

PETROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR KLÄRUNG DES QUELLVERHALTENS VON BITUMENGEBUNDENEN SCHICHTEN IM STRASSEN OberBAU

Susanne Gruber

Institut für Technologie und Warenwirtschaftslehre, Wirtschaftsuniversität Wien, Augasse 2-6, A-1090 Wien, Tel.: ++43 1 31336-4822, Fax: ++43 1 31336-706,

e-mail: gruber.susanne@aon.at

1. Einleitung

Das Quellen mineralischer Bestandteile in Asphalten verursacht strukturelle Störungen in Form einer Abnahme des Marshalltragwertes, einem Anstieg des Fließwertes und einer Versprödung des Mörtels. Diese Störungen sind nachgewiesenermaßen durch den Füller (Kornklasse 0/0,09 mm) bedingt, und können in bituminösen Tragschichten auftreten, auch wenn diese mit einer dichten Decke überzogen sind. Selbst hohe Bitumendosierungen können diese Schäden nicht vermeiden (FENZ et al., 1987).

Die hochenergetische Gesteinsoberfläche beeinflusst die darüberliegende Bitumenschicht bis in eine Tiefe von 300 µm. In dieser Zone laufen alle Reaktionen ab, die chemisch und physikalisch die Vorgänge bei der Haftung beeinflussen (PONAHLÖ et al., 1988). Mit zunehmendem Gehalt an Kieselsäure in der Mineralkomponente treten häufig schlechtere Hafteigenschaften auf. Saure Gesteine (z. B. quarzhaltige) erweisen sich als hydrophil, während basische Gesteine als hydrophob gelten können. Kalksteine mit hohen Anteilen an Calciumcarbonat zeigen die beste Haftfähigkeit (FEIX, 1979).

Wasser kann einen mehr als 1/2 mm dicken Bitumenfilm an einer Mineraloberfläche – vor allem bei quarz- und feldspatreichen Gesteinen – durchstoßen und eine Zwischenschicht aufbauen (PONAHLÖ und LENGAUER, 1984; VELSKE, 1993) und Tonminerale zum Quellen bringen (SCHULZE, 1964).

Bei der Anwesenheit von wasserempfindlichen Komponenten wie Tonmineralen und dgl. wird Wasser durch den Einbau in die Zwischenschichten und durch die Adsorption an den Kornoberflächen aufgenommen, was zu einer Volumenvergrößerung (Quellung) führt (AUGUSTIN und KRAL, 1987).

Üblicherweise wird bei kritischen Materialien Eigenfüller durch reinen Kalkfüller ersetzt, aber selbst das schafft z. T. keine Abhilfe (JORDA, 1985), daher wurde vermutet, dass in der Sandfraktion der Grund für diese Schäden liegt. Die Ursache wurde konkret an der Oberfläche der Gesteinskörner – in Form von Verwitterungskrusten – vermutet. Durch Verwitterungsvorgänge in der Sandfraktion dürfte sich der Anteil an quellfähigen Mineralen erhöhen.

Um mögliche Gefährdungspotenziale abschätzen zu können, müssen Minerale in Lieferkörnungen untersucht werden. Derzeit werden nur die Fraktionen < 0,02 mm nach der Methode laut RVS 11.062 (1987) mineralogisch untersucht. Diese Methode enthält aber einige Ungenauigkeiten. Weiters besteht nur für ungebundene Schichten ein Mineralkriterium (RVS 8S.05.11, 1997) - darin sind Grenzwerte für einzelne Schichtsilikatgruppen festgelegt. Für gebundene Straßenschichten gilt derzeit nur ein vorläufiger Grenzwert von <10 % an aktiven Mineralen (Tonmineralen) (RVS 8.01.11, 1993).

Die Quellung - wie im Quellversuch nach ÖNORM B 3681 (1982) festgestellt - wird als Maß für den schädlichen Anteil wasserempfindlicher, quellfähiger Mineralstoffe in Zuschlägen herangezogen. Die Volumenvergrößerung nach dem Quellversuch kann nicht nur der Wirkung quellfähiger Mineralstoffe, sondern auch der Anlagerung von Wasser an der Gesteinsoberfläche zugeschrieben werden (AUGUSTIN und KRAL, 1987).

SCHULZE (1964) umhüllte reinen Füller < 0,09 mm leicht mit Bindemittel. Die Probekörper konnten über einen Zeitraum von 7 bzw. 28 Tagen Wasser über den Boden in einem Glaszylinder aufnehmen. Ein Quellwert von 3 Vol.-% wurde als gerade noch tragbar gehalten. SCHELLENBERG (1975) sieht einen Quellwert von 1 Vol.-% als die maximal zulässige Volumenvergrößerung an. Die zur Ausführung kommende Asphaltbetonmischung muss dabei geprüft werden, weil sich die Mineralstoffe gegenseitig beeinflussen können. In der Studie von LITZKA und LANGER (1991) wurde für die Beurteilung der Quellung von Asphaltprobekörpern bei einem Hohlraumgehalt von 8 - 10 % ein maximal tolerierbarer Wert von 0,6 % und bei einem Hohlraumgehalt von > 10 % ein Quellwert von 1,2 % herangezogen.

Im Zuge der vorliegenden Untersuchung wurde angenommen, dass Minerale an der Kornoberfläche der Sande eine Quellung bewirken. Die vermuteten Verwitterungskrusten sollten mit einer neu entwickelten Methode vollständig abgelöst und mineralogisch und petrologisch untersucht werden. Die Mineralanalyse wurde einfachen Methoden, wie Methylenblauadsorption und Wasseraufnahmefähigkeit nach Enslin, gegenübergestellt. Weiters wurde an den Proben der Quellversuch nach ÖNORM B 3681 durchgeführt. Durch die Untersuchungsergebnisse sollten die oben angeführten Problempunkte geklärt und eine bessere Qualitätssicherung bei der Zuschlagstoffproduktion erreicht werden.

2. Materialien und Methoden

Zur Untersuchung wurden 2 Referenzmaterialien und 11 Bewertungsmaterialien ausgewählt. Die Körnungen aus Gaaden und Elsenreith sind karbonatische Gesteinsrohstoffe, die auf Grund ihrer erprobten Eigenschaften als Referenzmaterialien bestimmt wurden.

Tab. 1: Referenzmaterialien und Bewertungsmaterialien (BK= Bruchkörnung, RK= Rundkörnung, EBK=Edelbrechkörnung)

Gesteinsmaterial	Herkunft	Steinbruch/Grube	Lieferkörnung
Referenzmaterialien			
Dolomit	Gaaden	Kowall	BK 0/4
Marmor	Elsenreith	Renz	BK 0/3
Bewertungsmaterialien			
Porphyrit-Kersantit	Persenbeug/Loja	Loja Wiener Baustoffwerke	BK 0/2
Diabas	Kitzbüchel/Oberndorf	Hartsteinwerke Kitzbüchel	BK 0/4
Diabas	Kitzbüchel/Oberndorf	Hartsteinwerke Kitzbüchel	EBK 0/2
Granulit	Meidling im Tal	Wanko	BK 0,5/3
Granulit	Meidling im Tal	Wanko	BK 0/2
Granit	Niederschrems	Schrems	BK 0/2
Granit	Niederschrems	Schrems	EBK 0/2
Kies	Marchfeld/Schönfeld	Riedmüller	RK
Kies	Gänsersdorf/Stripfing	Reinbold	RK
Kies	Traisen/Getzersdorf	Stuag	RK
Kies	Donau/Wien	Mayreder	RK

Die untersuchten Materialien (Tab. 1) wurden wegen ihrer Verwendung in der Bauindustrie, der Menge der abgebauten Lieferkörnungen und ihrer Verfügbarkeit für den Einbau ausgewählt (nähere Informationen zu den Materialien s. GRUBER, 2002).

Zunächst wurden die Lieferkörnungen durch eine Nasssiebung mittels Analysensiebmaschine und einer händischen Trockensiebung in Kornklassen aufgeteilt (RVS 8.01.11 1993). Diese gewonnenen Fraktionen wurden einer Ultraschallbehandlung unterzogen (siehe unten) um mögliche Verwitterungskrusten oder Feinanteile abzulösen. Die Mengen der abgelösten Bestandteile wurden auf die Lieferkörnung hochgerechnet und für die Beurteilung nach dem Mineralbestand herangezogen.

Die an den Kornoberflächen vermuteten Verwitterungskrusten wurden mit einer neu entwickelten Methode abgelöst. Dazu wurden kleine Mengen (je nach Korngröße abgestuft von 50 g bis 100 g) in Bechergläsern 15 Minuten lang in einer Ultraschallwanne (Bandelin Sonorex super RK 514 BH) und mit einem Ultraschallstab (Bandelin Sonoplus HD 60) ebenfalls 15 Minuten lang beschallt. Die abgelösten Minerale wurden über einem 0,09 mm Sieb abgetrennt und weiters mineralogisch untersucht. Eine detaillierte Zusammenstellung der Methode findet sich in MÜLLER et al. (1998).

Sowohl die „gereinigten“ Fraktionen, als auch die abgelösten Gesteinsanteile wurden mineralogisch untersucht. Die röntgenographische Mineralanalyse (RDA) wurde nach einer labor-internen Methode und nach der Methode gemäß RVS 11.062 (1987) durchgeführt, um die Unterschiede v.a. in der Auswertung aufzuzeigen. Es wird erforderlich sein, die RVS dahingehend zu überarbeiten, dass laborinterne Standards für die Auswertung der RDA-Analysen herangezogen werden.

Die Methylenblauadsorption wurde nach RVS 11.062 (1987) durchgeführt, allerdings dahingehend modifiziert, dass bei Proben, bei denen nur noch wenig Material zur Verfügung stand, eine geringere Probenmenge eingesetzt wurde. Gleichzeitig mit jeder Probenserie wurde eine Referenzprobe bekannter Mineralzusammensetzung (Bentonit) beprobt, deren Ergebnis in die Berechnung der Adsorption einbezogen wurde. Die größte Methylenblauadsorption wurde nicht bei den Füllern, sondern den anhaftenden Feinanteilen der Kornklasse 0,25/0,5 mm und 0,09/0,25 mm erreicht.

Die Bestimmung der Wasseraufnahme (Enslin-Versuch) wurde gemäß RVS 11.062 (1987) durchgeführt. Dafür konnten 3 Geräte des ÖFPZ-Arsenal verwendet werden, die u. a. auch zur Kalibrierung neuer Geräte verwendet werden. Es konnte auch bei diesem Versuch aufgezeigt werden, dass die Methode einer dringenden Überarbeitung bedarf (GRUBER, 2002).

Der Ablauf des Quellversuches wurde gemäß ÖNORM B 3681 durchgeführt. Die Gesteinsmischungen wurden mit Eigenfüller und Fremdfüller (Kalk aus dem Werk Wopfing) hergestellt. Durch den Ersatz des Eigenfüllers durch Fremdfüller konnten niedrigere Quellwerte erreicht werden. Diese Quellwerte liegen z. T. trotzdem wesentlich über den tolerierbaren Quellwerten und Kennlinien des beprobten Dolomits. Die vollständigen Untersuchungsergebnisse sind in GRUBER (2002) angeführt.

3. Ergebnisse

3.1. Minerale an Kornoberflächen

Im allgemeinen haben die Materialien in der Kornklasse 0,09/0,25 mm einen signifikant hohen prozentuellen Anteil an Feinanteilen im Vergleich zu den übrigen Kornklassen (Tab. 2). Der hohe Anteil ist einerseits auf die große Oberfläche der Kornklasse 0,09/0,25 mm und andererseits auf den Grenzbereich von 0,09 mm zurückzuführen. Das heißt, dass in der Kornklasse 0,09/0,25 mm zahlreiche Körner durch die Ultraschallbehandlung im Durchmesser verkleinert werden, wodurch diese durch das Sieb fallen und in die Menge der anhaftenden Feinanteile eingerechnet werden. Am Material der Kornklassen 0,5/1,0 mm, 1,0/2,0 mm und 2,0/4,0 mm haften sehr wenig Feinanteile an der Oberfläche der Körner.

Tab. 2: Anteil der Feinanteile an Kornoberflächen nach Behandlung mit Ultraschall

Feinanteile < 0,09 mm in % der Kornklasse					
Kornklasse	0,09/0,25	0,25/0,5	0,5/1,0	1,0/2,0	2,0/4,0
Referenzmaterialien:					
GAADEN BK 0/4	2,78	1,57	1,00	0,67	0,49
ELSENREITH BK 0/3	2,52	2,87	1,28	1,57	0,85
Breckkörnungen und Edelbreckkörnungen:					
LOJA BK 0/2	3,53	1,68	0,52	0,43	
KITZBÜHEL BK 0/4	5,27	2,07	1,43	0,80	0,35
KITZBÜHEL EBK 0/2	6,50	2,64	1,52	0,81	
MEIDLING BK 0,5/3	7,22	0,84	0,46	0,19	
MEIDLING BK 0/2	5,65	0,93	0,52	0,28	
SCHREMS BK 0/2	2,37	0,71	0,62	0,35	
SCHREMS EBK 0/2	1,72	0,46	0,26	0,16	
Kiese:					
Schönfeld	1,62	0,49	0,57	0,32	0,19
Stripfing	3,28	1,41	1,08	0,65	0,22
Getzersdorf	2,72	1,17	0,94	0,43	
Donau	2,51	0,72	0,60	0,52	0,24

Zur Überprüfung, ob tatsächlich Minerale an den Kornoberflächen anhaften und die vorhandenen Minerale vollständig abgelöst werden konnten, wurden Rasterelektronenmikroskopuntersuchungen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die vermuteten Verwitterungskrusten NICHT vorkommen, sondern feinste Minerale auf der gesamten Oberfläche der Gesteinskörner verteilt sind (Abb. 1 und 2). Dadurch ergibt sich eine viel größere aktive Oberfläche als ursprünglich vermutet.

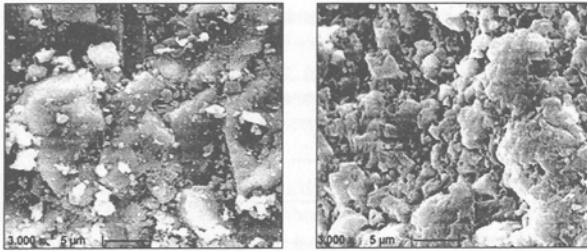


Abb. 1: DOLOMIT (Gaaden) BK 0/4, Korngröße 0,25/0,5 mm
links: unbehandelt, rechts: ultraschallbehandelt

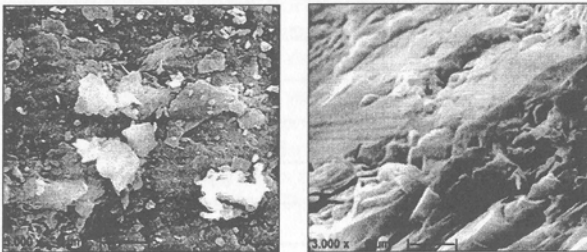


Abb. 2: DIABAS (Kitzbüchel) EBK 0/2, Korngröße 0,09/0,25 mm
links: unbehandelt, rechts: ultraschallbehandelt

Im Vergleich zu den unbehandelten Proben haben die Körnungen, die mit Ultraschall behandelt wurden, kaum oder keine anhaftenden Partikel an der Kornoberfläche. Durch die gewählte Methode konnten die anhaftenden Feinanteile abgelöst werden. Der gesamte Anteil der Feinanteile < 0,09 mm erhöht sich durch die Abtrennung der Minerale an den Kornoberflächen um 1 – 2 Prozentpunkte.

Allein durch eine Nasssiebung können die Feinanteile der Kornklasse < 0,09 mm einer Lieferkörnung NICHT zur Gänze gewonnen werden. Mineralbestimmungen - u. a. auch das Mineralkriterium - betreffen nach derzeitigem Stand der Versuchsdurchführungen somit bei einer herkömmlichen Trennung der Fraktionen nicht die Partikel, die an den Kornoberflächen anhaften.

3.2. Mineraluntersuchungen

Die Körnungen für bituminöse Tragschichten und Walzasphalt müssen in allen Korngruppen aus frostbeständigem Korn aufgebaut sein und haben die Anforderungen gemäß RVS 8.01.11 (1993) zu erfüllen. Gemäß RVS 8S.05.14 (1997) und RVS 8S.06.27 (1997) darf bis zur Festsetzung eines Grenzwertes das Gesamtkornmisch (RK, KK (Kantkörnung), BK 0/4, EKK (Edelkantkörnung) 0/2, EBK 0/2 (wenn der Anteil < 0,09 mm 10 % übersteigt) und EBK 0/0,09 mm) nicht mehr als **10 % an wasserempfindlichen Mineralen im Anteil < 0,02 mm**

aufweisen. Die Prüfung ist gemäß RVS 11.062, Pkt. 5 (1987) durchzuführen. In der Auswertung des Mineralgehaltes ist der Anteil der aktiven und nichtaktiven Minerale - im Sinne der RVS 8S.05.11 (Mineralkriterium) - anzugeben.

Bei Einbeziehung der anhaftenden Feinanteile (Tab. 3, vgl. Spalte 4 und 5) wird der Gehalt der aktiven Minerale der Fraktion < 0,02 mm wesentlich erhöht. Das kann aber als weiterer Beweis für das ungeklärte Quellverhalten dienen, das auftreten kann, selbst wenn eine Lieferkörnung nach dem Mineralgehalt als zulässig beurteilt wurde.

Tab. 3: Beurteilung der Füller und der anhaftenden Feinanteile nach RVS 8.01.11
(Werte in Masse-%)

Beurteilung der Füller und der anhaftenden Feinanteile nach RVS 8.01.11					
Proben	Anteil <0,02mm an Lieferkörnung der Füller	Anteil <0,02mm an Lieferkörnung der Füller + Feinanteile	Gehalt an aktiven Mineralen der Füller im Anteil <0,02mm	Gehalt an aktiven Mineralen der Füller und der Feinanteile im Anteil <0,02mm	Bewertung nach RVS 8.01.11 des Anteils <0,02mm
Gaaden BK 0/4	7,12	7,78	0	0	zulässig
Elsenreith BK 0/3	5,03	5,91	24	31	nicht zulässig
Loja BK 0/2	1,60	2,17	29	54	nicht zulässig
Kitzbüchel BK 0/4	9,15	10,09	69	84	nicht zulässig
Kitzbüchel EBK 0/2	7,73	9,15	58	81	nicht zulässig
Meidling BK 0,5/3	9,16	9,51	56	61	nicht zulässig
Meidling BK 0/2	10,51	10,94	60	65	nicht zulässig
Schrems BK 0/2	8,54	8,90	38	43	nicht zulässig
Schrems EBK 0/2	7,75	7,98	64	68	nicht zulässig
Schönfeld	4,21	4,70	30	37	nicht zulässig
Stripfing	11,16	12,17	60	72	nicht zulässig
Getzersdorf	13,99	14,84	29	33	nicht zulässig
Donau	7,18	7,84	34	42	nicht zulässig

Der vorläufige Richtwert von <10 % an aktiven Mineralen wird nur von einer der untersuchten Proben - vom Dolomit - nicht überschritten. Alle anderen Materialien überschreiten diesen Wert um ein Vielfaches. Dieser Wert ist offensichtlich zu niedrig angesetzt.

Eine Überarbeitung dieser Richtlinie ist dringend notwendig. Dabei sollte auch eine Unterscheidung der einzelnen Mineralgruppen vorgenommen werden, die ein unterschiedliches Wasseraufnahmevermögen haben.

4. Schlussfolgerungen

Die Ursache für das Quellverhalten ist auch in den anhaftenden Feinanteilen der Sande zu suchen, und nicht nur im Füller. Die anhaftenden Feinanteile können mit Ultraschall von der Oberfläche der Sande abgelöst werden.

Die Anleitungen der Analysen in den RVS und die darin enthaltenen Grenzwerte sind zu überarbeiten. Besonderes Augenmerk ist dabei auf zeit- und kostensparende Analysengänge zu legen.

Für eine rasche Abschätzung könnte die Methylenblauadsorption und die Wasseraufnahmefähigkeit nach Enslin herangezogen werden. Während jedoch die Methode der Methylenblauadsorption als gesichert angesehen werden kann, birgt die Wasseraufnahmefähigkeit nach Enslin zahlreiche Ungenauigkeiten im Gerät und in der Durchführung des Versuchs.

Um eine Abschätzung über mögliche Gefährdungspotenziale treffen zu können, müssen Minerale in Lieferkörnungen untersucht werden. Derzeit werden nur die Fraktionen < 0,02 mm nach der Methode laut RVS 11.062 mineralogisch untersucht. Diese Methode enthält aber einige Ungenauigkeiten. Weiters bestehen nur für ungebundene Schichten Grenzwerte für einzelne Schichtsilikatgruppen (RVS 8S.05.11). Für gebundene Straßenschichten gilt derzeit nur ein vorläufiger Grenzwert von <10% an aktiven Mineralen (RVS 8.01.11), dabei können aber Schäden nicht völlig ausgeschlossen werden.

5. Literatur

- AUGUSTIN, H., KRAL, K. (1987): Frost-Tau-Versuche an Asphaltprobekörpern. Straßenforschung Heft 317, BM für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.
- FEIX, R. (1979): Untersuchungen von Sanden zur Ermittlung der auf die Qualität bituminöser Mörtel wirksamen Einflußfaktoren, Heft 275, BM für Verkehr, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Bonn-Bad Godesberg.
- FENZ, G., GREGORI, H., KRZEMIEN, R., WALDHAUS, H. (1987): Ursachen von Rissen in Asphaltkonstruktionen. Straßenforschung Heft 345, BM für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.
- GRUBER, S. (2002): Mineralogische und petrologische Untersuchungen zur Klärung des Quellverhaltens von bitumengebundenen Schichten im Straßenoberbau. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, 53, Wien.
- JORDA, H. (1985): Methylenblauversuche an Gesteinskörnungen für den Straßenbau bis 5 mm Größtkorn. Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien.

- LITZKA, J. und LANGER, W. (1991): Analyse langfristig bewährter Straßenkonstruktionen, Straßenforschung 393, BM für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.
- MÜLLER, H. W., SCHWAIGHOFER, B. und GRUBER, S. (1998): Quellung von Asphalt, Ursachen und Auswirkungen. BMwA, Straßenforschung Heft 473, Wien.
- ÖNORM B 3681 (1982): Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete, Quellversuch, Wien.
- PONAHLO, J. und LENGAUER, Ch. (1984): Haftmechanismus zwischen Bindemittel und Mineralstoffen, Entwicklung eines Haftprüfverfahrens, Teil I, Straßenforschung Heft 239, BM für Bauten und Technik, Wien.
- PONAHLO, J., WARBICHLER, P., ALDRIAN, A., ELIS, Ch. (1988): Elektronenmikroskopie von Bitumen-Gesteinsschichten. Straßenforschung Heft 348, BM für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.
- RVS 11.062 (1987): GRUNDLAGEN, Prüfverfahren Steinmaterial, Semiquantitative röntgenographische Mineralanalyse (RDA). Wien.
- RVS 8.01.11 (1993): BAUSTOFFE, Steinmaterial, Gesteinskörnungen für den Straßenbau. Wien.
- RVS 8S.05.14 (1997): OBERBAUARBEITEN (ohne Deckenarbeiten), Tragschichten, Bituminöse Tragschichten im Heißmischverfahren. Wien.
- RVS 8S.05.11 (1997): OBERBAUARBEITEN (ohne Deckenarbeiten), Ungebundene Tragschichten, Wien.
- RVS 8S.06.27 (1997): DECKENARBEITEN, Bituminöse Decken, Walzasphalt. Wien.
- SCELLENBERG, K. (1975): Der Filler als wesentlicher Beitrag zur Standfestigkeit von bituminösen Belägen. Straße und Verkehr 61, 6, 273 - 277.
- SCHULZE, K. (1964): Die Beurteilung der Qualität von Steinmehlen zur Verwendung als Füller in bituminösen Massen für den Straßenbau, Straße und Autobahn 15, 10, 373.
- VELSKE, S. (1993): Straßenbautechnik. Verlag Werner, Düsseldorf.