

Erarbeiten von Grundlagen zur Festlegung von Anforderungskennwerten für den Gyratorversuch

Etablissement des données de base pour la fixation des valeurs d'exigences pour l'essai de presse à cisaillement giratoire

Achieving basis knowledge for determination of required characteristic values for Gyrotory compactor

CONSULTEST AG

Institut für Materialprüfung, Beratung und Qualitätssicherung im Bauwesen

M. Kronig, dipl. Ing. ETH

Forschungsauftrag VSS1999/123 (15/99) auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Dezember 2002

CONSULTEST AG
Institut für Materialprüfung, Beratung
und Qualitätssicherung im Bauwesen

Deisrütistrasse 11
CH - 8472 Ohringen
Tel 052 / 335 28 21
Fax 052 / 335 28 24

ZUSAMMENFASSUNG

Der Gyratorversuch dient zur Optimierung der Mischgutzusammensetzung im Rahmen von Eignungsprüfungen unter Berücksichtigung der Verkehrsbelastung und des Klimas (Lufttemperaturen). Bei dieser auf volumetrische Kennwerte basierenden Entwurfsmethode steht an erster Stelle die Beurteilung des Widerstandes gegenüber bleibender Verformung. In letzter Vergangenheit hielt der Gyratorversuch auch Einzug in die Schweizerische Normierung und in die objektbezogenen Qualitätssicherungskonzepte für den Nationalstrassenbau. Als Anforderungskennwerte wurden teilweise die Anforderungen nach SHRP (Strategic Highway Research Program) übernommen.

Ziel der Forschungsarbeit besteht darin, Grundlagen zur Festlegung von Anforderungskennwerten zu erarbeiten. Dabei sollen die Anforderungen nach SHRP mit den bestehenden Normanforderungen, insbesondere mit den volumetrischen Marshallkennwerten verglichen und hinterfragt werden.

Das Vorgehen wurde praxisbezogen auf die aktuelle Mischgutproduktion in der Schweiz abgestimmt, indem im Rahmen der Qualitätssicherung bei aktuellen Sanierungsvorhaben in den Jahren 1999 bis 2002 zu den üblichen Marshallprüfungen der Gyratorversuch durchgeführt wurde. Dieses Vorgehen ermöglicht eine Berücksichtigung der Erfahrung mit den bestehenden Kennwerten und die Einbettung der festzulegenden Gyratorwerte in das bestehende Anforderungsprofil. Die Erfassung konzentriert sich auf den Mischguttyp H von Tragschichten (HMT 22 H und HMT 32 H) mit den Bindemitteln Bitumen 50/70 und mit harten Spezialbindemitteln. Als Hauptparameter wurden der Hohlraum Marshall, der Hohlraum Gyrator bei $N_{des}=126$ erfasst und gegenübergestellt. Als Nebenparameter wurden im Weiteren die Korngrößenverteilung, die Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels, sowie die ergänzenden Marshall- und Gyratorwerte erfasst und tabellarisch dargestellt.

Im direkten Vergleich der bestehenden Normanforderungen für die volumetrischen Marshallkennwerte mit den Gyratorkennwerten wird klar, dass die Anforderungen nach SHRP nicht mit dem bestehenden Anforderungsprofil nach Marshall gleichgesetzt werden kann. Die Gyratorverdichtung führt im Vergleich zu der Marshallverdichtung zu tieferen Hohlraumgehalten, d.h. zu dichteren Mischungen. Dies bedeutet, dass bei einer Asphaltbemessung nach SHRP ein im Vergleich zu den Richtwertbereichen der bestehenden Schweizer Norm und somit gegenüber der heutigen Praxis und dem Erfahrungsstand tieferer Bindemittelgehalt, eventuell kombiniert mit einem tiefen Filler und Sandanteil (tieferer Anteil an bituminösem Mörtel) sowie Erhöhung des Grobkornanteils (Stützkorngerüst) resultiert. Die nach dieser Methode optimierte Mischgutzusammensetzung weist eine Maximierung der Verformungsbeständigkeit auf, dies jedoch erfahrungsgemäss auf Kosten der Ermüdungsfestigkeit und der Kälteeigenschaften, was sich insgesamt negativ auf die Dauerhaftigkeit auswirkt.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse des Vergleichs der Anforderungen nach SHRP für den Gyratorversuch mit den bestehenden Normanforderungen an die volumetrischen Marshallkennwerten resultiert somit die Aussage, dass eine uneingeschränkte Anwendung der Gyratoranforderungen nach SHRP auf das nach schweizerischen Normen und Erfahrungen konzipierte Mischgut nicht durchgeführt werden kann. Das Anforderungsprofil an die Gyratorkennwerte nach SHRP kann nicht mit dem bestehenden Normenanforderungsprofil gleichgesetzt werden. Wird der Gyratorversuch eingesetzt, bedeutet dies, dass die Normanforderungen angepasst werden müssen.

Im Weiteren wird vorgeschlagen, den Einsatzbereich des Gyratorversuchs auf die Durchführung von Eignungsprüfungen für die Konzeption spezieller Asphaltmischungen mit hohen Anforderungen an die Standfestigkeit zu beschränken und nicht auf die Durchführung von Kontrollprüfungen im Rahmen der Qualitätssicherung auszuweiten. Wird die Gyratorprüfung im Rahmen von einer Eignungsprüfung eingesetzt ist konsequent die Umdrehungszahl auf die tatsächliche Verkehrsbeanspruchung abzustimmen. Ein entsprechender Vorschlag in Abhängigkeit der Verkehrslastklasse wurde ausgearbeitet.

RESUME

L'essai de presse à cisaillement giratoire sert à optimiser la composition d'un enrobé dans le cadre d'une étude de formulation prenant en considération le débit de circulation ainsi que les situations climatiques (températures). Cet essai basé sur des valeurs volumétriques sert à priori à l'appréciation de la susceptibilité à l'ornièrage. Dans un passé récent l'essai giratoire a fait son entrée dans les normes SN et dans les concepts de qualités utilisés dans la construction des routes nationales. Les exigences SHRP (Strategic Highway Research Program) ont été partiellement reprises comme valeurs d'exigences.

Le but de ces travaux de recherches, consiste à poser les bases pour la fixation de valeurs d'exigences. A cette occasion, les exigences SHRP ainsi que celles des normes SN en vigueur, en particulier les valeurs volumétriques Marshall, se doivent d'être comparées et remises en question.

Ce procédé a été mis en conformité avec la production actuelle d'enrobés bitumineux en Suisse. Dans le cadre de concepts de qualité utilisés pour des mesures de restauration entre les années 1999 et 2002, l'essai giratoire a été réalisé en même temps que les essais Marshall conventionnels. Ce procédé rend possible la prise en considération de l'expérience acquise avec les valeurs Marshall existantes et de mettre les valeurs giratoires dans le catalogue d'exigences actuellement définies.

Le recensement de ces données se concentre sur un enrobé de type H pour couche de support (HMT 22 H et HMT 32 H) avec un liant bitumineux 50/70 et des liants durs spéciaux.

A titre de paramètre principal, la teneur en vides Marshall et la teneur en vides giratoire avec une valeur $N_{des} = 126$ ont été recensées et comparées. Comme paramètre secondaire, la granulométrie, les valeurs de qualité du liant récupéré ainsi que les valeurs complémentaires des essais Marshall et giratoire ont été aussi recensées et sont représentées sous forme de tableau.

Une comparaison entre les exigences actuelles définies dans les normes SN concernant les valeurs Marshall avec les valeurs giratoires, montre que les exigences SHRP ne peuvent pas être directement comparées avec les exigences Marshall actuelles. Le compactage giratoire en comparaison au compactage Marshall met en valeur des teneurs en vides plus basses, c'est à dire des mélanges plus denses.

Si l'on compare les résultats d'essai avec la méthode SHRP et les valeurs indicatives des normes SN valables à ce jour ainsi que la pratique et l'expérience actuelle, il en résulte une teneur en liant et une fraction en sable plus faible (quantité plus basse en mortier bitumineux) de même qu'une augmentation de la fraction en pierres concassées (squelette granulaire). Par ce procédé, l'optimisation de la composition d'enrobé démontre une augmentation tangible de la résistance à la déformation, selon la pratique au prix de la résistance à la fatigue et des qualités à la résistance au gel, ce qui a pour effet d'influer négativement la durée de vie de l'enrobé.

D'après les résultats comparatifs des exigences SHRP pour l'essai au cisaillement giratoire et des exigences des normes SN en vigueur actuellement pour les résultats volumétriques Marshall, on peut affirmer que l'application complète et sans réserve des exigences giratoires selon SHRP pour les enrobés fabriqués et conçus selon les normes SN et l'expérience acquise à ce jour, n'est pas possible. Le catalogue d'exigences concernant les valeurs giratoires et celui des normes SN ne peuvent pas être mis sur le même plan. Il est donc proposé que l'application de l'essai au cisaillement giratoire pour la réalisation d'études de formulation de mélanges d'enrobés bitumineux de qualité supérieure soit limitée aux essais de résistance à la déformation et ne doit pas être pris en compte pour les mesures de contrôle dans le cadre de l'assurance de qualité. Si cet essai est utilisé pour une étude de formulation, il est judicieux de définir le nombre de tours adéquat en fonction de la sollicitation due au trafic prévu. Une proposition correspondante, tributaire aux classes de trafic a été élaborée.

Bases to the definition of requirement identity values of the Gyratory test

Summary

The Gyratory test serves for the optimization of the mix composition in the frame of ability tests taking into account the traffic load and the climate (air temperatures). At this draft method basing on volumetric identity values, the judgement of the resistance against remaining distortion stands first. In the last past the Gyratory test was also included into the Swiss standardisation and in the object-related quality assurance concepts for national road construction. As requirement identity values the requirements according to SHRP (Strategic Highway Research program) were partially taken over.

The purpose of the research project consists in compiling bases to the definition of requirement identity values. The SHRP requirements should be compared with the existing norm requirements, in particular with the volumetric Marshall identity values.

The action was co-ordinated practically to the topical mixing property production in Switzerland: within the scope of the quality assurance with topical renovation plans from the year 1999 to 2002 to the usual Marshall test the Gyratory test was also carried out.

This procedure allows a consideration of the experience with the existing identity values and the imbedding of the Gyratory identity values in the existing requirement profile. The registration concentrates upon the mixing property type H of base layers (HMT 22 H and HMT 32 H) with the binding agents bitumen 50/70 and with hard special binding agents. As main parameters the hollow cavity Marshall and the hollow cavity Gyratory at $N_{des}=126$ were registered and confronted. Other parameters like the grain dimensions distribution, the qualities of the recovered binding agent, as well as the complementary Marshall and Gyratory values have been grasped and shown in tabular form.

In the direct comparison of the existing norm requirements for the volumetric Marshall identity values with the Gyratory identity values becomes clear that the requirement according to SHRP cannot be equated with the existing requirement profile after Marshall. The Gyratory compression leads in comparison with the Marshall compression to lower held for hollow cavity, i.e. to denser mixtures. This signifies, that with an asphalt calculation to SHRP one in comparison with the approximate value areas of the existing Swiss norm and therefore compared with the today's practise and the state of experience deeper binding agent salary, perhaps, combined with a low Filler and sand portion (lower portion of bituminous mortar) as well as rise of the coarse grain portion. The mixing property composition optimized after this method shows a maximization of the distortion permanence, this, nevertheless, according to experience at the expenses of the fatigue strength and the cold qualities what affects all together negatively on the durability.

On account of the present results of the comparison of the requirements to SHRP for the Gyratory test with the existing norm requirements for the volumetric Marshall identity values results therefore the statement that an unlimited application of the Gyratory requirements to SHRP on mix which is whichis conceived to swiss norms and experiences cannot be conducted. The requirement profile to the Gyratory identity values to SHRP cannot be equated with the existing norm requirement profile. If the Gyratory test is used, the norm requirements must be adapted.

Subsequently it is suggested to limit the application of the Gyratory test to the conduction of ability tests for the conception of special asphalt mixtures with high requirements for the state firmness and not expand it to examinations within the scope of quality assurance.

If the Gyratory test is used within the scope of an ability check, the rotation number must be consequently adapted to the actual traffic demand. A suitable suggestion in dependence of the traffic load class was worked out.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Ausgangslage und Zielsetzung
2. Vorgehen
3. Gyratorversuch
 - 3.1 Prinzip der Gyratorverdichtung
 - 3.2 SHRP Spezifikationen
 - 3.3 Prüfkörperherstellung
 - 3.4 Bestimmung der Umdrehungszahl
 - 3.5 Anforderungen an den Gyrator-Verdichtungsgrad
4. Erfassung und Darstellung der Resultate
5. Resultate und Beurteilung
 - 5.1 Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} – Hohlraumgehalt Marshall
 - 5.2 Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} – Bindemittelgehalt
 - 5.3 Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} – Hohlraumfüllungsgrad Marshall
 - 5.4 Hohlraumfüllungsgrad Gyrator – Hohlraumfüllungsgrad Marshall
6. Schlussfolgerungen
 - 6.1 Grundsätzliches
 - 6.2 Fazit

Literaturverzeichnis

Anhang

Tabellarische Resultatedarstellung, Einzelresultate

HMT 22 H, hartes Spezialbitumen

HMT 22 H, Bitumen 50/70

HMT 32 H, hartes Spezialbitumen

HMT 32 H, Bitumen 50/70

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Die Schweizer Normen SN 640 431b „Asphaltbetonbeläge“, resp. die Empfehlung VSS 641 601-1a „Prüfplan für bitumenhaltige Schichten“, sowie diverse objektbezogene Qualitätssicherungskonzepte im Nationalstrassenbau schreiben beim Einsatz vom Mischguttyp H vor, zu den bestehenden Prüfungen zusätzlich den Widerstand gegen Verformungen und die Verdichtungswilligkeit zu prüfen. Als mögliche Untersuchungen werden neben dem Spurrinntest LCPC der Gyratorversuch [SHRP] vorgeschlagen. Während für den Spurrinntest Anforderungen im Sinne von empfohlenen Grenzwerten in der Norm festgehalten sind, fehlen diese für den Gyratorversuch [1,2].

Das Ziel der Forschungsarbeit besteht darin, Grundlagen zur Festlegung von Anforderungskennwerten zu erarbeiten und grundsätzlich die Möglichkeiten des Gyratorversuches im Rahmen von Eignungsprüfungen und Kontrollprüfungen aufzuzeigen. Dabei sollen die Anforderungen nach SHRP (Strategic Highway Research Program) mit den bestehenden Normanforderungen, insbesondere mit den volumetrischen Marshallkennwerten verglichen und hinterfragt werden.

2. Vorgehen

Das Vorgehen wurde praxisbezogen auf die aktuelle Mischgutproduktion in der Schweiz abgestimmt, indem im Rahmen der Qualitätssicherung bei aktuellen Sanierungsvorhaben in den Jahren 1999 bis 2002 zu den üblichen Marshallprüfungen der Gyratorversuch durchgeführt oder bestehende Gyrotorkennwerte statistisch erfasst wurden. Dieses Vorgehen ermöglicht eine Berücksichtigung der Erfahrung mit den bestehenden Kennwerten und die Einbettung der festzulegenden Gyrotorkennwerte in das bestehende Anforderungsprofil.

Die Erfassung konzentriert sich auf den Mischguttyp H von Tragschichten (HMT 22 H und HMT 32 H).

Der Prüfvorrichtung und der Versuchsdurchführung des Gyratorversuches sind die SUPERPAVE - Spezifikationen des amerikanischen Strategic Highway Research Program (SHRP) zugrunde gelegt.

3. Gyratorversuch

3.1 Prinzip der Gyratorverdichtung

Die Laborverdichtung der Prüfkörper mit dem Gyrator stellt ein wesentlicher Bestandteil der SUPERPAVE-Asphaltbemessung dar, welche in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und den durchschnittlich höchsten 7-Tages Lufttemperaturen durchzuführen ist. Im Gegensatz zur Marshallverdichtung, bei der das Asphaltmischgut in einer relativ kleinen zylindrischen Form durch vertikale Schläge des Hammers verdichtet wird, wird bei der Gyratorverdichtung das Probenmaterial durch vertikalen, gleichbleibenden Druck und gleichzeitiger Rotation um einen fest eingestellten Winkel in eine zylindrischen Form gebracht. Die aufgebrachte Last P und der Gyratorwinkel Φ ist definiert und wird während des Versuchs konstant gehalten. Durch diese statische Druck-Scherbeanspruchung wird das Mischgut Scherkräften unterworfen, ähnlich wie sie bei der Verdichtung mit dem Fertiger und bei der Walzverdichtung auftreten. Diese im Vergleich zur Marshallverdichtung praxisingerechtere Verdichtung der Prüfkörper stellt ein wesentlicher Vorteil des Gyratorversuchs dar [1, 2, 3].

P [600 kPa]

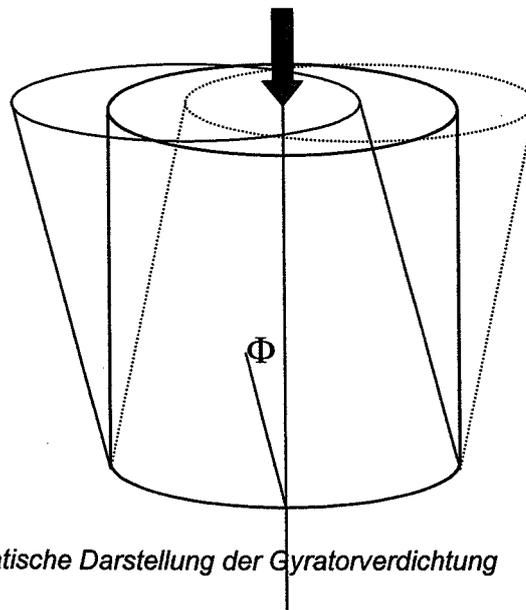


Abbildung 1 : Schematische Darstellung der Gyratorverdichtung

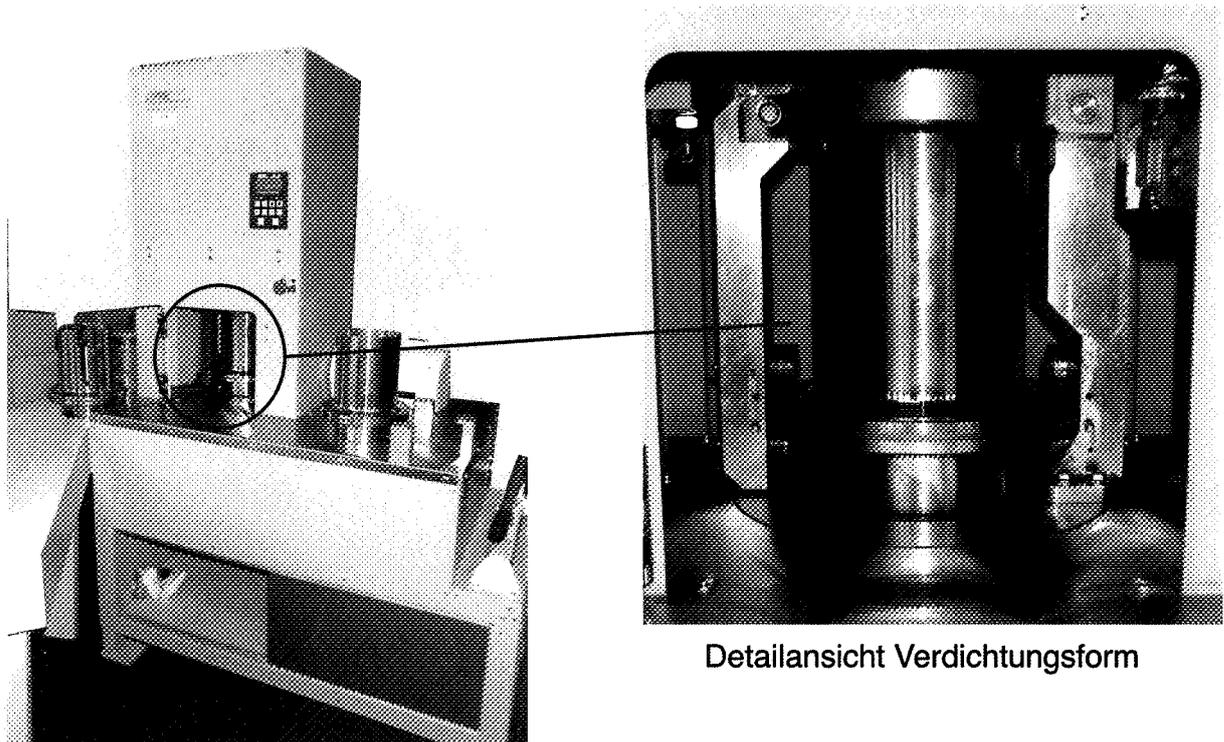


Abbildung 2 : Gyratorverdichter, Prüfapparatur

3.2 SHRP Spezifikationen

Die wesentlichen Prüfbedingungen und Abmessungen sind :

- Statische Druckspannung: $600 \text{ kPa} \pm 18 \text{ kPa}$
- Rotationswinkel: $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$
- Umdrehungen pro Minute: 30 ± 0.5
- Durchmesser des Prüfkörpers $\varnothing = 150 \text{ mm}$
- Höhe des Prüfkörpers $h = 115 \text{ mm}$
- Verdichtungstemperatur abhängig von der Bindemittelviskosität

3.3 Prüfkörperherstellung

Das Probenmaterial wird nach der Temperierung und der Kurzzeitalterung in den vorgeheizten Prüfzylinder gefüllt und sofort verdichtet. Während des Verdichtungsvorganges werden die Höhen des Prüfkörpers kontinuierlich auf 0.05 mm genau registriert (Abb. 3). Damit wird indirekt die Volumenänderung in Abhängigkeit der Gyratorumdrehungen erfasst, was eine Beurteilung der Verdichtungswilligkeit zulässt. Aus den Messergebnissen werden die unkorrigierten Verdichtungsgrade C berechnet und grafisch aufgezeichnet (Abb. 4). Als Verdichtungsgrad wird beim Gyratorversuch das prozentuale Verhältnis der jeweiligen Rohdichte zur Dichte definiert.

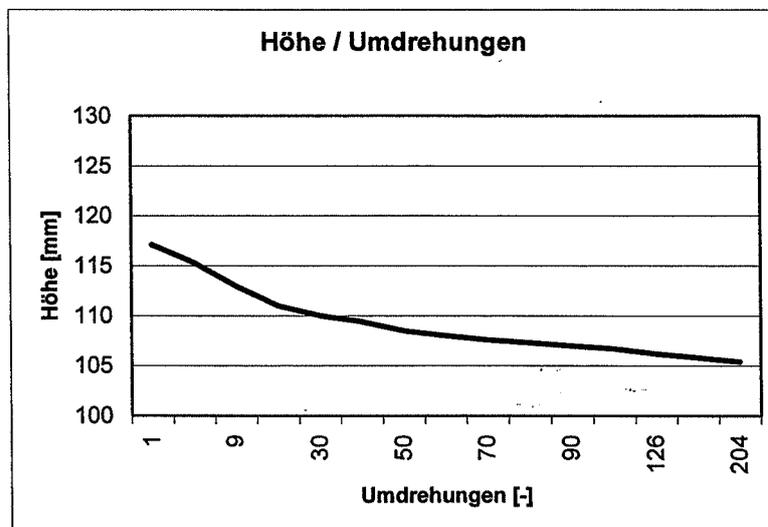


Abbildung 3 : Prüfkörperhöhe in Funktion der Umdrehungen

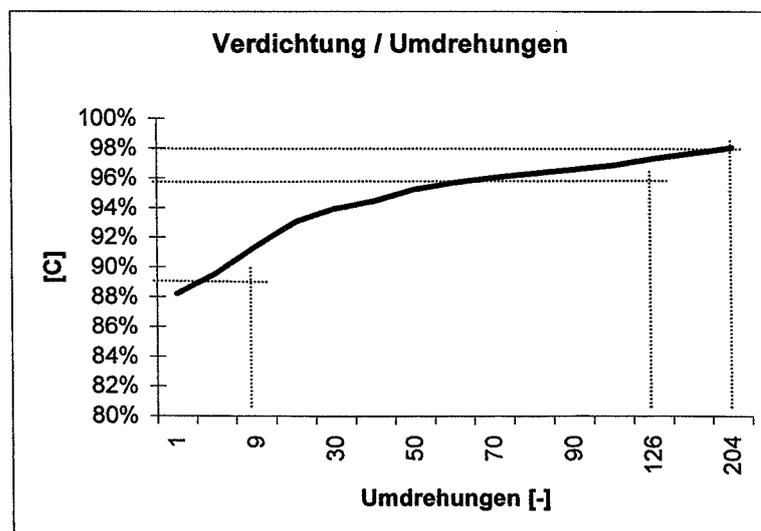


Abbildung 4 : Verdichtungsgrad in Funktion der Umdrehungen

3.4 Bestimmung der Umdrehungszahl

Die Verdichtung des Asphaltgemisches im Gyrator wird bis zur Erreichung der maximalen Anzahl von Umdrehungen N_{max} durchgeführt. Die Anzahl der Umdrehungen wird aufgrund der Verkehrsbelastung in ESAL's (Equivalent Single Axle Load, 80 kN), sowie der Lufttemperatur (Durchschnitt der maximalen 7-Tage Lufttemperatur) bestimmt (Tabelle 5). Dabei werden bei SUPERPAVE drei Eckpunkte definiert :

- N_{ini} Umdrehungsanzahl für die Anfangsverdichtung.
 N_{des} Umdrehungsanzahl, bei der alle volumetrischen Parameter ausgewertet werden.
 N_{max} Umdrehungsanzahl, welche die Verdichtung am Ende der Gebrauchsdauer simuliert.

ESALs* (10^6)	Durchschnittlich höchste 7-Tages Lufttemperatur							
	<39°C		39°C – 40°C		41°C – 42°C		43°C – 44°C	
	N_{des}	N_{max}	N_{des}	N_{max}	N_{des}	N_{max}	N_{des}	N_{max}
<0,3	68	104	74	114	78	121	82	127
0,3 – 1	76	117	83	129	88	138	93	146
1 – 3	86	134	95	150	100	158	105	167
3 – 10	96	152	106	169	113	181	119	192
10 – 30	109	174	121	195	128	208	135	220
30 – 100	126	204	139	228	146	240	153	253
>100	143	233	158	262	166	275	172	288

*Equivalent Single Axle Load, 80 kN

Tabelle 5: Umdrehungszahlen des Gyrators nach Superpave

In der bisherigen Praxis wurden im Rahmen der objektbezogenen PQM im Nationalstrassenbau für den Mischguttyp H und die Verkehrslastklassen T5 und T6 folgende Umdrehungszahlen vorgeschrieben :

	Anzahl Umdrehungen
N_{ini} Anfangs-Umdrehungszahl	9
N_{des} Bemessungs-Umdrehungszahl	126
N_{max} End-Umdrehungszahl	204

3.5 Anforderungen an den Gyrator-Verdichtungsgrad

Für die volumetrischen Anforderungskennwerte sind aus der Verdichtungskurve massgebend :

- der Anfangs-Verdichtungsgrad C_a bei N_{ini}
- der Bemessungs-Verdichtungsgrad C_b bei N_{des}
- der End-Verdichtungsgrad C_e bei N_{max}

Mit der Höhe des ausgeformten Probekörpers werden die korrigierten Verdichtungsgrade C_a , C_b und C_e berechnet. Dabei gelten folgende Anforderungen an die Verdichtung :

- Anfangs-Verdichtungsgrad $C_a < 89 \%$
Der Anfangs-Verdichtungsgrad (d.h. das Rohdichte / Dichte-Verhältnis) nach N_{ini} darf 89 % nicht überschreiten. Das bedeutet, dass jeder Asphalt einen Mindestverformungswiderstand haben muss und nach einer nur geringen Anfangsverdichtung noch ein Hohlraumgehalt von mindestens 11 % verbleiben muss.

- Bemessungs-Verdichtungsgrad $C_b = 96 \% (\pm 0.5 \%)$
Der Bemessungs-Verdichtungsgrad C_b nach N_{des} Gyratorumdrehungen beträgt für alle Asphalte 96 % und bedeutet, dass ein Hohlraumgehalt von 4 % ($\pm 0.5 \%$) im Prüfkörper vorhanden sein muss.
- End-Verdichtungsgrad $C_e < 98 \%$
Der End-Verdichtungsgrad nach N_{max} Gyratorumdrehungen darf 98 % nicht unterschreiten. Nach maximaler Verdichtungsleistung muss noch ein Rest-Hohlraumgehalt von mindestens 2 % im Prüfkörper vorhanden sein.

Da die Anforderungen an den Verdichtungsgrad C_a , C_b und C_e für jede Mischgutsorte gleich bleiben, kommt der Wahl der Umdrehungszahl die entscheidende Bedeutung zu.

4. Erfassung und Darstellung der Resultate

Folgende Ausgangsbaustoffe wurden geprüft und erfasst :

Mischgutsorten und -typen

- HMT 22 H
- HMT 32 H

Bindemittel

- Bitumen 50/70
- Harte Spezialbitumen

Als harte Spezialbindemittel wurden die Produkte BP Structur sowie Mixelf 10/20 erfasst. In der Resultatedarstellung und Auswertung wurden die beiden Produkte nicht unterschieden.

Als Hauptparameter wurden erfasst und dargestellt :

- Hohlraum Marshall
- Hohlraum Gyrator bei $N_{des}=126$
- Bindemittelgehalt löslich

Als Nebenparameter wurden - falls vorhanden - informativ erfasst und dargestellt:

- Korngrößenverteilung
Durchgang bei 0.09, 2.8, 5.6
- Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels
Penetration bei 25 °C
Erweichungspunkt Ring und Kugel
Penetrationsindex
- Marshallkennwerte (Ergänzung)
Stabilität Marshall
Fließwert Marshall
Hohlraumfüllungsgrad mit Bitumen
Verdichtungstemperatur
- Gyratorkennwerte (Ergänzung)
Hohlraumgehalt im Mineralgemisch VMA
Hohlraumfüllungsgrad VFA
Verdichtungstemperatur

Die Resultatedarstellung erfolgt für folgende Mischgutsorten tabellarisch :

- HMT 22 H hartes Spezialbindemittel
- HMT 22 H Bitumen 50/70
- HMT 32 H hartes Spezialbindemittel
- HMT 32 H Bitumen 50/70

Die Tabellen mit den Einzelresultaten sind im Anhang dargestellt.

Im Weiteren wurden folgende Relationen in Form von Punktediagramme grafisch dargestellt :

Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} – Hohlraumgehalt Marshall

Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} – Bindemittelgehalt

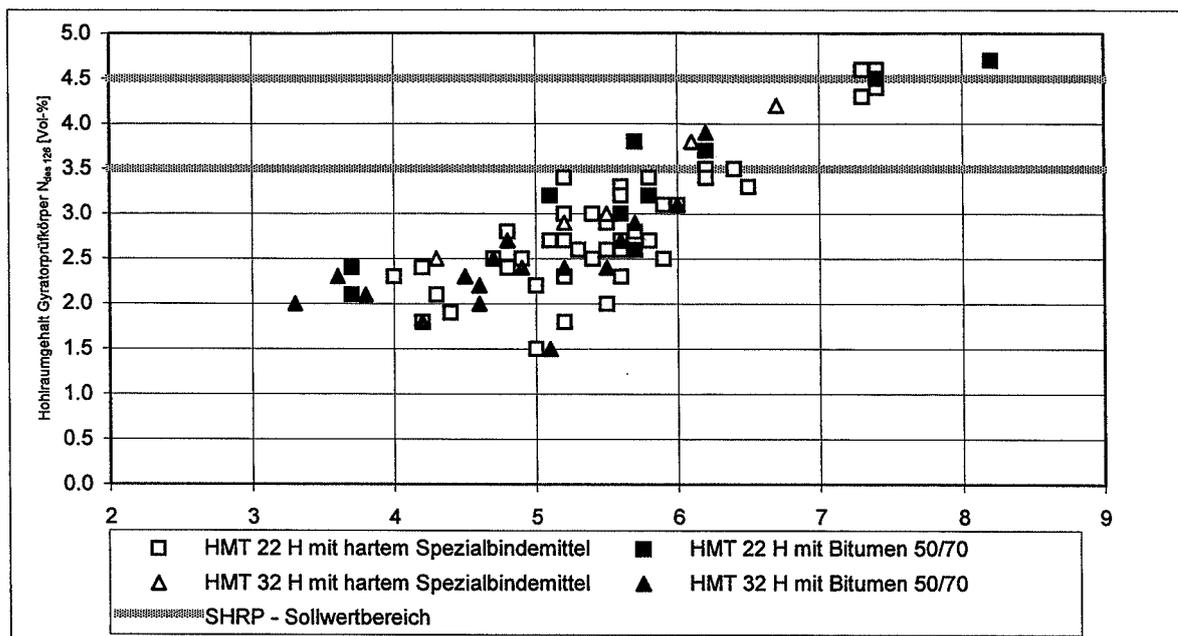
Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} – Hohlraumfüllungsgrad Marshall

Hohlraumfüllungsgrad Gyrator – Hohlraumfüllungsgrad Marshall

Während beim Hohlraumgehalt Marshall keine Unterscheidung zwischen den Sorten HMT 22 und HMT 32 vorgenommen wurde, erfolgte beim Bindemittelgehalt und beim Hohlraumfüllungsgrad eine separate Betrachtung.

5. Resultate und Beurteilung

5.1 Hohlräume Gehalt Gyrator nach N_{des} – Hohlraumgehalt Marshall



Grundsätzlich zeigt sich der erwartete Zusammenhang zwischen den beiden Kennwerten : ein hoher Hohlraumgehalt im Gyratorprüfkörper entspricht auch einem hohen Hohlraumgehalt im Marshallprüfkörper. Aus dem Vergleich der Absolutwerte geht jedoch hervor, dass die Kennwerte nicht gleichgesetzt werden können : der Hohlraumgehalt der Gyratorwerte liegt im Vergleich zum Marshall-Hohlraumgehalt deutlich tiefer. Die Ursache dieser Differenz liegt in der unterschiedlichen Verdichtungsart und Verdichtungsleistung.

Die Anforderung an den Gyrator-Hohlraumgehalt von 3.5 ... 4.5 Vol-% wird nur von ca. 10 % der untersuchten Mischungen erfüllt. Wird von einem mittleren Sollwert im Marshall-Hohlraumgehalt von 5.5 Vol-% ausgegangen, liegen 97% der Werte innerhalb der zulässigen Marshall-Abweichungen von 3.5 ... 7.5 Vol-% für Einzelwerte.

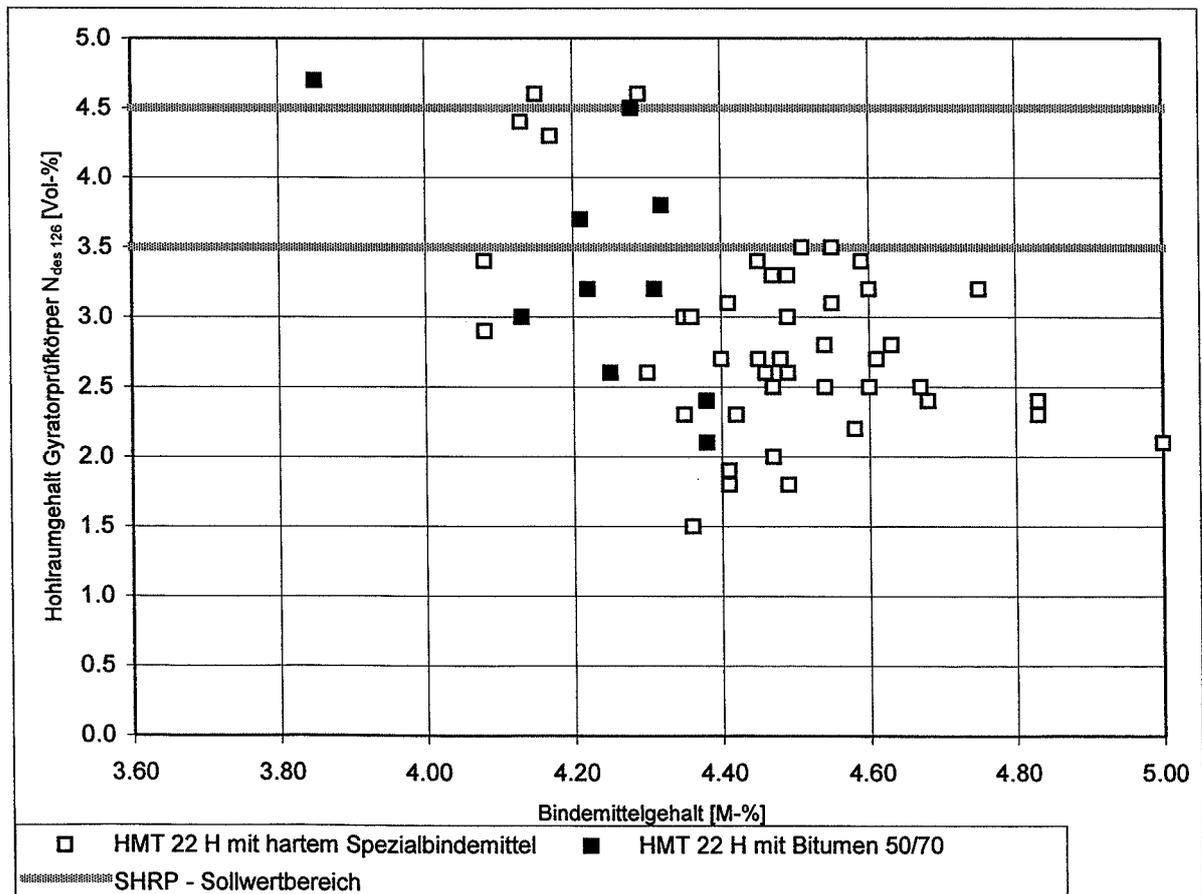
Aus diesem Vergleich wird deutlich, dass eine Gleichbehandlung der beiden Kennwerte innerhalb desselben Anforderungsprofils als kritisch bezeichnet werden muss. Damit die Anforderung an den Gyrator-Hohlraumgehalt mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten werden kann, ist ein Hohlraumgehalt Marshall von ca. 6.0 bis ca. 7.5 Vol-% anzustreben.

Eine generelle Anhebung des Hohlraumgehaltes Marshall in diesen Bereich ist aufgrund der Erfahrung auch für H-Typen als zu hoch anzusehen, d.h. der Aspekt der Standfestigkeit wird gegenüber dem Aspekt der Dauerhaftigkeit zu stark gewichtet. Diese Aussage gilt verstärkt bei der Anwendung von harten Spezialbindemitteln.

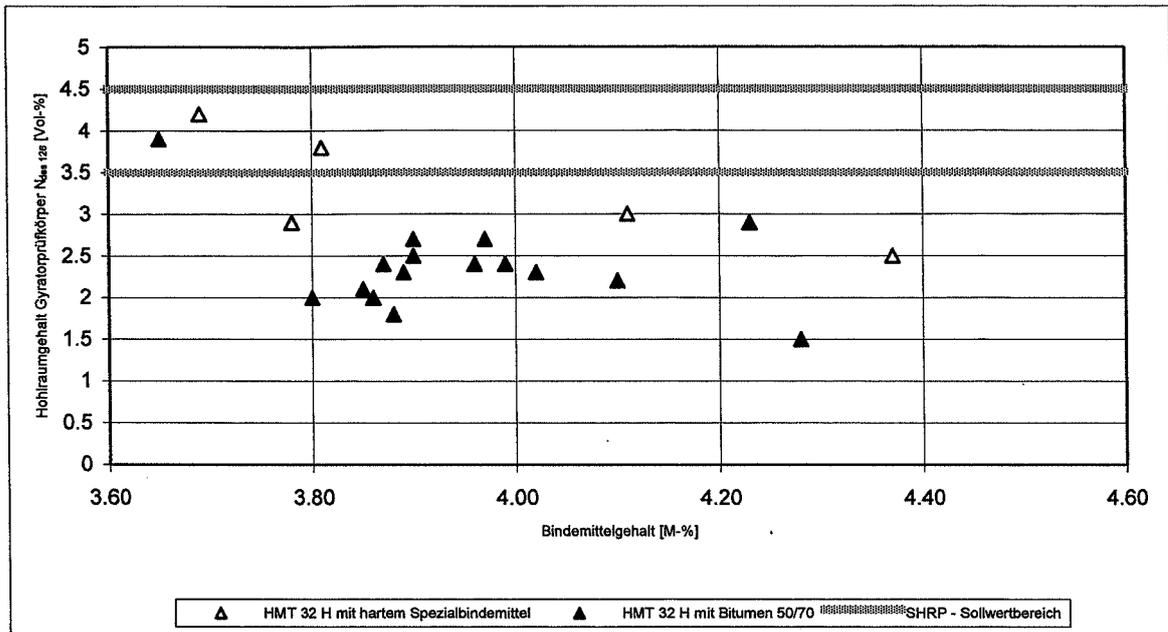
Zwischen den beiden Mischgutsorten HMT 22 und HMT 32 bestehen keine massgebenden Unterschiede. Auch die beiden unterschiedlichen Bindemittel bewirken grundsätzlich kein unterschiedliches Verhalten, was in Zusammenhang mit der viskositätsabhängigen Verdichtungstemperatur steht.

5.2 Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} - Bindemittelgehalt

HMT 22 H



HMT 32 H

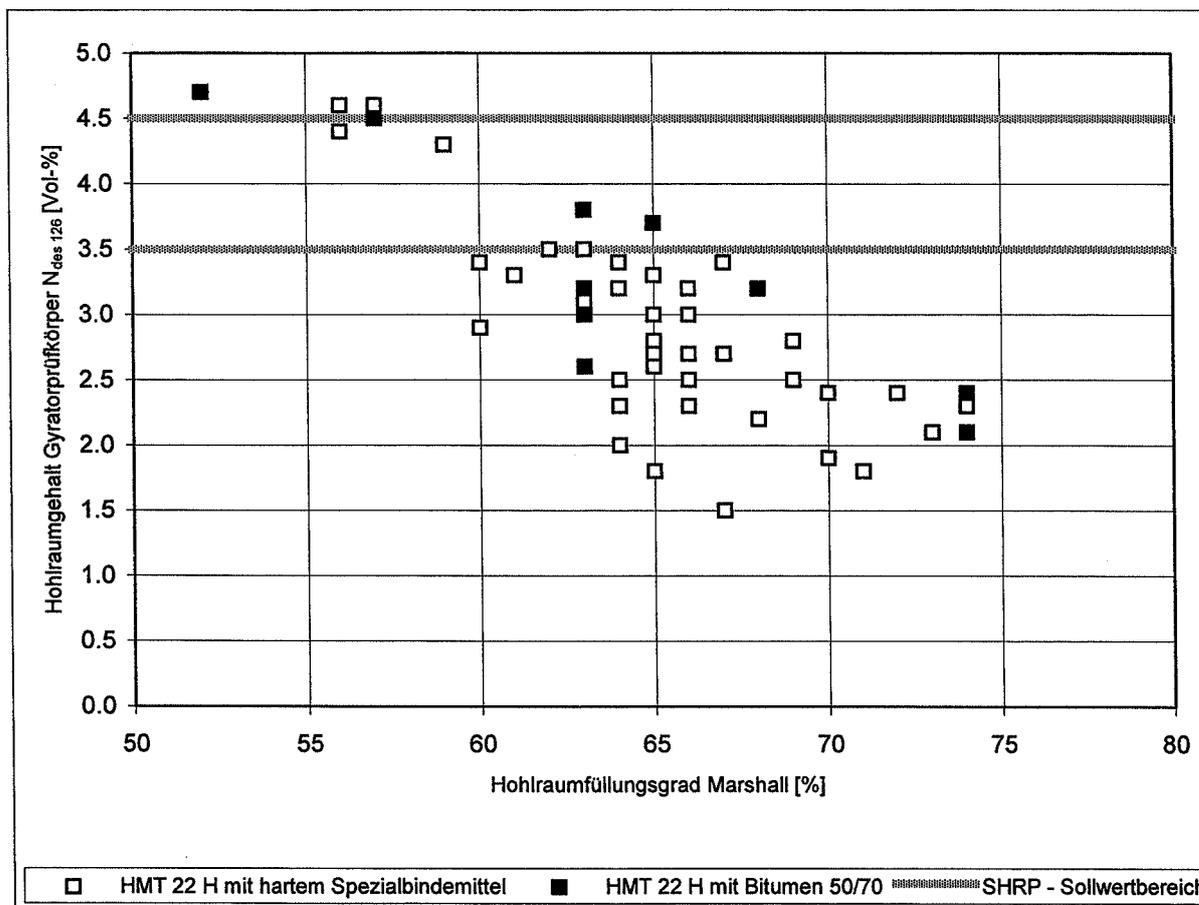


Die Korrelation zwischen Bindemittelgehalt und Hohlraumgehalt Gyrator ist bei beiden Mischgutsorten klein. Dabei muss berücksichtigt werden, dass neben dem Bindemittelgehalt die Kombination Bindemittelanteil mit der Korngrößenverteilung, insbesondere der Anteil bituminöser Mörtel, die Hohlräume in bituminösen Mischungen massgebend beeinflusst.

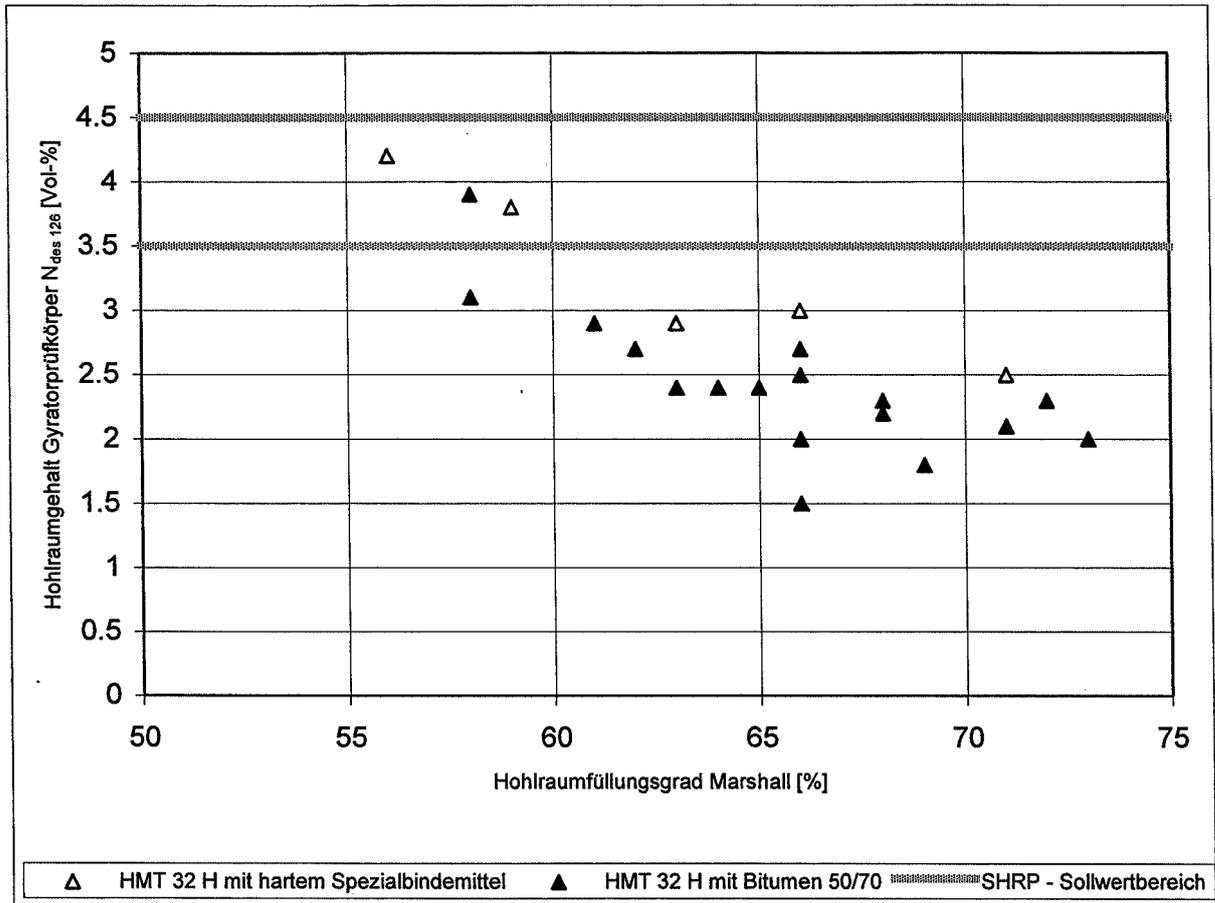
Bei beiden Mischgutsorten kann trotzdem der erwartete Zusammenhang zwischen tiefem Bindemittelgehalt und hohem Hohlraumgehalt festgestellt werden. Dabei zeigt sich, dass zur Erreichung des angestrebten Gyratorhohlraumgehaltes bindemittelarme Mischungen, welche unter dem Richtwertbereich der aktuellen Norm liegen, eher zum Ziel führen.

5.3 Hohlraumgehalt Gyrator nach N_{des} – Hohlraumfüllungsgrad Marshall

HMT 22 H



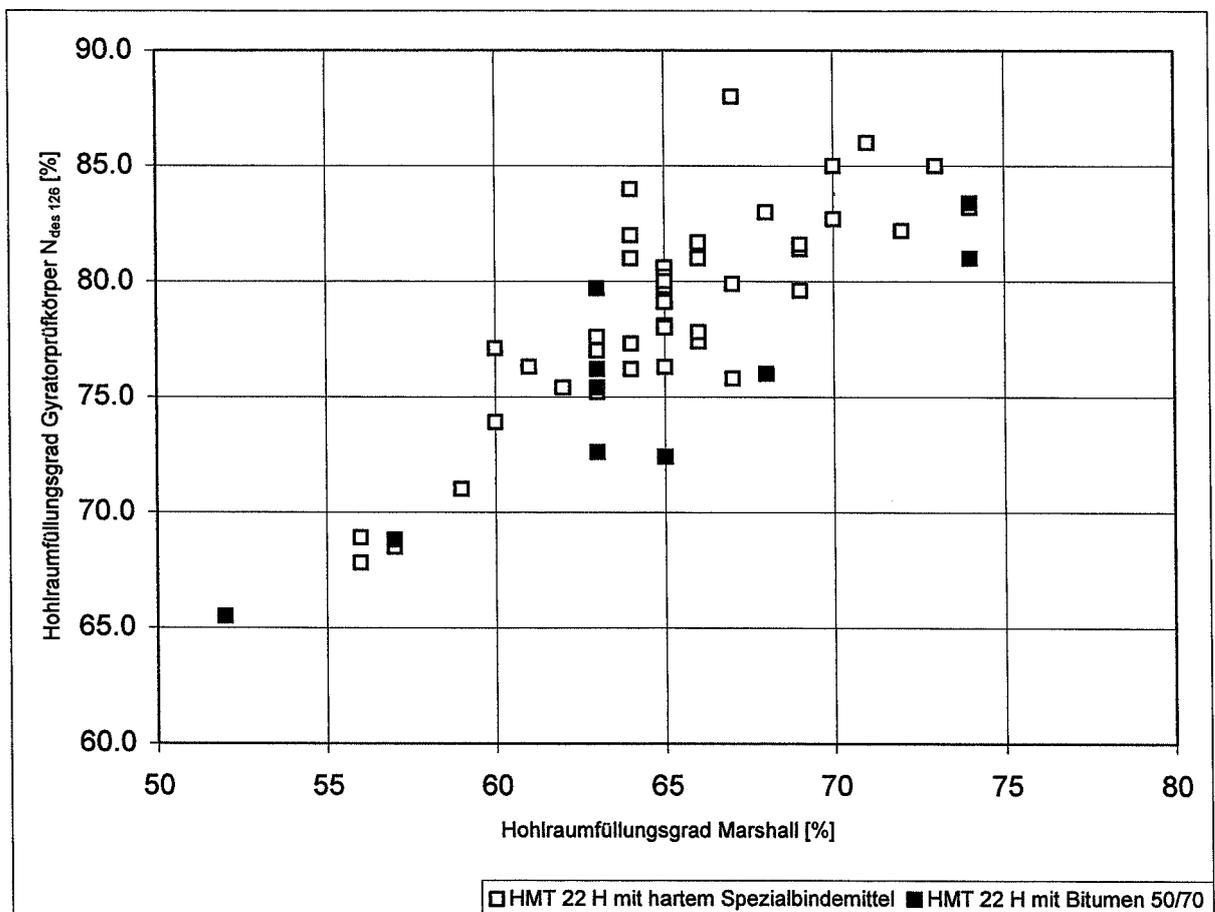
HMT 32 H



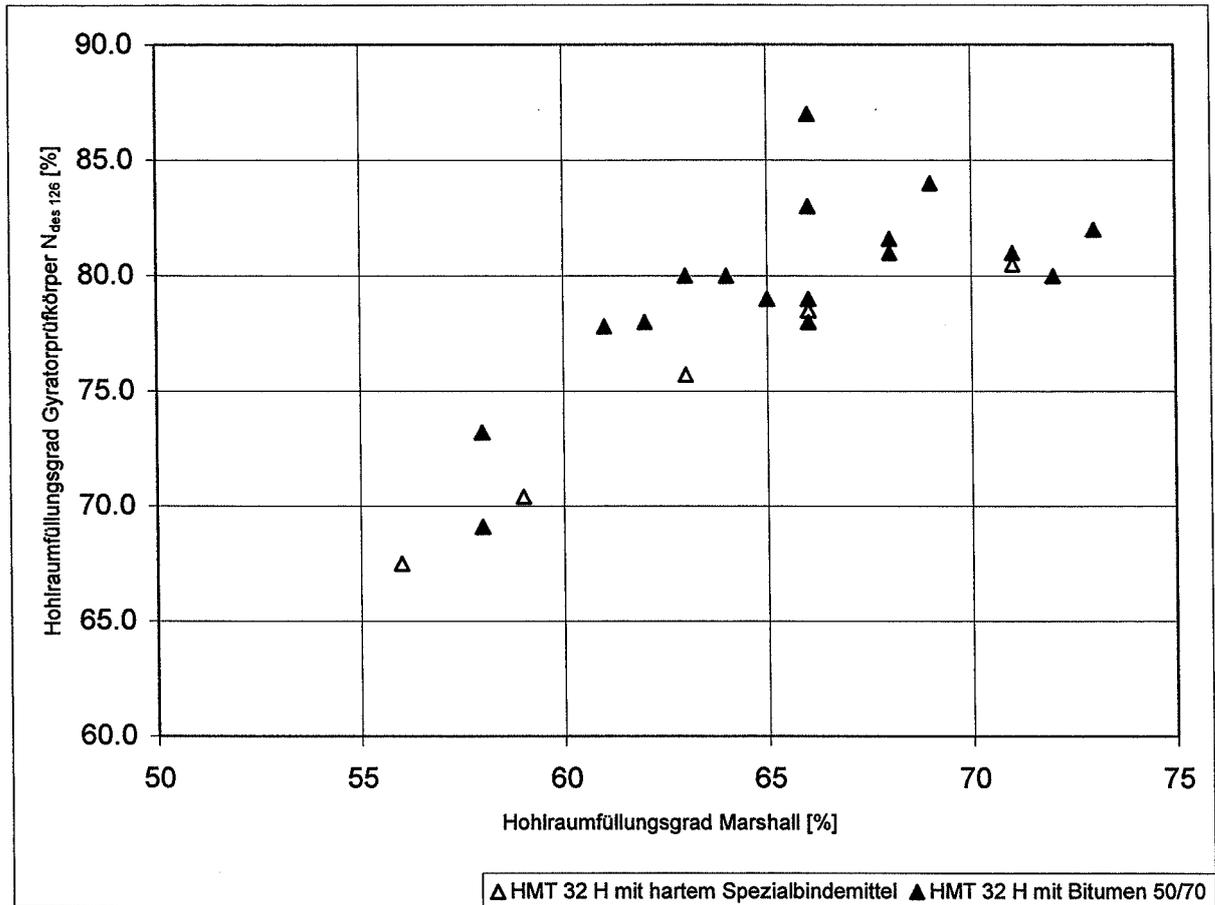
Bei beiden Mischgutsorten zeigt sich eine (erwartete) Abhängigkeit zwischen dem Hohlräumefüllungsgrad Marshall und dem Hohlraum im Gyratorprüfkörper. Auch hier bedarf es eines tiefen Hohlräumefüllungsgrad Marshall, welcher teilweise deutlich unter den Richtwertbereichen der Norm liegt (z.B. HFB < 62 % S-Typ, HMT 22) oder objektabhängigen Anforderungen (z.B. HFB < 58 % H-Typ, HMT 22), um den Sollbereich des Gyratorhohlraumgehaltes mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen.

5.4 Hohraumfüllungsgrad Gyrator – Hohraumfüllungsgrad Marshall

HMT 22 H



HMT 32 H



Der Sollwertbereich für den Hohlraumfüllungsgrad im Gyratorprüfkörper bei N_{des} liegt unabhängig der Mischgutsorte bei 65 bis 75 %. Diese Anforderung wird - unabhängig von der Mischgutsorte - von ca. 20 % der geprüften Mischungen erfüllt. Der Rest liegt ausnahmslos in Bereichen mit höheren Hohlraumfüllungsgraden, was mit den übrigen Materialkennwerten übereinstimmt und das dichtere Gefüge im Gyratorprüfkörper unterstreicht.

6. Schlussfolgerungen

6.1 Grundsätzliches

Der Gyratorversuch ist primär ein Instrument zur Optimierung der Mischgutzusammensetzung im Rahmen einer Eignungsprüfung unter Berücksichtigung der Verkehrsbelastung und des Klimas (Lufttemperaturen). Bei dieser auf volumetrische Kennwerte basierenden Entwurfsmethode steht die Beurteilung des Widerstandes gegenüber bleibender Verformungen an erster Stelle.

Im direkten Vergleich der bestehenden Normanforderungen für die volumetrischen Marshallkennwerte mit den Gyratorkennwerten wird klar, dass die Anforderungen nach SHRP nicht mit dem bestehenden Anforderungsprofil nach Marshall gleichgesetzt werden kann. Wird der Gyratorversuch eingesetzt, bedeutet dies, dass die Normanforderungen angepasst werden müssen.

Die Gyratorverdichtung führt im Vergleich zu der Marshallverdichtung zu tieferen Hohlraumgehalten, d.h. zu dichteren Mischungen. Dies bedeutet, dass bei einer Asphaltbemessung nach SHRP ein im Vergleich zu den Richtwertbereichen der bestehenden Schweizer Norm und somit gegenüber der heutigen Praxis und Erfahrungsstand tieferer Bindemittelgehalt, eventuell kombiniert mit einem tiefen Filler und Sandanteil (tieferer Anteil an bituminösem Mörtel) sowie Erhöhung des Grobkornanteils (Stützkorngerüst) resultiert. Die nach dieser Methode optimierte Mischgutzusammensetzung weist eine Maximierung der Verformungsbeständigkeit auf, dies jedoch auf Kosten der Ermüdungsfestigkeit und der Kälteeigenschaften, was sich insgesamt negativ auf die Dauerhaftigkeit auswirkt.

Der Bemessungs-Hohlraumgehalt von 4 Vol-% im Gyratorprüfkörper darf aufgrund der unterschiedlichen Verdichtungsart und der objektabhängigen Wahl der Verdichtungsleistung (Gyrator-Umdrehungszahl) nicht dem Marshall-Hohlraumgehalt von 4 Vol-% gleichgesetzt werden.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wird bei der Mischgutoptimierung nach SHRP-Spezifikationen ein relativ enger Sollwertbereich für die Gyratorwerte angestrebt. Die Anwendung des Gyratorversuchs als Kontrollprüfung für die Qualitätsüberwachung der Mischgutproduktion, wie dies teilweise bei grösseren Bauvorhaben im Rahmen von objektabhängigen Qualitätssicherungskonzepten in gängiger Praxis vorgeschrieben wird, ist dieses Verfahren jedoch ungeeignet.

6.2 Fazit

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse des Vergleichs der Anforderungen nach SHRP für den Gyratorversuch mit den bestehenden Normanforderungen an die volumetrischen Marshallkennwerten resultieren folgende Aussagen und Vorschläge :

1)

Eine uneingeschränkte Anwendung der Gyratoranforderungen nach SHRP auf das nach schweizerischen Normen und Erfahrung konzipierte Mischgut kann nicht durchgeführt werden. Das Anforderungsprofil an die Gyratorwerte nach SHRP kann somit nicht mit dem bestehenden Normenanforderungsprofil gleichgesetzt werden.

2)

Die Gyratorprüfung ist primär im Rahmen von Eignungsprüfungen für die Konzeption spezieller Asphaltmischungen mit hohen Anforderungen an die Standfestigkeit einzusetzen. Die Gyratorprüfung ist nicht auf die Durchführung von Kontrollprüfungen des Bauherrn oder von Eigenkontrollen der Unternehmung zur Feststellung der Qualität und Gleichmässigkeit des Mischgutes (Produktionskontrolle) ausgerichtet.

3)

Wird die Gyratorprüfung im Rahmen von einer Eignungsprüfung eingesetzt ergeben sich folgende Eckpunkte :

Die Wahl der Umdrehungszahl ist konsequent auf die tatsächliche Verkehrsbeanspruchung abzustimmen. Dies bedeutet, dass nicht automatisch die Umdrehungen 9 (N_{ini}), 126 (N_{des}), 204 (N_{max}), welche die Verkehrslastklasse T6 (extrem schwer), ausgelegt ist, angewendet werden soll.

Für die H-Typen bei normaler Beanspruchung nach der aktuellen Norm Asphaltbeläge [1] werden folgende Umdrehungszahlen vorgeschlagen :

	N_{ini}	N_{des}	N_{max}
Verkehrslastklasse T5 Sehr starke Sonneneinstrahlung	8	109	174
Verkehrslastklasse T6 Durchschnittliche klimatische Bedingungen Sehr starke Sonneneinstrahlung	9	126	204

Für die H-Typen bei besonderer Beanspruchung nach der aktuellen Norm
Asphaltbeläge [1] werden folgende Umdrehungszahlen vorgeschlagen :

	N_{ini}	N_{des}	N_{max}
Verkehrslastklasse T3 Sehr starke Sonneneinstrahlung	7	86	134
Verkehrslastklasse T4 Durchschnittliche klimatische Bedingungen Sehr starke Sonneneinstrahlung	8	96	152
Verkehrslastklasse T5 (unabhängig der klimatischen Bedingungen)	8	109	174
Verkehrslastklasse T6 (unabhängig der klimatischen Bedingungen)	9	126	204

Literaturverzeichnis

- [1] Schweizer Norm SN 640 431b Asphaltbetonbeläge, Konzeption Anforderungen Ausführung (1988)
- [2] Empfehlung VSS 641 601-1a Anhang 1, Prüfplan für bitumenhaltige Schichten
- [3] Augustin H., Fellner G., Pippich J., Vasiljevic V., Prüfung von Asphalt mit dem Gyrator, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Strassenforschung, Heft 501 (2000)
- [4] Varaus M., Entwurf von Asphaltgemischen, Methodenvergleich, Dissertation, Institut für Strassenbau und Strassenerhaltung (233), TU Wien (2001)
- [5] Bellin P., Die Ergebnisse der Bitumen- und Asphaltforschung des Strategic Highway Research Program SHRP, Bitumen, Heft 2/97 (1997)

Anhang

Tabellarische Resultatedarstellung, Einzelresultate

HMT 22 H, hartes Spezialbitumen

HMT 22 H, Bitumen 50/70

HMT 32 H, hartes Spezialbitumen

HMT 32 H, Bitumen 50/70

Deisrütistrasse 11
 CH - 8472 Ohringen
 Tel 052 / 335 28 21
 Fax 052 / 335 28 24

CONSULTEST AG

Institut für Materialprüfung, Beratung und Qualitätssicherung im Bauwesen

Resultatezusammenfassung

HMT 22 H mit hartem Spezialbindemittel

Labor-Nr.	Bindemittel				Korngrößenverteilung				Marshall				Bohrkerne		Gyrator			
	BM-Iosl. [M-%]	Eigensch. am rückgew. BM	Pen [1/10mm]	PI [-]	Durchgang			Verd. Temp. [°C]	SM [kN]	FM [mm]	HFB [%]	HM [Vol.-%]	Hohlraum [Vol.-%]	Verdicht. grad [%]	HM Ndes=126 [Vol.-%]	VMA im Mineral [Vol.-%]	VFA HM-Füll. [%]	Verd. Temp. [°C]
					0.09 [M-%]	2.8 [M-%]	5.6 [M-%]											
4.29	71.0	15	0.5	5.9	29.6	44.5	165	14.5	2.6	57	7.3	8.0	99.1	4.6	14.7	68.5	165	
4.15	72.2	13	0.4	5.6	28.5	41.8	165	14.5	2.4	56	7.4			4.6	14.3	67.8	165	
4.63	-	-	-	7.1	34.5	49.2	165	16.6	2.6	69	4.8	4.5	100.4	2.8	13.8	79.6	165	
4.60	69.1	15	0.2	7.2	33.7	47.5	165	18.2	2.7	69	4.7			2.5	13.5	81.4	165	
4.59	-	-	-	6.3	31.3	42.8	165	16.8	2.9	64	5.8			3.4	14.2	76.2	165	
4.55	-	-	-	6.5	33.7	47.4	165	17.2	2.9	63	6.2			3.5	14.3	75.2	165	
4.54	-	-	-	7.3	32.7	45.7	165	16.8	3.2	65	5.7			2.8	13.6	79.1	165	
4.49	-	-	-	6.9	35.6	52.4	165	19.2	3.2	65	5.6	5.1	100.7	3.0	13.7	78.1	165	
4.49	-	-	-	6.9	35.6	52.4	165	19.2	3.2	65	5.6			3.3	13.9	76.3	135	
4.49	-	-	-	6.9	35.6	52.4	165	19.2	3.2	65	5.6			2.6	13.3	80.6	135	
4.45	-	-	-	6.3	31.9	46.8	165	19.1	2.9	67	5.2			2.7	13.3	79.9	165	
4.45	-	-	-	6.3	31.9	46.8	165	19.1	2.9	67	5.2			3.4	13.9	75.8	135	
4.60	72.7	10	0.0	7.2	33.4	46.8	165	17.1	3.1	64	5.8			3.2	14.1	77.3	165	
4.49	74.8	17	1.2	6.0	32.3	43.5	165	22.2	3.2	65	5.2	3.7	101.2	1.8	-	-	165	
4.40	-	-	-	7.1	35.3	45.1	165	20.7	2.9	66	5.1	3.8	101.4	2.7	-	-	165	

Sollwert / Toleranz / Anforderung

Labor-Nr.

1104
1106
1109
1110
1198
1199
1200
1219
1219
1219
1221
1221
3782
466
267

FA 15/99 Grundlagen zur Festlegung von Anforderungskennwerten für den Gyrtorversuch

890/1	4.08	75.6	17	1.3	6.3	31.2	42.9	165	20.8	2.8	60	5.5	-	-	2.9	12.6	77.1	165
890/2	4.08	75.6	17	1.3	6.3	31.2	42.9	165	20.8	2.8	60	6.2	-	-	3.4	13	73.9	135
2234/1	4.35	74.6	15	1.0	8.2	40.1	53.5	165	18.8	2.9	66	5.2	100.6	5.5	2.3	12.8	81.7	165
2234/2	4.35	74.6	15	1.0	8.2	40.1	53.5	165	18.8	2.9	66	5.2	100.6	5.5	3.0	13.4	77.4	135
2569	4.30	-	-	-	7.4	36.5	46.1	165	16.0	2.7	65	5.3	100.6	4.2	2.6	12.9	79.7	165
2573	4.41	72.3	16	0.8	8.4	37.3	46.9	165	18.1	2.8	70	4.4	102.1	2.9	1.9	12.5	85.0	165
3888	5.00	-	-	-	6.3	30.9	44.9	165	16.1	2.9	73	4.3	-	-	2.1	13.9	85	165
3889	4.83	76.5	14	1.1	6.4	34.7	47.8	165	19.0	3.1	70	4.8	101.1	3.3	2.4	13.8	83	165
3890	4.83	-	-	-	6.1	31.1	44.2	165	17.5	2.9	74	4.0	101.1	3.3	2.3	13.7	83	165
3891	4.68	75.2	15	1.1	6.7	30.9	44.2	165	16.3	3.1	72	4.2	-	-	2.4	13.4	82	165
4001	4.61	-	-	-	6.1	33.7	46.7	165	15.5	2.2	65	5.8	-	-	2.7	13.6	80	165
4002	4.54	-	-	-	6.9	33.0	44.9	165	14.9	2.2	64	5.9	101.7	4.2	2.5	13.3	81	165
4003	4.48	-	-	-	6.1	31.0	43.2	165	16.8	2.3	65	5.6	-	-	2.7	13.3	80	165
4105	4.55	75.7	16	1.2	6.3	34.2	46.3	165	15.7	2.2	63	6.0	-	-	3.1	13.9	78	165
4106	4.47	-	-	-	6.0	33.4	47.1	165	15.9	2.4	61	6.5	102.0	4.2	3.3	13.9	76	165
4107	4.51	76.8	16	1.4	6.2	33.3	45.0	165	15.3	2.2	62	6.4	-	-	3.5	14.1	75	165
4108	4.75	-	-	-	6.2	36.3	51.7	165	16.1	2.2	66	5.6	-	-	3.2	14.4	78	165
4152	4.67	74.7	17	1.2	7.0	33.5	46.6	165	17.2	2.7	69	4.9	-	-	2.5	13.6	82	165
4153	4.13	-	-	-	5.9	27.8	36.5	165	15.2	2.7	56	7.4	-	-	4.4	14.1	69	165
2528	4.47	-	-	-	6.9	33.0	-	165	16.9	3.1	64	5.5	-	-	2.0	12.1	84	165
3198	4.17	77.3	15	-	6.4	31.4	-	165	14.7	2.4	59	7.3	-	-	4.3	14.9	71	165
3435	4.58	80.5	14	-	7.9	37.2	-	165	17.2	2.5	68	5.0	-	-	2.2	13.2	83	165
4331	4.42	76	19	-	8.2	36.0	-	165	17.7	3	64	5.6	-	-	2.3	12.9	82	165
2627	4.41	74.6	17	-	7.5	33.5	-	165	19.5	3.2	71	4.2	-	-	1.8	12.4	86	165
2032	4.41	78.5	16	-	7.3	32.6	-	165	16.4	3.1	63	5.9	-	-	3.1	13.6	77	165
2028	4.36	79.7	15	-	6.9	34.9	-	165	21.6	3	65	5.4	-	-	3.0	13.4	78	165
3940	4.46	76.8	15	-	5.5	33.6	-	165	18.4	2.9	65	5.5	-	-	2.6	13.3	80	165
2526	4.36	-	-	-	7.2	35.0	-	165	21.5	3	67	5.0	-	-	1.5	12.0	88	165
4330	4.47	75.8	17	-	7.0	35.6	-	165	17.0	3.3	66	5.4	-	-	2.5	13.2	81	165

CONSULTEST AG

Institut für Materialprüfung, Beratung und Qualitätssicherung im Bauwesen

Resultatezusammenfassung

HMT 22 H mit Bitumen 50/70

BM-lösl. [M-%]	Bindemittel			Korngrößenverteilung				Marshall				Bohrkerne			Gyrator			
	RuK [°C]	Pen [1/10mm]	PI [-]	0.09 [M-%]	2.8 [M-%]	5.6 [M-%]	Verd. Temp. [°C]	SM [kN]	FM [mm]	HFB [%]	HM [Vol.-%]	Hohlraum [Vol.-%]	Verdicht. grad [%]	HM Ndes=126 [Vol.-%]	VMA im Mineral [Vol.-%]	VFA HM-Füll. [%]	Verd. Temp. [°C]	
							155 °C					min. 97.0%					155 °C	
4.38	59.1	38	0.2	7.5	33.9	46.3	155	13.4	2.4	74	3.7	2.3	101.4	12.5	83.4	155		
4.38	59.1	38	0.2	7.5	33.9	46.3	155	13.4	2.4	74	3.7	2.3	101.4	12.8	81.0	155		
4.25	57.4	38	-0.1	6.2	34.3	44.5	155	12.1	2.9	63	5.7	2.9	102.9	12.7	79.7	155		
4.21	-	-	-	7.5	34.4	48.6	155	15.0	2.9	65	6.2	-	-	13.6	72.4	155		
3.85	-	-	-	6.3	29.9	41.5	155	11.4	3.1	52	8.2	-	-	13.7	65.5	155		
4.22	-	-	-	7.4	34.6	48.8	155	12.6	2.6	63	5.8	-	-	13.2	75.4	155		
4.31	-	-	-	7.6	34.4	49.1	155	12.5	2.6	68	5.1	-	-	13.4	76.0	155		
4.32	-	-	-	7.0	35.1	51.1	155	11.5	2.6	63	5.7	-	-	14.0	72.6	135		
4.28	-	-	-	6.1	36.1	51.8	155	10.4	2.6	57	7.4	-	-	14.5	68.8	155		
4.13	-	-	-	7.5	32.8	45.9	155	11.7	2.9	63	5.6	-	-	12.8	76.2	155		

Sollwert / Toleranz / Anforderung

Labor-Nr.
3182 N
3182 S
3509
4381
4381 A
4382
4383
4409
4446
4447

