

Rotschlamm ein ausgezeichnete Füllstoff für bituminöse Massen

R. THOME

After a survey on the utilization of red mud, description is given of the production of a filler for bituminous masses and especially the application in the bituminous road building.

The filler made of red mud («Rotfüller») disposes of a great binding capacity to bitumen, which is by far superior to that of minerals (for example limestone) used until now. «Rotfüller» therefore allows the production of a compact asphalt layer containing large quantities of binding agents and gravels and disposing of a high resistance.

The technical filler characteristics for road building are explained and report is given on trial roads.

1. EINLEITENDER ÜBERBLICK

Die zahlreichen Arbeiten der letzten Jahre auf dem Gebiet der Rotschlammverwertung machen deutlich, daß eine befriedigende Lösung dieses Problems generell nicht möglich ist. Erfolgversprechend erscheinen Teillösungen, welche die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigen. An wirtschaftlich gangbare Wege müssen in der Bundesrepublik Deutschland folgende Anforderungen gestellt werden:

- 1) Die neuen Produkte dürfen keine Umweltprobleme mit sich bringen.
 - 2) Als Rohstoff kommt nur eisenoxidarmer Rotschlamm in Betracht.
 - 3) Als interessante Teillösungen können nur solche Verwertungsmöglichkeiten angesehen werden, die zu einer merklichen Entlastung des durch die Rotschlammmenge verursachten Deponieproblems führen.
 - 4) Für den Absatz der aus Rotschlamm erzeugten Produkte ist der Standort der Verbraucher von wesentlicher Bedeutung.
 - 5) Die Rotschlamm-Weiterverarbeitung soll möglichst unabhängig von Zusatzstoffen sein.
 - 6) Unter Berücksichtigung langer Markteinführungszeiten muß die Produktionskapazität flexibel bzw. erweiterungsfähig sein. Auch kleine Einheiten sollten wenigstens kostendeckend arbeiten.
 - 7) Aufgrund der ernsten wirtschaftlichen Lage der Aluminiumindustrie sind Verluste aus Erlös und Herstellkosten bei einem neuen Produkt nur bis zur Höhe der derzeitigen Rotschlammdeponiekosten tolerierbar.
 - 8) Das neue Produkt muß Vorteile gegenüber Konkurrenz-Produkten bieten.
- Mißt man die in den letzten Jahren bekannt gewordenen, vom technologischen Standpunkt interessanten Verfahrensvorschläge an diesem 8 Punkte-Maßstab, so kommt man zu folgendem Ergebnis:

Die *Eisenerzeugung* ist in der Bundesrepublik vor allem wegen des tiefen Eisenoxidgehaltes der hier anfallenden Rotschlämme nicht realisierbar.

Die *Herstellung vorgebildeter Schlacke aus Rotschlamm*, Kalk und/oder Dolomit als Flußspat-Ersatz bei der Stahlerzeugung wäre kostengünstig nur möglich in großen Anlagen, die hohe Investitionen erfordern. Besonders das große Kapitalrisiko und die Absatzunsicherheit verhindern eine Projektverwirklichung.

Die *Blähtonherstellung mit Rotschlammzusatz* war bislang aus den gleichen Gründen nicht möglich.

Die *Mauerziegelherstellung* erscheint dort realisierbar, wo nur kurze Transportwege zu bewältigen sind, und feuchter Rotschlamm ohne kostenaufwendige Vorbehandlung eingesetzt werden kann. In Gegenden, wo guter Ton preisgünstig zur Verfügung steht (DM 1,50/t l), ist Rotschlamm sicher nicht konkurrenzfähig.

Flockungsmittel aus Rotschlamm werden der starken Konkurrenz von Sekundär-Aluminiumsulfaten aus tropischen Bauxiten kaum gewachsen sein. Darüberhinaus besteht noch keine Klarheit über die Begünstigung der Eutrophierung durch Eisenverbindungen. Es ist fraglich, ob unter diesen Voraussetzungen beachtliche Mengen absetzbar sind.

An die *Zementindustrie* werden von der VAW jährlich ca. 130 000 t Rotschlamm geliefert. Weitere Steigerungen erscheinen möglich. Hierbei ist die Standortfrage ausschlaggebend.

Die folgenden Ausführungen über das Thema dieses Vortrages befassen sich mit einer Verwertungsmöglichkeit, die nach den bisherigen Ergebnissen die Forderungen an eine wirtschaftliche Lösung in hohem Maße erfüllt.

2. ROTSCHLAMM — FÜLLSTOFF FÜR DEN BITUMINÖSEN STRASSENBAU — DER « ROTFÜLLER »

Im bituminösen Straßenbau werden zur Bindung des Bitumens Füllstoffe, sogenannte « Füller » eingesetzt. Es handelt sich um Steinmehle mit einer Korngröße von 0-0,09 mm. Konventionelle Füller sind Kalkstein und Flugasche. Zusammen mit dem Bindemittel (Bitumen) bildet der Füller den Mörtel, der kornabgestufte Sande und Splitte der Gesamtmischung in verdichtetem Zustand kohäsiv bindet und fixiert.

Seit 1963 sind von der VAW in Zusammenarbeit mit Firmen der Baustoffindustrie und mit Baustoffprüfinstituten umfangreiche Versuche zur Herstellung eines Straßenfüllers aus Rotschlamm durchgeführt worden. Als wirtschaftlichste Lösung erwies sich die Behandlung des feuchten Rotschlammes mit gelöschtem Kalk und die nachfolgende Aktivierung in einem speziellen Trocknungsverfahren. Bis 1972 wurden über 30 000 m² Versuchsstraße mit Rotfüller erfolgreich gebaut, darunter mehrere öffentliche Straßen.

In der Bundesrepublik werden jährlich ca. 70 Mio t von bituminösem Straßenbelag verarbeitet, mit einem Fülleranteil von 5-10%. Der Bedarf an Straßenfüller beträgt demnach mindestens 3,5 Mio t pro Jahr.

Der Rotfüller bietet gegenüber Kalksteinmehl beachtliche Vorteile. Bei Preisgleichheit müßte es daher gelingen, diesem Produkt einen wesentlichen Marktanteil zu erschließen.

3. ALLGEMEINE TECHNOLOGISCHE FÜLLEREIGENSCHAFTEN

Eine einheitliche Begriffsbestimmung der Gebrauchseigenschaften für Füller gibt es in der Bundesrepublik noch nicht, auch nicht auf internationaler Ebene. Aus den unterschiedlichen Auffassungen über die Füller-Aufgaben und Funktionen im bituminösen

Gemisch für den Straßenbau können folgende Punkte herausgestellt und zur Grundlage für die Diskussion des Rotfüllers gemacht werden:

— Der Füller bewirkt die mechanische und thermische Stabilisierung des Bindemittels (Bitumen).

— Der Mörtel (Bindemittel + Füller) bestimmt entscheidend die Verdichtbarkeit des Mineralgemisches, wobei Konsistenz und Menge von nachhaltigem Einfluß sind.

— Im eingebauten Zustand füllt der Mörtel die Hohlräume des Mineralgerüsts aus, welches er dabei verklebt und fixiert.

Für die Haltbarkeit einer Straßendecke sind die genannten Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung. Die Bemühungen auf dem Gebiet der Straßenbautechnik, die Straßendecken gegen die immer stärker anwachsenden Belastungen haltbarer zu machen, haben in erster Linie die Erhöhung des Hartgesteinteiles in der bituminösen Masse zum Ziel. Das dabei auftretende Problem der Mineralgemisch-Fixierung ist vor allem durch Verbesserung des Mörtels möglich. Besonders geeignet hierzu sind hochstabilisierende Füller. Der von der Vereinigte Aluminium-Werke AG aus Rotschlamm entwickelte Rotfüller besitzt die dazu erforderlichen Eigenschaften.

Die Beschaffenheit eines Füllers wird durch folgende, im Anhang näher erläuterte, physikalische Prüfmethode gekennzeichnet:

3.1. Untersuchungen am Original-Füller (Rohmehl)

Kornverteilung, Schüttdichte, Rohdichte, Raumdichte in Benzol, spezifische Oberfläche, Wasseraufnahme, Hohlraum (Lagerungsdichte) nach Ridgen und die Bitumenzahl nach v.d. Baan.

3.2. Untersuchungen am Mörtel

Erweichungspunkt (Ring und Kugel), Mastixgrenze nach Schulze und Quellung.

3.3. Untersuchungen am fertigen Gemisch

(= Splitt + Sand + Füller + Bindemittel)

Raumdichte, Hohlraum, Wasseraufnahme, Stabilität und Fließwert.

4. TECHNISCHE KENNWERTE DES ROTFÜLLERS

Zur vergleichenden Darstellung der füllertechnischen Eigenschaften, vor allem hinsichtlich der Versteifung bzw. Stabilisierung des Bitumens, sind folgende Prüfmethode geeignet:

- das Packvolumen (Lagerungsdichte) nach Ridgen;
- die Bitumenzahl nach v.d. Baan;
- die Mastixgrenze nach Schulze;
- der Erweichungspunktanstieg nach Ring und Kugel (E. P. RuK).

Aus Tabelle 1 geht die hohe Versteifungswirkung des Rotfüllers im Vergleich zu Kalksteinmehl besonders durch den Erweichungspunktanstieg nach Ring u. Kugel hervor.

Ein ΔT von 12 °C wird mit Kalksteinmehl erst bei einem Füller-Bitumenverhältnis von 1,5: 1 erreicht, während bei Rotfüller nur ein Verhältnis 0,82: 1 erforderlich ist.

Der gesetzmäßige Zusammenhang zwischen Packvolumen, Bitumenzahl und Erweichungspunktanstieg geht aus Abbildung 1 hervor. Da die Volumenkonzentrationen

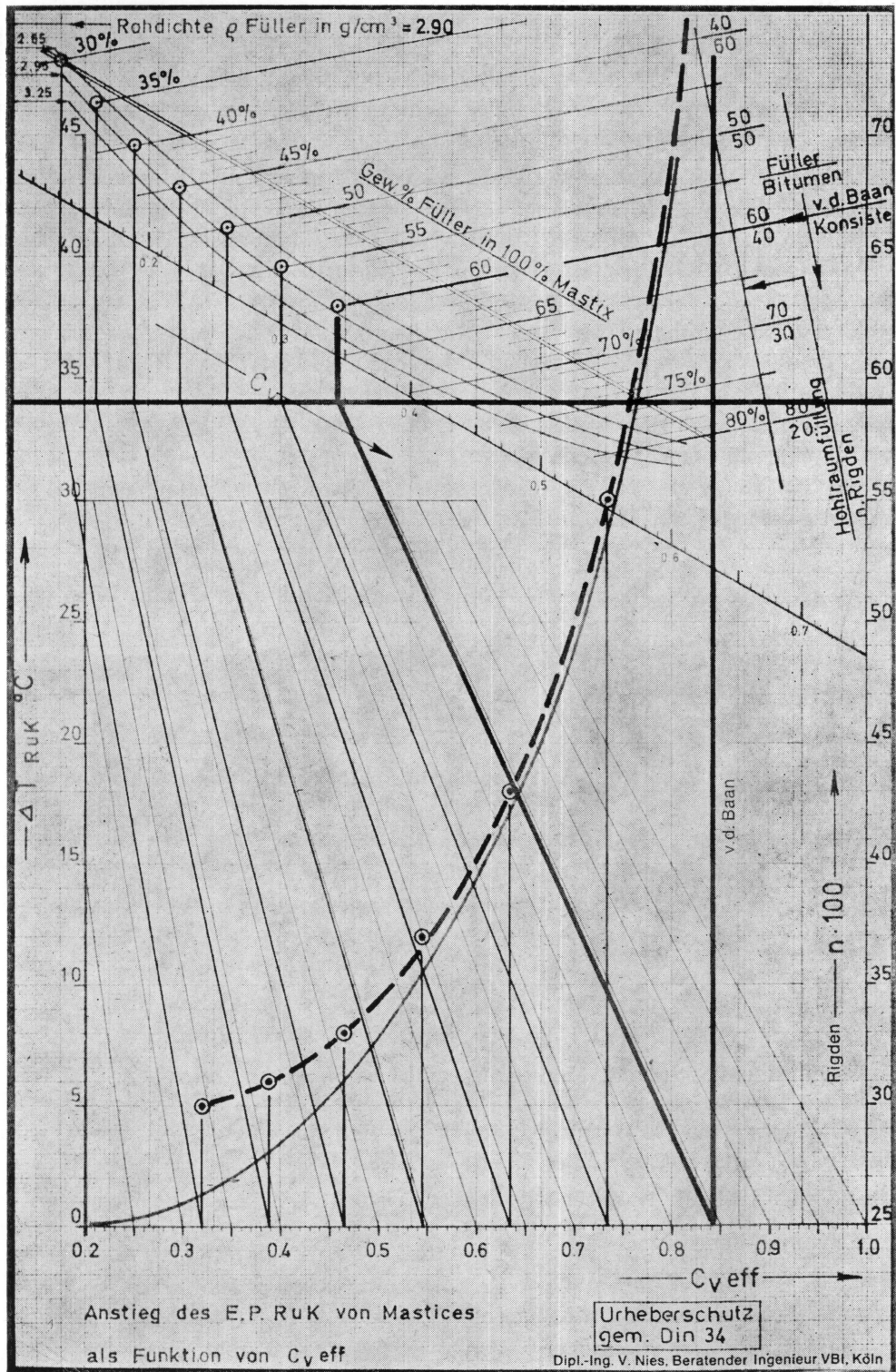
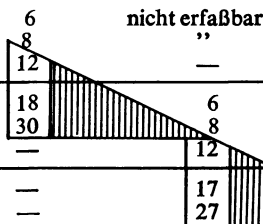


Abb. 1. — Anstieg des E.P. R u K von Mastices (Mörtel) als Funktion von $C_{v \text{ eff}}$

aussagekräftiger sind, wurde hierbei die Umrechnung ausgehend von Gew. % berücksichtigt.

TABELLE I

<i>Füller- u. Mörtelkennwerte</i>		<i>Rotfüller</i>	<i>Kalksteinmehl</i>
Korngröße	% < 90 µm	95	90
	% < 40 µm	80	30
Spez. Oberfläche BET	(m ² /g)	10	0,6
Dichte in Xylol	(g/cm ³)	2,90	2,7
Schüttdichte	(g/l)	600	700
Hohlraum nach Ridgen	Vol. %	59	30
Bitumenzahl v.d. Baan		69	27
Mastixgrenze	g	35	100
Raumdicke in Benzol	(g/cm ³)	0,35	0,90
Anstieg E.P. R u K		Δ T °C	
<i>Füller-Gew. % : Bitumen-Gew. % (B 200)</i>			
35 :	65		
40 :	60		
45 :	55 (0,82)		
50 :	50 (1,00)		
55 :	45 (1,10)		
60 :	40 (1,50)		
65 :	35		
70 :	30		

5. TECHNISCHE KENNWERTE DER ASPHALTMASSE

Aufgrund der starken Versteifungseigenschaften des Rotfüllers kann der Füllergehalt bei konventionellen Asphaltbetonmischungen um ca. 45% bzw. ca. 40% bei Einbeziehung des Sandanteils reduziert werden (Tab. II).

TABELLE II

Mischungszusammensetzung

<i>Konventioneller Asphaltfeinbeton mit</i>		<i>Rotfüller</i>	<i>Kalksteinmehl</i>
Basaltedelsplitt 5/8 + 2/5	Gew. %	46,2	46,8
Natur- u. Basaltbrechsand 0/2	Gew. %	40,1	35,6
Füller	Gew. %	6,1	11,2
Bitumen 80	Gew. %	7,6	6,4
Füller: Bitumen		0,80	1,75

Bei gleichartiger Mischungszusammensetzung bezüglich Splitt, Brechsand und Natursand ergeben sich daraus die in Abbildung 2 dargestellten volumetrischen Verhältnisse.

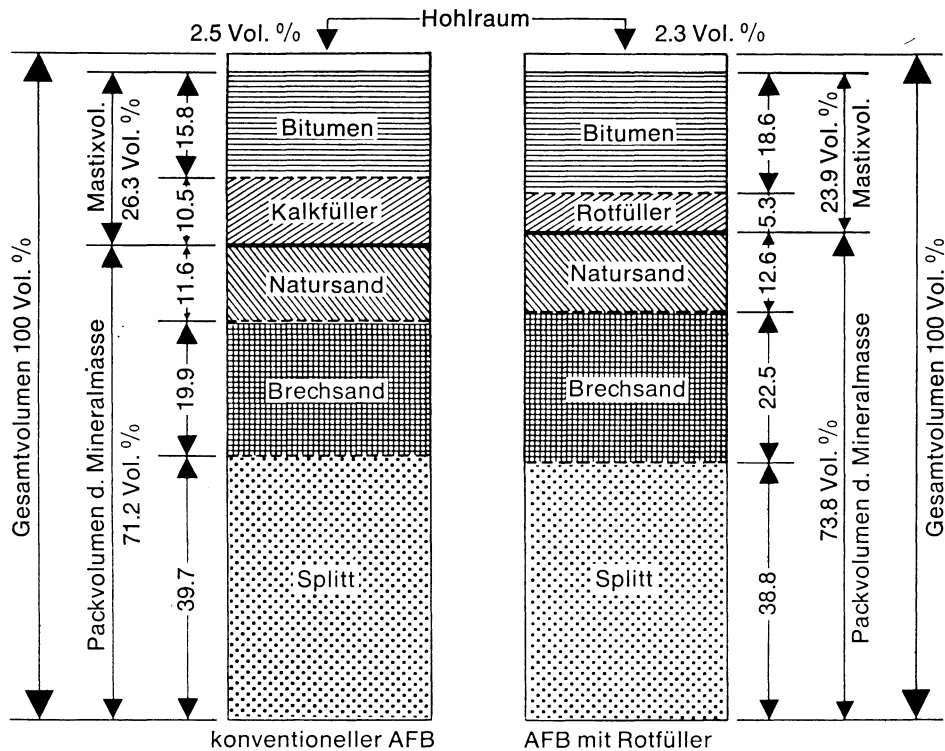


Abb. 2

Die geringfügigen Mengenabweichungen ergeben sich zwangsläufig durch die kleine Rotfüllermenge und den höheren Bitumengehalt. Das wesentlich geringere Mörtelvolumen bei Einsatz von Rotfüller, bedingt durch das tiefe Füller-Bitumenverhältnis, ermöglicht eine deutliche Erhöhung der Lagerungsdichte der Mineralmasse.

Der Unterschied im Packvolumen von 2,5-3 % ist deshalb beachtlich, weil die Sieblinie der füllerfreien Mineralmasse exakt übereinstimmt und die Mörtelkonsistenz ebenfalls gleich ist.

6. VERSUCHSSTRASSEN

Beispiele splittreicher Asphaltbetonmischungen mit Rotfüller sind in Tabelle III, die dazugehörigen Sieblinien in Abbildung 3 aufgeführt. Die Mischungen 0/8 und 0/11 entsprechen der TV bit 3/72. Der Sonderbelag 0/12 liegt mit 66 % Splitt über diesen Normen. Splittgehalte in dieser Höhe konnten bisher nur mit Hilfe von sehr teuren Füllern auf Asbest- oder Kautschukbasis hergestellt werden.

TABELLE III
Kennwerte der Asphaltmassen

Endkorndurchmesser	(mm)	0/8	0/11	0/12
Rotfüller	Gew. %	6,0	5,5	6
Sande	Gew. %	40,0	36,5	28
Basaltsplitt	Gew. %	54,0	58,0	66
Hohlraum	(Vol. %)	1,6	1,6	2,0
Stabilität	(kp)	960	810	810
Fließwert	(mm/10)	44	55	58
Bohrkernverdichtungsgrad	(%)	99		100

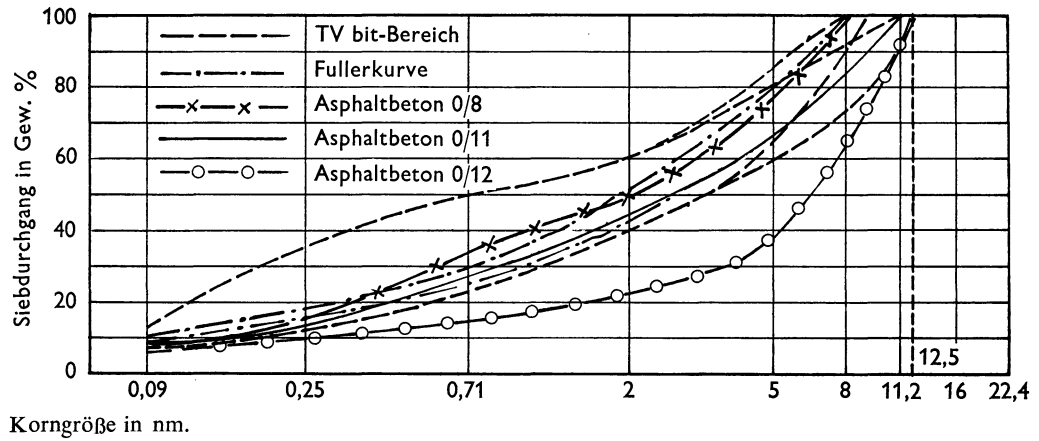


Abb. 3. — Kornverteilung der in Tabelle III aufgeführten Mischungen

Die besonderen Eigenschaften des Rotfüllers und Vorteile gegenüber konventionellen Füllern verdienen abschließend nochmals hervorgehoben zu werden:

- Überdurchschnittliches Bitumen-Bindungsvermögen mit hoher Versteifungswirkung und gleichzeitiger Bindemittelbevorratung zum Schutze gegen die Ausmagerung der Straßendecke.
- Die ungewöhnliche Füllerstärke bedingt ein geringeres Mörtelvolumen. Dadurch wird ein vorteilhaftes Packvolumen der Mineralmasse Sand + Splitt erreicht.

Diese Eigenschaften gestatten die preisgünstige Herstellung von dichten, bindemittel- und splittreichen Asphaltdecken, wie sie mit gebräuchlichen Steinmehlen nicht herstellbar sind.

Die erfolgreichen Rotfüller-Entwicklungsarbeiten wurden im Lippewerk der Vereinigte Aluminium-Werke AG vor allem von den Herren Wargalla und Bings in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Nies, Köln, und dem Straßenbau- und Bitumenlabor der Gelsenberg AG durchgeführt.

Ein Teil der Arbeiten wird durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.

ANHANG

Meßgrößen und deren Beziehungen für die Füllerprüfung

1. *Gehalte in Gew. %:*

Mineralstoffe (M); Füller (F); Bindemittel in 100 Gew. % Asphaltmasse (B).

2. *Rohdichte:*

Mineralstoffe (ρM); Füller (ρF); Bindemittel (ρB); Bitumenmasse (ρR_{bit}).

3. *Raumdichte:*

Bituminöse Masse z.B. Prüfkörper $\rho A_{bit} = \left(1 - \frac{H_{bit}}{100}\right) \times \rho R_{bit}$.

4. *Feststoffvolumen:*

Mineralstoffe $\left(VM = \rho A_{bit} \times \frac{M}{\rho M}\right)$;

Füller im Prüfkörper $\left(VF = \rho A_{bit} \times \frac{F}{\rho F}\right)$

5. *Hohlraumgehalt* :

$$\text{Bindemittelvolumen } V_B = \rho_A \text{ bit} \times \frac{B}{\rho_B};$$

$$\text{Prüfkörper } V_L = 1 - (V_M + V_F + V_B); V_L = P.$$

6. *Sättigungsgrad* :

Verhältnis des mit Bindemittel gefüllten Hohlraumes zum Gesamtvolumen des Prüf-

$$\text{körpers } S = p \times \frac{H_M}{100} (\text{Vol } \%).$$

7. *Raumdichte in Benzol* :

die nach Lagerung in Benzol (6 h) sich ergebende Raumdichte.

8. *Quellung* :

Volumen % — Zunahme einer gestampften Füllermenge nach 12 h Wasserlagerung.

9. *Bitumenzahl (v.d. Baan)* :

Wasserbedarf in g je 100 g trockenen Füllers bis zur Normenkonsistenz.

10. *Erweichungspunkt* (Ring + Kugel — Din 1995):

Differenz (T, °C) zwischen E.P. des bit. Mörtels aus Füller + Bitumen bei steigender Füllerkonzentration und E. P. des Bitumens.

11. *Mastixgrenze* (Schulze):

= diejenige Füllermenge in g, welche sich in 15 g Bitumen 80 bei 160 °C bis zur krümeligen Konsistenz einrühren läßt.

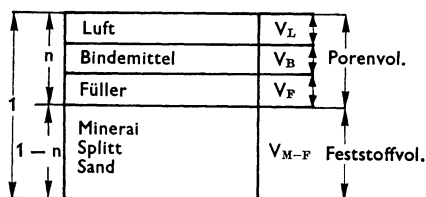
12. *Stabilität* (Marshall):

Festigkeitskennwert bei Bruchbelastung (kp) eines zylindrischen Probekörpers.

13. *Fließwert* (Marshall):

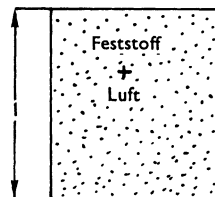
Verformung in mm/10 des Marshallkörpers unter der Scherbeanspruchung in der Scherpresse bei einem Vorschub von 50 mm/Min. bei 60 °C.

14. Porenvolumen u. Porenfüllungsgrad bituminöser Prüfkörper.

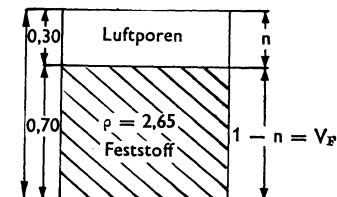


15. Porenvolumen des Füllers nach Verdichtung (British St. 812).

Ridgen-Versuch
genormte Trockenverd



Phasentrennung



$$\text{z.B. } G = 1,855 \text{ g; } V = 1$$

$$\gamma_t = \frac{G}{V} = 1,855 \text{ g/cm}^3$$

(γ = Trockenraumgewicht)

Ridgen-Wert $n = 30 \text{ Vol. \%}$ = Haufwerksporen d. tro. verd. Füllers

$$\text{Feststoffvolumen} = V_F = \frac{1,855}{2,65} = 1 - n$$

$$\text{Porenvolumen} = V_L = n = 0,30$$

16. *Volumenkonzentrationsbestimmung*:

An variablen Mischungszusammensetzungen durch Anwendung des Ridgen-Versuches.

Beispiel Füller: Bitumen = 50: 50.

Volumenkonzentration des Füllers in der Mischung:

$$C_v = \frac{\frac{F}{\rho_F}}{\frac{F}{\rho_F} + \frac{B}{\rho_B}} = \frac{\frac{50}{2,65}}{\frac{50}{2,65} + \frac{50}{1,02}} = 0,28$$

Wirksame Volumenkonzentration :

$$C_{v\text{eff}} = \frac{C_v}{1 - n} = \frac{\text{vorliegende Füllerkonz.}}{\text{Füller — Volumenkonz. nach Ridgen}} = \frac{0,28}{1 - 0,30} = 0,40$$

17. TV bit 3/72 = Deutsche technische Vorschriften Bitumen 3/72.

*Vereinigte Aluminium Werke AG
Gerichtsweg 48, 53 Bonn (R.F.A.)*