Grobkorund	Wasser
1.2 bis 2.1 kg · h^{-1}	gleichviel wie Grobkorund

Grobkorund und Wasser mischen und kontinuierlich direkt auf die Prüfkörperoberfläche in der Nähe des Kontaktes mit dem Pneu aufbringen.

Feinkorund, Dosiermengen

Korngrössenverteilung

Der Feinkorund muss das 0.053–mm–Sieb vollständig passieren.

Dosiermengen

Feinkorund	Wasser
0.12 bis 0.24 kg · h^{-1}	doppelte Menge wie Feinkorund

Feinkorund kontinuierlich auf der Oberfläche des Pneus rieseln lassen und Wasser auf Prüfkörperrad in der Nähe des Kontaktes mit dem Pneu aufbringen.

Wasser

Vorratsbehälter für Wasser mit Gummischlauch und Schlauchklemme zur Regulierung der Wassermenge. Diese Dosiervorrichtung arbeitet nach dem Heberprinzip und dadurch verändert sich die auslaufende Wassermenge mit der Aenderung des Wasserstandes im Vorratsbehälter.

Metallformen

Exakt gearbeitete Metallformen zur Herstellung der Prüfkörper (Abmessungen 90.6 x 44.5 mm). Als minimale Anzahl empfiehlt es sich sechs solche Metallformen anzuschaffen.

SRT – Messgerät

Ein Griffigkeitsmesser, der in Lizenz nach den Plänen des TRRL hergstellt worden ist und die zusätzlichen apparativen Elemente zum Bestimmen der Polished Stone Value aufweist.

Mineralstoffe

Die Splittkörner der zu prüfenden Mineralstoffe, die zur Herstellung der Prüfkörper verwendet werden, müssen durch das 14–mm–Prüfsieb fallen und auf dem Kornformsieb liegen bleiben. Sie müssen gewaschen werden und dürfen nicht länglich sein. Die Mineralstoffmenge muss mindestens 3 kg geeignete Mineralstoffkörner enthalten.

35 bis 50 Mineralstoffkörner zur Prüfkörperherstellung verwenden. Die Oberfläche der Körner, die der polierenden Wirkung des Reifens ausgesetzt sind, müssen die durchschnittliche Beschaffenheit des Gesteins repräsentieren.

Kontrollgestein, Enderby

Splitt vom englischen Steinbruch Enderby, Leicestershire. Rötlich brauner, homogener Splitt, der zum Ermitteln des massgebenden Polished Stone Value PSV benötigt wird.

Criggion Diabas

Splitt aus Criggion Diabas, zum Vorbereiten der Gummigleiter.

Kalibrieren der Poliermaschine

Die Poliermaschine so lange laufen lassen, bis auf dem Prüfkörperrad 2 Prüfkörper mit Enderby–Kontrollgestein und bereits geprüften Prüfkörpern nach einem Poliervorgang mit Grob–, Feinkorund und Wasser einen Messwert zwischen 48 und 54 ergeben.

Die Verwendung eines Pneus auf 20 Prüfungen beschränken. Zeigen sich deutlich Verschleiss oder Beschädigungen am Gummi, dann den Pneu früher auswechseln. Bevor ein neuer Pneu für die Bestimmung des Polished Stone Value PSV verwendet wird, ist er mit dem Poliermittel Grob– und Feinkorund mit einem Prüfkörperrad, bestückt mit Reserveprüfkörpern wie bei einer tatsächlichen Prüfung, vorzubereiten.

Messgerät

Der Polierwiderstand wird mit einem Gerät gemessen, das in Lizenz nach den Plänen des TRRL hergestellt worden ist. Das Gerät möglichst verschlossen aufbewahren. Alle Teile müssen in geeigneter Weise behandelt sein um Korrosion durch Nässe zu vermeiden.

Kalibrierung des Reibungsmessers

Die Kalibrierung des Reibungsmessers soll mindestens einmal im Jahr überprüft werden. Sie wird von der BAST, D–5060 Bergisch Gladbach 1, durchgeführt.

Messgerät auf eine stabile Vorrichtung zur Lotrechtstellung stellen. Für die Prüfung des Polished Stone Value PSV der Mineralstoffe sind kleinere Gummigleiter erforderlich als bei Messungen der Griffigkeit von Strassenbelägen. Diese bedingen eine andere Kalibrierung der Messskala mit einer Zusatzskala. Bei Laboruntersuchungen ist die Gleitlänge mit 76 mm und die Breite von 31.8 mm geringer im Gegensatz zu der Gleitlänge von 126 mm und der Breite von 75 mm, die für Messungen auf der Strasse angewendet wird.

Vorbereiten des Gummigleiters

Jede Kante des Gummigleiters solange benützen, wie die beschriebenen Bedingungen erfüllt sind. Für Kontrollzwecke soll ein Vorrat von Prüfkörpern mit Gesteinskörnern aus englischem Splitt, Enderby, hergestellt und poliert werden. Die Messwerte dieses Splittes sollen zwischen 48 und 54 liegen. Die Werte sind zu protokollieren und die Prüfkörper sind luftgetrocknet in einem verschlossenen Behälter für spätere Benützung aufzubewahren.

Einen neuen Gummigleiter vor seiner Verwendung durch fünf Messungen auf der trockenen Oberfläche eines polierten Prüfkörpers aus Criggion Diabas und danach 20 weitere Messungen auf nasser Oberfläche desselben Prüfkörpers "einfahren". Diese Prüfkörper aus Criggion Diabas können wiederholt verwendet werden. Durch das wiederholte Messen sinkt der Polished Stone Value PSV des Prüfkörperes ab und wenn er unter 55 liegt, soll der Criggion–Diabas Prüfkörper ausgewechselt werden.

Ein Gummigleiter, der durch wiederholten Gebrauch Kerben oder stark zerkratzte Kanten aufweist, ist auszutauschen, da er zu falschen und gewöhnlich zu hohen Ergebnissen führt.

Einspannen der Prüfkörper zum Messen

Prüfkörper mit der längeren Seite in Pendelrichtung in der Halterung fest einspannen. Der Gummigleiter muss den Prüfkörper zentrisch und in der Richtung passieren, in der dieser von dem Gummireifen befahren wurde. Dies entgegen der Drehrichtung des Prüfkörperrades. Um dies sicherzustellen, sind die Prüfkörper an einer Längsseite mit einer Markierung zu versehen. Ist diese Markierung beim Polieren auf der Vorderseite, so muss sie beim Messen des Polished Stone Value PSV auf der Rückseite des Prüfkörpers sein.

Pendelarm

Eine Vorrichtung zur Auf– und Abwärtsbewegung der Pendelachse, so dass der Pendelarm mit Gummigleiter über den Prüfkörper schwingen kann. Die Gleitlänge mit 76.0 mm so genau wie visuell möglich, jedoch auf jeden Fall innerhalb der Toleranzen von ± 0.5 mm einstellen.

Eine Halterung mit Auslöser für den Pendelarm, damit er frei aus einer horizontalen Stellung fallen kann.

Schleppzeiger

Ein Schleppzeiger, der mit dem Pendelarm gekoppelt ist und die Pendelposition beim Vorwärtsschwingen auf der kreisförmigen Skala anzeigt. Der Zeiger darf nicht schwerer als 85 g sein. Die Reibung des Zeigermechanismus muss so verstellbar sein, dass die äussere Spitze des 300 mm langen Zeigers am Umkehrpunkt des Pendels 10 mm unter der Horizontalen stehenbleibt.

Die Masse des Pendelarms einschliesslich des Gummigleiters soll 1500 ± 30 g betragen. Der Schwerpunkt des Armes soll 410 ± 5 mm vom Aufhängungspunkt entfernt sein.

Gummigleiter

Einen federgespannten Gummigleiter so an einen Pendelarm montieren, dass das Ende zirka 510 mm von der Pendelachse entfernt ist. Der Gummigleiter, ein Gummiblock von 31.8 mm Länge, 24.4 mm Breite und 6.4 mm Dicke, ist auf eine starre Trägerplatte als Unterlage geklebt mit einer Gesamtmasse von 20 ± 5 g befestigt.

Der Gummigleiter muss sich ungehindert um seine Achse drehen können, so dass er Unebenheiten, die senkrecht zur Pendelspur aus der Prüffläche ragen, ohne Schwierigkeiten folgen kann. Der Gummigleiter wird mit einer Feder gegen die Prüffläche gedrückt. In der mittleren Position des Gummigleiters beträgt die statische Last 22.2 ± 0.5 N.

Die Härte des Gummigleiters muss nach IRHD (International rubber hardness degrees), gemäss BS 903 bestimmt, 55 ± 5 betragen.

Tabelle 1

Eigenschaften des Gummigleiters

Temperatur	°C	0	10	20	30	40
Elastizität	*	43–49	58–65	66–73	71–77	74–79
Härte IRHD	**			55 ± 5		

* Lüpke–Rückfederungstest nach BS 903, Teil A 8

** Internationaler Gummihärte–Grad, International rubber hardness degrees nach BS 903, Teil A 26

Die Gleitkanten des Gummis müssen rechtwinklig und sauber geschnitten sein. Der Gummi muss frei von Verunreinigungen sein (Korund, Oel usw.). Keinen Gummigleiter verwenden, der älter als ein Jahr ist.

Den Gummi in Platten oder bereits auf Grösse des Gummigleiters geschnitten, in Dunkelheit bei Temperaturen unter 6 °C lagern.

Halterung für Prüfkörper

Eine Halterung, um die gekrümmten Prüfkörper der Länge nach in der Pendelspur zentrisch unter der Pendelachse festzuklemmen.

Messen des Polished Stone Value PSV

Prüftemperatur

Prüfung bei einer Raumtemperatur von 20 °C ± 2 °C durchführen. Das Gerät inklusive Gummigleiter und Wasser müssen vorher mindestens zwei Stunden Zeit haben, sich der Raumtemperatur anzupassen.

Einstellen des Messgerätes

Das Gerät auf einer festen, waagrechten Unterlage lose aufstellen, und die Fussschrauben so justieren, dass die Hauptsäule vertikal steht. Die Aufhängeachse des Pendelarmes so weit anheben, dass der Arm frei schwingen kann. Den Zeigermechanismus so einstellen, dass dieser nach der Auslösung aus der horizontalen Ausgangsposition genau im Nullpunkt der Zusatzskala zum Stillstand kommt, wenn er auf keinen Prüfkörper trifft.

Einstellen der Aufhängungsachse

Die Höhe der Aufhängungsachse so einstellen, dass der Gummigleiter mit seiner vollen Breite den Prüfkörper auf einer Länge von 76.0 mm überstreicht. Die Gleitlänge so genau wie visuell möglich, auf jeden Fall innerhalb der Toleranzen von ± 0.5 mm einstellen.

Messen der Prüfkörper

Prüfkörper und Gummigleiter unmittelbar vor der Messung mit einer Spritzflasche reichlich mit sauberem Wasser benetzen. Pendel mit Schleppzeiger auslösen und die Zeigerablesung notieren. Diesen Vorgang fünfmal wiederholen, jedesmal neu benetzen, alle Messwerte protokollieren den Mittelwert der letzten drei Ablesungen berechnen und mit den Messwerten des Kontrollgesteins, Enderby Splitt, korrigieren.

Die Prüfkörper in der Reihenfolge 1 bis 14 mit der einen Kante und in umgekehrter Reihenfolge von 14 bis 1 mit der anderen Kante des Gummigleiters messen.

6. Ergänzungen vom 31.3.1983 zur Prüfvorschrift BS 812, Teil 3 und Analysensiebe

Seit der Einführung der BS 812, Teil 3, im Jahre 1975 sind ab 1981 zwei Probleme aufgetreten:
Der ursprünglich vorgeschriebene, kleine Luftreifen wird nicht mehr hergestellt.
Das Kontrollgestein ist wegen Schliessung des Enderby–Steinbruchs nicht mehr erhältlich.

Deshalb musste das Prüfverfahren dringend erweitert werden, damit alternative Bereifung und Kontrollgestein benutzt werden können.

Die Ergänzungen wurden vom Transport and Road Research Laboratory, Departement of the Environment, Departement of Transport im Supplementary Report 743 unter folgegendem Titel publiziert: "Modifications to the PSV test: new solid tyres and control stone" by J. R. Hosking and L. W. Tubey.

Modifizierungen der BS 812, Teil 3, 1975

Der einzelne Luftreifen aus dem 1975–Test wurde durch zwei Vollgummireifen ersetzt. Je ein Vollgummireifen ist für die beiden Korundsorten zu verwenden. Dadurch wurde der Neubau der Nabenanordnung erforderlich, sowie verbesserte Möglichkeiten der Zugabe und Verteilung des Korundes. Ausserdem wurde ein grösseres Gewicht benutzt, um die annähernd gleiche Polierbelastung im gleichen Zeitraum von 6 Stunden Prüfungsdauer zu erreichen.

Das Enderby–Kontrollgestein wurde durch ein Gestein ersetzt, das statt durch einen Namen gekennzeichnet zu sein, als Kontrollgestein, englischer Splitt, definiert wird (1982). Ein grosser Vorrat dieses Gesteins wurde durch das Departement of Transport und das TRRL erworben. Es soll für Polierprüfungen vertrieben werden und dürfte 10 Jahre reichen. Weitere Lieferungen sind bei Bedarf erhältlich.

Anstelle der Tabelle 3 der BS 812, Teil 3, 1975, wird der Korrekturfaktor

$$\frac{52 \times \text{Mittelwert der Prüfkörper}}{\text{Mittelwert der Prüfkörper aus Kontrollgestein}}$$

verwendet.

Antrieb

Der Antrieb des Prüfkörperrades erfolgt mit einem elektrischen Motor. Das Prüfkörperrad muss mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 320 ± 5 U·min^{-1} drehen.

Polierreifen

Zwei mit Vollgummireifen ausgestattete Polierreifen mit einem Durchmesser von 200 mm und einer Breite von 38 mm. Diese Polierreifen haben zwei verschiedene Farben. Ein dunkel gekennzeichneter Polierreifen wird für den Grobkorund und ein hell gekennzeichneter für den Feinkorund verwendet. Die Gummireifen sollen gemäss Herstellungskode 4454 der Avon Tire Ltd. gefertigt sein und eine Härte von 69 ± 3 IRHD aufweisen.

Belastungsvorrichtung

Eine Vorrichtung, die die Lauffläche des entsprechenden Vollgummireifens mit einer Gesamtkraft von 725 ± 10 N auf das Prüfkörperrad presst. Der Polierreifen soll dabei frei um seine Achse rotieren, die pararell zur Achse des Prüfkörperrades liegt. Die Rotationsebenen von Prüfkörperrad und Polierreifen müssen übereinstimmen. Prüfkörperrad und Polierreifen genau ausrichten. Prüfkörperrad und Polierreifen sollen frei drehen können und kein Spiel in den Lagern aufweisen.

Folgende Grenzwerte müssen eingehalten werden:

Die Rotationsebenen von Prüfkörperrad und Polierreifen dürfen nicht mehr als 20 Bogenminuten voneinander abweichen (1 mm auf 200 mm). Die Ebenen durch den Mittelpunkt der beiden Räder (Medianebenen) dürfen nicht mehr als 0.8 mm auseinanderliegen.

Dosiervorrichtung für Grobkorund

Die dunkel gefärbte Dosiervorrichtung ist gemeinsam mit dem dunkel gekennzeichneten Polierreifen zu verwenden, um Grobkorund und Wasser kontinuierlich an der Berührungsfläche zwischen dem Polierreifen und den Prüfkörpern zu verteilen. Grobkorund und Wasser müssen miteinander direkt auf das Prüfkörperrad in der Nähe der Berührungsstelle des Prüfkörperrades und Polierreifens aufgegeben werden.

Dosiervorrichtung für Feinkorund

Die hell gefärbte Dosiervorrichtung ist gemeinsam mit dem hell gekennzeichneten Polierreifen zu verwenden um Feinkorund und Wasser zu verteilen. Feinkorund muss direkt auf den Polierreifen, das Wasser über einen Laufkanal aufgegeben werden.

Analysensieb

Analysensiebe 8.0 mm und 11.2 mm gemäss Schweizer Norm SN 670 808 a.

7. Unterschiede zwischen den beiden Prüfvorschriften BS 812

Gerät

Die Verwendung von vollgummibereiften Polierreifen bedingte einen Neubau der Nabenanordnung des Polierreifens. Ausserdem wird der Polierreifen mit 725 ± 10 N gegenüber 390 ± 5 N auf das Prüfkörperrad gedrückt.

Polierreifen

Das alte Gerät ist mit einem Pneu ausgestattet, der für den Poliervorgang mit Grobkorund sowohl als auch für Feinkorund verwendet wird. Der Pneudruck muss zwischen 302 und 330 kPa sein.

Das neue Gerät ist mit zwei Polierreifen aus Vollgummi ausgestattet. Diese Polierreifen haben verschiedene Farben. Ein dunkel gekennzeichneter Polierreifen für den Grobkorund und ein hell gekennzeichneter Polierreifen für den Feinkorund.

Die beiden Vollgummireifen brauchen keine besondere Wartung.

Die Vollgummireifen sind länger verwendbar als der Pneu. Der Pneu mit Schlauch hat den Nachteil, dass jedesmal der vorgeschriebene Pneudruck genau kontrolliert werden musste. Der Druck kann sich beim Pneu auch während des Polierens verändern, was beim Vollgummireifen nicht möglich ist.

Die Lauffläche des Vollgummireifens ist konstant 38 mm breit. Dadurch ist während des Messens die Auflagefläche des Gummigleiters auf der ganzen Breite des Prüfkörpers gewährleistet. Die Lauffläche des Pneus dagegen ist sehr stark abhängig vom Luftdruck, welcher die effektiv wirkende Fläche aufgrund der runden Form des Pneus enorm beeinflusst. Bei Mineralstoffen mit grossem Abrieb entsteht auf der Oberseite der Prüfkörper eine deutlich sichtbare konkave Laufrille.

Mineralstoffe

Nach BS 812 müssen mindestens 3 kg der Korngrösse 10/16 mm (mit Rundlochsieben bestimmt) für jede Prüfung vorhanden sein. Alle wirklich zur Prüfkörperherstellung verwendeten Mineralstoffkörner müssen durch das 14–mm–BS–Prüfsieb fallen und auf dem Kornformsieb liegen bleiben. Sie dürfen keine plattige oder stengelige Form besitzen und müssen staubfrei sein. Davon sind 35 bis 50 Mineralstoffkörner für die Herstellung eines jeden Prüfkörpers zu verwenden.

Das Kornformsieb, in Teil 1 der BS 812, Abschnitt 7.3.2.1 beschrieben, ist ein speziell gestanztes Sieb mit Schlitzen der Abmessungen 7.2 ± 0.1 mm und 21.6 ± 0.2 mm.

Ab 1989 Absieben der Mineralstoffe mittels Quadratlochsieben gemäss Schweizer Norm SN 670 808 a mit 8 mm und 11.2 mm Seitenlänge der Oeffnungen. Plattige und stengelige Mineralstoffkörner werden von Hand aussortiert. Jeder Prüfkörper ist mit 42 ± 5 dieser Mineralstoffkörner hergestellt.

Kontrollgestein

Das rötlich braune Kontrollgestein vom englischen Steinbruch Enderby, Leicestershire, das zum Ermitteln des massgebenden Polished Stone Value PSV notwendig war, ist ersetzt worden durch namenlosen Mineralstoff, der in dieser Forschungsarbeit immer mit "Kontrollgestein, englischer Splitt" bezeichnet wird. Seine Farbe ist dunkelgrau.

Kalibrierung der Poliermaschine

Bevor ein neuer Vollgummireifen für eine Untersuchung benutzt werden kann, müssen zwei Prüfkörper mit Kontrollgestein, englischer Splitt, und schon geprüften Prüfkörpern mit Grob–, Feinkorund und Wasser nach Arbeitsvorschrift poliert werden. Die Messwerte dieser Prüfkörper mit Kontrollgestein, englischer Splitt, müssen zwischen 51 und 59 liegen. Der Vollgummireifen darf dann bis zu 40 Mal benutzt werden.

Nach alter Vorschrift wurde mit einem Pneu als Polierreifen gearbeitet, und die Grenzen für die Messwerte waren mit 48 bis 54 festgelegt. Der Pneu durfte nur 20 Mal für Prüfungen benutzt werden, wenn vorher keine Zeichen grosser Beanspruchung oder Beschädigungen sichtbar waren.

8. Geräte der EMPA

Die Geräte der EMPA entsprechen den Anforderungen der BS 812, Teil 3, 1975, mit Ergänzungen von Husking und Tubey (1983) sowie den Empfehlungen der internationalen ad–hoc–Gruppe mit Ausnahme des Prüfkörperrades sowie der beschriebenen Dosiervorrichtungen für Korund und Wasser.

Prüfkörperrad der EMPA

Die ursprüngliche Halterung der Prüfkörper am Prüfkörperrad besteht aus einem Eisenring der alle Prüfkörper zusammen befestigt.

Diese gemeinsame Halterung aller Prüfkörper hat wesentliche Nachteile. Hält während des Polierens der Prüfkörper mit Grob– oder Feinkorund ein einziger Prüfkörper der Beanspruchung des Polierreifens nicht stand und zerbricht, ist der ruhige Lauf des Polierreifens nicht mehr gewährleistet. Der defekte Prüfkörper muss sofort ausgewechselt werden.

Beim Entfernen der gemeinsamen Prüfkörperhalterung sind alle Prüfkörper lose, und oft dringen Sandpartikel zwischen Prüfkörper und das Prüfkörperrad. Diese Sandpartikel lassen sich nur mühsam entfernen.

Für die Demontage der gemeinsamen Prüfkörperhalterung ist es notwendig das schwere Prüfkörperrad von der Poliermaschine wegzunehmen. Denn nur nach dem Hinlegen des Prüfkörperrades ist es möglich, einen defekten Prüfkörper wegzunehmen und einen Ersatzprüfkörper einzufügen.

Um die Demontage des Prüfkörperrades zu umgehen, entwickelte die EMPA Einzelklemmen für jeden Prüfkörper am Prüfkörperrad, die jeden einzelnen Prüfkörper separat auf die Umfangsfläche anklemmen (siehe Abb. 1). Somit kann das Prüfkörperrad an der Poliermaschine belassen werden, wenn ein einzelner Prüfkörper ausgewechselt werden muss.

Diese Einzelklemmen gewährleisten bei einer allfälligen Volumenabnahme der Kunststoffmasse eines Prüfkörpers die vorgeschriebene Krümmung desselben durch das Andrücken auf die Umfangsfläche des Prüfkörperrades.

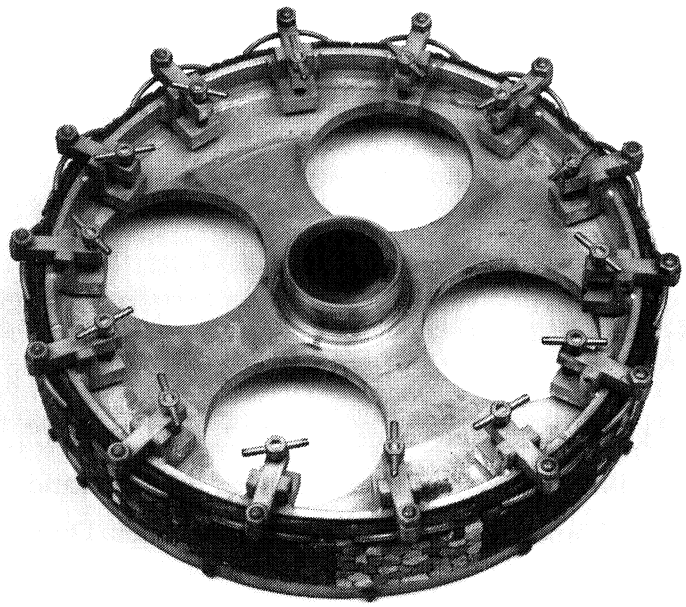


Abbildung 1
Prüfkörperrad der EMPA

Dosiervorrichtungen

Da die Dosiergeräte nach BS 812, Teil 3, 1975, mit Ergänzungen vom 31.3.1983, kaum einstellbar sowie reparaturanfällig waren, beschaffte die EMPA geeignete Präzisions–Dosiergeräte, die eine grundsätzlich andere Bauart aufweisen als die Dosiervorrichtungen nach BS 812. Vorteile dieser Dosiergeräte sind genügender Platz für Wasser und Korund für die gesamte Polierdauer von 3 h. Die Dosiervorrichtungen sind einfach einstellbar und ändern die Dosiermengen während der gesamten Polierdauer nicht.

Dosiervorrichtungen für Grob– und Feinkorund

Die Dosiervorrichtungen für Grob– sowie Feinkorund sind Trichter mit bewegten Seitenwänden, die am tiefsten Ort mit einer Förderschnecke variabler Rotationsgeschwindigkeiten die Dosiermengen der Korunde während der gesamten Prüfdauer unverändert gewährleisten.

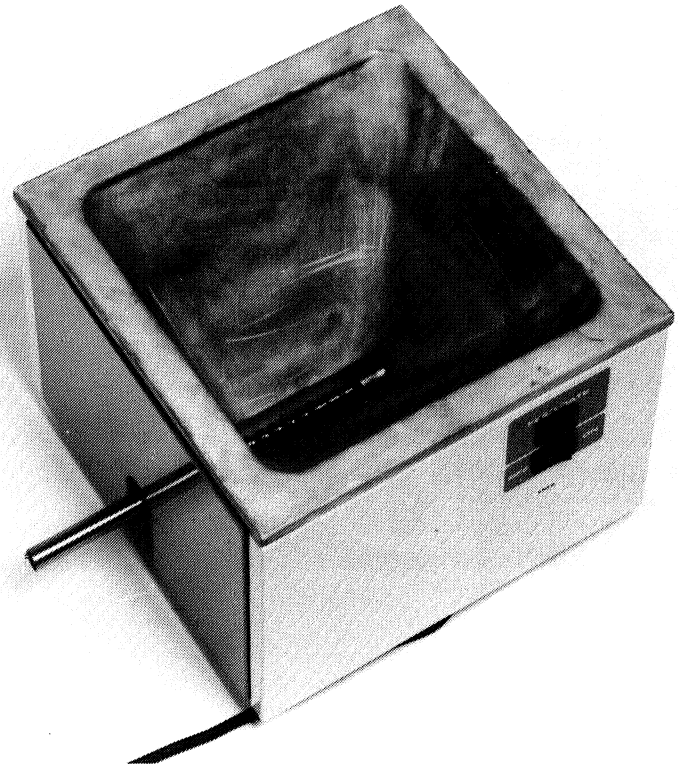


Abbildung 2
Dosiervorrichtung der EMPA für Grob– und Feinkorund

Wasser

Nach BS 812 ist ein Vorratsbehälter für Wasser mit Gummischlauch und Schlauchklemme zur Regulierung der Durchflussmenge vorgesehen. Diese Dosiervorrichtung arbeitet nach dem Heberprinzip und deshalb verändert sich die ausfliessende Wassermenge mit der Aenderung des Wasserstandes im Vorratsbehälter. Dadurch ist die Durchflussmenge des Wassers nur ungenau einstellbar.

Demzufolge ersetzte die EMPA die vorgeschlagene Dosiervorrichtung für Wasser durch eine Schlauchpumpe mit stufenlos regulierbaren Drehzahlen, die zusammen mit dem optimalen Schlauchdurchmesser immer die gleiche Wassermenge pro Zeiteinheit fördert.

Abbildung 3
Dosiervorrichtung der EMPA für Wasser

Messgerät mit Tisch

Das Messgerät entspricht den Anforderungen der BS 812, Teil 3, 1975. Die Abteilung Konstruktion/Werkstatt der EMPA entwickelte für dieses Messgerät einen stabilen Unterbau mit Arbeitshilfen für das Einspannen der Prüfkörper und Messen des Polished Stone Value PSV.

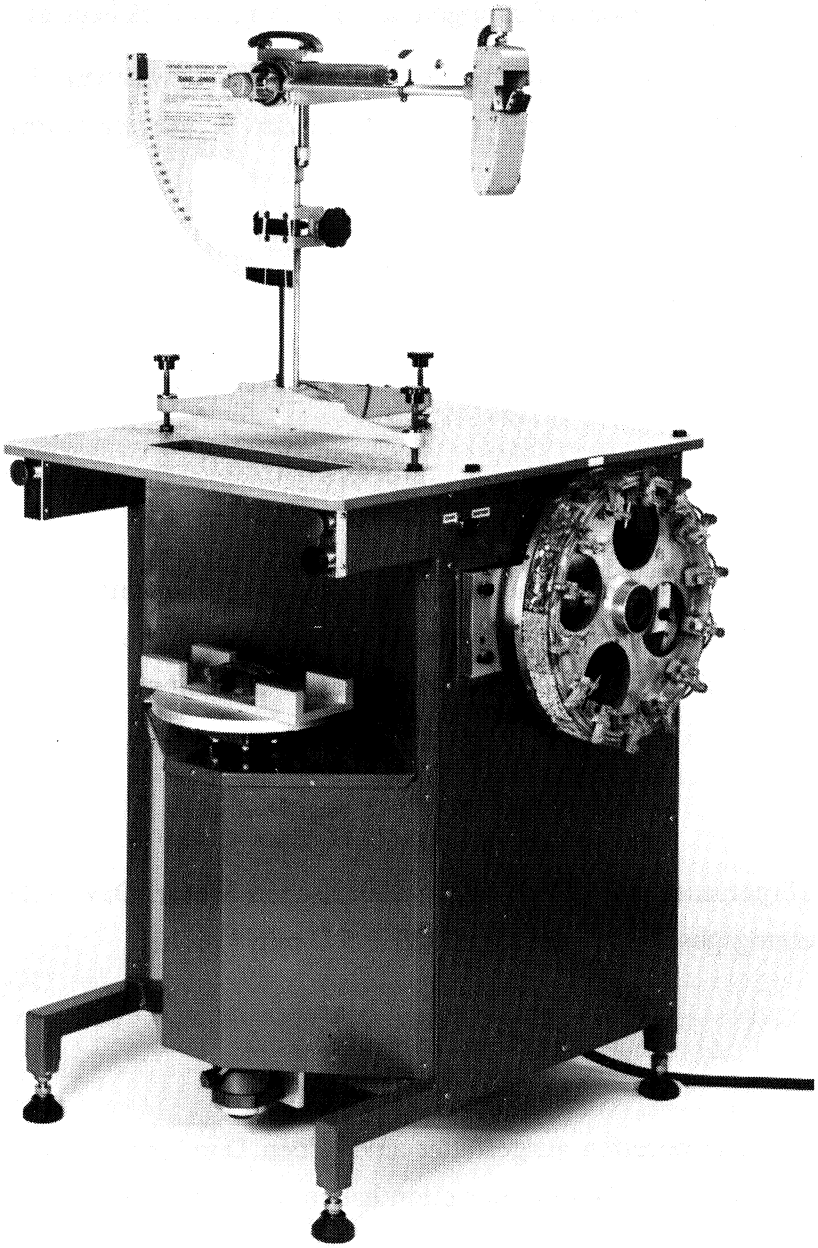


Abbildung 4
Messgerät mit Tisch

9. Arbeitsvorschrift zum Bestimmen massgebender Polished Stone Values PSV

In diesem Forschungsbericht sind sämtliche Untersuchungsresultate gemäss der im folgenden beschriebenen Arbeitsvorschrift ermittelt worden. Darin sind die von Hosking und Tubey beschriebenen Ergänzungen sowie Präzisierungen aufgrund von Erkenntnissen der internationalen ad–hoc–Gruppe sowie Erfahrungen der EMPA mitberücksichtigt.

Für die beschleunigte Polierung von Splitten der Korngrössen zwischen 8 mm und 11.2 mm, ausgesiebt mit Quadratlochsieben entsprechend der Schweizer Norm SN 670 808 a, sind folgende Geräte notwendig:

Poliergerät

Poliergerät auf einem festen und ebenen Fundament aus Stein oder Beton starr montiert.

Prüfkörperrad

Ein Prüfkörperrad mit flacher Umfangsfläche und von einer Grösse und Form, das 14 Prüfkörpern auf der Umfangsfläche Platz bietet. Eine kontinuierliche Oberfläche von Gesteinskörnern mit 45 mm Breite und 406 mm Durchmesser entsteht so.

Antrieb

Der Antrieb des Prüfkörperrades erfolgt mit einem elektrischen Motor. Das Prüfkörperrad muss mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 320 ± 5 U·min^{-1} drehen.

Polierreifen

Zwei Räder, die mit Vollgummireifen ausgestattet sind, einen Durchmesser von 200 mm und eine Breite von 38 mm haben. Diese Polierreifen haben zwei verschiedene Farben, ein dunkel gekennzeichneter Polierreifen für den Grobkorund und ein hell gekennzeichneter für den Feinkorund. Die Vollgummireifen sollen gemäss Herstellungskode 4454 der Avon Tire Ltd. gefertigt sein und eine Härte von 69 ± 3 IRHD aufweisen.

Belastungsvorrichtung

Eine Vorrichtung um die Lauffläche des entsprechenden Vollgummireifens mit einer Gesamtkraft von 725 ± 10 N auf das Prüfkörperrad aufzupressen. Prüfkörperrad und Polierreifen sollen dabei frei um ihre Achsen rotieren können, die parallel liegen. Die Rotationsebenen des Polierreifens und des Prüfkörperrades müssen übereinstimmen. Die Achsen müssen genau ausgerichtet sein und Polierreifen und Prüfkörperrad dürfen kein Spiel in den Lagern haben. Dabei müssen die Rotationsebenen von Polierreifen und Prüfkörperrad weniger als 20 Bogenminuten voneinander abweichen (1 mm auf 200 mm). Die Ebenen durch den Mittelpunkt von Polierreifen und Prüfkörperrad (Medianebenen) müssen weniger als 0.8 mm auseinanderliegen.

Dosiervorrichtung für Grobkorund

Eine dunkel gefärbte Dosiervorrichtung, die gemeinsam mit dem dunkel gekennzeichneten Polierreifen zu verwenden ist, um Grobkorund und Wasser kontinuierlich zu verteilen. Grobkorund und Wasser direkt auf das Prüfkörperrad in der Nähe der Berührungsstelle mit dem Polierreifen aufgeben.

Dosiervorrichtung für Feinkorund

Eine hell gefärbte Dosiervorrichtung, die gemeinsam mit dem hell gekennzeichneten Polierreifen zu verwenden ist, um Feinkorund direkt auf den Polierreifen, das Wasser jedoch über einen Laufkanal aufzugeben.

Dosiervorrichtung für Wasser

Die EMPA benützt als Dosiervorrichtung für Wasser Schlauchpumpen mit stufenlos regulierbaren Drehzahlen, die zusammen mit dem optimalen Schlauchdurchmesser immer die gleiche Wassermengen pro Zeiteinheit fördern.

Entlastungsvorrichtung

Eine Entlastungsvorrichtung, die sicherstellt, dass der Reifen beim Stillstand nicht belastet wird, da sonst die Gefahr einer Deformierung des Vollgummireifens besteht.

Metallformen

Exakt gearbeitete Metallformen zur Herstellung der Prüfkörper (Abmessungen 90.6 x 44.5 mm)

SRT–Messgerät

Ein Griffigkeitsmesser, das in Lizenz nach den Plänen des TRRL hergestellt worden ist (siehe Abbildung 4, Ziffer 9), mit Zusatzskala zum Bestimmen des Polished Stone Value PSV im Laboratorium.

Analysensiebe

Ab 1989 werden Prüfsiebe mit 8.0 mm und 11.2 mm Quadratlochblechen, gemäss Schweizer Norm SN 670 808 a, verwendet.

Grobkorund

Grobkorund nur einmal für die Prüfung verwenden.

Korngrössenverteilung:

Maschensieb in mm	Durchgang in Masse–%
0.600	98 – 100
0.500	70 – 100
0.425	30 – 90
0.355	0 – 30
0.300	0 – 5

Feinkorund

Feiner gewaschener Naturkorund, der vollständig durch das 0.053 mm Prüfsieb gewaschen werden kann.

Kontrollgestein, englischer Splitt

Englischer Splitt, dunkelgrauer homogener Splitt, der zum Ermitteln des massgebenden Polished Stone Value PSV benötigt wird.

Splitt Criggion Diabas

Gestein aus Criggion Diabas, zum Vorbereiten ungebrauchter Gummigleiter.

Mineralstoffe

Die Körner des Kontrollgesteins, englischer Splitt, sowie der zu prüfenden Splitte, die zur Herstellung der Prüfkörper verwendet werden, müssen durch das 11.2 mm Quadratlochsieb fallen und auf dem 8 mm Quadratlochsieb liegen bleiben. Sie müssen gewaschen werden und dürfen nicht plattig oder stengelig sein. Die Mineralstoffmenge muss mindestens 3 kg geeignete Mineralstoffkörner enthalten.

Die Oberfläche der Körner, die der polierenden Wirkung des Reifens ausgesetzt sind, muss die durchschnittliche Beschaffenheit des Gesteins repräsentieren.

Herstellen der Prüfkörper mit Epoxid–Harz

Jeder Prüfkörper besteht aus einer einzigen Lage von 42 ± 5 in Kunststoff eingebetteten Splittkörnern, die so eng wie möglich angeordnet sind und eine Fläche von 90.6 x 44.5 mm möglichst gut ausfüllen. Die Oberfläche der Prüfkörper soll in der Querrichtung eben sein, in der Längsrichtung jedoch eine Krümmung von 406 mm Durchmesser aufweisen. Der fertige Prüfkörper weist die natürliche Oberfläche der Körner ohne scharf herausragende Kanten zum Polierreifen hin auf. Er ist mindestens 12.5 mm dick und seine Unterseite hat die gleiche Krümmung wie die Aussenfläche des Prüfkörperrades des Poliergerätes. Von jedem Gestein sind vier Prüfkörper herzustellen und zu prüfen.

Körner mit natürlicher Oberfläche nach unten möglichst flächendeckend in Form einlegen. Die Zwischenräume zwischen den Körnern bis ungefähr einen Drittel ihrer Höhe mit feinem Sand (< 0.212 mm) füllen und mit einem feinen Haarpinsel verteilen. Das Kunststoffgemisch in einem Glasbecher mischen. Das genaue Mischungsverhältnis hängt von dem verwendeten Kunststoff und der Umgebungstemperatur ab.

Kunststoff in zwei Lagen eingiessen. Erste Lage zähflüssig bis an die Gesteinsoberfläche auffüllen und dann zirka eine Stunde erhärten lassen. Mit der zweiten Schicht einer streichbaren, pastenähnlichen Epoxid–Masse die Metallform überfüllen. Mit dem Spachtel überschüssigen Kunststoff bis zu den Rändern der Form abstreifen. Nach vollständiger Erhärtung des Kunststoffes die Prüfkörper aus der Form nehmen und den losen Sand mit einer steifen Borstenbürste unter fliessendem Wasser entfernen. Nach weiteren 30 Minuten können die Prüfkörper einer Polierprüfung unterzogen werden.

Qualität der Prüfkörper

Alle Prüfkörper kritisch untersuchen. Prüfkörper, bei denen Mörtel oder Kunststoff bis an die Gesteinsoberfläche gedrungen ist oder die Gesteinskörner verschoben worden sind, dürfen nicht zur Prüfung verwendet werden.

Kalibrierung des Poliergerätes, Vorbereiten neuer Polierreifen

Die Verwendung eines Polierreifens ist auf 40 Prüfungen zu beschränken. Zeigen sich deutlich Verschleiss oder Beschädigungen, so ist der Polierreifen schon früher auszuwechseln.

Bevor ein neuer Polierreifen für die Bestimmung des Polished Stone Value PSV verwendet wird, ist mit dem Poliermittel Grobkorund sowie Feinkorund wie bei einer tatsächlichen Prüfung, aber unter Verwendung von Reserveprüfkörpern, einmal vorzugehen.

Kontrollgestein, englischer Splitt

Die Polished Stone Values PSV für das Kontrollgestein, englischen Splitt, sind in der üblichen Weise zu bestimmen.

Liegen die Messwerte des Kontrollgesteins über 59 oder unter 51, wird diese Prüfung als unbrauchbar ausgeschieden, und es sind alle nötigen Veränderungen vorzunehmen, um sicherzustellen, dass der Mittelwert von zwei neuen Messungen an den Prüfkörpern, mit Kontrollgestein englischer Splitt, nach der Polierprüfung im Bereich zwischen 51 und 59 liegt.

Ermitteln des Polished Stone Value PSV

Die Polierprüfung bei Temperatur 20 °C ± 5 °C durchführen.

Numerieren und Aufsetzen der Prüfkörper auf das Prüfkörperrad.

Vierzehn Prüfkörper folgendermassen numerieren:

Prüfkörper 1 – 4	1. Gesteinsmaterial
Prüfkörper 5 – 8*	2. Gesteinsmaterial
Prüfkörper 9 – 12*	3. Gesteinsmaterial
Prüfkörper 13 und 14	Kontrollgestein, englischer Splitt

* Müssen durch Reserve–Prüfkörper ergänzt werden, wenn weniger als drei Gesteine zu untersuchen sind

Die Prüfkörper in Drehrichtung in der Reihenfolge

Nummern 13, 4, 5, 8, 7, 1, 10, 14, 3, 11, 12, 2, 6, 9 auf der Umfangsfläche des Prüfkörperrades festklemmen.

Die Oberseite der Prüfkörper ergibt einen durchgehenden Streifen von Gesteinskörnern mit 45 mm Breite und 406 mm Durchmesser, auf dem der Polierreifen frei, ohne zu schlagen oder zu rutschen, läuft. Zwischenräume mit einem geeigneten Passstück ausfüllen.

Prüfgeschwindigkeit des Prüfkörperrades

Das Prüfkörperrad auf eine Geschwindigkeit von 320 ± 5 $U \cdot min^{-1}$ beschleunigen.

Kraft des Polierreifens auf das Prüfkörperrad

Dunkel sowie hell gekennzeichneten Polierreifen mit einer Kraft von 725 ± 10 N auf die Oberfläche der Prüfkörper drücken.

Dosierung von Grobkorund und Wasser

Der dunkel gekennzeichnete Polierreifen und die dunkel gefärbte Dosiervorrichtung für den Grobkorund montieren.

Grobkorund und Wasser für die Dauer von 3 Stunden ± 1 Minute kontinuierlich und gleichmässig direkt auf das Prüfkörperrad in der Nähe der Berührungsstelle zwischen Polierreifen und Prüfkörpern verteilen.

Grobkorund	1.62 ± 0.18	$kg \cdot h^{-1}$
Wasser	1.62 ± 0.18	$kg \cdot h^{-1}$

Nach drei Stunden Poliermaschine und Prüfkörper sorgfältig waschen, bis keine Spur des Grobkorundes mehr verhanden ist.

Dosierung von Feinkorund und Wasser

Den hell gekennzeichneten Polierreifen und die hell gefärbte Dosiervorrichtung für den Feinkorund montieren.

Die Maschine läuft für weitere 3 Stunden ± 1 Minute in der vorstehend beschriebenen Weise mit dem Unterschied, dass der Feinkorund direkt auf den Polierreifen und das Wasser über einen Laufkanal auf die Prüfkörperoberseite aufgegeben werden.

Feinkorund	0.18 ± 0.060	$kg \cdot h^{-1}$
Wasser	0.90 ± 0.060	$kg \cdot h^{-1}$

Nach Total 6 Stunden Polierdauer ist die Prüfung beendet.

Der Polierreifen darf nur belastet sein, wenn Prüfungen durchgeführt werden.

Vorbereiten der Prüfkörper für das Bestimmen der Messwerte

Nach dem Polieren das Prüfkörperrad mit den Prüfkörpern vom Poliergerät nehmen und unter fliessendem Wasser gründlich waschen bis alle Spuren von Feinkorund entfernt sind.

Korund, der sich zwischen den Splittkörnern festsetzt, mit einer steifen Borstenbürste entfernen. Die geringste Spur von Korund auf oder zwischen den Splittkörnern verfälscht den Polished Stone Value PSV.

Die Prüfkörper nach dem Waschen mit der Oberseite nach unten in einem Wasserbad mit einer Temperatur von 20 °C ± 2 °C während mindestens einer halben Stunde lagern. Dann sofort die Messung durchführen. Die Prüfkörper dürfen vorher keinesfalls austrocknen.

Messgerät inklusive Gummigleiter und Wasser müssen vor jeder Messung mindestens zwei Stunden Zeit haben sich der Raumtemperatur von 20 °C ± 2 °C anzupassen.

Messgerät

Der Polished Stone Value PSV wird mit einem Gerät gemessen, das in Lizenz nach den Plänen des TRRL hergestellt worden ist. Das Gerät möglichst verschlossen aufbewahren. Alle Teile müssen in geeigneter Weise behandelt sein um Korrosion durch Nässe zu vermeiden.

Gummigleiter

Einen federgespannten Gummigleiter so an einem Pendelarm montieren, dass das Ende zirka 510 mm von der Pendelachse entfernt ist. Der Gummigleiter, ein Gummiblock von 31.8 mm Länge, 24.4 mm Breite und 6.4 mm Dicke, ist auf eine starre Trägerplatte als Unterlage geklebt mit einer Gesamtmasse von 20 ± 5 g befestigt.

Der Gummigleiter muss sich ungehindert um seine Achse drehen können, damit er Unebenheiten, die senkrecht zur Pendelspur aus der Prüffläche ragen, ohne Schwierigkeiten folgen kann. Der Gummigleiter wird mit einer Feder gegen die Prüffläche gedrückt. In der mittleren Position des Gummigleiters beträgt die statische Last 22.2 ± 0.5 N.

Die Härte des Gummigleiters muss nach IRHD (International rubber hardness degrees), gemäss BS 903 bestimmt, 55 ± 5 Einheiten betragen.

Der Gummigleiter soll den Anforderungen nach Tabelle 2 genügen.

Tabelle 2

Anforderungen an die Gummigleiter

Temperatur	°C	0	10	20	30	40
Elastizität	% *	43–49	58–65	66–73	71–77	74–79
Härte IRHD	**			55 ± 5		

* Lüpke–Rückfederungstest nach BS 903, Teil A 8

** Internationaler Gummihärte–Grad, International rubber hardness degrees, nach BS 903, Teil A 26

Die Gleitkanten des Gummis müssen rechtwinklig und sauber geschnitten sein. Der Gummi muss frei von Verunreinigungen sein (Korund, Oel usw.). Keinen Gummigleiter verwenden, der älter als ein Jahr ist.

Den Gummi in Platten oder bereits auf Grösse des Gummigleiters geschnitten in Dunkelheit bei Temperaturen unter 6 °C lagern.

Einspannen der Prüfkörper in die Halterung

Eine Halterung, um die gekrümmten Prüfkörper der Länge nach in der Mitte der Pendelspur zentrisch unter der Pendelachse festzuklemmen.

Prüfkörper mit der längeren Seite in Pendelrichtung in der Halterung fest einspannen. Der Gummigleiter muss den Prüfkörper zentrisch und in der Richtung passieren, in der dieser vom Polierreifen befahren wurde. Dies ist entgegen der Drehrichtung des Prüfkörperrades. Um dies sicherzustellen, sind die Prüfkörper an einer Längsseite mit einer Markierung zu versehen. Ist diese Markierung beim Polieren auf der Vorderseite, so muss sie beim Messen des Polished Stone Value PSV auf der Rückseite des Prüfkörpers sein.

Einstellen der Aufhängungsachse

Die Höhe der Aufhängungsachse so einstellen, dass der Gummigleiter mit seiner vollen Breite den Prüfkörper auf einer Länge von 76.0 mm überstreicht. Die Gleitlänge so genau als visuell möglich, auf jeden Fall innerhalb der Toleranzen von ± 0.5 mm einstellen.

Pendelarm

Eine Halterung mit Auslöser für den Pendelarm, so dass er frei aus einer horizontalen Stellung fallen kann.

Die Masse des Pendelarms einschliesslich des Gummigleitkörpers soll 1500 ± 30 g betragen. Der Schwerpunkt des Armes soll 410 ± 5 mm vom Aufhängungspunkt entfernt sein.

Schleppzeiger

Ein Schleppzeiger, der mit dem Pendelarm gekoppelt ist und die Pendelposition beim Vorwärtsschwingen auf der kreisförmigen Skala anzeigt. Der Zeiger darf nicht schwerer als 85 g sein. Die Reibung des Zeigermechanismus muss so verstellbar sein, dass die äussere Spitze des 300 mm langen Zeigers am Umkehrpunkt des Pendels 10 mm unter der Horizontalen stehenbleibt.

Kalibrierung des Reibungsmessers

Die Kalibrierung des Gerätes soll mindestens einmal im Jahr überprüft werden. Sie wird von der BAST, D–5060 Bergisch Gladbach 1, durchgeführt.

Für die Bestimmung des Polished Stone Value PSV der Mineralstoffe ist eine Zusatzskala erforderlich wegen der kleinen Gummigleiter. Bei Laboruntersuchungen ist die Gleitlänge mit 76 mm und der Breite von 31.8 mm kleiner als zu der Gleitlänge von 126 mm und der Breite von 75 mm, die für die Messungen auf der Strasse verwendet wird.

Einstellen des Messgerätes

Das Gerät muss auf einer festen, waagrechten Unterlage lose aufgestellt sein, und die Fussschrauben sind so zu justieren, dass die Hauptsäule vertikal steht. Dann wird die Aufhängungsachse des Pendelarmes so weit angehoben, dass der Arm frei schwingen kann. Die Reibung am Zeigermechanismus muss so eingestellt sein, dass dieser nach der Auslösung des Pendels aus der horizontalen Ausgangposition genau im Nullpunkt der Skala zum Stillstand kommt.

Vorbereiten des Gummigleiters

Einen neuen Gummigleiter vor seiner Verwendung durch fünf Messungen auf der trockenen Oberfläche eines polierten Prüfkörpers aus Criggion Diabas und danach mit 20 weiteren Messungen auf nasser Oberfläche desselben Prüfkörpers "einfahren". Diese Prüfkörper aus Criggion Diabas können wiederholt verwendet werden. Durch das wiederholte Messen sinkt der Polished Stone Value PSV des Prüfkörpers ab, und wenn er unter 55 liegt, soll der Criggion Diabas Prüfkörper ausgewechselt werden.

Jede Kante des Gummigleiters darf benützt werden, solange die beschriebenen Bedingungen erfüllt sind:

Für Kontrollzwecke soll ein Vorrat von Prüfkörpern mit Gesteinskörnern aus Kontrollgestein, englischer Splitt, hergestellt und poliert werden. Die Messwerte dieses Splittes sollen zwischen 51 und 59 liegen. Die Werte sind zu protokollieren, und die Prüfkörper sind lufttrocken in einem verschlossenen Behälter für spätere Benützung aufzubewahren.

Ein Gummigleiter, der durch wiederholten Gebrauch Kerben oder stark zerkratzte Kanten aufweist, ist auszutauschen, da er zu falschen, für gewöhnlich zu hohen, Ergebnissen führt.

Vor jeder Messreihe den Gummigleiter mit einem Prüfkörper aus Criggion–Diabas überprüfen und den gemessenen Wert festhalten.

Vorrat von Criggion–Diabas–Prüfkörpern

Zwecks Ueberprüfung des Gummigleiters soll ein Vorrat von Prüfkörpern mit Gesteinskörnern aus Criggion Diabas, die in der vorgeschriebenen Weise hergestellt und poliert wurden, angelegt werden. Ihre Messwerte müssen zwischen 59 und 66 liegen. Die Werte sind zu protokollieren und die Prüfkörper sind lufttrocken in einem verschlossenen Behälter für spätere Benützung aufzubewahren.

Bestimmen der einzelnen Messwerte

Prüfkörper und Gummigleiter unmittelbar vor der Messung mit einer Spritzflasche reichlich mit sauberem Wasser benetzen. Pendel und Schleppzeiger auslösen und die Zeigerablesung notieren. Diesen Vorgang fünfmal wiederholen, wobei jedesmal neu benetzt werden muss. Alle Ablesungen protokollieren.

Die Prüfkörper in folgender Reihenfolge messen :

13, 1, 3, 5, 7, 9 und 11 mit der einen Kante des Gummigleiters und

12, 10, 8, 6, 4, 2, 14 mit der anderen Kante desselben Gummigleiters.

Berechnen des massgebenden Polished Stone Value PSV

Prüfen des Kontrollgesteins englischen Splitts und Korrektur des Polished Stone Value PSV.

Liegt der Messwert des Kontrollgesteins, englischer Splitt, über 59 oder unter 51, wird diese Prüfung als unbrauchbar ausgeschieden, und es sind alle nötigen Veränderungen vorzunehmen, um sicherzustellen, dass der Mittelwert von zwei neuen Prüfkörpern nach der Polierprüfung im Bereich zwischen 51 und 59 liegt.

Zusammenfassende Werte als Mittel der drei letzten Messwerte für die vier Prüfkörper berechnen. Daraus den Mittelwert und die Differenzen zwischen dem grössten und dem kleinsten Wert der vier Prüfkörper berechnen und auf eine Dezimale runden. Ist die Spannweite zwischen dem grössten und dem kleinsten Wert dieser vier Prüfkörper grösser als 5 Einheiten, so ist das Ergebnis dieser Prüfung zu verwerfen.

Den Mittelwert der zusammenfassenden Werte der beiden Prüfkörper aus Kontrollgestein, englischer Splitt, auf 1 Dezimale runden.

Liegt der Mittelwert der beiden Polished Stone Values PSV der Kontrollprüfkörper nicht im Bereich von 51 bis 59, so sind alle Ergebnisse dieser Prüfung zu verwerfen, und die gesamte Durchführung der Prüfung ist zu kontrollieren. Es sind alle notwendigen Massnahmen vorzunehmen, um die Anforderungen an Spannweite und Mittelwert zu erfüllen.

Ist die Spannweite der Ergebnisse der vier Prüfkörper kleiner oder gleich 5 Einheiten und der Mittelwert der Prüfkörper aus Kontrollgestein, englischer Splitt, im Bereich zwischen 51 und 59, so errechnet sich der Polished Stone Value PSV aus dem Mittelwert der zusammenfassenden Werte der vier Prüfkörper und dem Mittelwert der Prüfkörper aus Kontrollgestein, englischer Splitt, unter Verwendung folgender Formel:

$$\text{Polished Stone Value} = \frac{52^{1)} \text{ x Mittelwert der Prüfkörper}}{\text{PSV Mittelwert der Prüfkörper aus Kontrollgestein, englischer Splitt}}$$

Die Mittelwerte auf 1 Dezimale gerundet in die Formel einsetzen. Das Ergebnis als ganze Zahl angeben, dabei 0.5 und höher aufrunden.

1) Mittelwert des Kontrollgesteins, englischer Splitt, aus Ringuntersuchung 1982 in England.

10. Durchführen der Untersuchungen

10.1 Vorgehen der EMPA

Untersuchungen an Mineralstoffen aus 12 Provenienzen der Schweiz bildeten den Schwerpunkt der Arbeiten durch die EMPA zum vorliegenden Forschungsauftrag. Neben dem Bestimmen der petrographischen Eigenschaften waren der Polierwiderstand zu ermitteln und Gründe für diesbezügliche Unterschiede in den Messwerten zu eruieren.

Die in den Schweizer Normen SN 640 431 a, "Asphaltbetonbeläge, Konzeption, Anforderungen, Ausführung" und SN 640 461, "Zementbetonbeläge, Ausführung, Anforderungen" festgehaltenen Querverweise zur Schweizer Norm SN 670 710 d, "Sand, Kies, Splitt und Schotter für Beläge, Qualitätsvorschriften", bedingen das Festlegen von Mindestanforderungen für den Polished Stone Value PSV von Mineralstoffen. Um die in der Norm SN 670 710 d, unter Ziffer 19, "Polierwiderstand", enthaltenen Anforderungen an den Polished Stone Value PSV von Mineralstoffen bei deren Verwendung im Strassenbau festzulegen, war es unerlässlich, die aus schweizerischer Sicht notwendigen Grenzwerte entsprechend der Verkehrsbeanspruchung und der Fahrbahnoberflächen zu fixieren.

Für die Untersuchungen des Polished Stone Value PSV für die internationale Arbeitsgruppe wurde von der EMPA ein Prüfprogramm zum Abklären der Einflüsse Messen, Polieren und Einlegen der Mineralstoffkörner in die Form erstellt.

Die Erkenntnisse aus diesen umfangreichen Arbeiten konnten ebenfalls in diese Forschungsarbeit einbezogen werden.

10.2 Zusammenarbeit mit internationaler Arbeitsgruppe

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Forschungsarbeit wurden mit der internationalen Arbeitsgruppe umfangreiche Vorarbeiten, wie intensiver Erfahrungsaustausch, vergleichende Untersuchungen und Seminare für die Aenderung der englischen Norm BS 812 betreffend Arbeitsvorschriften und Prüfverfahren, vorgenommen.

Vom 11. bis 13. März 1986 wurde in Konstanz ein Workshop mit Beteiligung von 11 Prüfstellen aus den 4 Ländern Deutschland, Niederlanden, Österreich und der Schweiz durchgeführt.

Während dieses Workshops kamen von jeder Prüfstelle die leitenden Ingenieure und Laboranten aus Deutschland, Niederlanden, Österreich und der Schweiz (EMPA) zusammen, um ihre Arbeitsweise sowie die von ihnen zur Messung des Polished Stone Value PSV verwendeten Messgeräte anzugleichen. Im Laufe der durchgeführten Arbeiten und Diskussionen stellte sich immer deutlicher die Wichtigkeit des gegenseitigen Gedankenaustausches heraus. In verschiedenen Laboratorien bedienten die Laboranten das Messgerät unterschiedlich. Ausserdem sind die Prüfverfahren teilweise unterschiedlich gedeutet und dadurch verschieden angewendet worden.

10.3 Verfahrensanalyse

Die EMPA arbeitete das detaillierte Prüfprogramm, wie es auf den folgenden Seiten dargestellt ist, für die Abklärungen zum Eingrenzen der Einflüsse Messen, Polieren und Einlegen der Mineralstoffkörner in die Form aus. Damit Einflüsse der Arbeitsweise auf das Untersuchungsergebnis des Polished Stone Value PSV untersucht werden können, ist die als Gesamtheit bestehende Prüfmethode in 3 Arbeitsabschnitte unterteilt worden. Dies sind Arbeitsabschnitte, die während des gesamten Prüfvorganges problemlos als eigenständige Einheiten getrennt betrachtet werden können, wie:

Messen des Polished Stone Value PSV

Durchführen der Polierprüfung

Einlegen der Mineralstoffkörner in die Formen

Diese Untersuchungen sind im Anschluss an den Workshop in Konstanz durchgeführt worden.

10.4 Messen des Polished Stone Value PSV

Um den Einfluss Messen des Polished Stone Value PSV auf die Untersuchungsergebnisse abzuklären, stellte die Prüfstelle Güteschutzgemeinschaft Alpine Moräne Edelsplitt, Konstanz, 14 Prüfkörper mit Kontrollgestein, englischer Splitt, her, polierte sie einmal mit Grobkorund und dann einmal mit Feinkorund. Jedes Labor bestimmte die vorgeschriebenen Messwerte an jedem Prüfkörper durch fünfmaliges Messen mit eigenem Messgerät, Bodenplatte und neuem Gummigleiter.

Durch dieses Vorgehen sind die gemessenen Polished Stone Values PSV ausschliesslich durch Bedienungspersonal oder Mängel des verwendeten Messgerätes beeinflusst worden.

Im Prüfprogramm der EMPA zur Verfahrensanalyse ist der Begriff Messen mit der Abkürzung "PEN" für das Messen des Polished Stone Value PSV verwendet worden.

Um mit geringem Arbeitsaufwand möglichst viele Messwerte von jeder Prüfstelle zu bekommen, schickte die Güteschutzgemeinschaft Alpine Moräne Edelsplitt, Konstanz, alle Prüfkörper gleich anschliessend nach dem Herstellen an die beteiligten Prüfstellen. Diese bestimmten den PSV–Wert an unpolierten Prüfkörpern, schickten diese zum Grobpolieren zurück, bestimmten ihn anschliessend an Grobpolierten und zuletzt an feinpolierten Prüfkörpern. Dadurch bestimmte jede Prüfstelle dreimal 5 Messwerte von jedem der 14 Prüfkörper.

10.5 Polierprüfung

Die Bundesversuchs– und Forschungsanstalt Arsenal, Wien, stellte für alle 11 beteiligten Prüfstellen jeweils 4 Prüfkörper mit Kontrollgestein, englischer Splitt, her und verschickte diese. Jede Prüfstelle polierte diese 4 Prüfkörper mit der eigenen Poliermaschine und benutzte auch die eigenen Dosiervorrichtungen für Grobkorund, Feinkorund und Wasser. Die Bestimmungen der Polished Stone Values PSV von sämtlichen Prüfkörpern aller beteiligten Prüfstellen erfolgte durch denselben Laboranten der Prüfstelle in Konstanz.

Ausgehend von der Annahme, dass die Verteilung der Mineralstoffkörner auf allen Prüfkörperoberseiten gleichmässig ist, sind durch dieses Vorgehen die gemessenen Polished Stone Values PSV ausschliesslich durch Mängel an der Poliermaschine oder einem der Dosiergeräte beeinflusst.

Im Prüfprogramm der EMPA zur Verfahrensanalyse ist der Begriff Polieren mit der Abkürzung "POL" für das Durchführen der Polierprüfung verwendet worden.

10.6 Einlegen der Mineralstoffkörner in die Form

Jede beteiligte Prüfstelle stellte bis zu 8 Prüfkörper her und brachte diese zum Workshop nach Konstanz mit. Als Mineralstoff ist dafür Kontrollgestein, englischer Splitt, verwendet worden. Die EMPA erhielt alle Prüfkörper, um sie von demselben Laboranten mit der Poliermaschine sowie den jeweiligen Dosiervorrichtungen der EMPA zu polieren. Ein Laborant der EMPA bestimmte alle Polished Stone Values PSV mit dem Messgerät der EMPA.

Durch dieses Vorgehen sind die gemessenen Polished Stone Values PSV weitgehend auf individuell bedingte Unterschiede beim Einlegen der Mineralstoffkörner in die Form zurückzuführen.

Im Prüfprogramm der EMPA zur Verfahrensanalyse ist die Abkürzung "SET" für das Einlegen der Mineralstoffkörner in die Form verwendet worden.

Mitarbeiter der Güteschutzgemeinschaft Alpine Moräne Edelsplitt, Konstanz, sammelten die von jeder Prüfstelle ermittelten Untersuchungsergebnisse, bearbeiteten sie und teilten sie verschlüsselt, ohne Bekanntgabe der Herkunft, der EMPA zur statistischen Auswertung mit.

11. Ergebnisse der Untersuchung

11.1 Verfahrensanalyse

Beurteilen der Fehlerquellen bei der Prüfung

Tabelle 3

Massgebende Polished Stone Value PSV

Labor	Einlegen	Polieren	Messen
1	53.0	54.3	54.4
2	53.1	54.9	54.6
4	53.9	55.5	53.5
5	53.8	52.6	54.1
6	54.6	50.7	54.0
8	53.8	54.3	54.5
9	53.5	49.8	54.1
10	54.9	50.1	53.3
11	52.9	52.8	53.4
12	52.5	50.3	52.5
13	53.6	52.8	53.7

P S V "Verfahrensanalyse" ⟶ ENTWURF (MATRIX) ZU EINEM PRÜFPROGRAMM FÜR DIE 4. VERGL.UNTERS.

POLIERPRÜFUNG VON MINERALSTOFFEN

Jk 2/9/85
6/1/86
6/2/86

PRÜFUNG NR / ABKL. EINFLUSS VON

P 1 EINFLUSS PENDELN (PEN)
P 2 EINFLUSS POLIEREN (POL)
P 3 EINFLUSS SETZEN (SET)

} AN 1 GESTEIN (Neues engl. Kontroll-Gestein)

ABKÜRZUNGEN

PEN Pendeln mit Standardgummi (4. Vergl.US)
POL Polieren (VOR, GROB, FEIN)
SET Setzen

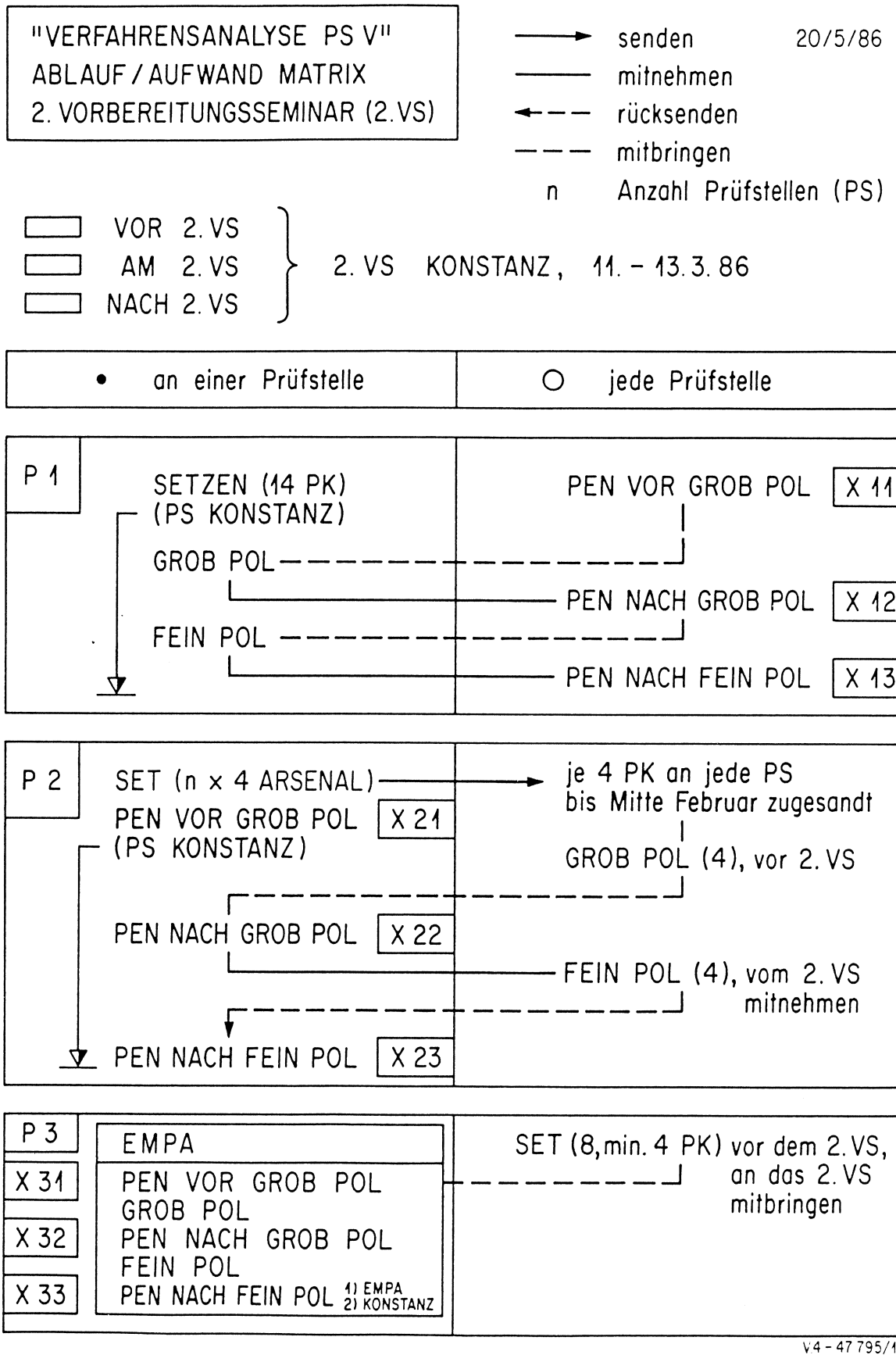
• eine Prüfstelle (an einer)
○ alle Prüfstellen (jede)
○ zirkulieren über ○

Pendeln mit Standard-Gummi-Gleiter (4. Vergl.US)

MATRIX	SETZEN	POLIEREN	PENDELN	PSV $\frac{MW}{\sigma}$ $\frac{E+}{E-}$ Bez.	• an Prüfstelle
11			○ VOR POL	X_{11}	
P1 12	•/14 (1 Rad)	•/14 $GROB_{POL}$	○ NACH $GROB_{POL}$	X_{12}	• SET KONSTANZ
13		•/14	○ NACH $FEIN_{POL}$	$X_{13} \rightarrow MW = X_1$	• POL KONSTANZ
21			• VOR POL	X_{21}	
P2 22	•/n x 4	○/4 $GROB_{POL}$	• NACH $GROB_{POL}$	X_{22}	• SET ARSENAL
23		○/4 $FEIN_{POL}$	• NACH $FEIN_{POL}$	$X_{23} \rightarrow MW = X_2$	• PEN KONSTANZ
31			• VOR POL	X_{31}	• POL EMPA
P3 32	○/je 4		• NACH $GROB_{POL}$	X_{32}	• PEN EMPA
33			• NACH $FEIN_{POL}$	$X_{33} \rightarrow MW = X_3$	X_{33} 1) EMPA 2) KONSTANZ

⟶ senden nach
- - - - - - - rücksenden an
•———• jeweils an gleicher Prüfstelle

EMPA Abt. Strassenbau, Abdichtungen


"VERFAHRENSANALYSE PS V"
ABLAUF / AUFWAND MATRIX
2. VORBEREITUNGSSEMINAR (2.VS)
senden
mitnehmen
rücksenden
mitbringen
n Anzahl Prüfstellen (PS)
20/5/86
VOR 2.VS
AM 2.VS
NACH 2.VS
2. VS KONSTANZ, 11. - 13.3.86
• an einer Prüfstelle
○ jede Prüfstelle
P 1
SETZEN (14 PK)
(PS KONSTANZ)
GROB POL
FEIN POL
PEN VOR GROB POL X 11
PEN NACH GROB POL X 12
PEN NACH FEIN POL X 13
P 2
SET (n x 4 ARSENAL)
PEN VOR GROB POL X 21
(PS KONSTANZ)
PEN NACH GROB POL X 22
PEN NACH FEIN POL X 23
je 4 PK an jede PS
bis Mitte Februar zugesandt
GROB POL (4), vor 2.VS
FEIN POL (4), vom 2.VS
mitnehmen
P 3
X 31
X 32
X 33
EMPA
PEN VOR GROB POL
GROB POL
PEN NACH GROB POL
FEIN POL
PEN NACH FEIN POL
1) EMPA
2) KONSTANZ
SET (8, min. 4 PK) vor dem 2.VS,
an das 2.VS
mitbringen
V4 - 47 795/1

11.2 Petrographische Untersuchungen

Die EMPA untersuchte nach umfangreicher eigener sowie nach wichtiger Vorarbeit der internationalen ad–hoc–Gruppe 12 Mineralstoffe unterschiedlicher Provenienzen, deren Splitt im schweizerischen Strassenbau verwendet werden. Die erwähnten Mineralstoffe stammen aus Steinbrüchen, die über die gesamte Schweiz verteilt sind.

Gemäss petrographischer Zusammensetzung der 12 untersuchten Mineralstoffe (vgl. folgende petrographische Untersuchungen) lassen sich diese gruppieren in:

Kiesel– und Sandkalke

Kristalline Gesteine mit alpinen Sandsteinen sowie Kiesel– und Sandkalken

Alpine Sandsteine mit Hornstein– bzw Quarzanreicherungen

Kalksilikatmarmor, teilweise in Silikatfels übergehend

Kalkstein

Für die folgenden Untersuchungen sind den 12 Mineralstoffen Buchstaben zugeordnet in alphabetischer Reihenfolge von A bis N ohne den Buchstaben J. Vom Steinbruch mit der Bezeichnung L sind keine Mineralstoffe für diese Abklärungen geschickt worden.

Provenienz A (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Mittelgraue bis rotbräunliche, fein– bis mittelgrobkörnige, quarzreiche alpine Sandsteine aus Flysch–Formationen; teilweise schwach mit Phyllitschiefern durchsetzt; sehr fest und kompakt; hart	97
Dunkelgrau bis schwarz, stark mit Phylitt–schiefern durchsetzt; wenig fest und gut spaltbar; frostgefährdet; mittelhart bis weich	3
Anteil an harten Körnern	97
Anteil an mittelharten Körnern	2
Anteil an weichen Körnern	1

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	27
Anteil an kubischen Körnern	73
Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

Provenienz B (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Hell– bis dunkelgraue, sehr feinkörnige ("dichte") alpine Kalksteine; teilweise leicht bis stark dolomitisch; fest und kompakt; mittelhart	64
Hellgraue bis violettrote oder rosafarbige, feinkörnige Dolomitgesteine; z.T. marmorartig vermengt; fest und kompakt; mittelhart	36
Anteil an harten Körnern	0
Anteil an mittelharten Körnern	100
Anteil an weichen Körnern	0

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	20
Anteil an kubischen Körnern	80

Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

Provenienz C (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Hellbraune bis braungraue, meist volithische Kalksteine von Jura–Typen; teilweise mit weissen Kalkspatadern, mit Nähten und Suturen durchsetzt; sehr feinkörnige Gesteine; mittelhart	93
Hell– bis dunkelgraue Jurakalksteine meist volithische Kalksteine von Jura–Typen; teilweise mit weissen Kalkspatadern, mit Nähten und Suturen durchsetzt; sehr feinkörnige Gesteine; mittelhart	7
Weisse, grobkristalline und daher brüchige Kalkspatanteile aus Adern; weich	0
Anteil an harten Körnern	0
Anteil an mittelharten Körnern	100
Anteil an weichen Körnern	0

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	19
Anteil an kubischen Körnern	81
Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

Provenienz D (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Dunkelgraue bis schwarze, sehr feinkörnige Kieselkalke; meist massig; untergeordnet leicht geschiefert; vereinzelt in Hornstein und in Sandkalke übergehend; sehr fest und kompakt; hart	92
Dunkelgraue bis braune, sehr feinkörnige alpine Kalksteine; zum Teil leicht spätig und sandig; fest und kompakt; mittelhart	7
Weisse grobkristalline Kalkspatanteile aus Adern sowie vereinzelte Schieferpartikel; weich	1
Anteil an harten Körnern	92
Anteil an mittelharten Körnern	7
Anteil an weichen Körnern	1

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	47
Anteil an kubischen Körnern	53

Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

Provenienz E (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Dunkelgrau bis graugrünlich, aus fein– bis mittelgrobkörnigem Kalksilikatfels; teilweise in Silikatmarmore übergehend; meist deutlich biotithaltig; fest und kompakt; hart	36
Dunkelgraue bis braungraue, leicht spätige Kalksilikatmarmore; zum Teil in Silikatfels übergehend; meist reich an Biotit und des– halb ziemlich brüchig; hart bis mittelhart	54
Hellgraue, zum Teil grobkristalline Kalk– marmore; wenig Silikat führend; ziemlich brüchig; mittelhart	6
Quarz aus Adern; fest und kompakt; hart	2
Grobkristalline Kalkspatanteile aus Adern sowie leicht spaltbare Biotitschiefer; da– neben vereinzelte angewitterte Gesteine; brüchig und weich	2
Anteil an harten Körnern	65
Anteil an mittelharten Körnern	33
Anteil an weichen Körnern	2

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	27
Anteil an kubischen Körnern	73

Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

Provenienz F (Splitt 6/10 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Mittelgraue meist feinkörnige quarzreiche alpine Sandsteine aus Flysch–Formationen; meist glimmerführend; teilweise mit Kalk–spatadern durchsetzt; fest und kompakt; hart	87
Dunkelgraue sehr feinkörnige Kieselkalke; meist leicht geschiefert; fest und kompakt; hart	11
Dunkelgraue bis schwarze Phyllitschiefer; leicht spaltbar und frostgefährdet; weich	2
Anteil an harten Körnern	98
Anteil an mittelharten Körnern	0
Anteil an weichen Körnern	2

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	56
Anteil an kubischen Körnern	44
Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

Provenienz G (Splitt 8/11.2 mm, ausgesiebt mit Quadratlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Hellgraue, feinkörnige, quarz– und hornstein–reiche Sandsteine vom Typus der Flyschsandsteine; z.T. leicht phyllitisch, sonst grössten–teils völlig massig, sehr fest und kompakt; hart	86
Deutlich mit Phyllitschiefern durchsetzte An–teile etwas leicht spaltbar, jedoch noch hart	5
Dunkelgraue, sehr feinkörnige Kieselkalke; fest und kompakt; hart	4
Quarzanteile aus Adern; hart	2
Kalksteine, meist etwas sandig; mittelhart	1
Dunkelgraue Phyllitschiefer; weich und frost–gefährdet	2
Anteil an harten Körnern	97
Anteil an mittelharten Körnern	1
Anteil an weichen Körnern	2

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	54
Anteil an kubischen Körnern	46
Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

Provenienz H (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Graue bis rostbräunliche, meist feinkörnige und quarzreiche Sandsteine von alpinen Typen; zum Teil in Hornsteine übergehend; fest und kompakt; hart	39
Dunkelgraue bis gelbbräunliche Kiesel– und Sandkalke; teilweise in Hornsteine übergehend; fest und kompakt; hart	24
Kristalline Gesteine (Granite, Quarzite, Grünsteine) sowie zahlreiche Hornsteine; untergeordnet Quarz aus Adern; druckfest und kompakt, jedoch etwas spröde; hart	22
Hell– bis dunkelgraue, sehr feinkörnige alpine Kalksteine sowie Dolomitgesteine (ca. 3:2); teilweise leicht sandig bis kieselig; fest und kompakt; mittelhart	14
Weiche und poröse angewitterte Gesteine sowie grobkristalline brüchige Kalkspatanteile aus Adern	1
Anteil an harten Körnern	85
Anteil an mittelharten Körnern	14
Anteil an weichen Körnern	1

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	13
Anteil an kubischen Körnern	87
Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	75
Anteil an teilweise runden Körnern	25

Provenienz I (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Kristalline Gesteine (Granite, Quarzite, einzelne Grünsteine) sowie Quarz– und Hornsteinkörner aus Adern und aus Knauern; druckfest und kompakt, jedoch etwas spröde; hart	52
Graue bis rostbräunliche, meist feinkörnige und quarzreiche alpine Sandsteine; zum Teil in Hornsteine übergehend; fest und kompakt; hart	26
Dunkelgraue, feinkörnige Kiesel– und Sandkalke; zum Teil in Hornsteine übergehend; fest und kompakt; hart	13
Meist hellbräunliche, sehr feinkörnige Kalksteine von Jura–Typen; daneben vereinzelte alpine Kalksteine; teils leicht sandig bis kieselig; fest und kompakt; mittelhart	8
Weiche und poröse angewitterte Gesteine und grobkristalline Kalkspatanteile aus Adern	1
Anteil an harten Körnern	91
Anteil an mittelharten Körnern	8
Anteil an weichen Körnern	1

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	27
Anteil an kubischen Körnern	73
Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	84
Anteil an teilweise runden Körnern	16

Provenienz K (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Graue bis rostbräunliche, meist feinkörnige und quarzreiche alpine Sandsteine; teilweise in Hornsteine übergehend; fest und kompakt; hart	41
Dunkelgraue, meist sehr feinkörnige Kiesel– und Sandkalke; zum Teil in Hornstein über–gehend; fest und kompakt; hart	25
Kristalline Gesteine (Granite, Quarzite, ein–zelne Grünsteine) sowie zahlreiche Hornsteine aus Knauern; untergeordnet auch Quarz aus Adern; druckfest und kompakt, jedoch etwas sprö–de; hart	17
Dunkelgraue bis braungraue, sehr feinkörnige Kalksteine von alpinen Typen; vereinzelte Dolo–mitgesteine; mittelhart	16
Weiche und poröse angewitterte Gesteine sowie grobkristalline, brüchige Kalkspatanteile aus Adern	1
Anteil an harten Körnern	83
Anteil an mittelharten Körnern	16
Anteil an weichen Körnern	1

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	18
Anteil an kubischen Körnern	82

Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	77
Anteil an teilweise runden Körnern	23

Provenienz M (Splitt 8/11.2 mm, ausgesiebt mit Quadratlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Hellgraue, meist feinkörnige kristalline Gesteine (Granite, Glimmergneise) sowie weisse alpitische Gesteine und Quarzite, beziehungsweise Quarz aus Adern; druckfest und kompakt, jedoch etwas spröde und brüchig; hart bis mittelhart	52
Dunkelgraue feinkörnige Sandkalke; zum Teil in Hornsteine und in Sandsteine übergehend; fest und kompakt; hart	18
Dunkelgraue, sehr feinkörnige Kieselkalke; fest und kompakt; hart	9
Hell– bis dunkelgraue, feinkörnige bis marmorisierte alpine Kalksteine; zum Teil sandig; fest und kompakt; mittelhart	19
Weiche und spröde, spaltbare Glimmerschiefer und vereinzelte angewitterte Gesteine	2
Anteil an harten Körnern	65
Anteil an mittelharten Körnern	33
Anteil an weichen Körnern	2

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	30
Anteil an kubischen Körnern	70

Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	81
Anteil an teilweise runden Körnern	19

Provenienz N (Splitt 10/16 mm, ausgesiebt mit Rundlochsieb)

	Anteile in Masse–%
Dunkelgraue, feinkörnige Kiesel– und Sandkalke; teilweise in alpine Sandsteine und in Hornsteine übergehend; fest und kompakt; hart	89
Graue bis rostbräunliche, feinkörnige alpine Sandsteine und vereinzelte Quarzanteile aus Adern; fest und kompakt; hart	8
Hell– bis dunkelgraue, sehr feinkörnige alpine Kalksteine; zum Teil leicht sandig bis kieselig; fest und kompakt; mittelhart	2
Stark phyllitisch durchsetzte schiefrige Partikel; leicht spaltbar und frostempfindlich	1
Anteil an harten Körnern	97
Anteil an mittelharten Körnern	2
Anteil an weichen Körnern	1

Kornform und Kornrundung

Kornform	Zahl–%
Anteil an nichtkubischen Körnern	24
Anteil an kubischen Körnern	76
Kornrundung	
Anteil an Rundkorn	0
Anteil an Brechkorn	100
Anteil an teilweise runden Körnern	0

11.3 Polished Stone Value PSV

Im Zusammenhang mit der Ueberarbeitung eines Teils der Schweizer Normen, welcher sich hauptsächlich mit Mineralstoffen, deren Prüfungen und Qualitätsanforderungen befasst, war es unter anderm notwendig, für Splitte bestehende Anforderungswerte an Polished Stone Values PSV zu überprüfen sowie den Belagstypen und Belagsschichten entsprechend der Belastung durch den Verkehr neue Anforderungswerte zuzuordnen.

Für die Untersuchungen ist nach der beschriebenen Arbeitsvorschrift geprüft worden. Diese Arbeitsvorschrift hält sich grundsätzlich an die BS 812, Teil 3, 1975, mit Ergänzungen von Hosking und Tubey (1983). Ausserdem sind Präzisierungen und Ergänzungen der internationalen Arbeitsgruppe sowie der EMPA mitberücksichtigt.

Tabelle 4

Massgebende Polished Stone Value PSV

Provenienz	massgebende PSV
A	54
B	32
C	32
D	43
E	54
F	47
G	59
H	42
I	50
K	49
M	49
N	48

11.4 Messen des Polished Stone Value nach verschiedener Wasserlagerungsdauer der Prüfkörper

Prüfkörper, die bereits fünfmal poliert worden waren, wurden nach der Messung des Polished Stone Value weiterhin im Wasser gelagert, und zu Zeiten, wie in Tabelle 5 aufgeführt, geprüft.

Tabelle 5

Wasserlagerungsdauer

Lagerdauer	gemessen von
2 h	Laborant 1
2 d	Laborant 1
34 d	Laborant 2
62 d	Laborant 3

Kurze Lagerungszeiten ergeben keinen Unterschied in den PSV–Werten, wiederholtes Prüfen kann somit als wesentlichen Einfluss auf die Messwerte ausgeschlossen werden. Beim Bestimmen des PSV–Wertes nach mehrmaligem Polieren (siehe Abschnitt 10.5), wobei verschiedene Laboranten der EMPA innerhalb der gleichen Serie von Bestimmungen eingesetzt wurden, zeigten keinen Einfluss des Laboranten auf die Messwerte. Somit geben die wiederholten Messungen des Polished Stone Value Hinweise auf den Einfluss der Lagerungsdauer.

Tabelle 6

Mittelwerte aus Messwerten 3, 4, und 5 von jeweils 4 Prüfkörpern

	Wasserlagerungsdauer			
	2 h	2 d	34 d	62 d
Laborant	1	1	2	3
Provenienz				
A	51	50	51	54
B	27	29	30	31
C	29	29	33	37
D	43	43	45	46
E	52	51	52	55
G	55	55	57	60
H	45	45	48	49

Tabelle 7

Messwerte nach 2 h und 2 d Wasserlagerungsdauer der Prüfkörper
Messwerte von demselben Laboranten bestimmt

	Wasserlagerungsdauer	
	2 h	2 d
Laborant	1	1
Provenienz		
A	51	50
B	27	29
C	29	29
D	43	43
E	52	51
G	55	55
H	45	45

Tabelle 8

Differenzen der Mittelwerte nach 2 h und 2 d Wasserlagerungsdauer der Prüfkörper

	Wasserlagerungsdauer		
	2 h	2 d	Differenzen
Laborant	1	1	
Provenienz			
A	51	50	− 1
B	27	29	+ 2
C	29	29	0
D	43	43	0
E	52	51	− 1
G	55	55	0
H	45	45	0

Negative Differenzen bedeuten Verringerung des Messwertes nach 2 d Waserlagerungsdauer der Prüfkörper verglichen mit den Messwerten nach 2 h Wasserlagerungsdauer.

Tabelle 9

Differenzen der Mittelwerte nach verschiedener Wasserlagerungsdauer der Prüfkörper

	Wasserlagerungsdauer		
	2 h	62 d	
Laborant	1	3	Differenzen
Provenienz			
A	51	54	3
B	27	31	4
C	29	37	8
D	43	46	3
E	52	55	3
G	55	60	5
H	45	49	4

Positive Differenzen bedeuten Zunahme des Messwertes nach 62 d Wasserlagerungsdauer der Prüfkörper verglichen mit den Messwerten nach 2 h Wasserlagerungsdauer.

11.5 Polished Stone Value nach mehrmaliger Polierung

Alle im Abschnitt Polished Stone Value PSV untersuchten Prüfkörper sind nach dem Bestimmen des massgebenden Polished Stone Value PSV zusätzlich noch einmal mit Feinkorund– und Wasserzugabe während 3 Stunden poliert und der Polished Stone Value erneut bestimmt worden. Aufgrund der geringen Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsergebnissen sind von 7 Mineralstoffen unterschiedlicher Provenienz wiederholt Prüfungen durchgeführt worden, wobei jeweils fünf Polierungen mit Feinkorund und Wasserzugabe während 3 Stunden erfolgten. Jedesmal nachdem die Prüfkörper erneut mit Feinkorund poliert worden waren, bestimmte der Laborant die Messwerte.

Als massgebender Wert des Polished Stone Value PSV gilt jedoch ausschliesslich die Bestimmung nach einer einzigen Polierung mit Feinkorund und der entsprechenden Korrektur.

Tabelle 10

Provenienzen und Anzahl Prüfkörper der untersuchten Mineralstoffe

Provenienz A	4 Prüfkörper
Provenienz B	12 Prüfkörper
Provenienz C	12 Prüfkörper
Provenienz D	12 Prüfkörper
Provenienz E	8 Prüfkörper
Provenienz G	4 Prüfkörper
Provenienz H	4 Prüfkörper

Tabelle 11

Polished Stone Value nach mehrmaligem Polieren, Kontrollgestein nur einmal mit Feinkorund poliert

Provenienz	Anzahl Werte	Polierung mit Feinkorund					Differenzen zwischen 1. und 5. Polierung
		1.	2.	3.	4.	5.	
A	12	55	53	50	48	47	– 8
B	36	31	28	26	26	24	– 7
C	36	31	28	28	26	25	– 6
D	36	42	41	40	39	39	– 3
E	24	53	51	49	47	45	– 8
G	12	58	56	54	53	51	– 7
H	12	48	46	43	43	42	– 6

Negative Differenzen bedeuten Verringerung des Messwertes nach der fünften Polierung mit Feinkorund.

Alle Mittelwerte der Messungen sind mit dem Mittelwert der beiden Prüfkörper mit Kontrollgestein, englischer Splitt, nach der ersten Polierung mit Feinkorund korrigiert worden.

Tabelle 12

Polished Stone Value nach mehrmaligem Polieren, Kontrollgestein ebenfalls mehrmalig poliert mit Feinkorund

Provenienz	Anzahl Werte	Polierung mit Feinkorund					Differenzen zwischen 1. und 5. Polierung
		1.	2.	3.	4.	5.	
A	12	56	57	57	58	58	2
B	36	32	30	29	29	28	– 4
C	36	31	31	31	30	29	– 2
D	36	43	43	43	44	44	1
E	24	53	56	56	56	55	2
G	12	59	61	62	63	63	4
H	12	49	49	50	52	52	3

Negative Differenzen bedeuten Verringerung des Messwertes nach der fünften Polierung mit Feinkorund.

Alle Mittelwerte der Messungen sind korrigiert worden mit dem Mittelwert der beiden Prüfkörper mit Kontrollgestein, englischer Splitt, die jeweils genau so oft mit Feinkorund poliert wurden wie die Prüfkörper mit den Mineralstoffen.

Tabelle 13

Polished Stone Value des Kontrollgesteins, englischer Splitt, nach mehrmaligem Polieren

Kontrollgestein poliert mit Mineralstoffen	Anzahl Werte	Polierung mit Feinkorund 1.	2.	3.	4.	5.	Differenzen zwischen 1. und 5. Polierung
A	6	56	52	49	47	46	– 10
B	18	55	52	50	49	48	– 7
C	18	55	52	50	49	48	– 7
D	18	54	52	50	49	48	– 6
E	12	55	50	48	46	46	– 9
G	6	56	52	49	47	46	– 10
H	6	56	52	49	47	46	– 10

Negative Differenzen bedeuten Verringerung des Messwertes nach der fünften Polierung mit Feinkorund.

12. Erkenntnisse

Sehr wichtig ist das einheitliche Arbeiten aller Prüfstellen. Vorläufig ist der Polished Stone Value PSV nach Arbeitsvorschrift (Ziffer 9), zu bestimmen. Zwischen Prüfstellen bestehen noch immer Unterschiede bezüglich Arbeitsweise und Auslegung der Prüfvorschriften. Periodisch durchgeführte Workshops, wie derjenige von Konstanz, tragen dazu bei, vorhandenes Wissen weiterzugeben und zu vertiefen sowie neu mit der Durchführung solcher Prüfungen betraute Laboranten schnell zu zuverlässigen Mitarbeitern auszubilden.

12.1 Verfahrensanalyse

Alle Untersuchungen zum Abklären der Tauglichkeit der ergänzten Prüfmethode der Britischen Norm BS 812, Teil 3, 1975, mit Ergänzungen vom 31.3.1983, sind mit Teilnehmern während oder kurz nach dem Workshop in Konstanz durchgeführt worden. Als Mineralstoff für sämtliche Abklärungen der Verfahrensanalyse ist Kontrollgestein, englischer Splitt, verwendet worden. Jede beteiligte Prüfstelle setzte für die verschiedenen Teilarbeiten jeweils ihr eigenes Personal sowie die eigenen Prüf– und Messgeräte ein. Meistens führten diejenigen Mitarbeiter der Prüfstellen die Prüfungen aus, die den Workshop in Konstanz besuchten.

Tabelle 14

Massgebende Polished Stone Value PSV
Beurteilen der Fehlerquellen bei der Prüfung

Labor	Einlegen	Polieren	Messen
1	53.0	54.3	54.4
2	53.1	54.9	54.6
4	53.9	55.5	53.5
5	53.8	52.6	54.1
6	54.6	50.7	54.0
8	53.8	54.3	54.5
9	53.5	49.8	54.1
10	54.9	50.1	53.3
11	52.9	52.8	53.4
12	52.5	50.3	52.5
13	53.6	52.8	53.7

Damit der Einfluss der Messgeräte und deren Handhabung durch Labormitarbeiter jeder Prüfstelle auf das Resultat des jeweils ermittelten Polished Stone Value PSV abgeklärt werden kann (siehe Abb. 5), stellte ein Labormitarbeiter der Güteschutzgemeinschaft Alpine Moräne Edelsplitt, Konstanz, für alle Prüfstellen 14 Prüfkörper mit Kontrollgestein, englischer Splitt, her, polierte diese und betreute auch den Versand an die beteiligten Prüfstellen. Dadurch sind Unterschiede bei der gleichmässigen Verteilung der Mineralstoffe sowie unterschiedliche Beanspruchungen beim Polieren weitgehend ausgeschlossen, da diese 14 Prüfkörper auf demselben Prüfkörperrad miteinander gleichzeitig denselben Bedingungen ausgesetzt waren.

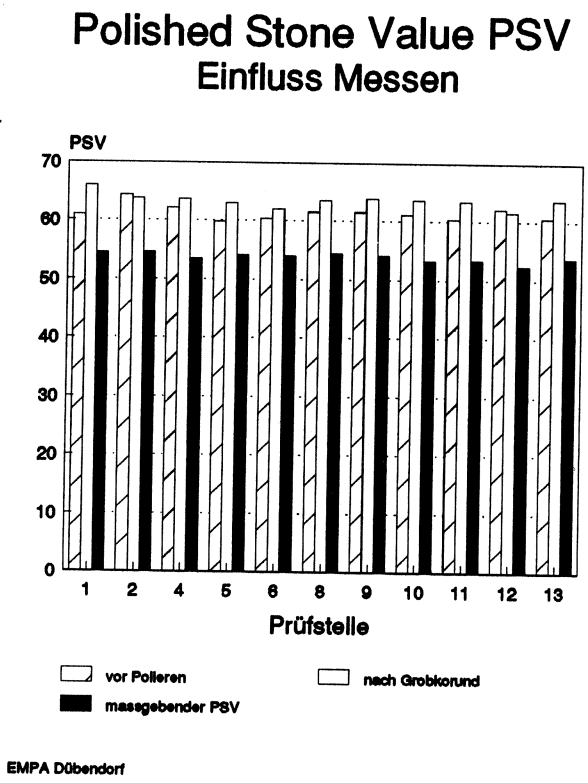


Abbildung 5

Graphische Darstellung zur Verfahrensanalyse, Abklären des Einflusses "Messen"

Für die Abklärung des Einflusses des Polierapparates mit den Fördereinrichtungen für Grob–, Feinkorund und Wasser stellte eine Prüfstelle für die beteiligten 11 Prüfstellen jeweils 4 Prüfkörper her. Diese Prüfkörper erhielt jede Prüfstelle, um sie nach mitgelieferter Arbeitsvorschrift mit Grob– und Feinkorund zu polieren. Danach bestimmte ein Laborant einer Prüfstelle sämtliche Polished Stone Values PSV (siehe Abb. 6).

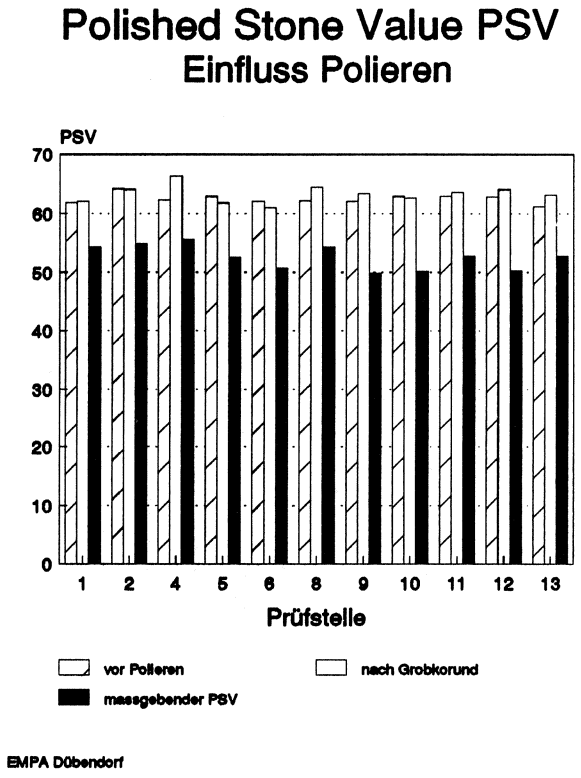


Abbildung 6

Graphische Darstellung zur Verfahrensanalyse, Abklären des Einflusses "Polieren"

Ein Laborant der EMPA erhielt von allen beteiligten Prüfstellen 4 bis 8 Prüfkörper, die er mit der Poliermaschine sowie den jeweiligen Dosiervorrichtungen der EMPA polierte und bestimmte die Polished Stone Values PSV (siehe Abb. 7). Durch dieses Vorgehen soll abgeklärt werden, ob individuelle Einflüsse beim Einlegen der Mineralstoffkörner in die Form die ermittelten Polished Stone Value PSV systematisch verändern.

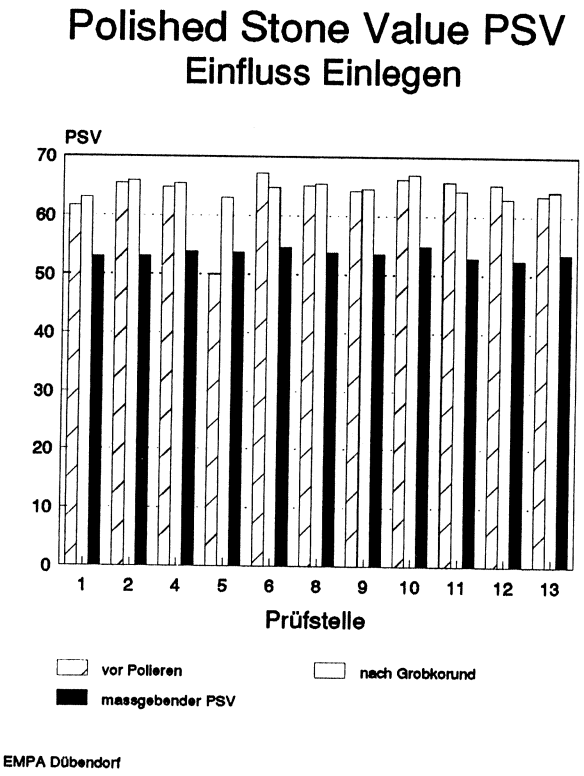


Abbildung 7

Graphische Darstellung zur Verfahrensanalyse, Abklären des Einflusses "Einlegen" der Mineralstoffkörner in die Form

Aus Beobachtungen der Mitarbeiter der EMPA in Konstanz geht eindeutig hervor, dass die Resultate der Polished Stone Values PSV personengebunden systematische Abweichungen beim Messen ergeben. Visuelle Kontrollen beim Messen des Polished Stone Value PSV ergaben geringe mitarbeitertypische Abweichungen des Beginns und Endpunktes der Gleitlänge des Gummigleiters auf den Prüfkörpern. Verursacht wurde das durch unterschiedliche Annäherungsgeschwindigkeiten des Pendelarmes, die dadurch hervorgerufene unterschiedliche Deformationen der Kante des Gummigleiters und somit durch die unterschiedliche Gleitlänge des Gummigleiters auf der Prüfkörperoberseite.

Die Untersuchungsergebnisse der Polished Stone Values PSV des Kontrollgesteins, englischer Splitt, sind vor dem Einwirken des Grobkorunds kleiner als nachher. Diese Tatsache lässt auf eine bedeutende aufrauhende Wirkung des Grobkorundes schliessen. Es treten sowohl bei der Messung des Polished Stone Value PSV vor als auch nach dem Polieren mit Grobkorund grosse Streuungen in den Mitteln der drei letzten Messwerte der vier Prüfkörper auf. Deshalb ist von einer Einbeziehung der PS–Werte vor dem Feinpolieren in eine Beurteilung der Mineralstoffe dringend abzusehen.

Das Polieren der Prüfkörper mit Feinkorund und Wasser während 3 Stunden glättet die Mineralstoffoberfläche wieder. Dies drückt sich in eindeutig niedrigeren Polished Stone Values PSV aus, als vor dem Feinpolieren. Die Unterschiede der gemessenen Polished Stone Values PSV zwischen den Prüfkörpern reduzieren sich ebenfalls.

Polished Stone Values nach dem Feinpolieren werden im folgenden als massgebende Werte betrachtet.

12.2 Statistische Auswertungen zur Verfahrensanalyse

Massgebende Polished Stone Values

Tabelle 15

Massgebende Polished Stone Values PSV
Beurteilen der Fehlerquellen bei der Prüfung

Labor	Einlegen	Polieren	Messen
1	53.0	54.3	54.4
2	53.1	54.9	54.6
4	53.9	55.5	53.5
5	53.8	52.6	54.1
6	54.6	50.7	54.0
8	53.8	54.3	54.5
9	53.5	49.8	54.1
10	54.9	50.1	53.3
11	52.9	52.8	53.4
12	52.5	50.3	52.5
13	53.6	52.8	53.7

Statistische Analyse der massgebenden Polished Stone Values PSV

Tabelle 16

Ereignis	Anzahl Werte	Mittel–werte	Minimaler Wert	Maximaler Wert	Standard–Abweichung
Einlegen	11	54	53	55	0.7
Polieren	11	53	50	56	2.0
Messen	11	54	53	55	0.6
alle PSV	33	53	50	56	1.0

Aus den berechneten statistischen Kennwerten der Verfahrensanalyse ist ersichtlich, dass sowohl das Einlegen der Mineralstoffkörner in die Metallformen zur Herstellung der Prüfkörper als auch das Messen des Polished Stone Value PSV in den an diesen Untersuchungen beteiligten Prüfstellen etwa zu gleich grossen Standardabweichungen der Mittelwerte führen.

Etwa doppelt so grosse Differenzen der Standardabweichungen ergeben sich bei der Auswertung der Resultate bestimmt an Prüfkörpern, die bei jeder Prüfstelle poliert worden sind. Dies deutet darauf hin, dass Prüfgerät und Dosiervorrichtungen jeder Prüfstelle richtig eingestellt und während der Durchführung der Prüfung genau überwacht werden müssen. Hauptsächlich beim Poliervorgang mit Feinkorund hat ein starkes Eingrenzen der Fehlerquellen zu erfolgen.

In dieser Berechnung ist nur eine unabhängige Variable (Zustände messen, polieren, setzen) in das Modell einbezogen; deshalb sind die beiden Quadratsummen und auch die in der Varianzanalysetabelle für das Modell ausgewiesene einander gleich. Der Wert PR > F beantwortet die Frage, "wenn der Parameter gleich Null ist, wie gross ist dann die Wahrscheinlichkeit, einen grösseren Wert für F zu erhalten?" Somit deutet ein sehr kleiner Wert für diese Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass der Wert des Parameters wahrscheinlich nicht gleich Null ist und deshalb die unabhängige Variable das Modell signifikant beeinflusst. Aufgrund der wesentlich von Null unterschiedlichen Werte muss deshalb geschlossen werden, dass die Varianzanalyse der Untersuchungsresultate der Verfahrensanalyse keine signifikante Beeinflussung des Polished Stone Values PSV durch Messen, Polieren und Einlegen beweisen kann.

13. Empfehlung an die Normenkommission

Aufgrund langjähriger Erfahrungen im bituminösen Strassenbau empfiehlt die EMPA der normenschaffenden Kommission "Baustoff–Technlogie" der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, in der Schweizerischen Norm SN 670 710 d, "Sand, Kies, Splitt und Schotter für Beläge, Qualitätsvorschriften", Anforderungen an den Polished Stone Value PSV festzulegen. In einem späteren Zeitpunkt, jedoch so rasch wie möglich, ist auch die zugehörige Prüfmethode zu normieren. Der Polished Stone Value PSV ist an der Splittfraktion 8 mm bis 11.2 mm zu messen. Es ist mit Quadratlochsieben gemäss Schweizerischer Norm SN 671 808 a auszusieben. Die Grenzwerte für den Polished Stone Value PSV von Deckschichten aus Asphaltbeton des Types S, von Deckschichten aus Asphaltbeton des Types N mit einer Verkehrslastklasse T5, von Betonbelägen sowie von Oberflächenbehandlungen von Strassen der Verkehrslastklasse >= T3 sollen mindestens 50 Einheiten betragen. Dieser Anforderung entsprechen ein Drittel der untersuchten Mineralstoffe (siehe Abb. 8).

Für alle übrigen Fahrbahnoberflächen muss der Polished Stone Value PSV mindestens 45 Einheiten betragen. Diese Anforderung erfüllten zwei Drittel der untersuchten Mineralstoffe.

Polished Stone Values zwischen 45 und 50 Einheiten resultierten bei vier der untersuchten 12 Mineralstoffe.

Splitte, hergestellt aus alpinem Kalkstein sowie aus Kalkstein vom Jura–Typus ergaben Polished Stone Values kleiner als 45 Einheiten.

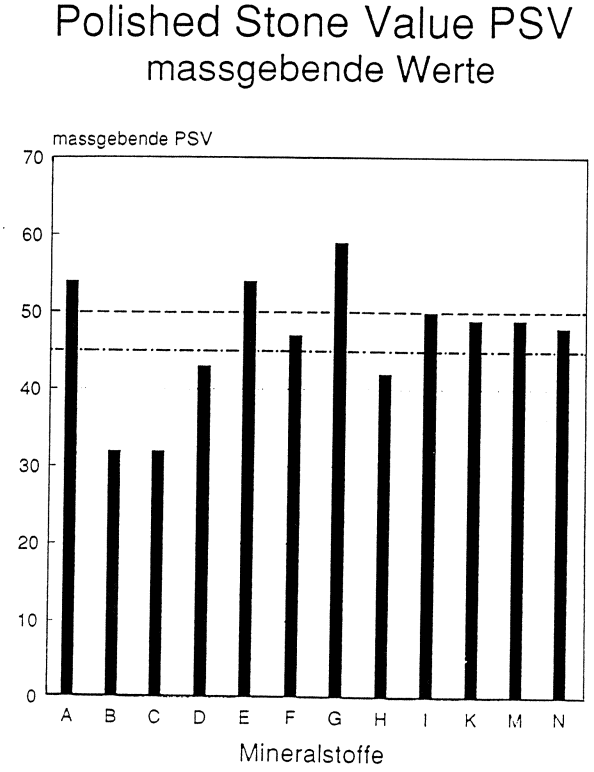


Abbildung 8
Graphische Darstellung der massgebenden Werte

14. Ausblick

Zunächst ist noch einmal auf die ausserordentliche Wichtigkeit hinzuweisen, beim Bestimmen des Polished Stone Value PSV die Arbeitsvorschrift konsequent einzuhalten. Die Arbeitsgeräte sind bezüglich Anforderungen und Funktion häufig zu überprüfen.

Werden diejenigen Dosiergeräte für Wasser und Korund bei der Durchführung der Prüfung verwendet, welche zum Poliergerät geliefert werden, dann müssen diese, während dem das Poliergerät arbeitet, ständig überwacht werden. Erfahrungsgemäss bereitet die Dosierung des Feinkorundes am meisten Probleme.

In einer folgenden Forschungsarbeit sind weitere verfahrenstechnische Probleme bezüglich der Bestimmung des Polished Stone Value PSV zu klären, so dass abschliessend eine Empfehlung für eine schweizerische Norm vorgelegt werden kann. Dafür ist hauptsächlich ein Optimieren der Prüfmethode noch erforderlich und notwendigerweise sind die Uebereinstimmung sowie die Reproduzierbarkeit der Untersuchungsergebnisse zu bestimmen. Für diese Abklärungen werden weitere schweizerische Prüfstellen in die Untersuchungen einbezogen.

Dübendorf, 20. Dezember 1989

Die Sachbearbeiter:
W. Humm
O. Neubauer
J.P. Junker

EMPA Dübendorf
Strassenbau, Abdichtungen
Der Abteilungsvorsteher:

H. W. Fritz