

# **Grosstechnische Realisierung von Asphaltrecycling mit erhöhten Zugaberaten an Asphaltgranulat**

**Projekt „RC plus – Küsnacht ZH“**

**Pilotprojekt mit einer Teststrecke in Küsnacht ZH**

**Kooperation der ViaTec AG, der Technischen Universität Braunschweig, der  
Gemeinde Küsnacht (Tiefbauabteilung), der MOAG Baustoffe Holding AG, der  
Hüppi AG und der Hochschule Rapperswil**

Schlussbericht  
von Verena Krackler, Michael P. Wistuba und Peter Bodmer

## KURZFASSUNG

Steigende Mengen an Asphaltgranulat aus Strassensanierungsobjekten verlangen zukünftig immer mehr eine sinnvolle und wirtschaftliche Rückführung in den stofflichen Kreislauf. Momentane Zurückhaltung diesbezüglich besteht aufgrund beschränkender normativer Anweisungen gegenüber höheren Recyclingquoten sowie dem Fehlen einer zuverlässigen, standardisierten Prüfsystematik zur Bewertung von Asphaltgranulatqualität und optimaler Zugabemenge an Frischbindemittel.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Umsetzung von hohen Recyclingquoten in Asphaltbelägen ohne Einschränkungen in der Asphaltperformance am Beispiel einer Teststrecke in Küsnacht ZH. Saniert werden auf einer Strecke von 300 m Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht in den Varianten AC 8 S und AC B 22 S mit dem Zielbindemittel B 50/70, eine Hälfte mit derzeitig normierten Recyclinganteilen (Asphaltdeckschicht als S-Variante 0 %, Asphaltbinderschicht 30 %) und ein Abschnitt mit erhöhten Zugabemengen (Asphaltdeckschicht 50 %, Asphaltbinderschicht 60 %). Nach Laborkonzipierung auf Bitumenebene mithilfe rheologischer Bindemittelprüfungen am Dynamischen Scherrheometer (DSR) und Mischgutrezeptierung erfolgt nach dem Einbau die Überprüfung der eingebauten Schichten anhand Bohrkernen sowie Mischgut-, Bindemittel- und Asphaltperformanceprüfungen. Zusätzlich wird die Wirkung einer erhöhten Asphaltgranulat-Zugabemenge anhand einer Ökobilanzierung evaluiert.

Als Fazit aus diesem Projekt ist festzuhalten, dass die hier gewählte, systematische Vorgehensweise zur zielgenauen Dosierung der ausgewählten Frischbindemittel eine Zugabe von 60 % Asphaltgranulat ermöglicht, ohne dabei Nachteile in den Performanceeigenschaften im Vergleich zu einem Asphalt ohne Asphaltgranulat hinnehmen zu müssen. Auch in der Mischgutherstellung und -verarbeitung sind keine nachteiligen Unterschiede zu erwarten, und es zeigen sich ökologische Vorteile. Bereits über die kurze Sanierungsstrecke ergeben sich unter Einbezug aller Emissionen, Energie- und Ressourcenverbräuche Einsparungen in Höhe des Strombedarfs von 25 Haushalten pro Jahr.

## ABSTRACT

In the future, increasing amounts of asphalt granulate from reclaimed asphalt pavings originating from road reconstruction objects will increasingly require a sensible and economical return to the cycle of materials. Currently, reserve exists due to restrictive normative instructions towards higher recycling rates and the lack of a reliable test standards for evaluating the asphalt granulate quality and the optimal added amount of fresh binding agent.

The aim of the present study is the implementation of high recycling rates in asphalt pavements without restrictions in the asphalt performance based on a test track in Küssnacht, Switzerland.

Asphalt wearing course and asphalt binder course are reconstructed, using standard asphalt mix types, i.e. AC 8 S and AC B 22 S, both with target Pen grade binder B 50/70 on a test track of 300 m length, one half with currently standardized recycling shares (asphalt wearing course as S-variant 0%, asphalt binder course with 30 % reclaimed asphalt pavings) and a section with increased added amounts (asphalt wearing course with 50%, asphalt binder course with 60 % reclaimed asphalt pavings). After laboratory design on bitumen level with the help of rheological binder tests using dynamic shear rheometer (DSR) and mixture formulation, the installed pavement layers are checked by core samples and mixture-, binder- and asphalt performance tests. In addition, the ecological effect of an increased amount of reclaimed asphalt pavings is evaluated in the frame of a life cycle assessment analysis.

From this study it can be concluded, that the systematic approach for designing the proper dosage of the selected fresh binder enables an addition of up to 60 % reclaimed asphalt pavings without having to accept disadvantages in the performance properties compared to asphalt without reclaimed asphalt pavings. No differences in regard to asphalt mix production and processing are to be expected, and moreover, ecological benefits can be assumed. Including all emissions, energy and resource consumption savings can be realized to the electricity requirements of 25 households per year, even if considered that the section length of reconstruction is rather short.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>7</b>
<b>2 ZIEL</b> .....	<b>8</b>
<b>3 STAND DER TECHNIK</b> .....	<b>10</b>
<b>4 PROJEKTPARTNER</b> .....	<b>15</b>
<b>5 PROJEKTABLAUF</b> .....	<b>16</b>
<b>6 RESULTATE</b> .....	<b>19</b>
<b>6.1 AP 1: Materialbeschaffung und Bestimmung der massgebenden AG-Eigenschaften</b> .....	<b>19</b>
<b>6.2 AP 2: Labor-Mischgutkonzeption und Asphaltherstellung</b> .....	<b>20</b>
6.2.1 Überprüfung der Gleichmässigkeit des Asphaltgranulates .....	20
6.2.2 Bestimmung der Zugabemengen .....	24
6.2.3 Rechnerische Konzipierung der Bindemittel .....	25
6.2.4 Prüfung der Bindemittel .....	27
6.2.5 Auswertung der Bindemittelprüfungen.....	29
6.2.6 Festlegung und Überprüfung der Probemischungen .....	32
<b>6.3 AP 3: Demonstration auf der Teststrecke in Küsnacht ZH</b> .....	<b>35</b>
6.3.1 Einbaurezepturen .....	35
6.3.2 Asphalteinbau.....	35
6.3.3 Überprüfung des eingebauten Asphaltmischgutes mit herkömmlichem und erhöhtem Recyclinganteil .....	38
6.3.4 Bohrkernentnahme und -auswertung .....	41
6.3.5 Griffigkeits- und Sandfleckmessungen .....	43
<b>6.4 AP 4: Bestimmung der Asphaltperformance</b> .....	<b>45</b>
6.4.1 Angewendete Performanceprüfungen .....	45
6.4.2 Resultate der Performanceprüfungen und Gegenüberstellung von herkömmlichen Asphalten zu den Asphalten mit erhöhtem AG-Anteil .....	49
6.4.3 Langzeitüberwachung .....	53
<b>7 BETRACHTUNG DER ÖKOBILANZ</b> .....	<b>55</b>
<b>7.1 Grundlagen der Ökobilanzierung</b> .....	<b>55</b>
<b>7.2 Rahmenbedingungen Ökobilanz</b> .....	<b>56</b>
<b>7.2 Resultate Ökobilanz</b> .....	<b>58</b>
<b>8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b> .....	<b>61</b>
<b>9 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>65</b>
<b>10 TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>68</b>

<b>11 ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>71</b>
<b>12 ANHANG .....</b>	<b>74</b>

## VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE

%	Prozent
AG	Asphaltgranulat
AP	Arbeitspaket
AS	Alternativszenario = Wirkszenario
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BTSV	Bitumen-Typisierung-Schnell-Verfahren
CO <sub>2</sub> -eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente ("equivalents")
DSR	Dynamisches Scherrheometer
HSR	Hochschule für Technik Rapperswil
TUBS	Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig
LCA	Life Cycle Assessment, Lebenszyklusanalyse = Ökobilanz
RS	Referenzszenario = Basisszenario
UMTEC	Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC der Hochschule für Technik Rapperswil
VIWZ	Vereinigung Internationale Walzasphalt-Zulassung
vUBP	vermiedene (eingesparte) Umweltbelastungspunkte (Einheit der vollaggregierten Ökobilanz-Methode der ökologischen Knappheit, engl. Ecological Scarcity)

# 1 EINLEITUNG

Seit mehr als 30 Jahren wird in der Schweiz Ausbauasphalt in Form von Asphaltgranulat wiederverwendet, wobei die Recyclingquoten in neuen Asphaltsschichten mittlerweile bei 70 bis 80 % liegen. Jedoch übersteigt die rückgebaute Menge die wiederverwendbare, sodass bedingt durch technische Neuerungen der bestehenden Asphaltmischanlagen und die guten Erfahrungen aus internationalen Studien und Pilotstrecken heute auch in der Schweiz höhere Zugaberaten an Asphaltgranulat als bisher angestrebt werden. Anteile an Asphaltgranulat (nachfolgend als *AG* bezeichnet) von 60 % bzw. 70 % (vgl. SN 640 431-1-NA) in Asphalttrag- und Fundamentalschichten werden in der Schweiz als technisch möglich und sinnvoll eingestuft. Anders liegt der Fall bei Asphaltbinder- und Asphaltdeckschichten, für die ein maximaler Anteil von 30 % als sinnvoll gilt, vorausgesetzt eine Herstellung unter Warmzugabe sowie einer Fertigung als Typ N oder L bei Asphaltdeckschichten.

Zurückzuführen ist die normative Begrenzung der *AG*-Zugabemenge auf die Gewährleistung einer vorgeschriebenen Prozesssicherheit. Hohe Zugabemengen erfordern ein nachhaltiges *AG*-Management (Gewinnung, Aufbereitung, Lagerung), eine bestimmte Mischanlagentechnik (*AG*-Erwärmung in Paralleltrommel) sowie eine durchdachte Asphaltkonzeption (Wistuba et al., 2015; Lo Presti et al., 2016).

Die Konzeption eines Asphaltes mit Asphaltgranulat-Zugaberate erfolgt derzeit in der Schweiz mittels konventionellen Labor-Prüfverfahren, wie Erweichungspunkt Ring und Kugel sowie Nadelpenetration. Mit zunehmender Komplexität bitumenhaltiger Bindemittel (nachfolgend als *Bindemittel* bezeichnet; bzw. ist *Bitumen* oder *Strassenbaubitumen* ein unmodifiziertes bitumenhaltiges Bindemittel), insbesondere bei (mehrfach) modifizierten Bindemitteln, stossen diese Prüfverfahren allerdings an ihre Grenzen und liefern teilweise widersprüchliche und unplausible Ergebnisse (Alisov et al., 2018; Wistuba et al., 2018). Es besteht deshalb die grosse Gefahr, dass eine nachhaltige Asphaltkonzeption und damit eine optimale Asphaltlebensdauer nicht erreicht werden können.

Zukünftiges Ziel sollte daher sein, anhand zweckmässiger Prüfverfahren physikalisch interpretierbare Kenngrössen abzuleiten, mit deren Hilfe die *AG*-Qualität bewertet und die Auswahl des geeigneten Verjüngungsmittels sowie dessen bestmögliche Zugabemenge anhand einer systematischen Vorgehensweise optimiert werden können. Als besonders geeignet dafür erwiesen sich bisher rheologische Bindemittelprüfungen am Dynamischen Scherrheometer (DSR). Auch die vorliegende Forschungsarbeit zeigt, dass in geeigneten DSR-Prüfungen ein grosses Potential für die Erlangung von fundierten Kenntnissen zur Verwendung von Recyclingasphalt steckt.

## 2 ZIEL

Ziel des Forschungsprojektes „RC plus – Küssnacht ZH“ ist die grosstechnische Realisierung von Asphaltrecycling mit hohen Zugaberaten an Asphaltgranulat basierend auf einer in der Praxis möglichst einfach umsetzbaren Prüfsystematik, die eine Bewertung der AG-Qualität sowie eine systematische Bestimmung der optimalen Zugabemenge an frischem Bindemittel zulässt. Als Pilotprojekt dient eine Teststrecke in Küssnacht, im Jahr 2019 auf einer Länge von 600 m zur Sanierung vorgesehen. Im Fokus des Projektes stehen die Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht mit der Ausführung als Asphaltmischgutsorten AC 8 S und AC B 22 S und dem jeweils angestrebten Zielbindemittel der Sorte B 50/70. Um einen Vergleich zu der konventionellen Herangehensweise führen zu können, wird eine Hälfte der Strecke mit derzeitigen normierten Recyclinganteilen (Asphaltdeckschicht als S-Variante 0 %, Asphaltbinderschicht 30 %) und ein Abschnitt mit erhöhten Zugabemengen (Asphaltdeckschicht 50 %, Asphaltbinderschicht 60 %) realisiert.

Die Konzeption des Asphaltmischgutes mit erhöhten AG-Zugaberaten und die grossmassstäbliche Herstellung in der Asphaltmischanlage werden wissenschaftlich begleitet (siehe AP 2, Kapitel 6.2).

Folgende Ziele stehen bei der Asphaltmischgutkonzeption im Fokus, wobei auch Prüfverfahren am DSR zum Einsatz kommen:

- Bestimmung der Qualität und der Eigenschaften des AG-Bindemittels und Überprüfung von dessen Eignung für das Asphaltrecycling;
- Auswahl des geeigneten, weichen frischen Bindemittels (nachfolgend als *Frischbindemittel* bzw. im Fall von Strassenbaubitumen als *Frischbitumen* bezeichnet) für die Kompensation der Alterung des AG-Bindemittels;
- Bestimmung der optimalen Zugabemenge des geeigneten weichen Frischbindemittels in einem breiten Temperaturbereich (Ziel: Erreichen der gewünschten rheologischen Eigenschaften des geforderten Zielbindemittels im Asphaltmischgut).

Der Einbau auf der Teststrecke in Küssnacht wird bezüglich der neuen Asphaltkonzepte eigenüberwacht, und anhand von Bohrkernen werden die konventionellen Kenngrössen der Qualitätssicherung (Verdichtung, Hohlraumgehalt) kontrolliert (siehe AP 3, Kapitel 6.3).

Die projektbegleitend durchgeführten Asphaltperformanceprüfungen am während des Einbaus entnommenen Asphaltmischgut dienen der Validierung der gewählten Asphaltkonzepte und erlauben zudem Erkenntnisse und Rückschlüsse auf dessen Gebrauchsverhalten in der Praxis (siehe Kapitel 6.4).

---

Da neben den technischen Aspekten auch die umweltrelevanten eine entscheidende Rolle für eine zukünftige erfolgreiche Umsetzung spielen, wird die Wirkung einer erhöhten AG-Zugabemenge zusätzlich anhand einer Ökobilanzierung evaluiert (siehe Kapitel 7).

### 3 STAND DER TECHNIK

Die EAPA (European Asphalt Pavement Association; eapa.org) weist für die Schweiz eine Produktionsmenge von 6.5 Millionen Tonnen an Asphalt im Jahr 2017 aus (EAPA, 2017). Etwa 1.5 Millionen Tonnen fallen demnach jährlich als Fräsmaterial an, das als Wertstoff dem Asphaltstrassenbau wieder zugeführt werden kann. Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung ist das Thema Asphaltrecycling auch aufgrund der europäischen Abfallrahmenrichtlinien, des abnehmenden Anteils an Neubaumassnahmen bei gleichzeitig steigendem Anteil an Erhaltungs- und Sanierungsmassnahmen, sowie aufgrund von nicht absehbaren Preisschwankungen im Erdöl- und Bitumensektor, eine der drängendsten Fragen im modernen Strassenbau. Die heutigen Strategien des Asphaltrecyclings zielen daher auf die Verwendung von Ausbauasphalt im grossen Massstab und auf möglichst hohem Wertschöpfungsniveau ab (vgl. Wistuba et al., 2015). Im Sinne eines wirtschaftlichen Recyclings ist der Einsatz des Ausbauasphaltes möglichst auf der gleichen Qualitätsstufe anzustreben, also der Einsatz in neuen Asphaltsschichten.

Empfehlungen über einsetzbare Mengen gibt die Schweizer Norm SN 640 431-1-NA. Unter Voraussetzung der Warmzugabe sind in Asphaltbinderschichten sowie in Asphaltdeckschichten der Typen N und L Anteile bis zu 30 % zugelassen. In Asphalttrag- und Asphaltfundationsschichten darf der Anteil bis zu 60 bzw. 70 % betragen. Höhere Mengen sind nach dem Technischen Regelwerk grundsätzlich gestattet, sofern Unternehmer und Bauherr eine vertragliche Einigung finden.

Die Konzeption eines Asphaltes mit einer hohen AG-Zugabemenge erfolgt unter der Voraussetzung einer mindestens ähnlichen Qualität im Vergleich zu einem Asphalt ohne AG (Seeberger & Hugener, 2014). Den Eigenschaften und dem Gebrauchsverhalten des resultierenden Bindemittels im Asphaltmischgut mit Recyclinganteilen (Bindemittel aus AG + frisches Bindemittel) wird ein entscheidender Einfluss auf die resultierende Asphaltperformance beigemessen.

Bedingt durch die Bindemittelalterung während des Lebenszyklus einer Strasse, weist das Bindemittel im AG ein deutlich verändertes rheologisches Verhalten im Gegensatz zum Frischbindemittel auf. Um die Alterung zumindest teilweise zu kompensieren (also das Bindemittel im AG zu „verjüngen“) und die gewünschten rheologischen Eigenschaften des geforderten Zielbindemittels im Asphaltmischgut zu erzielen, werden heute im Zuge der Asphaltherstellung verschiedene „Verjüngungsmittel“ wie weiche Frischbindemittel und/oder Rejuvenatoren (speziell für die Verjüngung von bitumenhaltigen Bindemitteln aus AG am Markt angebotene Modifikationsmittel) zugefügt.

In der Mischkonzeption wird bisher oft davon ausgegangen, dass während der Asphaltmischgutherstellung das "alte" AG-Bindemittel eine ausreichend niedrige Viskosität aufweist und sich vollständig mit dem frischen Bindemittel (Verjüngungsmittel) vermischt (vgl. Abbildung 1). Eine komplette Aktivierung des AG-Bindemittels wird somit vorausgesetzt. Internationale Studien zeigen jedoch, dass eine 100 %-ige Vermischung in der Praxis oft nicht vorhanden ist (Bennert & Dongre, 2010) und der Vermischungsgrad höchstwahrscheinlich wahllos zwischen der vollständigen Vermischung und überhaupt keiner Vermischung liegt (vgl. Abbildung 1). Im Worst-Case-Szenario kann es zu einer Doppelumhüllung des einzelnen AG-Gesteinskorns kommen, wobei das AG quasi als ein "schwarzer Stein" auftritt. Die alte, nicht aktivierte AG-Bindemittelschicht ist mit der frischen Bindemittelschicht umhüllt, was zu einer Unteraspalthierung des Asphalts und zu einer deutlichen Verschlechterung der Asphaltperformance führen kann (Cavalli et al., 2017).

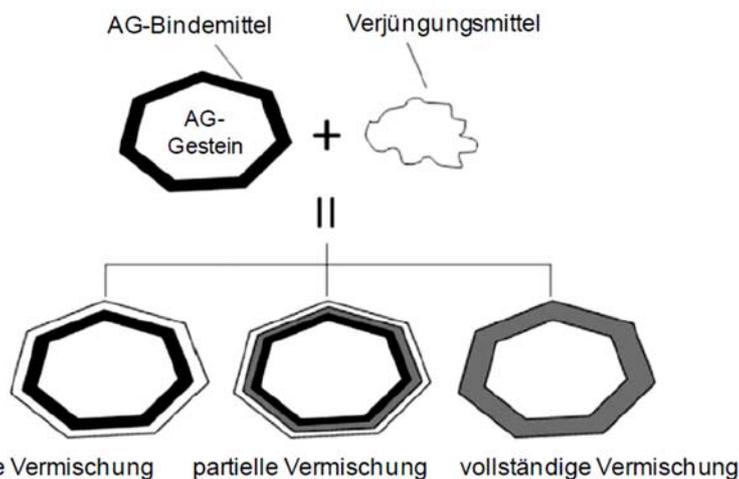


Abbildung 1: Vermischung von AG-Bindemittel und Verjüngungsmittel während der Asphalttherstellung: keine Vermischung (Doppelumhüllung), partielle Vermischung, vollständige Vermischung (schematisch nach Zhao et al., 2016).

Der Vermischungsgrad von AG-Bindemittel und Verjüngungsmittel während der Asphaltmischgutherstellung ist von vielen Faktoren abhängig, wie Ursprung und Menge des AG, Art und Menge des Verjüngungsmittels, Herstellungstemperatur und Mischzeit, sowie Lagerungs- und Transportzeit des fertiges Asphaltmischgutes (Mogawer et al., 2011). Der tatsächliche Aktivierungsgrad des AG-Bindemittels bzw. der tatsächliche Vermischungsgrad von AG-Bindemittel und Verjüngungsmittel im Asphaltmischgut wurde bis dato in diversen wissenschaftlichen Studien mit unterschiedlichen Methoden untersucht, z. B. stufenweise Extraktion (Gaspar et al., 2018), mechanische Vermischung von AG und frischer Gesteinskörnung (Shirodkar et al., 2011), chemische Analyse mittels Chromatographie (Zhao et al., 2016) und Spektroskopie (Ding et al., 2016). Jedoch hat sich keine Methode international durchgesetzt. In vielen Fällen war eine eindeutige Bestimmung des Vermischungsgrades nicht möglich (Bennert & Dongre, 2010).

Wenn also der tatsächliche Vermischungsgrad des AG-Bindemittels und des Verjüngungsmittels im fertigen Asphaltmischgut nicht zuverlässig prognostiziert werden kann, ist eine Überprüfung der Asphaltperformance bei AG-Zugabemengen von über 40 % empfehlenswert (West et al., 2013, Wistuba & Grönniger, 2016). Üblicherweise werden dabei die folgenden, massgebenden Asphaltperformanceeigenschaften angesprochen (gegebenenfalls in Abhängigkeit von verschiedenen Alterungsstufen): Ermüdungswiderstand, Verformungswiderstand und Widerstand gegen Kälterissbildung. Anhand der in der Literatur vorhandenen Performanceuntersuchungen kann festgestellt werden, dass die Beurteilung des Einflusses hoher AG-Zugabemengen auf die Asphaltperformance in Abhängigkeit der eingesetzten Prüfmethode unterschiedlich ausfällt (Zaumanis & Mallick, 2015). Dies ist zum einen auf teilweise beträchtliche Schwankungen in den Ergebnissen von Performanceuntersuchungen (bei niedriger Grundgesamtheit) an sich zurückzuführen, zum anderen auf die Einzel- und Mehrfachwirkung der oben genannten Faktoren, die hauptsächlich den Vermischungsgrad von AG-Bindemittel und Verjüngungsmittel beeinflussen.

So zeigen beispielsweise Untersuchungen an der TU Braunschweig teilweise stark variierende, unsystematische Ermüdungswiderstände in Abhängigkeit der AG-Zugabemenge: mal begünstigt, mal indifferent und mal verschlechtert (siehe Abbildung 2, Walther et al., 2016). Vergleichbare Ergebnisse können internationalen Studien entnommen werden (vgl. Synthese von Zaumanis & Mallick, 2015). Aus diesem Grund ist eine eindeutige Aussage über den Einfluss der Art und Menge des AG auf die Asphaltperformance anhand von Performanceprüfungen am Asphaltmischgut im Labormassstab heute nicht abschliessend möglich.

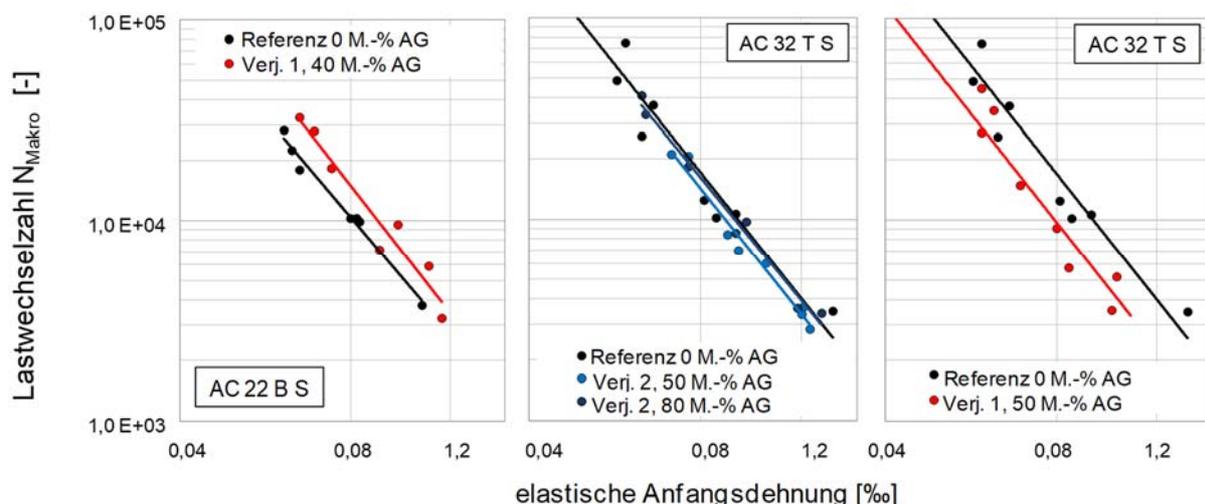


Abbildung 2: Mittels Spaltzug-Schwellversuch ermittelte Ermüdungsfunktionen am Beispiel der Mischgut-Varianten AC 22 B S und AC 32 T S mit bis zu 80 M.-% AG (bei Berücksichtigung von zwei verschiedenen Verjüngungsmitteln) bei 20 °C und 10 Hz; unterschiedlicher Einfluss der AG-Zugabe auf den Ermüdungswiderstand von Asphalt: mal begünstigt (links), mal indifferent (mittel) und mal verschlechtert (rechts) (vgl. Walther et al., 2016).

Wenn eine zielsichere Beurteilung des Einflusses des AG in hohen Zugabemengen auf die Asphaltperformance realisiert werden soll, ist es zunächst zwingend erforderlich bestimmte Massnahmen bereits bei der Asphaltmischgutherstellung zu ergreifen, um möglichst einen hohen Vermischungsgrad von AG-Bindemittel und Verjüngungsmittel zu erzielen. Dazu zählen z. B. eine geeignete Mischkonzeption, ein nachhaltiges AG-Management (Gewinnung, Aufbereitung, Trockenlagerung, etc.) und eine geeignete Mischanlagetechnik (AG-Erwärmung in Paralleltrommel, verlängerte Mischzeit, erhöhte Mischtemperatur, geeignete Mischkinematik; vgl. Wistuba et al., 2015).

Eine Herausforderung bei der Konzeption von Asphaltmischgut mit AG-Anteilen besteht in der ausreichenden Verjüngung des im AG enthaltenen Bindemittels. Die mögliche Verjüngung ist abhängig von den Eigenschaften des AG (Eigenschaften des Altbindemittels, Korngrössenverteilung des AG, Gleichmässigkeit) und dessen Zugabemenge sowie von der Art und Menge des verwendeten Verjüngungsmittels.

Zur Feststellung der massgeblichen Eigenschaften des Verjüngungsmittels hat sich die Beurteilung von rheologischen Kenngrössen bewährt, die mit Rheometern gewonnen werden können, u. a. mit dem Dynamischen Scherrheometer (bspw. komplexer E-Modul und Phasenwinkel). Dies ist auf die zunehmende Komplexität der Bindemittel zurückzuführen, deren Eigenschaften mit den konventionellen Prüfverfahren (Nadelpenetration, Erweichungspunkt Ring und Kugel, elastische Rückstellung) nicht verlässlich bestimmt werden können. Aus Deutschland ist bekannt, dass sich zur Identifikation der Bindemittelleigenschaften im Bereich der hohen Gebrauchstemperaturen die Anwendung des Bitumen-Typisierung-Schnell-Verfahrens (BTSV) mittels DSR als zielführend und praxistauglich erwiesen (DIN 52050, 2018) hat. Stand des Wissens ist, dass das DSR gut geeignet ist, unterschiedlich und auch mehrfach modifizierte Bindemittel bzw. Bindemittel-Füller-Gemische (Mastix) über alle Gebrauchstemperaturen rheologisch zuverlässig zu prüfen.

Zum nachhaltigen AG-Management existiert bereits ein umfangreicher Erfahrungsschatz, der in der einschlägigen Fachliteratur ausreichend dokumentiert ist (siehe z. B. Re-Road, 2013; Wistuba et al., 2015). Über den Einfluss weiterer technischer Aspekte, wie verlängerte Mischzeiten oder erhöhte Mischtemperaturen auf den Vermischungsgrad von AG-Bindemittel und Verjüngungsmittel bzw. auf die resultierende Asphaltperformance ist wenig veröffentlicht. Letztlich ergeben sich folgende „Lücken“ zur praktischen Umsetzung des Asphaltrecyclings, die als nicht abschliessend untersucht anzusehen sind und daher Inhalt laufender Forschung sind:

- 
- Fehlen einer standardisierten Prüfsystematik zur Bewertung der AG-Qualität und der optimalen Zugabemenge an Frischbindemittel;
  - Ungewissheit über die für Asphaltrecycling geeigneten Frischbindemittel und deren Wirkung (Laborstudien zu Asphalten, die mit AG modifiziert sind, spiegeln nicht zwingend das Langzeitverhalten in der Straße wider);
  - Ungewissheit zum Alterungsverhalten von Asphalten, die mit AG hergestellt wurden;
  - Ungewissheit zu den Möglichkeiten der mehrfachen Wiederverwendung (Mehrfachrecycling) von Asphalt (Anmerkung: hierzu läuft aktuell ein gemeinsames Forschungsprogramm der D-A-CH Länder).

## 4 PROJEKTPARTNER

Das Projekt wird realisiert von einer Kooperationsgemeinschaft bestehend aus der Gemeinde Küsnacht, der MOAG AG (Asphaltmischwerk), der Hüppi AG (Bauunternehmer), der ViaTec AG, Winterthur, dem Institut für Straßenwesen der Technischen Universität Braunschweig und der Hochschule Rapperswil).

Die Tiefbauabteilung der Gemeinde Küsnacht unter Leitung von Rolf Steiner fördert den Einsatz von hohen Recyclinganteilen und stellt mit der Alten Forchstrasse im Zuge einer Sanierungsmassnahme die geeignete Teststrecke zur Verfügung.

Die MOAG Baustoffe Holding AG unter der Geschäftsführung von Markus Blum ist Lieferant des Asphaltgranulates sowie aller Asphaltmischgut-Varianten.

Die Bauunternehmung Hüppi AG unter Geschäftsführer Alain Hüppi verantwortet den Einbau der Teststrecke.

Die ViaTec AG mit Geschäftsführer Peter Bodmer und Projektbearbeiterin Verena Krackler bringt das notwendige Know-how im Bereich der Baustofftechnologie mit, ist verantwortlich für die Konzeption des Asphaltmischguts mit AG-Anteilen und begleitet die grosstechnische Asphaltmischgutherstellung.

Das Institut für Straßenwesen an der TU Braunschweig (TUBS) mit Institutsvorstand Prof. Michael P. Wistuba liefert Spezial-Know-how zur Bindemittelprüfung unter Anwendung des Dynamischen Scherrheometers und zur Wahl von Art und Menge des Verjüngungsmittels (u. a. mittels BTSV, das an der TUBS entwickelt wurde).

Das Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC) an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR) erstellt seit vielen Jahren Umweltbilanzen im Bereich Abfalltechnik und Recycling und wird in personam Ökobilanzspezialist Thomas Pohl von der Fachstelle „Rohstoffe und Verfahrenstechnik“ zur ökologischen Bewertung dieses Projekts beigezogen.

## 5 PROJEKTABLAUF

Das Projekt „RC plus – Küssnacht ZH“ gliedert sich in 4 Arbeitspakete (AP), siehe Abbildung 3 sowie nachfolgende Beschreibung der Arbeitspakete.

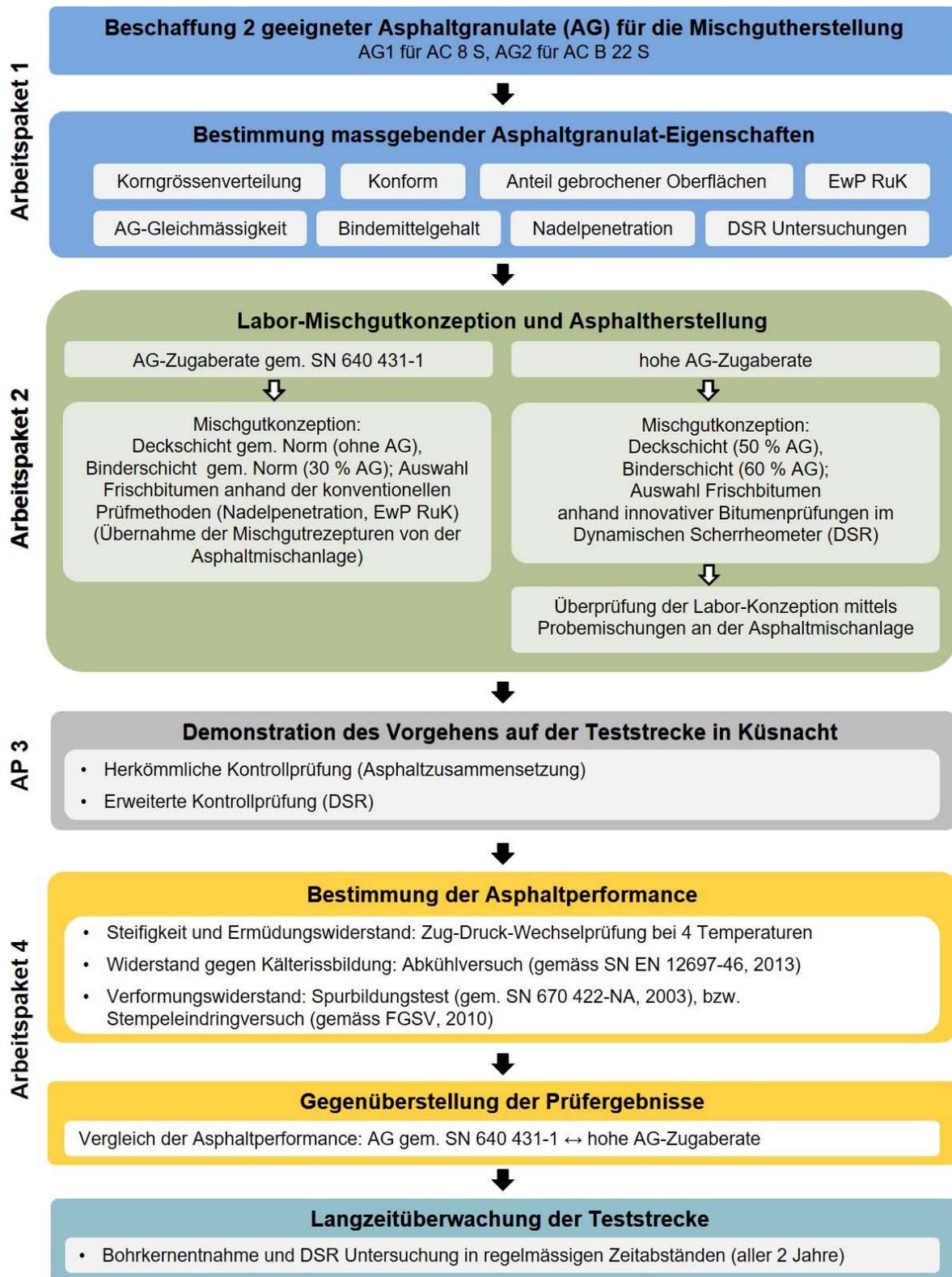


Abbildung 3: Arbeitspakete und Vorgehen im Projekt RC plus.

### AP 1: Materialbeschaffung und Bestimmung der massgebenden AG-Eigenschaften

Für die Herstellung der angestrebten Asphaltmischgutsorten AC 8 S und AC 22 B S werden zwei geeignete Asphaltgranulate (AG) beschafft. Als passend erweist sich hierfür das anfallende Fräsmaterial der Alten Forchstrasse in Küsnacht, welches von der MOAG AG zum AG aufbereitet wird.

Beide AG-Varianten werden anhand folgender Kenngrössen charakterisiert: Korngrössenverteilung, Anteil gebrochener Oberflächen der groben Gesteinskörnung, Bindemittelgehalt, Nadelpenetration, Erweichungspunkt Ring und Kugel, komplexer Schermodul und Phasenwinkel (BTSV-Kennwerte).

### AP 2: Labor-Mischgutkonzeption und Asphaltherstellung

Die Asphaltmischgutkonzeptionen mit den geringen AG-Zugaberaten gemäss SN 640 431-1 werden von der MOAG AG nach bewährten deklarierten Rezepturen übernommen. Das Zielbindemittel für diese Asphalte ist Strassenbaubitumen der Sorte B 50/70 (siehe Erstprüfungen im Projektordner).

Die Mischgutkonzeption und eine genaue Bestimmung von Art und Menge der Zugabe des weichen Frischbindemittels für die Varianten mit erhöhtem AG-Anteil erfolgt im Labor in Abhängigkeit von Art und Menge dessen anhand der rheologischen Kenngrössen komplexer Schermodul und Phasenwinkel, ermittelt mittels Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren (BTSV) (siehe DIN 52050, 2018) im hohen (von 30 bis 90 °C) und im mittleren Bereich der Gebrauchstemperatur (von -10 bis 30 °C) mittels Temperatur-Sweeps (T-Sweep) (Gossen, 2018). Es wird angestrebt, die gleichen rheologischen Eigenschaften des normierten Zielbindemittels im resultierenden Asphaltmischgut zu erreichen.

Die Überprüfung der Labor-Mischgutkonzeption erfolgt mittels Probemischungen an der Asphaltmischanlage der MOAG AG mit anschliessender erneuter Überprüfung der Materialkennwerte analog AP 1 sowie der Untersuchung der Kurzzeitalterung nach dem RTFOT-Verfahren.

### AP 3: Demonstration auf der Teststrecke in Küsnacht

Die optimal abgestimmten Probemischungen mit erhöhten Recyclinganteilen der Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht werden im Zuge des Sanierungsprozesses von der Hüppi AG eingebaut. Proben werden währenddessen entnommen für die Untersuchung der charakteristischen Kennwerte gleich AP 1 inklusive der erweiterten Kontrollprüfungen mittels DSR.

#### AP 4: Bestimmung der Asphaltperformance

Im AP 4 erfolgt die Untersuchung des Einflusses der erhöhten AG-Zugabe auf die Asphaltperformance an im Labor verdichteten Asphalt-Probekörpern mit folgenden angesprochenen Performanceeigenschaften:

- Steifigkeit + Widerstand gegen Ermüdung: Zug-Druck-Wechselprüfung bei 4 Temperaturen (je Temperatur 3-fache Belegung);
- Widerstand gegen Kälterissbildung: Abkühlversuch (3-fache Belegung) gemäss SN EN 12697-46, 2013;
- Verformungswiderstand: Spurbildungstest gemäss SN 670 422-NA, 2003 und Stempeleindringversuch gemäss FGSV, 2010.

Die Resultate der AG-Zugabemengen nach SN 640 431-1 sowie der erhöhten Varianten werden gegenübergestellt, verglichen und interpretiert. Gleichzeitig erfolgt die Entnahme von Bohrkernen auf der Teststrecke, um Aufschlüsse über den Verdichtungsgrad sowie den Hohlraumgehalt zu erhalten. Diese Massnahme wird im 2-Jahresrhythmus wiederholt, so dass zukünftig zusätzliche Rückschlüsse unter den Belastungen infolge Verkehr und Witterung (insbesondere Frost, UV-Strahlung) in Hinblick auf das Langzeitverhalten erhalten werden.

## 6 RESULTATE

### 6.1 AP 1: Materialbeschaffung und Bestimmung der massgebenden AG-Eigenschaften

Das im Zuge der Sanierung der Alten Forchstrasse in Küssnacht anfallende Fräsmaterial stammt aus zwei an Ort und Stelle gefrästen Asphaltsschichten und ist somit nicht mit Materialien anderer Baustellen vermischet. Das anfallende Fräsgut wird getrennt nach den Schichten von der MOAG AG zu Asphaltgranulat 0/8 (aus Deckbelag) und Asphaltgranulat 0/16 (Binderschicht) aufbereitet. Aufgrund des Strassenalters wird vermutet, dass das jeweils enthaltene Bindemittel unmodifiziert ist. Anstehende Untersuchungen sollten dies bestätigen oder widerlegen (in es wurde festgelegt, dass das AG ausschliesslich Strassenbaubitumen aufweisen sollte).

An beiden AG-Varianten erfolgt im Anschluss eine Probenahme für die Bestimmung der Ausgangskennwerte. Über die AG-Halde verteilt, werden jeweils 5 Kübel à ca. 25 kg entnommen, um nachstehende Kenngrössen charakterisieren zu können:

- Löslicher Bindemittelgehalt inkl. Siebanalyse (5-fache Bestimmung);
- Erweichungspunkt Ring und Kugel (5-fache Bestimmung);
- Nadelpenetration (1-fache Bestimmung);
- elastische Rückstellung (1-fache Bestimmung);
- Anteil gebrochener Körner, pro Korngruppe (1-fache Bestimmung);
- Plattigkeitskennzahl, pro Korngruppe (1-fache Bestimmung);
- DSR BTSV (2-fache Bestimmung).

Um eine verlässliche Aussagekraft über die Eigenschaften der AG-Varianten zu erhalten, werden Ein- bis Mehrfachprüfungen durchgeführt. Die Bestimmung von Bindemittelgehalt, Korngrössenverteilung sowie Erweichungspunkt werden 5-fach durchgeführt, da diese eine wichtige Basis für die Beurteilung der Gleichmässigkeit darstellen (siehe Kapitel 5.2). Tabelle 1 veranschaulicht die Aufteilung der entnommenen Kübel auf die einzelnen Prüfungen inkl. Angabe der angewendeten Norm.

Tabelle 1: Aufteilung der Kübel mit AG 0/8 und AG 0/16 auf die einzelnen Prüfungen für die Bestimmung der charakteristischen Kennwerte des Ausgangsmaterials

Prüfung (inkl. Normangabe)	Probe Nr. AG 0/8 oder AG 0/16						
	Einzelprobe (entspricht Kübelnummer)					Sammelprobe aus Kübel 1 - 5	
	1	2	3	4	5	6	7
Prüfungen an der Ausgangsprobe							
<b>Rückgewinnung</b> (SN EN 12697-3)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Bindemittelgehalt</b> (SN EN 12697-1)	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
<b>Korngrössenverteilung</b> (SN EN 12697-2)	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
Prüfungen Mineral nach Extraktion							
<b>Anteil gebr. Körner</b> (pro Korngruppe, EN 933-5)	-	-	-	-	-	✓	-
<b>Plattigkeitskennzahl</b> (pro Korngruppe, SN EN 933-3)	-	-	-	-	-	✓	-
Prüfungen am Bindemittel nach Extraktion							
<b>Erweichungspunkt R&amp;K</b> (SN EN 1427)	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
<b>Nadelpenetration</b> (SN EN 1426)	-	-	-	-	-	✓	-
<b>Elastische Rückstellung</b> (SN EN 13398)	-	-	-	-	-	-	✓
<b>BTSV</b> (DIN 52050)	✓	-	-	-	-	✓	-

Die Bindemittlextraktion wird mit Toluol durchgeführt. Das Befüllen der Prüfformen mit Bindemittel findet direkt nach der Destillation statt. Das jeweils übriggebliebene Material aus den Extraktionen wird in einer Metalldose gesammelt. An diesem wird später die in AP 2 beschriebene Labor-Mischgutkonzeption durchgeführt. Die elastische Rückstellung wird durchgeführt, um neben dem BTSV eine weitere Bestätigung über einen evtl. Modifikationsgrad zu erhalten (detaillierte Resultate zu AG 0/8 und AG 0/16 siehe Anhang 1).

## 6.2 AP 2: Labor-Mischgutkonzeption und Asphaltherstellung

### 6.2.1 Überprüfung der Gleichmässigkeit des Asphaltgranulates

Die Asphaltmischgutkonzeptionen mit den herkömmlichen AG-Zugaberaten gemäss SN 640 431-1 werden von der MOAG AG nach bewährten deklarierten Rezepturen

übernommen. Da es sich bei der Alten Forchstrasse in Künsnacht um eine Strecke mit mittelschweren Belastungen handelt, sind für die Sanierung S-Beläge (Asphaltmischgutsorten AC 8 S und AC B 22 S) geplant. Das Zielbindemittel für diese Asphaltmischgüter ist Strassenbaubitumen B 50/70, so dass dieses auch für die beiden Varianten mit erhöhtem Recyclinganteil nach Zuführung von Frischbindemittel angestrebt wird.

Die Bindemittelkennwerte der beiden AG-Varianten ergeben eindeutig unmodifizierte Varianten. Mithilfe des vom deutschen Asphaltverband herausgegebenen Regelwerkes für die Wiederverwendung von Asphalt (dav, 2008) wird anschliessend überprüft, ob das Material einerseits die Anforderungen an definierte Parameter erfüllt, sowie die angestrebten Zugabemengen an AG von 50 % im Deckbelag und 60 % in der Binderschicht mit dem Material der Alten Forchstrasse realisierbar sind. Als Mass gilt hierfür die Gleichmässigkeit des jeweiligen AGs, charakterisiert über die Spannweiten der spezifischen Kennwerte der 5 Einzelproben, wie dargestellt in Tabelle 2 inkl. Angabe der zulässigen Toleranzen.

Tabelle 2: Spannweiten aus 5 Einzelwerten der relevanten Merkmale für die Kontrolle der angestrebten Zugabemenge des AGs im Vergleich zu den zulässigen Gesamttoleranzen  $T_{zul}$  in Abhängigkeit von der Asphaltmischgutart (Toleranzen nach dav, 2008 – entspricht der Tabelle D.1 der TL Asphalt-StB 07/13)

Merkmal / Kenngrösse	Gleichmässigkeit (Spannweiten Asphaltgranulat)			
	Projekt RC-plus (aus 5 Einzelwerten)		$T_{zul}$ deutsches Regelwerk	
	AG 0/8	AG 0/16	Deck-, Binder- schichten	Trag-, Tragdeck- schichten
Erweichungspunkt Ring und Kugel [°C]	1.6	4	8	8
Bindemittelgehalt [M.-%]	0.1	0.7	0.8	1.0
Kornanteil <0.063 mm [M.-%]	2.0	1.0	6.0	10.0
Kornanteil 0.063 bis 2 mm [M.-%]	2.7	10.5	16.0	16.0
Kornanteil >2 mm [M.-%]	1.4	11.5	16.0	18.0

Ersichtlich ist, dass sowohl für AG 0/8 als auch für AG 0/16 die zulässigen Toleranzen eingehalten sind.

Im nächsten Schritt wird mit Hilfe von Nomogrammen (dav, 2008) überprüft, ob die angestrebten Zugabemengen innerhalb der maximal zulässigen Werte liegen. Massgebend ist der im Diagramm höchstangesetzte Wert. Im Falle des AG 0/8 ist das mit 2.0 M.-% der Kornanteil <0.063 mm. Da dieser beim Verschieben in Richtung Kurve der Zugabemenge von 50 % weit unter der maximalen Toleranz liegt, ist die Verwendung von diesem Material für das vorliegende Projekt möglich (siehe Abbildung 4).

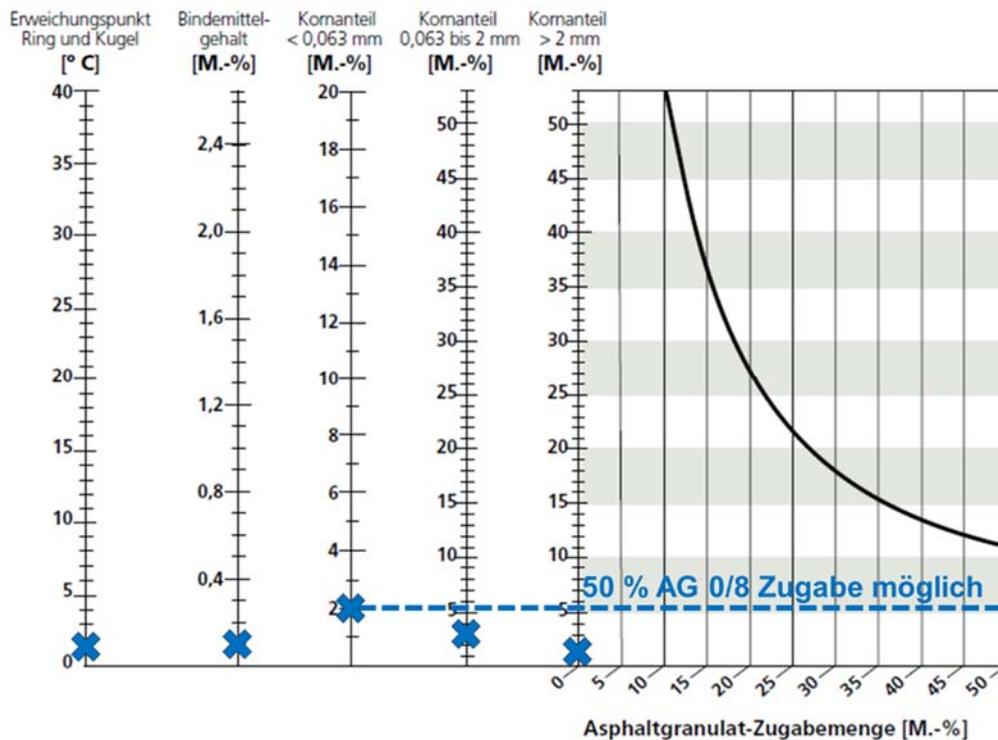


Abbildung 4: Nomogramm zur Überprüfung der angestrebten Zugabemenge von 50 % für den Einsatz von AG 0/8 in der Asphaltdeckschicht in Abhängigkeit von der Gleichmässigkeit der Merkmale des AGs.

Wird dies analog für AG 0/16 für den Einsatz in der Asphaltmischgutsorte AC B 22 S durchgeführt, so wird ersichtlich, dass die Gleichmässigkeit für das AG 0/16 aus 5 Einzelwerten eine maximale Zugabemenge von 40 % erlaubt (siehe Abbildung 5). Ein Blick auf die Einzelwerte zeigt, dass Probe 5 Abweichungen im Bindemittelgehalt gegenüber den restlichen 4 Proben zeigt (Probe 1 bis 4: 4.3 – 4.6 M.-%, Probe 5: 5.0 M.-%, siehe Anhang 1). Wird Probe 5 aus der Bewertung ausgeschlossen, verringert sich die Spannweite des Bindemittelgehaltes von 0.7 auf 0.3 M.-%, was wiederum in einer Zugabemenge von 50 % und sogar mehr resultiert (siehe Abbildung 6).

Da bisher in den Normen keine höheren Raten für Asphaltdeck- und Asphaltbinder-schichten vorgesehen sind, endet das Nomogramm bei 50 %. Aufgrund des Projektziels auch zukünftig über einen Mehreinsatz von Recyclingasphalt in Binderschichten nachzudenken, wird für das Projekt „RC plus – Küsnacht“ eine AG-Zugabemenge von 60 % festgelegt. Da sich Binder- und Tragschichten in der Zusammensetzung sehr ähneln, zeigt eine Übertragung der Gleichmässigkeit auf das Nomogramm für Tragschichten, dass dies möglich ist.

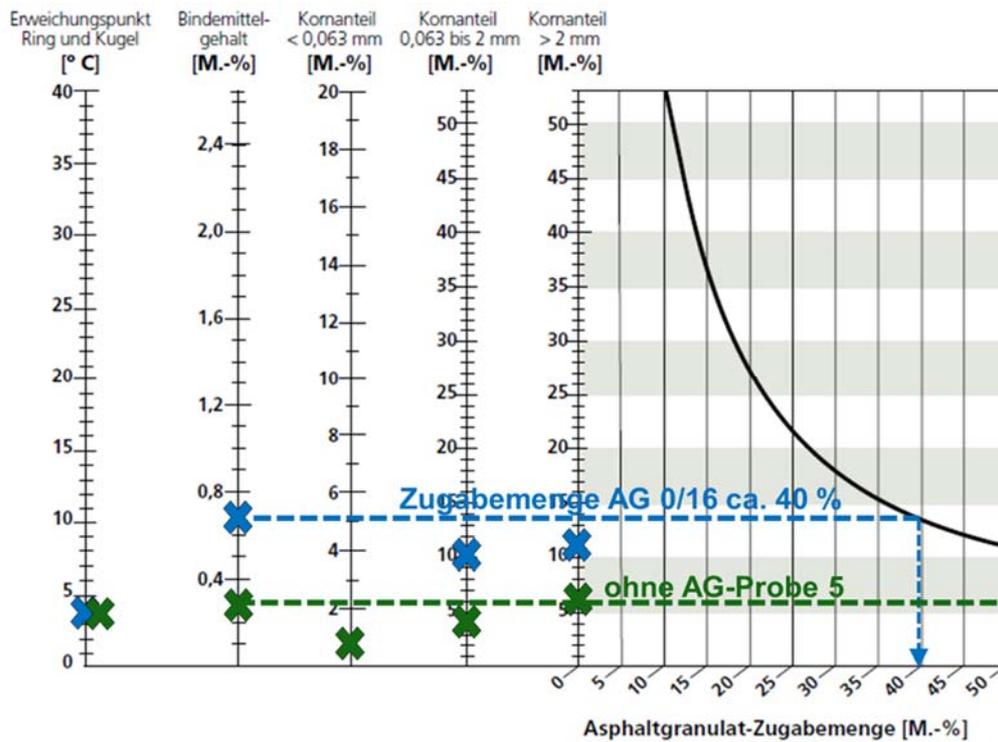


Abbildung 5: Nomogramm zur Überprüfung der angestrebten Zugabemenge von 60 % für den Einsatz von AG 0/16 in der Asphaltbinderschicht in Abhängigkeit von der Gleichmäßigkeit der Merkmale des AGs, blau: Gleichmäßigkeit über alle Proben, grün: Ausschluss von Probe 5.

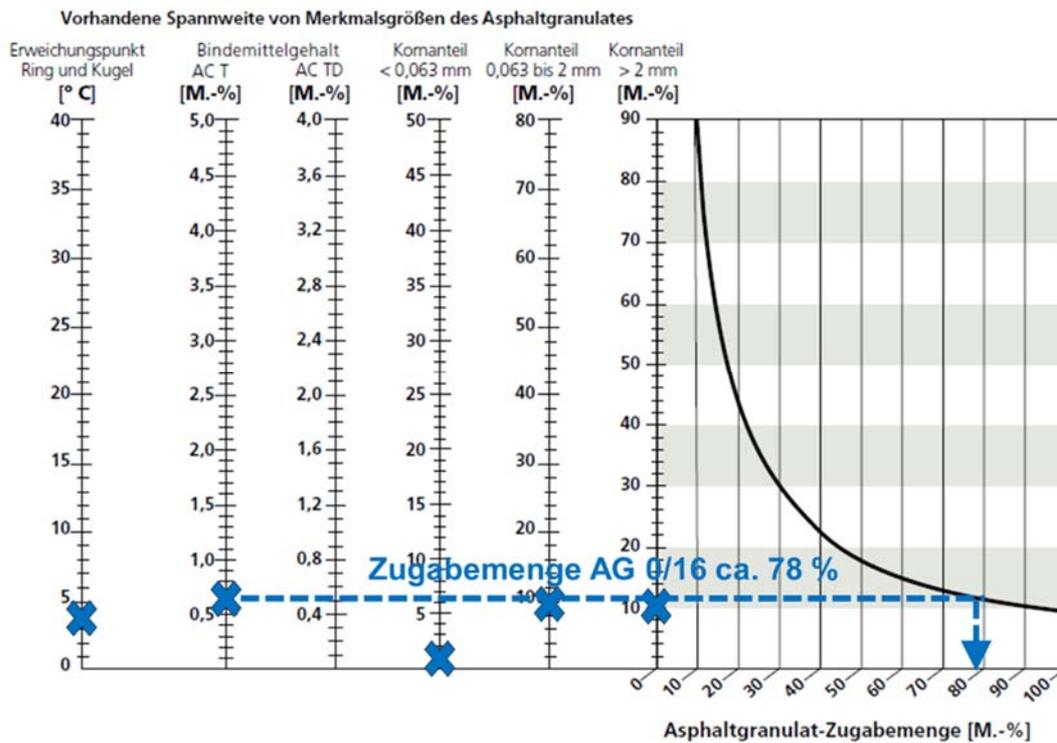


Abbildung 6: Nomogramm für den Einsatz des AG 0/16 am Nomogramm für Trag- und Tragdeckschichten.

## 6.2.2 Bestimmung der Zugabemengen

Grundlage für die Konzipierung der beiden Asphaltmischgutvarianten mit erhöhten AG-Anteilen sind bewährte Rezepturen für die Asphaltmischgutsorten AC 8 S ohne Recycling bzw. AC B 22 S mit 30 % Recyclinganteil der MOAG AG. Sie geben den Rahmen vor für die neuen Rezepturen mit AG-Zugabemengen von 50 bzw. 60 % vor, insbesondere bezüglich:

- Löslicher Bindemittelgehalt,
- Sollbereich für die Siebkurve und
- Zielbindemittel B 50/70 mit seinen Kennwerten.

Anhand von Sollbindemittelgehalt, AG-Anteil sowie dessen Bindemittelgehalt ist es möglich, die Korngrößenverteilung für das jeweilige Zielmischgut sowie die Zugabemengen an Frischbindemittel rechnerisch zu bestimmen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Rechnerische Bestimmung der Anteile an Bindemittel und Mineral sowie Zugabemenge an Frischbindemittel

Kenngösse		Asphaltmischgut mit AG		AC 8 S	AC B 22 S
definiert / bestimmt	Bindemittelgehalt Soll aus Erstprüfung [M.-%]	a*		6.1	4.1
	Bindemittelgehalt AG [M.-%]	b*		5.8	4.5
	Zugabemenge AG [%]	c*		50	60
rechnerisch	Bindemittelanteil aus AG [M.-%]	d*		2.89 (b, c*)	2.71 (b, c*)
	Mineralanteil aus AG [M.-%]	e*		47.11 (c, d*)	57.29 (c, d*)
	Mineralanteil aus AG bezogen auf das gesamte Mineral im Mischgut [M.-%]	f*		50.17 (a, e*)	59.74 (a, e*)
	Bindemittelanteil aus AG bezogen auf Sollbindemittelgehalt [%]	g*		47.44 (a, d*)	66.03 (a, d*)
	Zugabemenge an Frischbitumen bezogen auf das gesamte Bindemittel [%]	h*		52.56 (g*)	33.97 (g*)

\*Hilfe zur Darstellung der Berechnungsmethode

Es ist das Ziel, im resultierenden Asphaltmischgut ein Bindemittel vorzufinden, das den Eigenschaften eines Strassenbaubitumens der Sorte B 50/70 entspricht. Für die Verjüngung kommen 3 gängige Strassenbaubitumen in Frage, die üblicherweise in der Schweiz zum Einsatz kommen: B 70/100, B 100/150 und B 250/330. Noch weichere Sorten werden ausgeschlossen.

### 6.2.3 Rechnerische Konzipierung der Bindemittel

Bekannt aus den vorangegangenen Untersuchungen sind:

- der Härtegrad des AG-Bitumens,
- der Bindemittelanteil aus dem AG bezogen auf den Sollbindemittelgehalt,
- die Zugabemenge an Frischbindemittel sowie
- die angestrebten Bindemittleigenschaften nach der Verjüngung.

Bisher werden in der Schweiz Bindemittel üblicherweise anhand des Erweichungspunkts Ring und Kugel sowie des Penetrationswerts deklariert. Präziser und zuverlässiger werden die Eigenschaften eines Bindemittels anhand von rheologischen Kennwerten beschrieben, die mit Rheometern gewonnen werden (siehe Kapitel 1).

In diesem Projekt kommt das BTSV zur Anwendung, mit dem die interessierenden rheologischen Kenngrößen von Bindemitteln im Bereich hoher Gebrauchstemperaturen aus einer einfachen DSR-Prüfung erhalten werden. Es wird die Temperatur  $T_{BTSV}$  ermittelt, bei der das Bindemittel einen Schermodul von  $G^* = 15$  kPa aufweist. Bei Strassenbaubitumen geht dieser einher mit dem Erweichungspunkt Ring und Kugel, da letzterer den gleichen Zustand beschreibt (siehe Alisov, 2017). Anhand dieser Temperatur sowie des zugehörigen Phasenwinkels  $\varphi_{BTSV}$  (Beschreibung des viskoelastischen Verhaltens) ist es möglich, unterschiedliche Bindemittelarten und -sorten systematisch und zuverlässig zu differenzieren und klassifizieren (siehe Alisov, 2017; Wistuba et al., 2018).

Untersuchungen am Bindemittel B 50/70 zeigen für diese Bitumensorte im Vergleich mit Produkten von unterschiedlichen Lieferanten und Provenienzen in Deutschland eine mittlere Temperatur  $T_{BTSV}$  von 52.4°C und einen zugehörigen Phasenwinkel  $\varphi_{BTSV}$  von 80.9° (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS). Das für das Projekt gelieferte B 50/70 der MOAG AG weist eine Temperatur  $T_{BTSV}$  von 50.0°C auf. Unter Beachtung der Vermengung mit einem verhärteten Bindemittel wird für  $T_{BTSV}$  ein Zielwert von 54.0°C gewählt. Die schrittweise Ermittlung der Bindemittelkennwerte zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Schrittweise Konzipierung vom AG-Bitumen zum Zielbindemittel unter Angabe der Bindemittelkennwerte (Temperatur  $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt Ring und Kugel  $EP R\&K$ , Penetration  $Pen$ )

Eigenschaft	AG-Bitumen	+	Frischbindemittel			Zielbindemittel B50/70
			70/100	100/150	250/330	MOAG
<b>AC 8 S</b>						
$T_{BTSV}$ [°C]	64.0		47.8	41.7	35.8	50.0
$EP R\&K$ [°C]	64.9	+	46.1	41.1	34.6	49.9
( $Pen$ [ $10^{-1}$ mm])	(25.3)		(83.7)	(138.7)	(282.3)	60.0
<b>AC B 22 S</b>						
$T_{BTSV}$ [°C]	62.3		47.8	41.7	35.8	50.0
$EP R\&K$ [°C]	62.6	+	46.1	41.1	34.6	49.9
( $Pen$ [ $10^{-1}$ mm])	(22.0)		(83.7)	(138.7)	(282.3)	60.0
 <b>Bestimmung optimales Mischungsverhältnis</b>						

( ) Werte in Klammer nicht für Konzipierung verwendet, informative Angabe

Die Mischungsverhältnisse werden auf der Grundlage der rheologischen Kennwerte systematisch zusammengesetzt. Sowohl für das Bindemittelkonzept der Asphaltdeckschicht als auch für jenes der Asphaltbinderschicht werden je 3 Mischungsverhältnisse mit gleichmässig aufsteigenden Anteilen an B 70/100 untersucht. Aufgrund der etwas weicheren Eigenschaften des AG 0/8 wird als zweite Komponente das B 100/150 geprüft. Beim AG 0/16 fällt die Entscheidung auf das B 250/330.

Zur Bindemittelkonzipierung für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S wird zudem ein bereits existierendes Maschinenrezept für die Asphaltmischgutsorte AC T 22 S des Werkes Grynau der MOAG AG hinzugezogen, welchem auf 1 Tonne 600 kg AG sowie 6 kg B 250/330 und 7 kg B 100/150 zugegeben wurde (= Mischung Nr. 4 in Tabelle 5). Um einen Hinweis auf die zu erwartende Temperatur  $T_{BTSV}$  zu erhalten, erfolgt gleichzeitig die Ermittlung der restlichen Bindemittelkennwerte aus dem T-Sweep, des Erweichungspunkts Ring und Kugel sowie der Nadelpenetration (Tabelle 5).

Tabelle 5: Aufstellung der Mischungsverhältnisse von AG-Bitumen und Frischbindemittel unter Angabe der rechnerischen Bindemittelkennwerte (insbesondere Temperatur  $T_{BTSV}$ )

Mischung Nr.	Zugabemenge Bitumen [%]				Berechnete Bindemittelwerte			
	AG	B 70/100	B 100/150	B 250/330	$T_{BTSV}$ [°C]	$T_{15MPa}$ [°C]	EP R&K [°C]	Pen [10 <sup>-1</sup> mm]
<b>AC 8 S</b>								
1	47.44	0	52.56	0	<b>52.3</b>	7.4	52.4	61.9
2	47.44	26.28	26.28	0	<b>53.9</b>	8.4	53.7	54.2
3	47.44	52.56	0	0	<b>55.5</b>	9.4	55.0	47.5
<b>AC B 22 S</b>								
1	66.03	0	0	33.97	<b>53.3</b>	8.6	53.0	52.4
2	66.03	16.99	0	16.99	<b>55.4</b>	9.7	55.0	42.6
3	66.03	33.97	0	0	<b>57.4</b>	10.8	57.0	34.6
4*	66.03	0	15.68	18.29	<b>54.0</b>	9.5	54.6	44.7

\* Mischung 4 gemäss Maschinenrezept der MOAG, Werk Grynau, für die Asphaltmischgutsorte AC T 22 S mit 60 % AG: 7 kg B 250/330 + 6 kg B 100/150

Aus den Berechnungen geht hervor, dass bei den beiden Mischgutttypen jeweils eine Variante dabei ist, die dem Zielwert von 54.0°C sehr nahe kommt, so dass die praktische Umsetzung im Labor dementsprechend festgelegt wird. Der Einfachheit wegen werden die Anteile im Folgenden als gerundete Werte angegeben.

## 6.2.4 Prüfung der Bindemittel

Zur Herstellung der Proben und zur Prüfung wird wie folgt vorgegangen:

### 1. Herstellung einer homogenen Platte aus AG-Bitumen

- Erwärmen des in der Metalldose gesammelten AG-Bitumen (aus AP 1) bei einer Temperatur von 140 °C bis es sich verflüssigt (zwischendurch Kontrolle mit Glasstab), anschliessend vorsichtiges Rühren und Homogenisieren mit Glasstab;
- Abgiessen des flüssigen AG-Bitumens auf eine Silikonmatte (Ecken hochgeklappt und fixiert mit Büroklammern), anschliessend Aushärten;
- Entfernen der Silikonmatte; Verpacken der homogenen Bitumen-Prüfkörper (in Backpapier umwickelt) und Aufbewahrung in einer Box.

### 2. Mischungsverhältnisse aus AG-Bitumen und Frischbindemittel(n) gemäss Tab. 4

- Grundlegende Probenmenge für ein Mischungsverhältnis und einen Versuchsdurchlauf: 60 g;
- Abwägen von AG-Bitumen sowie Frischbindemittel(n) entsprechend den Mischungsverhältnissen in einer Kasserolle (Zuschnitt der Probenmenge der AG-Bitumen-Prüfkörper mit erwärmtem Cuttermesser, Herauslösen des frischen Bindemittels aus der Dose mit erwärmtem Löffelspatel);

- Anmerkung: Die Plattenherstellung wie beim AG-Bitumen wird für Frischbindemittel nicht durchgeführt, um eine Verhärtung durch Erwärmung auszuschliessen. Weiterhin wird auf die (mehrmalige) Erwärmung und Homogenisierung in der Dose verzichtet. Aufgrund der begrenzten Aufbewahrungszeit der Proben nach dem Abfüllen der Formen sowie der hohen Probenmengen können nicht alle Mischungsverhältnisse auf einmal angefertigt werden.
- Vorsichtiges Erwärmen des Gemisches auf eine Temperatur von 140 °C mit Hilfe eines Bunsenbrenners unter ständigem Rühren und Kontrolle der Temperatur mit einem Glasstabthermometer;
- Homogenisieren des Gemisches für die Dauer von 3 Minuten durch stetiges Verrühren nach Erreichen der Temperatur und Verflüssigen des Gemisches;
- Abfüllen des Gemisches in Penetrationsschalen, Ringe sowie Silikonformen (Anmerkung: Verwendung eines Reduzier-Ringes für die Penetration);
- Abkühlen der Formen entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Prüfnormen.



Abbildung 7: Homogenisieren und Temperaturkontrolle an der erwärmten und homogenisierten Bitumenmischung.

### 3. Versuchsdurchführung

- BTSV (temperatur-instationäre Oszillationsrheometrie nach DIN 52050): Temperaturbereich 30 bis 90°C, Temperaturgefälle  $\Delta T = 1.2$  °C/min, Prüffrequenz 1.59 Hz, Prüfgeometrie Platte-Platte mit Durchmesser 25 mm und Spaltbreite 1 mm, Scherspannung 1 Pa;
- T-Sweep 15 kPa: Temperaturbereich -10 bis 40 °C, Prüffrequenz 1.59 Hz;
- Erweichungspunkt Ring und Kugel nach EN 1427: Starttemperatur 5 °C, Prüfbereich 28 bis 80 °C, Badflüssigkeit Wasser;
- Nadelpenetration nach EN 1426: Prüftemperatur 25 °C, aufgebrauchte Last 100 g, Belastungsdauer 5 s.

## 6.2.5 Auswertung der Bindemittelprüfungen

### 1. Bitumenmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S

Tabelle 6 und Abbildung 8 veranschaulichen die Resultate der Einzelkomponenten sowie der einzelnen Mischungen für die Konzipierung der Deckschicht AC 8 S.

Tabelle 6: Resultate zu den 3 Bitumenmischungen für AC 8 S

Nr.	Anteile Bitumen [%]			Berechnete Bindemittelwerte					
	AG	70/100	100/150	BTSV		T-Sweep		EP R&K [°C]	Pen [10 <sup>-1</sup> mm]
				T <sub>BTSV</sub> [°C]	φ <sub>BTSV</sub> [°]	T [°C]	φ [°]		
1	47	0	53	<b>51.1</b> (52.3)	<b>76.6</b>	<b>6.0</b> (7.4)	<b>40.5</b>	<b>51.5</b> (52.4)	<b>51.7</b> (61.9)
2	47	26.5	26.5	<b>52.3</b> (53.9)	<b>76.8</b>	<b>7.8</b> (8.4)	<b>40.1</b>	<b>52.4</b> (53.7)	<b>47.7</b> (54.2)
3	47	53	0	<b>53.9</b> (55.5)	<b>76.8</b>	<b>9.0</b> (9.4)	<b>40.8</b>	<b>53.4</b> (55.0)	<b>43.7</b> (47.5)

() Werte in der Klammer sind Berechnungswerte, siehe Tabelle 5

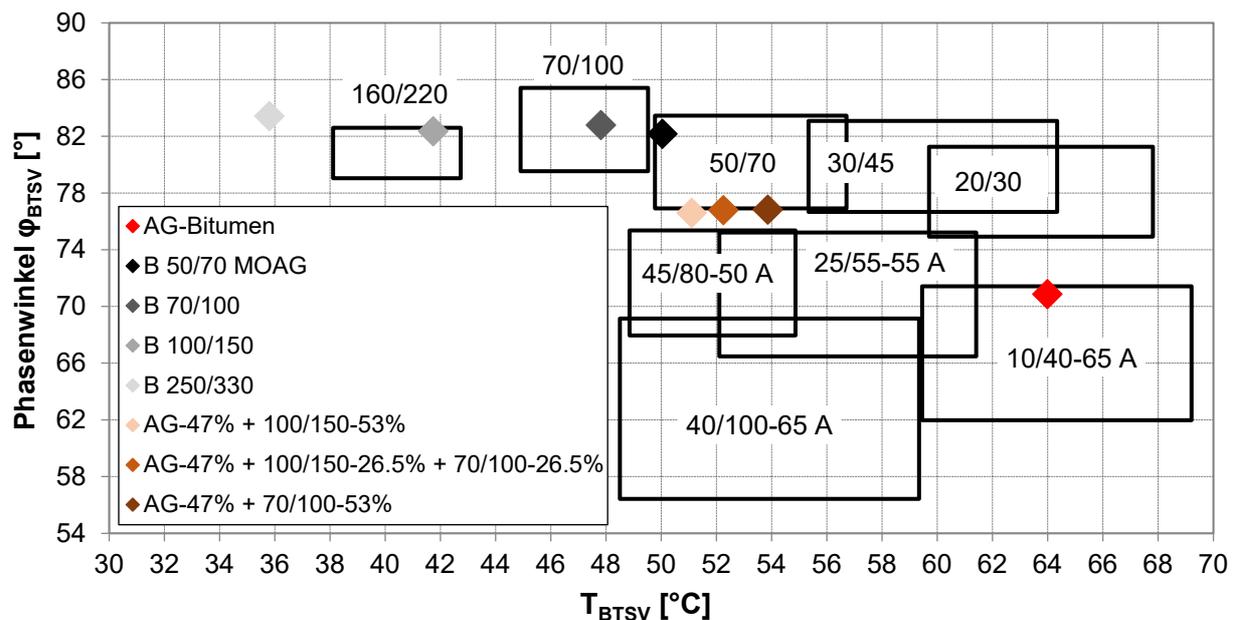


Abbildung 8: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV zu den Bindemittelmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S. Die Kästchen stellen eine Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS).

Zu erkennen ist, dass die angestrebte BTSV-Temperatur von höchstens 54 °C mit allen 3 Bitumenmischungen erreicht wird. Der Phasenwinkel wird von 70.9° im AG-Bitumen auf 76.6 bis 76.8° in den 3 Bitumenmischungen angehoben. Eine Anhebung des Phasenwinkels auf das Niveau des Ausgangsbitumens B 50/70 der MOAG von 82.2° wird nicht ganz erzielt, allerdings liegt der erzielte Wert für den Phasenwinkel innerhalb der üblichen Grenzen für ein Strassenbaubitumen der Sorte B 50/70 (siehe Abbildung 8, schwarzes Kästchen beschriftet mit 50/70; die schwarzen Kästchen

entsprechen dem Erfahrungshintergrund an der TUBS, der aus zahlreichen Untersuchungen an unterschiedlichen, in Deutschland verfügbaren Bindemitteln abgeleitet wurde).

Die drei Mischungsverhältnisse sind so aufgebaut, dass sich der Anteil an Frischbindemittel B 70/100 kontinuierlich von Mischung 1 zu 3 erhöht (Mischung 1: 0 % Zugabeanteil an Frischbindemittel, Mischung 2: 26.5 %, Mischung 3: 53 %). Wird die Temperatur  $T_{BTSV}$  über die Zugabemenge an B 70/100 in einem Diagramm aufgetragen, so ergibt sich eine lineare Abhängigkeit der  $T_{BTSV}$  vom Zugabeanteil. Anhand der zugehörigen Funktion kann der jeweils optimale Anteil an Frischbindemittel rechnerisch bestimmt werden, um eine  $T_{BTSV}$  von 54 °C zu erhalten: Es ergeben sich ein Anteil von 56.89 % für B 70/100 und ein Anteil von 0 % (rechnerisch -4.33 %) für B 100/150 (siehe Abbildung 9).

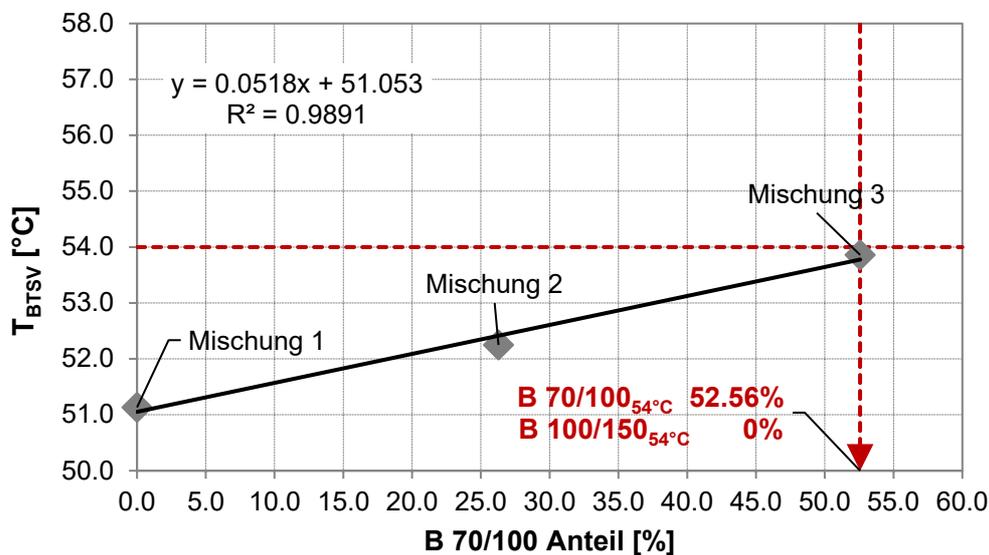


Abbildung 9: Berechnung der für eine Temperatur  $T_{BTSV}$  von 54 °C optimalen Zugabemenge [%] an Strassenbaubitumen der Sorten B 70/100 und B 100/150 zur Bindemittelkonzipierung für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S.

## 2. Bitumenmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S

Analog zur Konzeption der Asphaltdeckschicht stellen die nachfolgende Tabelle und Abbildung die Resultate für die Konzipierung der Asphaltbinderschicht dar.

Tabelle 7: Resultate zu den 4 Bitumenmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S

Nr.	Anteile Bitumen [%]				Berechnete Bindemittelwerte					
	AG	70/100	100/150	250/330	BTSV		T-Sweep		EP R&K [°C]	Pen [10 <sup>-1</sup> mm]
					$T_{BTSV}$ [°C]	$\phi_{BTSV}$ [°]	$T$ [°C]	$\phi$ [°]		
1	66	0	0	34	52.2 (55.4)	76.8	8.7 (8.6)	39.0	52.9 (53.0)	51.0 (52.4)
2	66	17	0	17	55.1 (53.9)	76.7	9.6 (9.7)	39.0	55.0 (55.0)	40.3 (42.6)
3	66	34	0	0	57.0 (57.4)	76.8	11.0 (10.8)	39.3	57.4 (57.0)	34.7 (34.6)
4	66	0	15.7	18.3	54.0 (54.2)	76.7	9.5 (9.0)	40.0	54.6 (54.1)	44.7 (46.8)

() Werte in der Klammer sind Berechnungswerte, siehe Tabelle 5

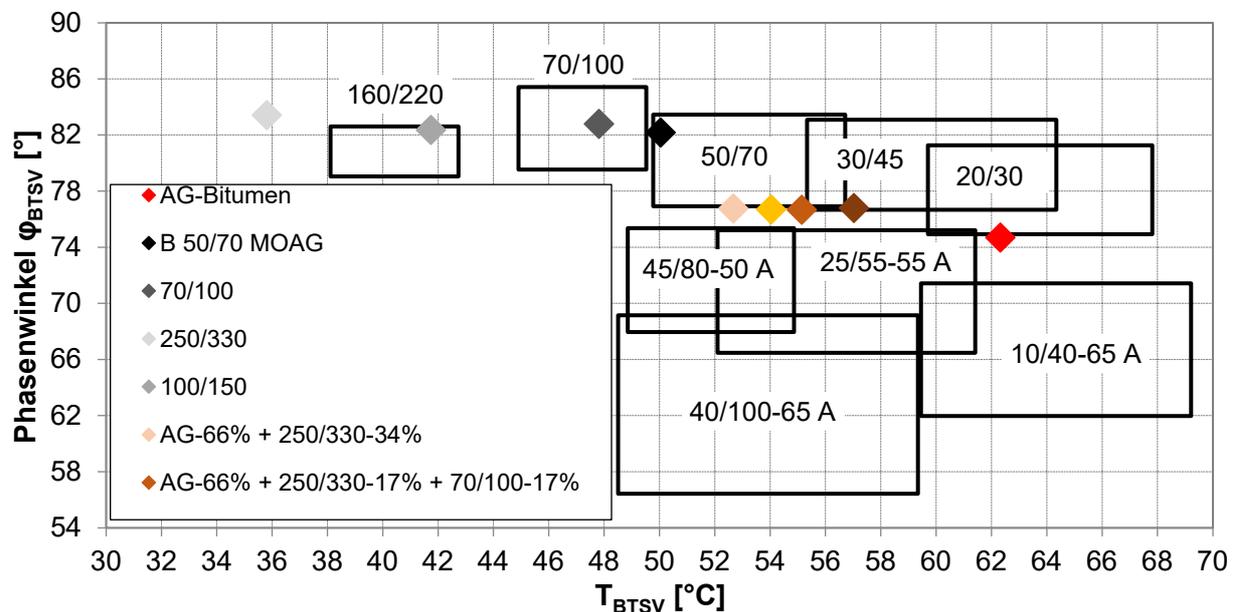


Abbildung 10: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV zu den Bindemittelmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S. Die Kästchen stellen eine Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS).

Die Bitumenmischungen 2 (17 % B 70/100, 17 % B 250/33) und 3 (34 % B 70/100, 0 % B 250/33) resultieren in einer Temperatur  $T_{BTSV} > 54$  °C. Mit Mischung 1 (0 % B 70/100, 34 % B 250/33) stellt sich eine Temperatur von  $T_{BTSV} = 52.2$  °C ein. Auch hier zeigt sich, dass der Phasenwinkel angehoben werden kann, allerdings nicht auf das Niveau des Frischbitumens B 50/70. Gleich den Varianten für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S bewegt sich der Phasenwinkel im Bereich von 76.6 bis 76.8°.

Wird die Temperatur  $T_{BTSV}$  über die Zugabemenge an Bindemittel in einem Diagramm aufgetragen (analog zu oben), so ergibt sich wieder eine lineare Abhängigkeit der  $T_{BTSV}$  vom Zugabeanteil. Da das weiche Frischbitumen der Sorte B 250/330 Be-

standteil aller Varianten ist, erfolgt die Auftragung des BTSV über dessen Zugabemenge. Die Regression wird nun über die Mischungen 1 bis 3 gelegt, da diesen als zweite Komponente das B 70/100 zugrunde liegt. Mischung 4 ist informativ angegeben. Werden als Verjüngungsmittel B 70/100 und B 250/330 gewählt, so ergibt sich rechnerisch ein optimaler Anteil von 9.6 % an B 70/100 und 24.4 % an B 250/330, um eine Temperatur  $T_{BTSV}$  von 54 °C zu erhalten. Für die Mischung 4 (15.7 % B 100/150, 18.3 % B 250/33) wird die Temperatur  $T_{BTSV} = 54$  °C exakt erzielt (siehe Abbildung 11).

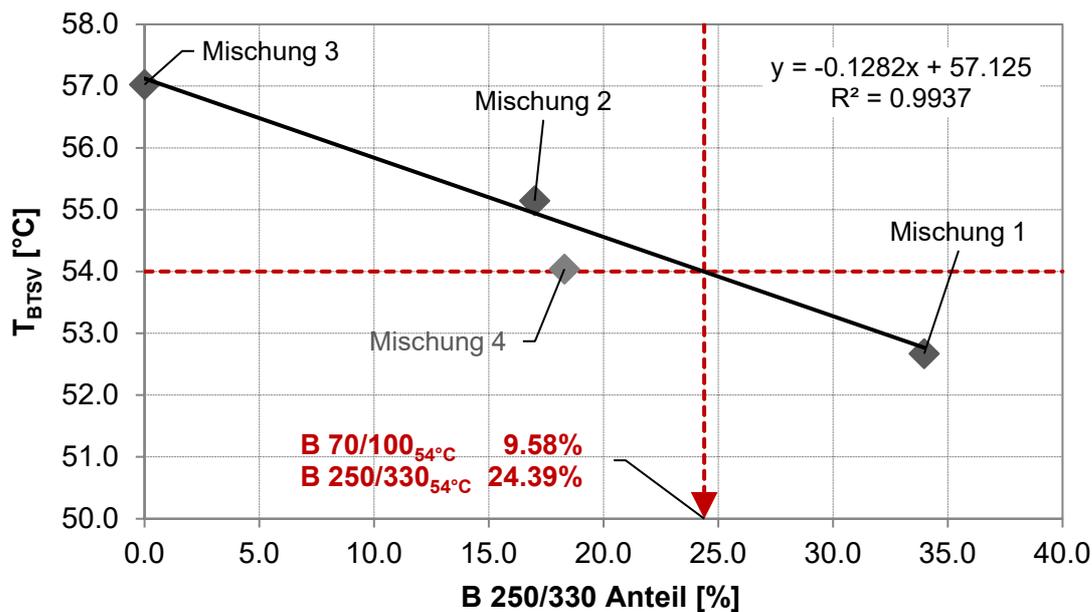


Abbildung 11: Berechnung der für eine Temperatur  $T_{BTSV}$  von 54 °C optimalen Zugabemenge [%] an Strassenbaubitumen der Sorten B 70/100 und B 250/330 zur Bindemittelkonzipierung für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S.

### 6.2.6 Festlegung und Überprüfung der Probemischungen

Da für beide Asphaltsschichten mit den bereits durchgeführten Bitumenmischungen die BTSV-Temperatur von 54 °C erzielt wird, kann auf die Untersuchung zusätzlicher Varianten verzichtet werden. Es resultieren die in Tabelle 8 bzw. 9 dargestellten Konzepte für die Probemischungen.

Tabelle 8: Bitumenkonzepte zu den Probemischungen für die Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht

Asphaltschicht	Anteile Bitumen [%]			
	AG	70/100	100/150	250/330
AC 8 S	47	53	0	0
AC B 22 S	66	0	16	18

Anhand der vorangegangenen Erkenntnisse erfolgte die Rezeptierung für die Herstellung einer Probemischung von 1000 kg (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Rezepturen zu den Probemischungen für die Asphaltmischgutsorten AC 8 S und AC B 22 S auf 1000 kg berechnet

Produkt		Zugabemenge für 1000 kg	
		AC 8 S	AC B 22 S
Mineral	Asphaltgranulat	500	600
	Füller	13	16
	0 / 2.5 mm	175	10
	2.5 / 4.5 mm	135	40
	4.5 / 9.0 mm	145	70
	9.0 / 13.5 mm	0	50
	13.5 / 18.0 mm	0	85
	18.0 / 25.0 mm	0	115
Frischbitumen	B 70/100	32	0
	B 100/150	0	6.5
	B 250/330	0	7.5

Im Werk 12 Grynau der MOAG AG werden die Probemischungen hergestellt und anschliessend die Konzeption im Labor überprüft. Gegenstand der Untersuchungen im Labor sind: Bindemittelgehalt, Siebkurve, Herstellung von Probekörpern mit dem Marshallversuch, Penetration, Erweichungspunkt Ring und Kugel und BTSV-Kennwerte.

Zu beachten ist, dass es durch Rückgewinnung des Bindemittels aus dem Asphaltmischgut zu einer Verhärtung des Bindemittels kommt, einhergehend mit einer Erhöhung der Temperatur  $T_{BTSV}$  und des Erweichungspunktes vergleichbar mit einer Kurzzeitalterung im RTFOT-Verfahren. Um einschätzen zu können, welche Beeinträchtigung das jeweilige Bindemittel erfährt, werden die gewählten Bindemittelkonzepte gemäss Tabelle 8 dem RTFOT-Verfahren unterzogen (Resultate siehe Tabelle 10).

### 1. Probemischungen für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S

Bei der Herstellung der Probemischung 1 wird das AG zunächst kalt zugegeben. Dies ist vermutlich die Ursache dafür, dass ein zu tiefer Hohlraumgehalt von 2.1 Vol.-% erzielt wird. Es wird eine zweite Mischung hergestellt, bei der der Füllergehalt reduziert und das AG warm beigemischt wird. Probemischung 2 erweist sich mit einem Hohlraumgehalt von 2.5 Vol.-% als immer noch zu dicht (siehe detaillierte Resultate in Anhang 3).

Allerdings geht aus beiden Mischungen hervor, dass die Bindemittelkonzeption in dieser Zusammensetzung grundsätzlich funktioniert. Sowohl die Temperatur  $T_{BTSV}$  als auch der Erweichungspunkt Ring und Kugel liegen bei beiden Probemischungen

nach der Extraktion im Bereich von 57.1 bis 57.8 °C und entsprechen damit den Kennwerten nach der Kurzzeitalterung der alleinigen Bindemittelzusammensetzung bzw. sind sogar besser d. h. etwas weicher (siehe Tabelle 10).

Somit kann die demonstrierte Vorgehensweise für die Bindemittelkonzeption grundsätzlich empfohlen werden. Eine Anpassung des Füllergehaltes, um den Hohlraumgehalt zu heben, wird noch vorgenommen (siehe 6.3.1).

Tabelle 10: Bindemittelkennwerte (Temperatur  $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt  $EP R\&K$ , Penetration  $Pen$ ) zu den Asphaltprobemischungen 1 und 2 für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S mit 50 % Recycling; und Bindemittelkennwerte der dafür verwendeten Bindemittelmischung vor und nach Kurzzeitalterung (RTFOT-Verfahren)

Material		$T_{BTSV}$ [°C]	$EP R\&K$ [°C]	$Pen$ [10 <sup>-1</sup> mm]
AC 8 S mit 50 % AG	Probemischung 1	57.1	57.8	43
	Probemischung 2	57.5	57.6	36
Bindemittelmischung AG-Bitumen 47 % B 70/100 53 %	Unbehandelt	53.9	53.4	44
	nach Kurzzeitalterung	59.5	59.7	32

## 2. Probemischungen für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S

Das Bindemittel der Probemischung 1 für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S erweist sich nach der Extraktion als zu hart. Sowohl die Temperatur  $T_{BTSV}$  als auch der Erweichungspunkt Ring und Kugel ergeben Werte über 60.9 °C bzw. 62.2 °C. Die gleiche Mischung wird noch einmal angefertigt, und es ergeben sich ebenso tiefe Temperaturen wie nach Kurzzeitalterung. Somit ist auch hier die Praxistauglichkeit der Bindemittelkonzeption für den Einbau gegeben (siehe Tabelle 11).

Beide Mischungen erweisen sich als zu dicht, zu sehen an tiefen Hohlraumgehalten (siehe detaillierte Resultate in Anhang 4). Bei Probemischung 2 ist zudem der Bindemittelgehalt mit 4.6 M.-% um 0.5 M.-% neben dem Soll.

Tabelle 11: Bindemittelkennwerte (Temperatur  $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt  $EP R\&K$ , Penetration  $Pen$ ) zu den Asphaltprobemischungen 1 und 2 für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S mit 60 % Recycling; und Bindemittelkennwerte der dafür verwendeten Bindemittelmischung vor und nach Kurzzeitalterung (RTFOT-Verfahren)

Material		$T_{BTSV}$ [°C]	$EP R\&K$ [°C]	$Pen$ [10 <sup>-1</sup> mm]
AC B 22 S mit 60 % AG	Probemischung 1	60.9	62.2	37
	Probemischung 2	57.2	57.6	38
Bindemittelmischung AG-Bitumen 66 % B 100/150 16 % B 250/30 18 %	Unbehandelt	54.0	54.6	45
	nach Kurzzeitalterung	58.2	59.1	33

## 6.3 AP 3: Demonstration auf der Teststrecke in Küsnacht ZH

### 6.3.1 Einbaurezepturen

Für den Einbau werden für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S die Bindemittelmenge und -zusammensetzung aus den Probemischungen übernommen. Bei der Asphaltmischgutsorte AC B 22 S wird die Bindemittelmenge geringfügig angepasst (Hohlraumgehalt etwas höher; Verzicht auf Eigenfüller; siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Rezepturen für die Einbaumischungen: Asphaltdeckschicht aus AC 8 S und Asphaltbinderschicht aus AC B 22 S; Werte bezogen auf 1000 kg Mischgut

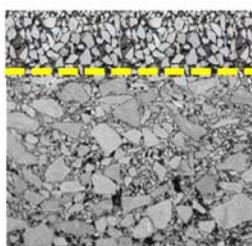
Produkt		Zugabemenge für 1000 kg Mischgut	
		AC 8 S	AC B 22 S
Mineral	Asphaltgranulat	500	600
	Füller	8	0
	0 / 2.5 mm	165	15
	2.5 / 4.5 mm	130	45
	4.5 / 9.0 mm	165	60
	9.0 / 13.5 mm	0	50
	13.5 / 18.0 mm	0	85
	18.0 / 25.0 mm	0	132
Frischbitumen	B 70/100	32	0
	B 100/150	0	6
	B 250/330	0	7

### 6.3.2 Asphalteinbau

Die Teststrecke, gelegen auf der Alten Forchstrasse in Küsnacht ZH, mit einer Gesamtlänge von ca. 600 m, ist in 2 Abschnitte aufgeteilt. Auf dem einem Abschnitt erfolgt der Einbau des Asphalts nach herkömmlicher Zusammensetzung, auf dem zweiten Abschnitt werden die Asphaltsschichten mit erhöhten Recyclinganteilen eingebaut (siehe Abbildungen 12 und 13).

#### AG-Zugaberate gem. SN 640 431-1

Abschnitt 1, ca. 250 m

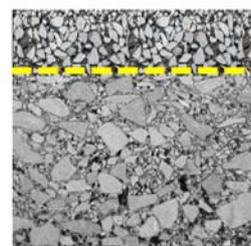


AC 8 S ohne AG

AC B 22 S mit 30 % AG

#### hohe AG-Zugaberate

Abschnitt 2, ca. 250 m



AC 8 S mit 50 % AG

AC B 22 S mit 60 % AG

Abbildung 12: Schematische Darstellung des Asphaltoberbaues in den 2 Teilabschnitten der Teststrecke Alte Forchstrasse, Küsnacht ZH.

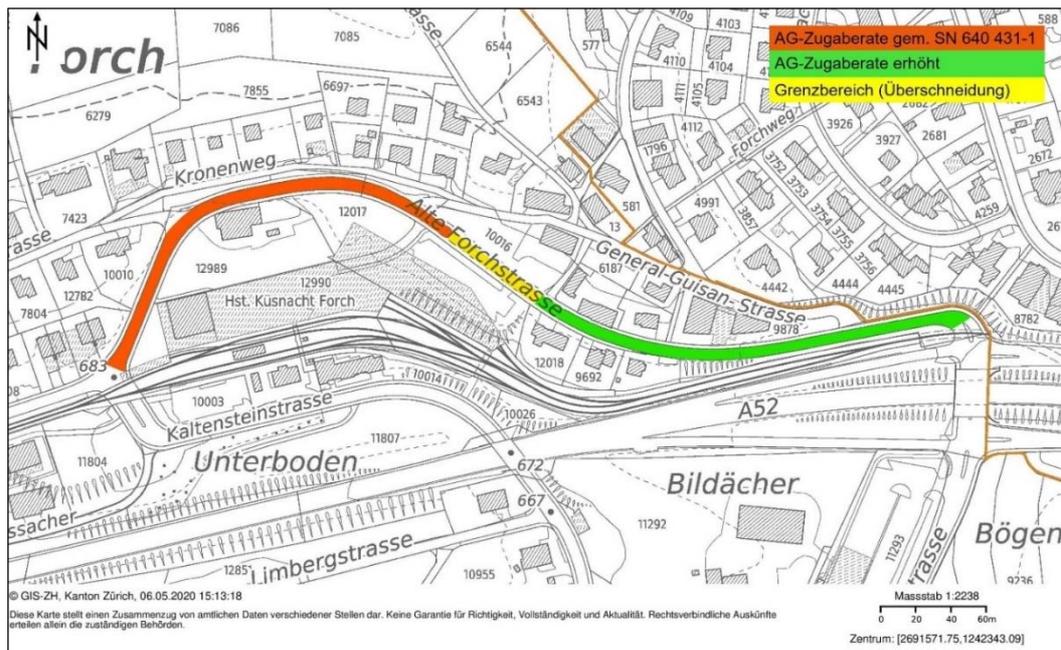


Abbildung 13: Situation Alte Forchstrasse, Küsnacht ZH: Aufteilung der Abschnitte nach Recyclinganteilen (Kartenquelle: GIS-Browser, Kanton Zürich).

Die Asphaltbinderschicht mit herkömmlicher AG-Zugaberate wird im Frühjahr 2019 (17.04.2019) eingebaut. Der Einbau der Asphaltbinderschicht AC B 22S mit 60 % AG erfolgt am 2. September 2019 und jener der beiden Asphaltdeckschichten am 4. September 2019. Die Witterungsbedingungen während des Einbaus der beiden Binderschichten sind an beiden Tagen dokumentiert als bedeckt bis sonnig, mitunter mit leichtem Regen und bei Temperaturen um die 10 °C. Während des Einbaus der Deckschichten sind die Witterungsbedingungen sonniges Wetter mit einer Temperaturentwicklung von 10 °C am Morgen bis 20 °C nachmittags.

Die Einstellungen am Strassenfertiger sowie das Walzenspiel werden jeweils gleich vorgenommen. Die Verdichtung erfolgt mittels einer Kombi- und einer Doppelvibrationswalze bei den Binderschichten. Für die Deckschicht ist eine weitere Doppelvibrationswalze im Einsatz, die statisch zum Glätten eingesetzt wird. Die Verdichtung wird mit einer PDM-Sonde (Pavement Density Measurement) kontrolliert. Sowohl optisch als auch (verarbeitungs-)technisch sind keine Unterschiede zwischen den Bereichen mit herkömmlichen Asphalten und den Bereichen mit unterschiedlichen Recyclinganteilen zu erkennen (siehe Tabelle 13). Für das Walzenspiel sowie die Einstellungen am Strassenfertiger bedeutet der erhöhte Recyclinganteil keinen Unterschied.

Während des jeweiligen Einbaus wird von jedem Mischgutttyp eine Anzahl von 20 Proben entnommen, die zur Ermittlung von charakteristische Materialkennwerten und für erweiterte Kontrollprüfungen herangezogen werden. Mit einem Teil der Proben werden zusätzliche Asphaltperformanceprüfungen durchgeführt (siehe AP 4: Bestimmung der Asphaltperformance).

Tabelle 13: Impressionen zum Einbau von Deck- und Binderschichten, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate erhöht (50 bzw. 60 %)

AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1	AG-Zugaberate erhöht
<b>AC 8 S</b>	
	
<b>AC B 22 S</b>	
	

### 6.3.3 Überprüfung des eingebauten Asphaltmischgutes mit herkömmlichem und erhöhtem Recyclinganteil

#### 1. Einbaumischungen für Asphaltmischgutsorte AC 8 S

Das Rezept der Deckschicht mit erhöhtem AG-Anteil wird aus den Erkenntnissen der Probemischungen geringfügig für die Einbaumischung angepasst. Bindemittelgehalt, Korngrößenverteilung und Marshallwerte zeigen schliesslich zwischen beiden Varianten nur wenig Unterschiede. Die Sollwerte gemäss SN 640 431-1 sind sowohl vom herkömmlichen Asphaltdeckschichtmischgut der Sorte AC 8 S als auch von jenem mit einer Zugabe von Asphaltgranulat in Höhe von 50 % erfüllt (siehe Abbildung 14).

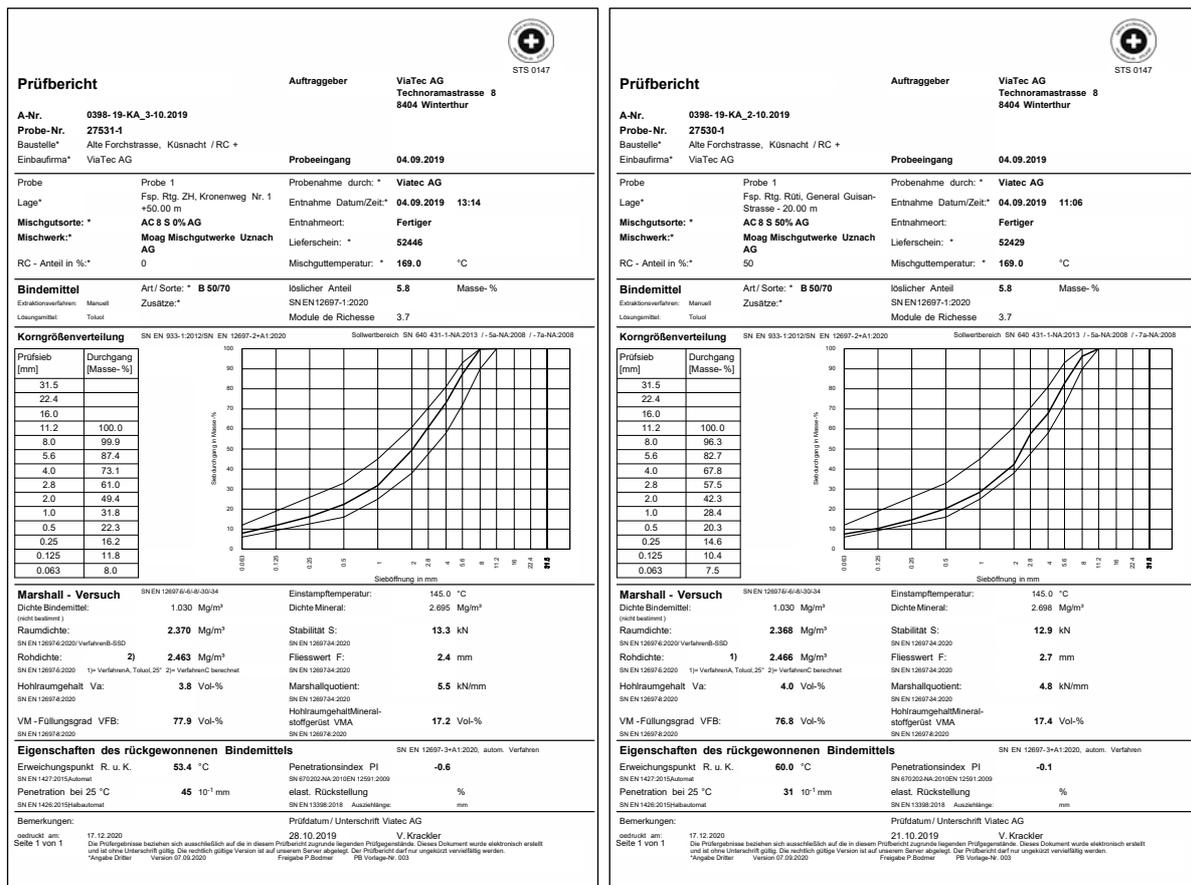


Abbildung 14: Mischgutauswertung des verbauten AC 8 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 50 %.

Merkliche Unterschiede fallen jedoch bei den Bindemittelkennwerten auf: Erweichungspunkt Ring und Kugel und Penetration für AC 8 S ohne AG deuten auf ein viel weicherer Bindemittel im Material hin. Mit einem Erweichungspunkt von 53.4°C und einer Penetration von 45 x 10<sup>-1</sup> mm liegen sie im mittleren Bereich des von Schweizerischen Institutionen (z. B. Vereinigung Internationaler Walzasphalt-Zulassung VIWZ, Bundesamt für Strassen ASTRA) empfohlenen verbleibenden Werten nach Wiedererwärmung durch Extraktion für ein B 50/70 (Erweichungspunkt (50 bis 65)°C, Penetration (25 bis 55)10<sup>-1</sup>mm).

Die Werte für den AC 8 S mit 50 % AG erfüllen zwar mit einer Penetration von  $31 \times 10^{-1}$  mm und einem Erweichungspunkt von  $60.0^\circ\text{C}$  noch die Anforderungen, bewegen sich jedoch deutlich im Grenzbereich eines härteren Strassenbaubitumens. Auch die Temperatur  $T_{BTSV}$  von  $59.6^\circ\text{C}$  bestätigt den Erweichungspunkt und damit die Aussage über ein verhärtetes Bindemittel in der eingebauten Asphaltdeckschicht mit Recycling (siehe Tabelle 14 und Abbildung 15).

Tabelle 14: Bindemittelkennwerte (Temperatur  $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt  $EP_{R\&K}$ , Penetration  $Pen$ ) der verbauten Asphaltdeckschicht AC 8 S (0 % bzw. 50 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor.

Material	$T_{BTSV}$ [ $^\circ\text{C}$ ]	$EP_{R\&K}$ [ $^\circ\text{C}$ ]	$Pen$ [ $10^{-1}$ mm]
Bindemittelkonzipierung im Labor	53.9	53.4	44
AC 8 S mit 0 % AG	53.8	53.4	45
AC 8 S mit 50 % AG	59.6	60.0	31

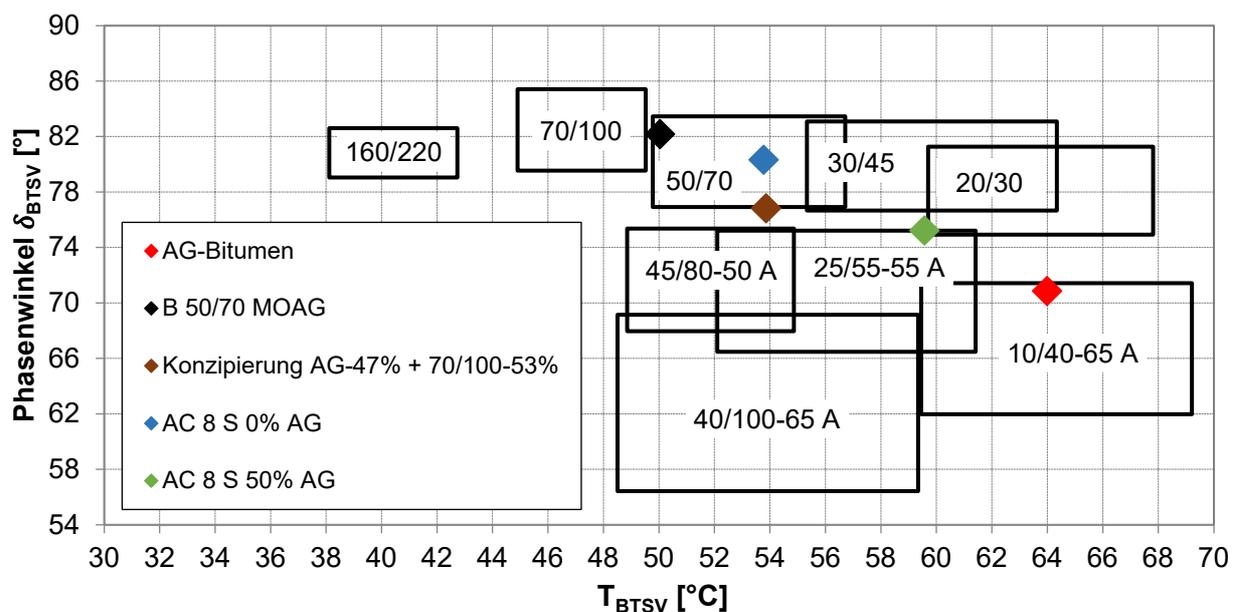


Abbildung 15: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV für die Bindemittel der verbauten Asphaltdeckschicht AC 8 S (0 % bzw. 50 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor. Die Kästchen stellen die Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS).

Der Grund für die Verhärtung könnte darin liegen, dass der Einfluss bei der Produktion mit hohen AG-Anteilen doch grösser ist als angenommen und im Zuge dessen die Bindemittelkonzipierung im Labor auf einer noch weicheren Seite gefahren werden sollte.

## 2. Einbaumischungen für Asphaltmischgutsorte AC B 22 S

Die Zusammensetzung für das Asphaltbinderschichtmischgut der Sorte AC B 22 S mit einer AG-Zugaberate von 30 % entspricht in allen Punkten den Anforderungen der Deklaration. Auch wenn der Hohlraumgehalt für das Mischgut AC B 22 S mit erhöhtem Recyclinganteil mit 6.4 Vol.-% erhöht und der Bindemittelgehalt mit 3.9 M.-% reduziert ist, so erfüllt auch dieses alle Anforderungen (siehe Abbildung 16).

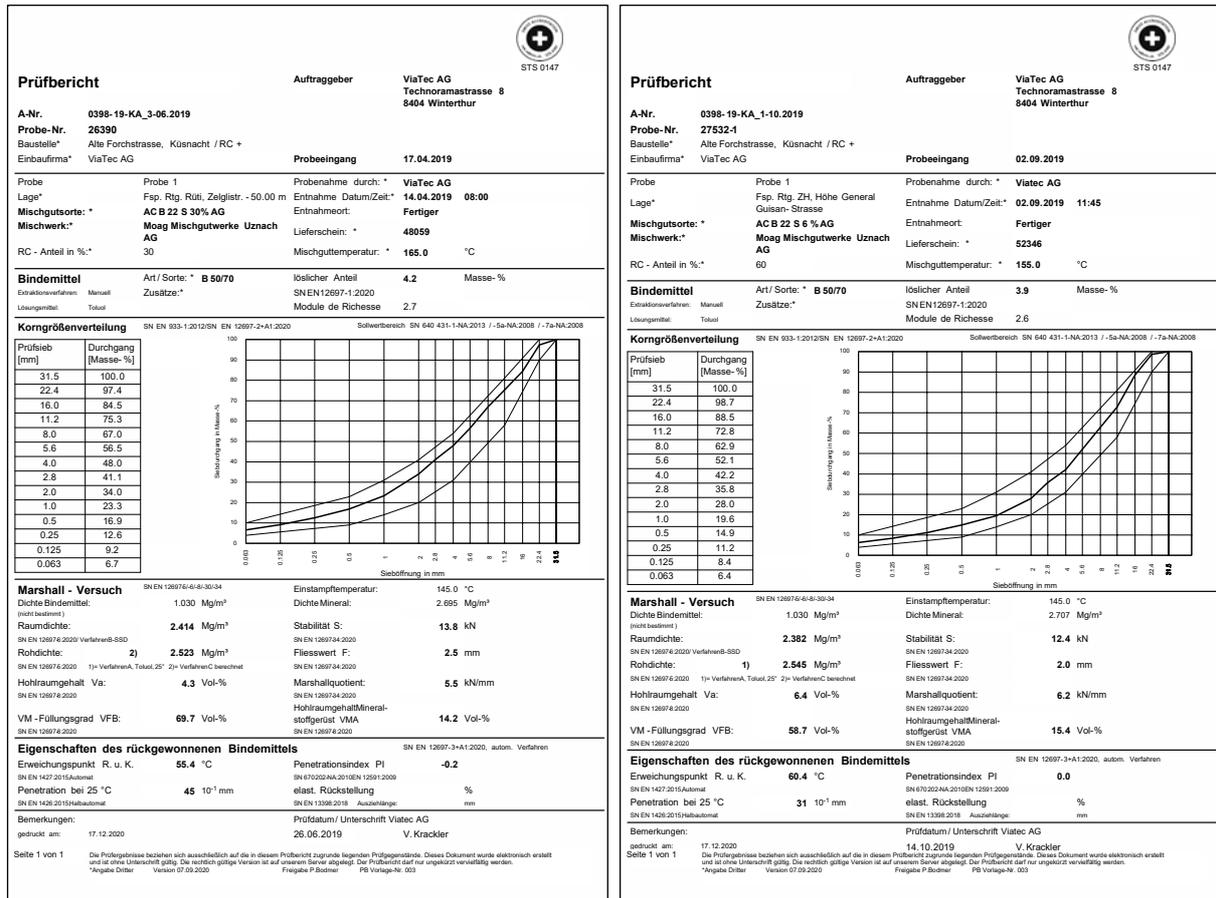


Abbildung 16: Mischgutauswertung des verbauten AC B 22 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 60 %.

Auffallend sind jedoch auch hier die Differenzen in den Bindemittelkennwerten. Analog zur Deckschicht bewegen sich die Resultate zur Asphaltbinderschicht mit herkömmlichen AG-Anteil im mittleren Bereich eines zurückgewonnenen B 50/70, wohingegen die Mischung aus AG-Bitumen mit B100/150 sowie mit B 250/330 zwar die Anforderung noch erfüllt, jedoch deutlich härter ausfällt (siehe Tabelle 15 und Abbildung 17).

Dies bestätigt die Vermutung, dass der Einfluss der Produktion eine grössere Rolle beizumessen ist, als bei der Bindemittelkonzipierung angenommen wurde.

Tabelle 15: Bindemittelkennwerte (Temperatur  $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt  $EP_{R\&K}$ , Penetration  $Pen$ ) der verbauten Asphaltbinderschicht AC B 22 S (30 % bzw. 60 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor.

Material	$T_{BTSV}$ [°C]	$EP_{R\&K}$ [°C]	$Pen$ [ $10^{-1}$ mm]
Bindemittelkonzipierung im Labor	54.0	54.6	45
AC B 22 S mit 30 % AG	55.4	55.4	45
AC B 22 S mit 60 % AG	59.9	60.4	31

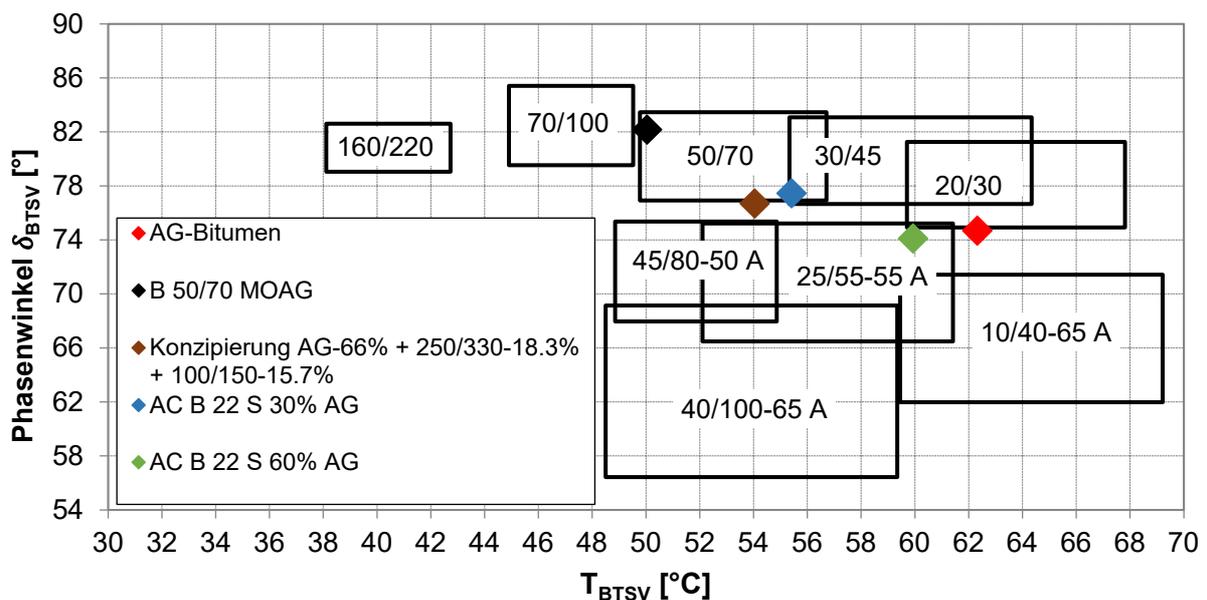


Abbildung 17: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV für die Bindemittel der verbauten Asphaltbinderschicht AC B 22 S (30 % bzw. 60 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor. Die Kästchen stellen die Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS).

### 6.3.4 Bohrkernentnahme und -auswertung

Ende November 2019 werden über die beiden Abschnitte verteilt jeweils 4 Bohrkern entnommen (für die Ermittlung des Hohlraumgehaltes, des Verdichtungsgrades und des Schichtverbundes).

#### 2. Bohrkernauswertung zur verbauten Asphaltdeckschicht AC 8 S

Rein optisch weisen die beiden Asphaltdeckschichten keine Unterschiede auf. Sowohl Hohlraumgehalt als auch Verdichtungsgrad erfüllen die Anforderungen der schweizerischen Norm VSS 40 430 (siehe Abbildung 18). Die mit 50 % Recyclingmaterial versehene Asphaltdeckschicht erreicht mit 100.3 % Verdichtungsgrad sogar noch höhere Werte als die Ausführung ohne Recycling mit 99.6 % bei gleichem Walzenspiel. Dieses Verhalten ist aus der Praxiserfahrung bekannt, wurde allerdings

noch nicht systematisch untersucht und kann auch nicht auf Beläge mit Recyclingmaterial allgemein angewendet werden. Beläge mit Recyclingmaterial können sich verdichtungswilliger zeigen.

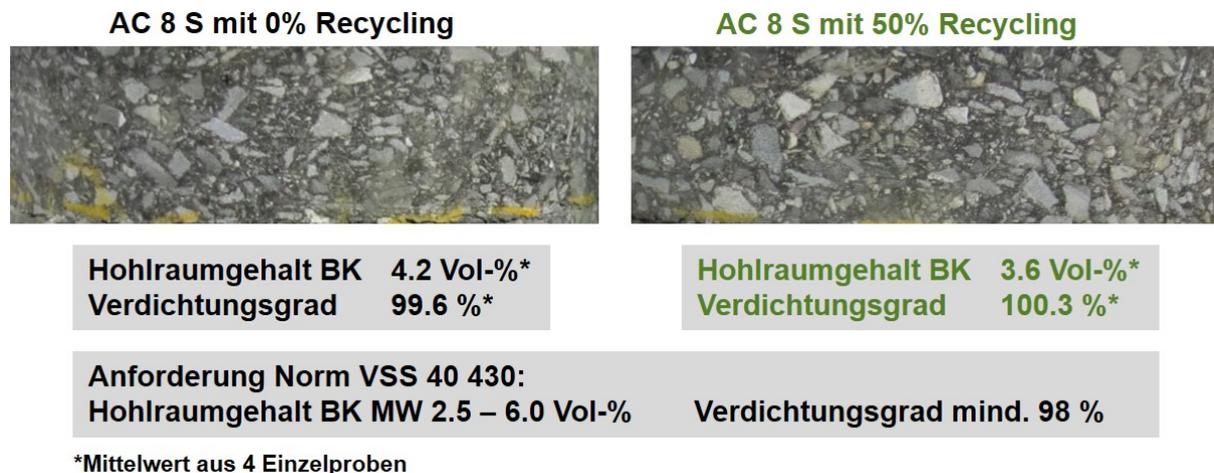
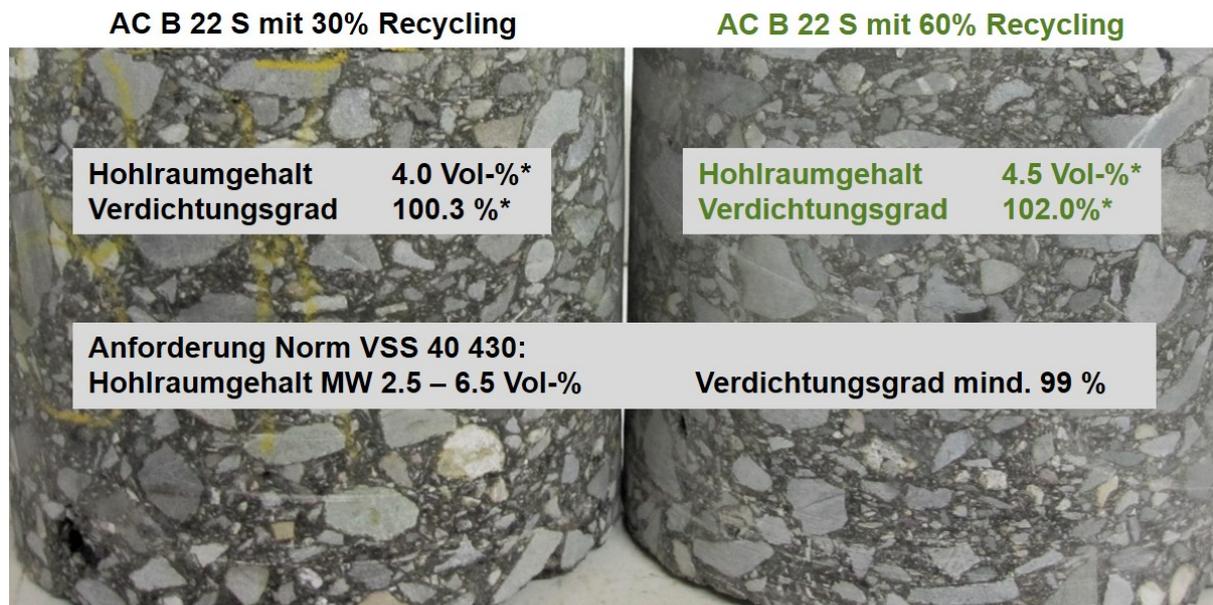


Abbildung 18: Bohrkernauswertung zur verbauten Asphaltdeckschicht AC 8 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 50 %.

## 2. Bohrkernauswertung zur verbauten Asphaltbinderschicht AC B 22 S

Die Bohrkernbeider Asphaltbinderschichten erzielen ebenso Hohlraumgehalte und Verdichtungsgrade gemäss den Anforderungen der VSS 40 430 (siehe Abbildung 19). Auch hier scheint die Variante mit 60 % Recycling verdichtungswilliger. Allerdings ist das zugrundeliegende Asphaltmischgut zu berücksichtigen. Dieses zeigt mit  $2.382 \text{ Mg/m}^3$  eine geringere Raumdichte als die mit 30 % AG versehene Asphaltbinderschicht mit einem Wert von  $2.414 \text{ Mg/m}^3$ . Da die Raumdichte Grundlage für die Ermittlung des Verdichtungsgrades ist (= Verhältnis aus Raumdichte Bohrkern zu Raumdichte Mischgut), ergeben sich für die Asphaltbinderschicht mit 60 % Recycling höhere Verdichtungswerte bei etwa gleicher mittlerer Raumdichte der Bohrkernbe (30 % AG:  $2.422 \text{ Mg/m}^3$ , 60 % AG:  $2.431 \text{ Mg/m}^3$ ). Die Annahme einer Raumdichte von  $2.414 \text{ Mg/m}^3$  für die Binderschicht mit einer AG-Zugaberate von 60 % führt zu einem beinahe gleichem mittlerem Verdichtungsgrad von 100.7 %.



\*Mittelwert aus 4 Einzelproben

Abbildung 19 Bohrkernauswertung zur verbauten Asphaltbinderschicht AC B 22 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 50 %.

### 6.3.5 Griffigkeits- und Sandfleckmessungen

Die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche spielt in Bezug auf die Verkehrssicherheit eine wichtige Rolle. Um evtl. Unterschiede aufgrund differierender Recyclinggehalte aufzudecken, wird die Griffigkeit mittels SRT-Pendeltest gemäss SN EN 13036-4 und Bestimmung der Makrotexturtiefe (MTD) anhand des Sandfleckverfahrens nach SN EN 13036-1 untersucht. Die Prüfung findet etwas mehr als ein halbes Jahr später nach dem Einbau statt. Die einzelnen Messstandorte sind im Bereich der entnommenen Bohrkern platziert. Dadurch ergeben sich pro Abschnitt 4 Messpunkte mit jeweils 3 (SRT-Pendeltest) bzw. 4 Einzelmessungen (Sandfleck). Die Griffigkeit über das SRT-Pendel wird über den um die Temperatur korrigierten  $PTV_{\text{Corr}}$ -Wert ausgedrückt. Der PTV-Wert einer Einzelmessung ergibt sich aus dem Mittelwert von 5 Pendelbewegungen.

Je kleiner der Wert der mittleren Texturtiefe (MTD) ist, desto grösser ist der verriebene Durchmesser und umso geschlossener die Oberfläche der Asphaltdecke. Die Werte des AC 8 S sind im unteren Bereich angesiedelt, liegen jedoch im Gültigkeitsbereich. Die Ausführung mit 50 % AG weist sogar noch etwas höhere Werte auf, was für eine leicht rauere Oberfläche spricht. Auch die Resultate der Griffigkeit mit dem SRT-Pendel zeigen dieses Verhalten. Der mittlere  $PTV_{\text{Corr}}$  des Abschnittes mit AG ist mit einem Wert von 70 etwas höher gegenüber dem ohne Recyclingasphalt ausgeführten Bereich mit einem  $PTV_{\text{Corr}}$  von 66. Allerdings liegen die Werte so nah beieinander, dass die Abweichungen nicht als signifikant und allgemeingültig zu werten

sind. Grundsätzlich werden die Anforderungen von beiden Testabschnitten erfüllt (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Resultate der Griffigkeit aus  $PTV_{Corr}$  (SRT-Pendel, SN EN 13036-4) und MTD (mittlere Texturtiefe mittels Sandfleckverfahren, SN EN 13036-1)

Material		MTD (SN EN 13036-1) [mm]					$PTV_{Corr}$ (SN EN 13036-4) [ ]				
		BK 1/5	BK 2/6	BK 3/7	BK 4/8	MW	BK 1/5	BK 2/6	BK 3/7	BK 4/8	MW
AC 8 S	0 % AG	0.39	0.35	0.35	0.40	0.37	65	68	65	67	66
	50 % AG	0.36	0.35	0.43	0.45	0.40	67	70	73	70	70
Normanforderung		Gültigkeitsbereich 0.25 – 5 mm					≥ 60 (innerorts, ≤ 50 km/h)				

## 6.4 AP 4: Bestimmung der Asphaltperformance

### 6.4.1 Angewendete Performanceprüfungen

#### 1. Widerstand gegen Kälterissbildung

Wie jeder Werkstoff ein mehr oder weniger ausgeprägtes temperaturabhängiges Verhalten aufweist, dehnt sich auch Asphalt bei Erwärmung aus und schrumpft bei Abkühlung. Die bei Temperaturänderung im Asphalt entstehenden thermischen Spannungen werden im Regelfall durch Relaxation selbstständig und ohne Schädigung abgebaut (Wistuba, 2019).

Die zur Relaxation notwendige Dauer hängt ab von der Temperatur, der Temperaturrate und der Viskosität des Asphalts (siehe Wistuba et al., 2009). Sie liegt bei Temperaturen um +20°C im Bereich von ein paar Sekunden, bei 0°C bei einigen Minuten und bei -20°C in der Grössenordnung von Stunden (Arand, 1983).

Je niedriger die Temperatur ist, umso mehr verzögert sich bei Abkühlung der selbsttätige Spannungsabbau durch Relaxation. Ab einer Temperatur unterhalb von rund -20°C (Dörschlag, 1989) ähnelt das Verhalten von Asphalt jenem von Beton bzw. dem eines dominant elastischen Stoffes. Das gleichsamer „Einfrieren des Dämpfers“ verhindert viskose Reaktionen und dadurch den selbsttätigen Spannungsabbau. Reicht die Zeit nicht aus, entstehen abkühlungsbedingte (oder kryogene) Zugspannungen im Asphalt. Die kryogenen Zugspannungen allein oder in Überlagerung mit verkehrslastbedingten Spannungen können die Grössenordnung der (ebenfalls temperaturabhängigen) Zugfestigkeit des Asphalts erreichen, und es resultiert die Bildung eines Kälterisses (Wistuba, 2019).

Das Relaxationsvermögen des Asphalts ist somit bei tiefen Temperaturen eingeschränkt. Abhilfe können hier weichere Bindemittel schaffen, die neben der Erhöhung der Relaxationsfähigkeit auch dem Verhärten des Bindemittels durch Alterung entgegenwirken (Velske et al., 2013).

Untersucht werden kann der Widerstand gegen Kälterissbildung mithilfe des Abkühlversuchs TSRST (Thermal Stress Retained Specimen Test) gemäss der Prüfvorschrift TP Asphalt-StB, Teil 46. Hierbei wird ein prismatischer Prüfkörper von (40 x 40 x 160) mm mit einer konstanten Abkühlgeschwindigkeit von 10 K/h von 20 °C an konstant abgekühlt. Eine Einspannung verhindert eine Längenänderung, verursacht jedoch die durch thermisches Schrumpfen hervorgerufenen kryogenen Zugspannungen. Der Versuch gilt als beendet, wenn der Prüfkörper entweder reisst oder ohne sichtbaren Schaden eine Temperatur von -40 °C erreicht. Neben der Auf-

zeichnung der kryogenen Zugspannungen in Abhängigkeit zur Probekörpertemperatur werden bei einem Reißen des Prüfkörpers daneben Bruchspannung und Bruchtemperatur bestimmt (= Versagenspunkt des Prüfkörpers).



Abbildung 20: Eingespannter Prüfkörper während des Abkühlversuches (Bildquelle: Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig).

## 2. Steifigkeit / Ermüdungswiderstand

Wird eine Asphaltbefestigung anhaltenden Beanspruchungen ausgesetzt, so führen diese Belastungen zu einer Ermüdung einhergehend mit Versagen des Materials. Infolge wiederholter Reifenüberrollungen kommt es zu permanenten Zug- und Druckwechselbeanspruchungen an der Unterseite, welche zuerst in Mikrorisse, später in Makrorisse resultieren und letztlich zum Bruchversagen der Asphaltbefestigung führen (Di Benedetto et al., 2004).

Zum Reißen in Asphaltsschichten kommt es somit entweder spontan zufolge einer einzelnen Überlast (wenn die Beanspruchung die Festigkeit erreicht) oder als Folge einer allmählich voranschreitenden Materialermüdung bei wiederholter Belastung. Zwar ist dann die Materialfestigkeit grösser als die Einzellastbeanspruchung, doch bewirken zahlreiche Wiederholungen der Einzellast, dass die Materialsteifigkeit allmählich abfällt und gleichzeitig die Dehnungen ansteigen (Wistuba, 2019).

Mittels verschiedener Prüfverfahren ist es möglich die Ermüdung zu untersuchen und damit eine Aussage über die Lebensdauer einer Strasse abzuschätzen.

Im Zuge des Projektes wird der Zug-Schwellversuch gemäss der Prüfvorschrift TP Asphalt-StB, Teil 46 angewendet. Er simuliert die kombinierte Beanspruchung aus kryogener Spannung sowie Beanspruchung infolge Verkehrs. Hierfür wird ein eingespannter prismatischer Prüfkörper mit den Abmessungen (40 x 40 x 160) mm in

Richtung seiner Längsachse einer sinusförmigen Zugbelastung ausgesetzt. Prüftemperatur, Prüffrequenz sowie die Spannung werden variiert. Die im Abkühlversuch ermittelte kryogene Spannung wird als Unterspannung für die jeweilige Prüftemperatur im Zug-Schwellversuch angesetzt. Nach Erreichen dieser durch zuerst spannungsfreies Abkühlen auf die Prüftemperatur und anschliessend Aufbringung einer linearen Zugkraft, folgt eine Schwellbelastung, definiert durch Unterspannung, Ober-spannung und Prüffrequenz. Der Probekörper wird so lange belastet, bis er in zwei Teile zerreisst. Während der gesamten Versuchsdauer werden die Signale der Kraft- und Wegmesseinrichtungen kontinuierlich erfasst. Anhand dieser Aufzeichnung können unter anderem Aussagen zur Steifigkeit und Bruchlastwechselzahl getroffen werden, mit deren Hilfe das Ermüdungsverhalten charakterisiert werden kann.



Abbildung 21: Eingespannter Prüfkörper während des Zug-Schwellversuches (Bildquelle: Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig).

### 3. Verformungswiderstand

Der Verformungswiderstand von Asphalt ist der Widerstand gegen irreversible, also bleibende Verformungen. Ursache für bleibende Verformungen in Asphaltstrassen sind zwei unterschiedliche (temperaturabhängige) Mechanismen: Zum einen die Nachverdichtung im Bereich der Fahrspuren durch Volumenreduktion eines unzureichend verdichteten Asphalts. Zum anderen die Materialverdrückung in und neben den Fahrspuren bei annähernd konstantem Volumen, bedingt durch eine mangelhafte Mischgutzusammensetzung (Wistuba, 2019).

Für die Bestimmung des Verformungswiderstandes wurde im Projekt RC plus – Küssnacht ZH der dynamische Stempeldringversuch sowie der Spurbildungstest angewendet.

### a) Stempeleindringversuch (DSEV)

Die Durchführung der Prüfung für Walzasphalt erfolgt gemäss TP Asphalt-StB, Teil 25 A2 (FGSV, 2010). Zylindrische Probekörper mit einem Durchmesser von 200 mm aus einer definierten Asphaltprobenplatte (TP Asphalt-StB, Teil 33) werden nach Temperierung bei 50 °C für 2.5 Stunden einer sinusförmigen Impulsbelastung durch Abfolge von Lastimpulsen und -pausen eines Stempels ausgesetzt (siehe Abbildung 22).

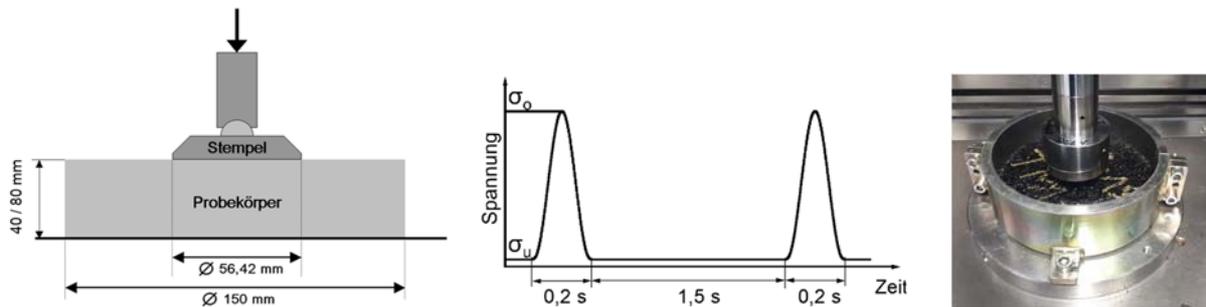


Abbildung 22: Stempeleindringversuch: Prüfkörper- und Stempeldimension (links), Spannungsverlauf während einer Impulsbelastung (Mitte) sowie Laborpraxis (rechts).

Weiterhin vorgegeben sind Unterspannung ( $\sigma_u$ ) und Oberspannung ( $\sigma_o$ ) mit  $\sigma_u = 0,02$  MPa und  $\sigma_o = 0,80$  MPa. Während der Impulsbelastungen erfährt der Prüfkörper Verformungen in unterschiedlicher Stärke und Geschwindigkeit. Beginnend mit einer Phase von starker Verformung bei abnehmender Verformungsgeschwindigkeit, folgt die Phase der konstanten Verformung und Verformungsgeschwindigkeit und geht schliesslich in eine progressiv zunehmende Verformungsgeschwindigkeit über, gekennzeichnet durch eine beginnende und fortschreitende Gefügezerstörung. Aus der Verformung lässt sich die Dehnung ermitteln, die wiederum über die Anzahl der Belastungszyklen in einer sogenannten Impulskriechkurve grafisch dargestellt werden kann. Das Ergebnis ist die dynamische Stempeleindringtiefe nach 10.000 Belastungszyklen oder eine Verformung von 5 mm. Das zuerst erreichte Kriterium gilt als massgebend.

### b) Spurbildungstest

Eine weitere Möglichkeit Auskunft über den Verformungswiderstand zu erhalten, ist der Spurbildungstest nach SN EN 12697-22. Je zwei nach Norm hergestellte verdichtete Prüfplatten pro Asphaltzusammensetzung werden mit einer definierten Anzahl von Übergängen eines belasteten Rades bei konstanter Temperatur von 60 °C einer Dauerbeanspruchung ausgesetzt. Jeweils nach 30, 100, 300, 1'000, 3'000, 10'000 und bei Asphaltsschichten des Typs H zusätzlich nach 30'000 Belastungszyklen wird die Verformung mit einem automatischen Messwertaufnehmer an 15 Punkten gemessen. Deren mittleres Verhältnis zur verbliebenen Prüfkörperhöhe stellt die

Spurrinntiefe eines Belastungszyklus dar. Werden diese als Funktion der Anzahl Zyklen aufgezeichnet, so sollte sich bei logarithmischer Darstellung der x-Achse annähernd eine lineare Trendlinie ergeben. Massgebend für die Bewertung ist die mittlere Spurrinntiefe beider Platten bei maximal gefordertem Belastungszyklus. Bei Asphalt Schichten des Typs S sollte diese 10 % und bei Varianten des Typs H 7.5 % nicht überschreiten. An alle anderen Beläge sind keine Anforderungen gestellt.

#### 6.4.2 Resultate der Performanceprüfungen und Gegenüberstellung von herkömmlichen Asphalten zu den Asphalten mit erhöhtem AG-Anteil

##### 1. Widerstand gegen Kälterissbildung

Nachfolgend sind die Resultate des Abkühlversuches dargestellt, wobei es sich um Mittelwerte aus jeweils 3 Proben handelt (siehe Tabelle 17, Abbildung 23, detaillierte Resultate in Anhang 10 und 11).

Tabelle 17: Resultate für Bruchtemperatur und Bruchspannung aus dem Abkühlversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 46 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG und AC B 22 S mit 60 % AG); dargestellter Wert = Mittelwert aus 3 Einzelwerten, Werte in Klammern = Standardabweichungen, zusätzlich Darstellung der Anforderungen für die Bruchtemperatur gemäss VIWZ für Strassenbaubitumen mit Asphaltgranulat und zum Vergleich für das Polymerbitumen PmB 45/80-65

Material		Bruchtemperatur $T_f$ [°C]	Bruchspannung $\sigma_f$ [MPa]
AC 8 S	0 % AG	-25.2 (0.4)	4.233 (0.216)
	50 % AG	-25.5 (1.0)	4.659 (0.197)
AC B 22 S	30 % AG	-25.4 (1.9)	4.040 (0.234)
	60 % AG	-25.5 (0.4)	3.694 (0.191)
Anforderung gemäss VIWZ	für Strassenbaubitumen mit Asphaltgranulat	-20.0	k. A.
	für PmB 45/80-65	-25.0	k. A.

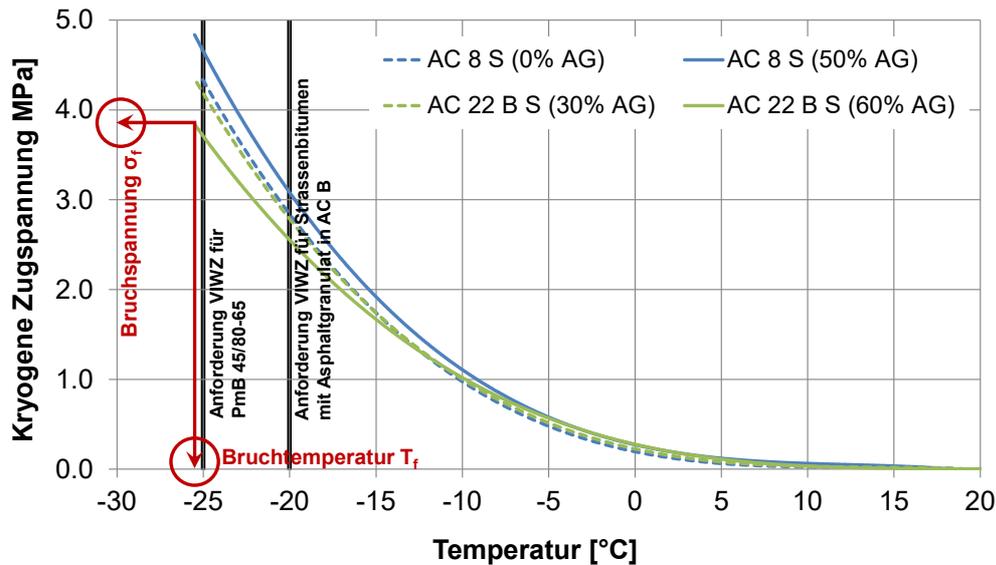


Abbildung 23: Verlauf der Mittelwerte der kryogenen Zugspannungen in Abhängigkeit von der Temperatur während des Abkühlversuchs nach TP Asphalt-StB, Teil 46 für die Varianten AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG und AC B 22 S mit 60 % AG; rot dargestellt: exemplarische Bruchtemperatur und Bruchspannung für AC B 22 S mit 60 % AG; schwarz dargestellt: Anforderungen gemäss VIWZ an die Bruchtemperatur für das Polymerbitumen PmB 45/80-65 (-25.0 °C) sowie an ein Strassenbaubitumen mit Asphaltgranulat in Binderschichten (-20.0 °C).

Die Verläufe der kryogenen Spannungen (siehe Abbildung 23) veranschaulichen, dass die Asphaltdeckschicht unabhängig vom AG-Anteil in der Lage ist, höhere kryogene Spannungen gegenüber der Asphaltbinderschicht aufzunehmen.

Die Ausführung mit 50 % AG weist mit einer Bruchspannung von 4.659 MPa den höchsten Wert gegenüber 0 % AG mit 4.233 MPa auf. Etwas tiefere Bruchspannungen weisen die beiden Ausführungen der Asphaltbinderschicht auf. Liegt der Mittelwert des AC B 22 S mit 30 % AG bei 4.040 MPa, so weist die Variante mit 60 % AG mit 3.694 das tiefste Resultat auf. Eine Aussage zur Abhängigkeit der Werte von der Höhe des AG-Anteils kann nicht getroffen werden. Im Gegensatz dazu zeigen die Bruchtemperaturen des AC 8 S als auch jene des AC B 22 S mit Mittelwerten von -25.2 °C bis -25.5 °C kaum Unterschiede zwischen Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht sowie zu herkömmlichem bzw. erhöhtem AG-Anteil auf. Die Ausführungen mit erhöhtem AG-Anteil weisen sogar die beiden tiefsten Temperaturen auf. Damit erfüllen alle 4 Varianten nicht nur die Anforderungen gemäss VIWZ von -20.0 °C an ein Strassenbaubitumen mit Asphaltgranulat in Binderschichten, sondern auch jene, die mit -25.0 °C an das Polymerbitumen PmB 45/80-65 gestellt sind.

Aus den Resultaten kann geschlussfolgert werden, dass die Ausführungen mit erhöhtem AG-Anteil trotz der Zugabe von (mehr) Recyclingmaterial vergleichbare Kälteeigenschaften zu Asphalten mit herkömmlichen Zugabemengen aufweisen.

## 2. Steifigkeit / Ermüdungswiderstand

Tabelle 18 und Abbildung 24 veranschaulichen die Resultate des Zug-Schwellversuches. Bei der Asphaltdeckschicht führt die Zugabe von AG in Höhe von 50 % zu einer Zunahme der Steifigkeit sowohl bei der Belastungsstufe von 5 °C (AC 8 S mit 0 % AG: 8'004 MPa; AC 8 S mit 50 % AG: 10'383 MPa) als auch im unteren Bereich bei -10 °C (AC 8 S mit 0 % AG: 10'983 MPa; AC 8 S mit 50 % AG: 12'783 MPa). Gleiches Verhalten zeigen auch die beiden Asphaltbinderschichten mit herkömmlichem und erhöhtem AG-Anteil bei einer Temperatur von 5 °C (AC B 22 S mit 30 % AG: 8'032 MPa; AC 8 S mit 50 % AG: 8'695 MPa). Eine Ausnahme bildet die mit 60 % AG versetzte Asphaltbinderschicht bei -10 °C mit einer Steifigkeit von 8'190 MPa gegenüber dem Wert von 8'864 MPa der herkömmlichen Zusammensetzung. Die Bruchlastwechselzahl steigt bei beiden Asphalttschichten durch die Zugabe von Asphaltgranulat sowohl bei 5 °C als auch bei -10 °C.

Auffällig sind mitunter die hohen Streuungen bei der Bruchlastwechselzahl. Der Grund dafür liegt in einer grossen Abhängigkeit des Dehnungsverlaufes vom Hohlraumgehalt der einzelnen Prüfkörper. Mit steigender Raumdichte und somit sinkendem Hohlraumgehalt innerhalb einer Asphalttschicht nimmt die Bruchlastwechselzahl zu (Leutner et al., 2006). Um dies einzugrenzen, wird jede Belastungsstufe mit 3 Einzelversuchen besetzt. Bei AC B 22 S mit 60 % AG beträgt die Variation mehr als 50 %, was darauf hindeutet, dass sich die 3 Proben stärker in ihrem Hohlraumgehalt unterscheiden als die restlichen Varianten.

Tabelle 18: Resultate für Steifigkeit und Bruchlastwechselzahl aus dem Zug-Schwellversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 46 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG) bei den Belastungsstufen 5 °C und -10 C; dargestellter Wert = Mittelwert aus 3 Einzelwerten, Werte in Klammern = Standardabweichungen.

Material		Steifigkeit (E-Modul) E [MPa]		Bruchlastwechselzahl N [-]	
		5 °C	-10 °C	5 °C	-10 °C
AC 8 S	0 % AG	8'004 (1'726)	10'983 (973)	26'283 (5'859)	132'995 (37'125)
	50 % AG	10'383 (196)	12'783 (249)	47'368 (4'776)	178'285 (20'519)
AC B 22 S	30 % AG	8'032 (521)	8'864 (592)	5'818 (2'399)	16'982 (6'872)
	60 % AG	8'695 (712)	8'190 (167)	7'042 (610)	17'422 (9215)

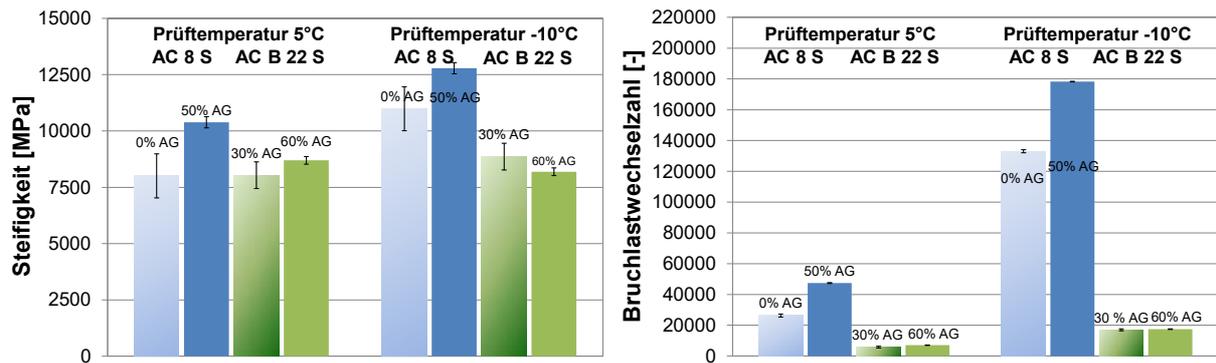


Abbildung 24: Mittlere Steifigkeiten und Bruchlastwechselzahlen aus dem Zug-Schwellversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 46 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG) bei den Belastungsstufen 5 °C und -10 C.

### 3. Verformungswiderstand

#### a) Stempeleindringversuch (DSEV)

Anhand der Resultate aus dem Stempeleindringversuch (Tabelle 19, Abbildung 25) wird ersichtlich, dass die Varianten mit erhöhtem AG-Anteil sowohl bei den Asphaltdeck- als auch bei den Asphaltbinderschichtvarianten geringfügige Vorteile aufweisen. Dehnung, Dehnungsrate sowie Verformung zeigen nach 10'000 Lastwechseln tiefere Werte als die Ausführungen mit herkömmlicher AG-Zugaberrate, so dass die Beimengung von (mehr) Asphaltgranulat in diesem Fall einen höheren Verformungswiderstand bewirkt.

Tabelle 19: Resultate für Dehnung, Dehnungsrate und Verformung nach 10'000 Lastwechseln aus dem Stempeleindringversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 25 A2 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG); dargestellter Wert = Mittelwert aus 2 Einzelwerten.

Material		Dehnung [%]	Dehnungsrate [% 10 <sup>-4</sup> /n]	Verformung [mm]
AC 8 S	0 % AG	48.22	10.52	1.97
	50 % AG	43.04	4.03	1.47
AC B 22 S	30 % AG	36.33	8.14	3.00
	60 % AG	32.62	4.33	2.72

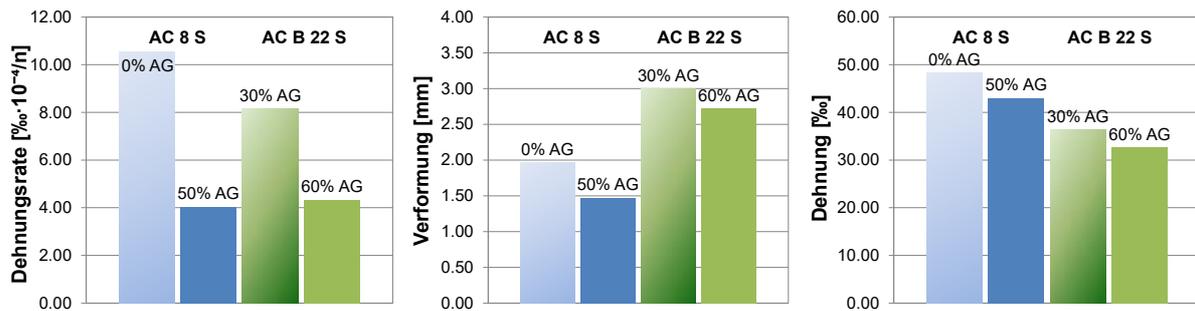


Abbildung 25: Dehnungsrate, Verformung und mittlere Dehnung aus dem Stempelversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 25 A2 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG).

### b) Spurbildungstest

Die Zugabe von Asphaltgranulat ergibt keine nennenswerten Unterschiede in der Spurrinnentiefe im Vergleich zu den Varianten mit herkömmlichem Recyclinganteil. Die Asphaltdeckschicht mit 50 % AG zeigt sogar mit einer Spurrinnentiefe von 4.26 % leichte Vorteile gegenüber der Ausführung ohne AG mit einem Wert von 5.37 %. Die Normanforderung für S-Beläge eine Spurrinnentiefe von 10 % nicht zu überschreiten, wird durchwegs erfüllt (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Resultate des Spurbildungstests gemäss SN 12697-22 mit Angabe der Raumdichte, Hohlraumgehalt und Spurrinnentiefe für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG) sowie Angabe der Normanforderung für die Spurrinnentiefe.

Material		Raumdichte [Mg/m <sup>3</sup> ]	Hohlraumgehalt [Vol.-%]	Spurrinnentiefe [%]
AC 8 S	0 % AG	2.335	5.2	5.37
	50 % AG	2.336	5.3	4.26
AC B 22 S	30 % AG*	2.384*	5.5*	1.87*
	60 % AG	2.393	6.0	2.01
Anforderung SN 13108-1		für S-Beläge		≤ 10
		für H-Beläge		≤ 7.5

\*Werte für AC B 22 S 30 % AG aus Erstprüfungsbericht

### 6.4.3 Langzeitüberwachung

Eine Aussage über die Haltbarkeit, Belastungs- und Widerstandsfähigkeit der eingebauten Asphaltdecken unter Gebrauchsbedingungen (Verkehr, Witterung, UV-Strahlung) kann erst nach einer gewissen Nutzungsdauer getroffen werden.

Die Performanceprüfungen ergeben vergleichbare Resultate unabhängig vom AG-Anteil. Unterschiede ergeben sich beim eingebauten Asphaltmischgut in den Bindemittelkennwerten. Die Varianten mit erhöhtem Recyclinganteil zeigen sowohl für die Asphaltbinder- als auch die Asphaltdeckschicht Werte, die auf ein Bindemittel mit

härteren Eigenschaften hinweisen. Inwieweit und ob dies Einfluss auf evtl. Schädigungen in Form Rissen bzw. ob diese eher verursacht werden und sich evtl. schneller fortpflanzen, wird eine Langzeitüberwachung des Objektes zeigen. Geplant sind die Erfassung des Strassenbildes, Entnahme von Bohrkernen sowie rheologische Bindemitteluntersuchungen etwa alle 2 Jahre.

## 7 BETRACHTUNG DER ÖKOBILANZ

Neben der technischen Machbarkeit des Asphaltrecyclings mit erhöhten Recyclinganteilen erfolgt im Projekt RC plus – Küsnacht ZH auch eine quantitative Bilanzierung der Umweltwirkung.

Die nachfolgenden Textteile sind dem 'Berichtteil Ökobilanz', Herausgeber UMTEC (Pohl 2020) entnommen.

### 7.1 Grundlagen der Ökobilanzierung

Die Ökobilanz auch Lebenszyklusanalyse oder life cycle assessment (LCA) genannt, ist ein Hilfsmittel zur Analyse der Umweltwirkung. Der Wortteil „Öko“ steht dabei für die Umweltwirkung und der Wortteil „Bilanz“ für die buchhalterische Erfassung sämtlicher Umweltwirkungen über den ganzen Lebenszyklus eines Produkts oder Prozesses in numerischer Form. Wichtig dabei ist, dass alle Emissionen und Ressourcenverbräuche während der Entstehung, über die eigentliche Lebenszeit bis zur Entsorgung oder Wiederverwertung in die Lebenszyklusanalyse einfließen - „von der Wiege bis zur Bahre“.

In der Bauwirtschaft werden neben der ökologischen Belastung fürs Recycling und für die Entsorgung (Verbrennung und Deponierung) auch ökologische Gutschriften vergeben. Das Recycling ersetzt Primärrohstoffe, deren Gewinnung (z. B. Bitumen aus Rohöl) sehr umweltbelastend ist.

Es gibt verschiedene Methoden zur Ökobilanzierung die, je nach Aufgabenstellung, mehr oder weniger geeignet sind, um den Einfluss einer umweltrelevanten Tätigkeit abzubilden. In der vorliegenden Studie werden folgende Methoden der Ökobilanzierung verwendet:

#### Ökologische Knappheit (UBP-Methode)

Diese Ökobilanzierungsmethode beruht auf dem Vergleich der aktuellen Belastung der Umwelt (aktueller Fluss, „Ist-Menge“) mit der gesellschaftspolitisch als zulässig angesehen Belastung (kritischer Fluss, „Toleranzmenge“). Das Verhältnis von aktuellem zu kritischem Fluss resp. der „Ist-Menge“ zur „Toleranzmenge“ wird als ökologische Knappheit bezeichnet. Diese Methode wird auch Umweltbelastungspunkte-Methode (kurz UBP-Methode) genannt. Denn diese Ökobilanzierungsmethode berücksichtigt eine grosse Anzahl an Wirkungskategorien, welche anhand einer Gewichtung, basierend auf politischen Zielen der Schweizer Umweltgesetzgebung abgestützt, ein gesamt aggregiertes eindimensionales Ergebnis in der Einheit UBP liefert (Frischknecht et al., 2017). Ein Vorteil dieser Methode liegt in der Erfassung des

Effekts von Schadstoffemissionen in die Umwelt. In der Schweiz gilt die "UBP-Methode" als Standard (BAFU, 2008; Gautschi, 2013; Hellweg, 2017).

### Treibhauspotenzial (Methode der CO<sub>2</sub>-Äquivalenten)

Diese Umweltwirkungskategorie berücksichtigt vor allem klimaschutzrelevante Emissionen eines Produktes oder Prozesses über den gesamten Lebenszyklus. Die Bewertung wird anhand eines Charakterisierungsfaktors in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente vorgenommen. Diese Methode wird im angrenzenden Ausland häufig verwendet. Schadstoffemissionen lassen sich mit dieser Methode nur ungenügend abbilden (Intergovernmental Panel on Climate Change 2007, IPCC 2013).

## **7.2 Rahmenbedingungen Ökobilanz**

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht der Rahmenbedingung der von UMTEC erstellten Ökobilanz nach Norm ISO 14'040 und ISO 14'044. Das Vorgehen entspricht in den wesentlichen Aspekten deren Anforderungen. Bezüglich der Verwendung von gesamtaggregierenden Bewertungsmethoden, wie dies die Umweltbelastungspunkte (UBP) sind, geht die Studie über die Norm hinaus (Kägi et al., 2015). Wichtig zu erwähnen ist, dass zwei Szenarien verglichen werden. In einem Alternativszenario werden die Asphalte mit erhöhten AG-Anteilen zu einem Referenzszenario mit normgerechten AG-Anteilen ökobilanziell verglichen. Hier die Übersicht der beiden Szenarien:

- Referenzszenario RS: Deckschicht AC 8 S mit 0 % AG (Einbaustärke 3 cm), Binderschicht AC B 22 S mit 30 % AG (Einbaustärke 10 cm).
- Alternativszenario AS: Deckschicht AC 8 S mit 50 % AG (Einbaustärke 3 cm), Binderschicht AC B 22 S mit 60 % AG (Einbaustärke 10 cm).

Nachfolgend sind die Rahmenbedingungen der Ökobilanz aufgeführt:

- Systemgrenze: Von der Rohstoffgewinnung über Mischgutproduktion, Einbau, Nutzung, Rückbau bis Deponierung oder Recycling (Transporte sind ebenfalls dabei).
- Funktionelle Einheit: Umweltbelastung pro m<sup>2</sup> Strasse und Jahr.
- Daten: Daten zur Mischgutproduktion stammen von der MOAG, Eckdaten zum Einbau wurden von der Hüppi AG geliefert (siehe Daten Anhang 12). Die Hintergrunddaten der Prozessvorkette wie Rohstoffgewinnung + Transporte sowie Prozesse nach der Nutzungsphase wie Deponierung/Recycling stammen aus der Umweltdatenbank Ecoinvent 3.6 (grösste Umweltdatenbank, Ecoinvent, 2019). Daten zu Emissionen bei der Einbau- und Nutzungsphase stammen aus dem Bericht "Forschungspaket PLANET EP-2" (Liechti et al., 2017).

- Berechnung der Ökobilanz: Die Ökobilanz wird mit der Ökobilanz-Software SimaPro 9.0 erstellt (Consultants, 2019).
- Asphalt: Deckschicht → AC 8 S mit 0 % (= RS) / 50 % (= AS) AG, Binder-schicht → AC B 22 S mit 30 % (= RS) / 60 % (= AS) AG.
- Strecke: 315 Meter AC 8 S mit Schichtdicke von 3 cm und AC B 22 S mit Schichtdicke von 10 cm.
- Strassenfläche:  $2 \times 1'870 \text{ m}^2 = 3'740 \text{ m}^2$ .
- Mengen: 135 Tonnen AC 8 S, 449 Tonnen AC B 22 S → total 584 Tonnen.
- Annahme Verwertung Ausbausasphalt: 30 % Deponierung, 70 % Recycling (Liechti et al., 2017).

Abbildung 26 stellt die in der Ökobilanz verwendete Systemgrenze dar. Alle Emissionen, Energie- und Ressourcenverbräuche von der Rohstoffgewinnung bis zum Rückbau und Deponierung des Asphalts inkl. Einbau- und Nutzungsphase werden in der Ökobilanz berücksichtigt. Auch Transporte zwischen den einzelnen Lebenszyklusphasen werden miteinbezogen. Beim Rückbau wird der schweizweite Mittelwert angenommen: 30 % wird abgelagert und 70 % wiederverwertet. Dieser Wert wird auch in der PLANET-Studie vom ASTRA verwendet (Liechti et al., 2017).



Abbildung 26: Lebenszyklus der betrachteten Asphalte: Von der Rohstoffgewinnung, zur Asphaltproduktion, zu Einbau & Nutzung bis zum Rückbau und zur Deponierung. Auch alle Transporte zwischen den einzelnen Lebenszyklusphasen sind in der Ökobilanz berücksichtigt. Diese Wahl der Systemgrenze wird als "Cradle-to-Grave = von der Wiege bis zur Bahre" bezeichnet (Bildquelle: Pohl, 2020).

## 7.2 Resultate Ökobilanz

Die Abbildungen 27 und 28 zeigen das Resultat der Ökobilanz für das Referenzszenario der Asphaltdeckschicht mit 0 % AG und der Asphaltbinderschicht mit 30 % AG gegenüber dem Alternativszenario. Im Alternativszenario werden Asphalte mit erhöhten AG-Zugaberraten verwendet (Asphaltdeckschicht mit 50 % AG, Asphaltbinderschicht mit 60 % AG). Abbildung 25 zeigt das Resultat der Ökobilanz als Treibhauspotenzial mittels CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. In Abbildung 26 ist hingegen das gesamttaggregierte Resultat mit der UBP-Methode veranschaulicht (Betrachtung verschiedener Umweltwirkungen und Verrechnung zu einem eindimensionalen Kennwert, Treibhausgase ebenfalls Bestandteil der UBP-Methode). Aus beiden Abbildungen geht hervor, dass das Alternativszenario gegenüber dem Referenzszenario in der Lebenszyklusanalyse (Ökobilanz) besser abschneidet. Es kann rund ein Viertel der Umweltbelastung eingespart werden, wenn Zugaberraten in der Deckschicht von 50 % AG und in der Binderschicht von 60 % verwendet werden. Die umweltintensivste Phase ist die Rohstoffgewinnung, gefolgt von der Produktion des Mischgutes. Mit einem erhöhten Einsatz von Recyclingmaterial nimmt der Balken der Rohstoffgewinnung deutlich ab, da man die Primärproduktion von Splitt, Sand und Bitumen einspart. Ebenfalls spart man in der Prozessvorkette Transporte der primären Rohstoffe ein, was sich positiv auf die Umweltbilanz auswirkt. Die Umweltbelastung der anderen Lebenszyklusphasen (Nutzung, Ausbau und Entsorgung/Wiederverwertung) unterscheiden sich nicht stark in den beiden Szenarien.

Die Aufwände für das Recycling eines Materials (hauptsächlich Zerkleinerung und Lagerung) fallen bei der CO<sub>2</sub>- und UBP-Methode nicht sehr ins Gewicht. Abbildung 26 verdeutlicht, dass die UBP-Methode im Gegensatz zur CO<sub>2</sub>-Methode nicht nur das Treibhauspotential (Klimawirksamkeit der Emissionen), sondern auch andere Wasser- und Luftschadstoffe in Bezug auf deren Human- und Ökotoxizität bewertet. Der grösste Teil des orangenen Balkens "Nutzungsphase und Unterhalt" stammt aus PAK-Emissionen (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) in Luft, Wasser und Boden. Messungen aus der PLANET Studie vom ASTRA (Liechti et al., 2017) haben gezeigt, dass bei der Verwendung von hohen AG-Zugaberraten die PAK-Emissionen in der Nutzungs- und Unterhaltsphase höher sind gegenüber Asphalten mit niedrigeren AG-Anteilen. Im Gesamtbild jedoch ist die Umweltbelastung der Nutzungs- und Unterhaltsphase gering.

Die Einheiten der Ökobilanz, speziell die Umweltbelastungspunkte, wirken abstrakt und sind schwer zu greifen. Aus diesem Grund ist der Umweltnutzen (Einsparung der Umweltbelastung) in Tabelle 21 in einen verständlichen Kontext gestellt. Dabei wird ersichtlich, dass der Umweltnutzen des Bauprojekts „RC plus – Küssnacht ZH“ durch

den gezielten Einsatz von erhöhten AG-Zugaberaten an der Umweltbelastung mit dem jährlichen Strombedarf von 25 Haushalten gleichgesetzt werden kann.

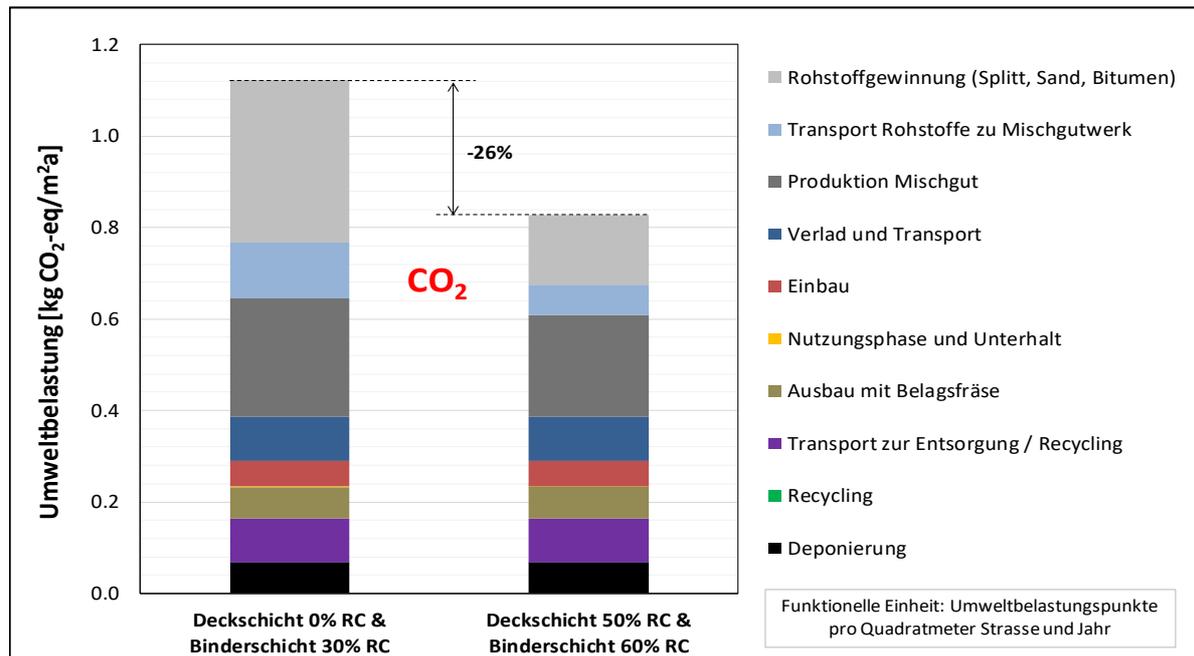


Abbildung 27: Resultat der Ökobilanz ausgedrückt als Treibhausgaspotential mittels CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, Angabe der Umweltbelastung in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (eq = equivalents) pro Quadratmeter und Jahr, Linker Balken: Referenzszenario (Asphaltdeckschicht mit 0 % / Asphaltbinderschicht mit 30 % AG), Rechter Balken: Alternativszenarios mit erhöhten Asphaltgranulat-Zugaberaten (Asphaltdeckschicht mit 50 % / Asphaltbinderschicht mit 60 % AG), Einsparung von 26 % Umweltbelastung im Alternativszenario (Quelle: Pohl, 2020).

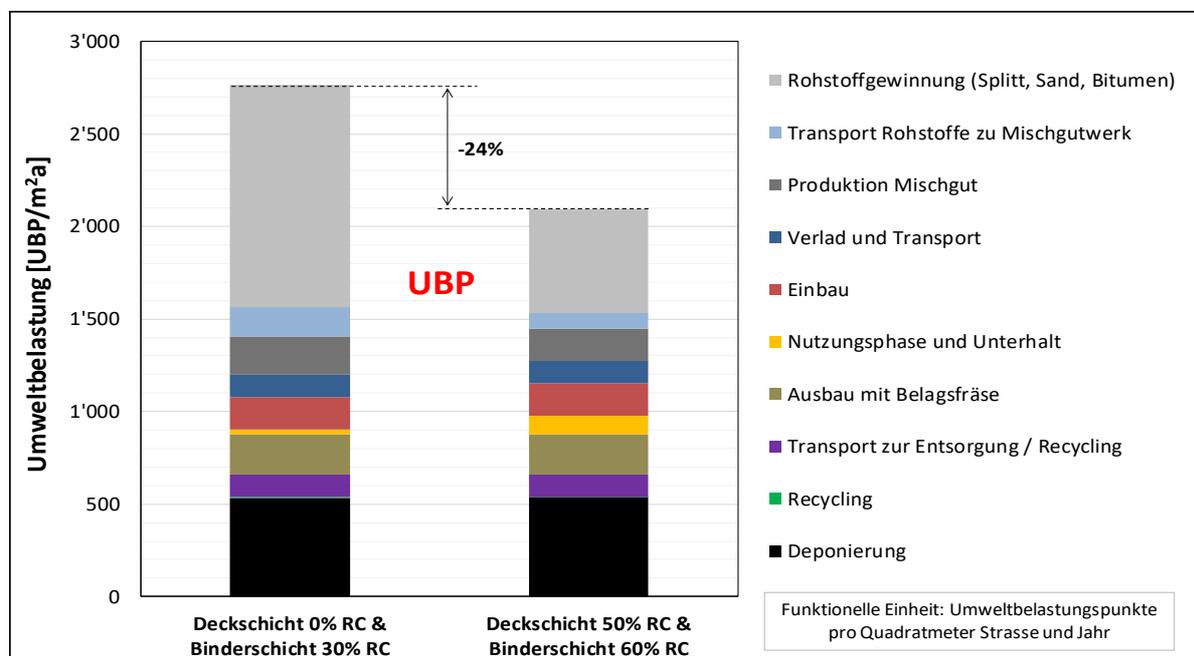


Abbildung 28: Resultat der Ökobilanz mit der UBPs-Methode (Treibhausgase inbegriffen), Angabe der Umweltbelastung in Umweltbelastungspunkten pro Quadratmeter und Jahr, Linker Balken: Referenzszenario (Asphaltdeckschicht mit 0 % / Asphaltbinderschicht mit 30 % AG), Rechter Balken: Alternativszenarios mit erhöhten AG-Zugaberaten (Asphaltdeckschicht mit 50 % / Asphaltbinderschicht mit 60 % AG), Einsparung von 24 % Umweltbelastung im Alternativszenario (Quelle: Pohl, 2020).

Tabelle 21: Umweltnutzen des Projekts RC plus - Küssnacht ZH. Links: eingesparte kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (eq = equivalents) pro Quadratmeter und Jahr. Rechts: eingesparte Umweltbelastungspunkte eUBP pro Quadratmeter und Jahr. Weiterhin: Vergleich der Ersparnis zum Stromersparnis der entsprechenden Haushalte (Quelle: Pohl, 2020).

<b>Umweltnutzen Projekt RC-plus Küssnacht</b>			
<b>Eingesparte kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente</b>		<b>Eingesparte Umweltbelastungspunkte</b>	
Asphaltdeckschicht	4'132 kg CO <sub>2</sub> -eq	Asphaltdeckschicht	8'044'091 eUBP
Asphaltbinderschicht	6'960 kg CO <sub>2</sub> -eq	Asphaltbinderschicht	16'994'003 eUBP
Gesamt RC-plus Küssnacht	11'091 kg CO <sub>2</sub> -eq	Gesamt RC-plus Küssnacht	25'038'095 eUBP
Entspricht einem jährlichen Strombedarf von 8 Haushalten		Entspricht einem jährlichen Strombedarf von 25 Haushalten	

## 8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im Zuge des Forschungsprojektes „RC plus – Küssnacht ZH“ wird die grosstechnische Verwendung von Asphaltrecycling mit hohen Zugaberraten an Asphaltgranulat an einer Teststrecke in Küssnacht ZH baulich umgesetzt und erprobt. Die Produktion einer Asphaltdeckschicht des Typs AC 8 S mit 50 % Asphaltgranulat sowie einer Asphaltbinderschicht mit 60 % Asphaltgranulat (AG) erfolgte nach Bewertung der AG-Qualität sowie anhand einer systematischen Bestimmung der optimalen Zugabemenge an frischem Bindemittel unter Zuhilfenahme zweckmässiger rheologischer Bindemittel-Prüfverfahren. Einen aufschlussreichen Vergleich ermöglicht die gleichzeitige Umsetzung der beiden Asphaltsschichten mit derzeit normierten Recyclinganteilen (Asphaltdeckschicht als S-Variante mit 0 % AG und Asphaltbinderschicht mit 30 % AG) nach konventioneller Herangehensweise auf einem Teil der Teststrecke.

Die Ziele des Projektes sind:

- Umsetzung einer in der Praxis möglichst einfachen und gleichermassen zuverlässigen Prüfsystematik für die Bewertung der Qualität von Asphaltgranulat sowie der optimalen Menge an Frischbindemittel;
- Gewissheit über die für Asphaltrecycling geeigneten Frischbindemittel und deren Wirkung;
- Umsetzung von hohen Recyclingquoten in Asphaltbelägen ohne Einschränkungen in der Asphaltperformance;
- Demonstration des Vorgehens zur qualitativen Optimierung von Recyclinganteilen anhand der Teststrecke in Küssnacht ZH;
- Evaluierung der Umweltwirkung anhand einer Ökobilanzierung.

Die Konzipierung auf Bitumenebene im Labor erlaubt eine systematische Bestimmung der zuzugebenden Frischbindemittel in Menge und Art, um im angestrebten Asphaltmischgut ein resultierendes Bindemittel vorzufinden, das den Eigenschaften des Zielbindemittels, hier eines Strassenbaubitumens der Sorte B 50/70, entspricht. Gestützt wird diese Konzipierung auf rheologische Bindemitteluntersuchungen mit dem Dynamischen Scherrheometer, insbesondere auf die mit dem praxistauglichen Bitumen-Typisierungsschnellverfahren (BTSV) ermittelte Temperatur  $T_{BTSV}$ , welche bei Strassenbaubitumen mit dem Erweichungspunkt gleichgesetzt werden kann.

Als Zieltemperatur  $T_{BTSV}$  wird im Projekt (basierend auf dem bestehenden Erfahrungshintergrund und dem angelieferten Strassenbaubitumen B 50/70) ein Wert von 54°C angesetzt. In Abhängigkeit vom Ausgangsbindemittel im Asphaltgranulat ergeben sich folgende Bindemittelzusammensetzungen für Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht:

- AC 8 S: 47 % AG-Bitumen + 53 % B 70/100
- AC B 22 S: 66 % AG-Bitumen + 16 % B 100/150 + 18 % B 250/330

Anhand der Bindemittelkonzipierung und den Eigenschaften des AG erfolgt die Festlegung der Zusammensetzung der beiden Asphaltmischgutvarianten mit erhöhten AG-Anteilen auf Grundlage von bewährten Rezepten der MOAG AG, erst als Probemischungen, anschliessend nach Kontrolle, leichter Abänderung und Bestätigung dieser als Praxisvarianten.

Der Einbau der Asphalte auf der Teststrecke zeigt keine Unterschiede in Bezug auf Verarbeitung, Verdichtungsverhalten oder Optik.

Die Zusammensetzungen der Einbaumischungen betrachtet, ergeben sich kaum bis wenige Unterschiede zwischen herkömmlichem und erhöhtem Anteil. Die Asphaltdeckschicht AC 8 S ist nahezu identisch, die Asphaltbinderschicht mit 60 % AG weist infolge eines tieferen Bindemittelgehaltes einen höheren Hohlraumgehalt auf. Allerdings erfüllen alle Werte das Soll der Deklaration. Unterschiede gibt es jeweils beim Bindemittel. Liegen die Erweichungspunkte und  $T_{BTSV}$  der herkömmlichen Varianten im guten Mittelfeld (AC 8 S EwP 53.4°C /  $T_{BTSV}$  53.8°C, AC B 22 S EwP 55.4°C /  $T_{BTSV}$  55.4°C) so fällt das Bindemittel bei beiden Ausführungen mit erhöhtem AG-Anteil deutlich härter aus (AC 8 S EwP 60.0°C /  $T_{BTSV}$  59.6°C, AC B 22 S EwP 60.4°C /  $T_{BTSV}$  59.9°C). Sie bewegen sich noch innerhalb der von Schweizerischen Institutionen empfohlenen verbleibenden Werte nach Wiedererwärmung durch Extraktion, allerdings eindeutig im Grenzbereich.

Aus Bohrkern- und Griffigkeitsuntersuchungen geht hervor, dass sich mit höheren AG-Anteilen gleichwertige Beläge in Verdichtung, Hohlraumgehalt und Oberflächenqualität herstellen lassen.

Die an den Einbaurezepturen durchgeführten Performanceprüfungen (Abkühlversuch, Zug-Schwellversuch, Stempeleindringversuch, Spurbildungstest) ergeben kaum Unterschiede. Mitunter fallen diese sogar zum Vorteil der Ausführungen mit erhöhtem AG-Anteil aus. Die zielgenaue Dosierung der ausgewählten Frischbindemittel ermöglicht damit eine Recyclingzugabe bis 60 % ohne Nachteile in den Performance-Eigenschaften im Vergleich zu einem Asphalt ohne Recycling hinnehmen zu müssen.

Aufgrund der stetig steigenden Menge an anfallendem Ausbauasphalt ist es zukünftig dringend nötig, mehr Asphaltgranulat in Belägen für Strassenneubauten und Sanierungen einzusetzen. Indem Materialien wieder in den Stoffkreislauf eingebracht werden, können Ressourcen und Umwelt geschont und eine längere Nutzungsdauer

erwirkt werden. Die durchgeführte Ökobilanz innerhalb des Projektes veranschaulicht deutlich, dass selbst kleine Objekte eine beachtliche Wirkung erzielen können. Unabhängig davon welches Ökobilanzierungsszenario angewendet wird, die grösste negative Umweltwirkung wird stets durch die Rohstoffgewinnung der einzelnen Komponenten verursacht. Die Zuführung an Frischbindemittel und damit verbunden die Förderung und Raffinierung von Erdöl zur Herstellung dessen wird für die Erzeugung eines qualitativen Asphaltproduktes immer nötig sein, allerdings in einer bedeutend geringeren Menge. Erhebliches Einsparungspotential ergibt sich aus der Wiederverwendung der mineralischen Komponenten (Sand, Splitt). Am Beispiel der Alten Forchstrasse in Küsnacht ZH kann aufgezeigt werden, dass durch die Erhöhung des Recyclinganteils erhebliche Einsparungen vorgenommen werden können, die unter Einbezug aller Emissionen, Energie- und Ressourcenverbräuche einem Strombedarf von 25 Haushalten pro Jahr entsprechen.

Zusammengefasst können aus dem Forschungsprojekt folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Prüfsystematik auf Basis von rheologischen Bindemitteluntersuchungen mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) zur Bewertung der Asphaltgranulat-Qualität sowie zur Festlegung der optimalen Zugabemenge an Frischbindemittel erweist sich als geeignet, aussagekräftig und praxistauglich.
- Für die zielsichere Bindemittelkonzipierung anhand der Ausgangsparameter und der Zielparame-ter kann das Bitumen-Typisierung-Schnellverfahren (BTSV) erfolgreich eingesetzt werden.
- Es zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede bei Produktion und Verarbeitung während des Einbaus zwischen herkömmlichen Recyclingasphalten und solchen mit erhöhten Asphaltgranulat-Anteilen.
- Es werden im Projekt RC plus –Küsnacht ZH alle technischen Anforderungen an die eingebauten Schichten erfüllt (Verdichtung, Hohlraumgehalt, Griffigkeit).
- Es werden anhand von Performanceprüfungen im Labor keine Nachteile in den Gebrauchseigenschaften festgestellt, auch nicht bei Zugabe von bis zu 60 % Asphaltgranulat.
- Es wird empfohlen, der Verhärtung des Bindemittels bei Verwendung von hohen Asphaltgranulat-Zugaberaten durch ausreichende Zugabe von weichem Bitumen entgegenzuwirken sowie eine Paralleltrommel zur Vorerwärmung des zugeführten Asphaltgranulates einzusetzen (geringere Erwärmung des frischen Materials)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass – auch im Sinne des notwendigen Wandels im Umgang mit Ressourcen und in der Einsparung von Energie –in der Schweiz höhere Recyclinganteile im Asphaltstrassenbau technisch realisierbar sind und verstärkt erprobt werden sollten. Dies bedarf politischer Bemühungen, aber auch den

Mut von Bauherren mehr Recycling zuzulassen und einzusetzen. Wird eine systematische Überprüfung und Überwachung der Bindemittelkonzipierung vorgenommen, sind gleichwertige Qualitäten mit erhöhten Recyclinganteilen erzielbar. Wichtig ist daher zukünftig nicht bunt zu mischen, sondern den Prozess des Einmischens von Asphaltgranulat systematisch zu betreiben, damit ein empirischer Erfahrungsgewinn möglich und schrittweise die Recyclingraten angehoben werden können.

## 9 LITERATURVERZEICHNIS

Alisov, A. 2017. Typisierung von Bitumen mittels instationärer Oszillationsrheometrie. Dissertation, Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig.

Alisov, A., Riccardi, C., Schrader, J., Cannone Falchetto, A & Wistuba, M.P. 2018. A novel method to characterize asphalt binder at high temperature. Road Materials and Pavement Design (RMPD), Taylor and Francis. doi: 10.1080/14680629.2018.1483258.

Arand, W. 1983. Zum Einfluss tiefer Temperaturen auf das Ermüdungsverhalten von Asphalten. Straße und Autobahn, 10, Kirschbaum Verlag, Bonn

BAFU Bundesamt für Umwelt . 2008. Online. Available: file:///C:/Users/chaueise/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/HUMWE3D E/methode\_der\_umweltbelastungspunkteubp.pdf.

Benedetto, D., De La Roche, C., Baaj, H., Pronk, A. & Lundström, R. 2004. Fatigue of bituminous mixtures. Materials and Structures, Vol. 267, S. 202–216, Springer Verlag, Dordrecht.

Consultants, P. 2019. „SimaPro (version 9.0),“ Pré Consultants, Netherlands.

dav 2008. Wiederverwenden von Asphalt. Deutscher Asphaltverband e. V. Bonn

DIN 52050. 2018. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - BTSV-Prüfung. Deutsche Norm.

Dörschlag, S. 1989. Ermüdungsrechnungen für Asphaltbefestigungen bei Einwirkung mechanisch und thermisch induzierter Spannungen. Schriftenreihe Straßenwesen, Heft 10, Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig.

EAPA. 2017. Asphalt in Figures 2017. European Asphalt Pavement Association. Belgien.

Ecoinvent. 2019. „ecoinvent 2019: Version 3.6 Swiss Life Cycle Inventories,“ ecoinvent.

EN 13108-1. 2016. Bituminous mixtures - Material specifications - Part 1: Asphalt Concrete. European Standard.

European Asphalt Pavement Association (EAPA). 2010. Asphalt in figures. Brussels.

FGSV 2010. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Technische Prüfvorschriften für Asphalt Teil 25 A Dynamischer Stempeldringversuch an Walzasphalt. FGSV-Verlag, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen. Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen: TL Asphalt-StB 07/13. 2007/Fassung 2013.

Frischknecht, R. & Büsser Knöpfel, S. 2013. „Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz,“ Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

Gautschi, A. 2013. „Green Economy - The Method of Ecological Scarcity in Policy Making, in Economics and Environmental Monitoring Division,“ Bundesamt für Umwelt (BAFU)

- Guericke, R. 2010. 100 Jahre Erweichungspunkt Ring und Kugel - Was kommt danach? Strasse und Autobahn, Heft 7, 481–491, Kirschbaum Verlag GmbH, Bonn.
- Hellweg, Stefanie. 2017. ETH Zürich, „Vorlesung: Grundzüge „Ökologische Systemanalyse“,“ in Methodik Ökobilanz Wirkungsbilanz, Zürich.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. „Climate Change 2007: Synthesis Report,“ Valencia.
- IPCC. 2013. „Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,“ Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York USA.
- ISO 14040. 2006. „Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines,“ ISO, Geneva.
- ISO 14044. 2006. „Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines,“ ISO, Geneva.
- Jiménez del Barco Carrión, A., Lo Presti, D. & Airey, G.D. 2015. Binder design of high RAP content hot and warm asphalt mixture wearing courses. *Journal of Road Materials and Pavement Design*, Vol. 16, Issue sup1: EATA 2015, pp. 460-474.
- Kägi, T., Dinkel, F., Frischknecht, R., Humbert, S., Lindberg, J., De Mester, S., Ponsioen, T., Sala S. & Schenker U. W. 2015. „Session "Midpoint, endpoint or single score for decision-making?" - SETAC Europe 25th Annual Meeting,“ *International Journal of Life Cycle Assessment*, 5 Mai 2015.
- Leutner, R., Lorenzl, H., Schmoeckel, K. 2006. Stoffmodelle zur Voraussage des Verformungswiderstandes und Ermüdungsverhaltens von Asphaltbefestigungen. Bericht zum Forschungsprojekt FE 04.187/2001/AGB. Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Liechti, J., Gaschen, A., Breimesser, M., Angst, C., Gorla, F., Boesiger L. & Bieder, A. 2017. „Forschungspaket PLANET EP-2: Ökobilanz von Niedertemperaturasphalten,“ Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.
- Lo Presti, D., Jimenez del Barco Carrion, A., Airey, G. & Hajj, E. 2016. Towards 100 % recycling of reclaimed asphalt in road surface courses: binder design methodology and case studies. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 131, pp. 43-51.
- Morea, F., Agnusdei, J. O. & Zerbino, R. 2010. Comparison and methods for measuring zero shear viscosity in asphalts. *Materials and Structures*, Vol. 43, pp. 499–507.
- Pohl, T. 2020. RC-Plus Küsnacht RC plus - Küsnacht ZH: Berichtteil Ökobilanz. Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, Fachhochschule Ostschweiz.
- Seeberger, M. & Hugener, M. 2014. Recycling von Ausbauasphalt: Einzelprojekt EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt. VSS 2005/452, Bundesamt für Straßen, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Forschungsbericht Nr 1483.
- SN 640 431-1 NA (EN 13108-1:2008). Mischgutanforderungen - Teil 1: Asphaltbeton. Schweizer Norm.
- SN 640 431-8 NA (EN 13108-8:2005). Mischgutanforderungen - Teil 8: Ausbauasphalt. Schweizer Norm.

SN EN 12607-1. 2017. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Bestimmung der Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft - Teil 1: RTFOT-Verfahren.

SN EN 14769, 2013. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Beschleunigte Langzeit-Alterung mit einem Druckalterungsbehälter (PAV).

Velske, S., Mentlein, H., Eymann, P. 2013. Straßenbau, Straßenbautechnik. 7. Neu bearbeitete Auflage, Werner Verlag, Köln.

Willis, J. R., Turner, P., de Goes Padula, F., Tran, N. & Julian, G. 2012. Effects of changing virgin binder grade and content on RAP mixture properties. Auburn, AL: National Center for Asphalt Technology, Report Number NCAT 12-03.

Wistuba, M. P. 2019. Straßenbaustoff Asphalt. ISBN 978-3-932164-16-3, Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig.

Wistuba, M. & Grönniger, J. 2016. Leitfaden Asphaltrecycling - Verfahrensempfehlungen, i. A. des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, der ÖBB-Infrastruktur AG und der Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Österreichische Verkehrsinfrastrukturforschung (VIF2012), Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig.

Wistuba, M. P., Monismith, C., Bahia, H. U., Renken, P., Olard, F., Blab, R., Mollenhauer, K., Metzker, K., Büchler, S., Grönniger, J., Zeng, M. und Nam, K. 2009. Asphaltverhalten bei tiefen Temperaturen. Schriftenreihe Straßenwesen, Heft 23, Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig.

Wistuba, M., Grönniger, J., & Isailović, I. 2015. Optimierung des Recyclinganteils in Asphalttrag- und -binderschichten. Schlussbericht, i. A. des österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG), Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig.

Wistuba, M., Schrader, J. & Alisov, A. 2018. Rheologische Differenzierung von Bitumen für den Asphaltstrassenbau mit dem neuen Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren (BTSV). Strasse und Verkehr, Nr. 6., Juni 2018, begutachtet im Review-Verfahren des VSS-Wissenschaftsrats, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich.

## 10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Aufteilung der Kübel mit AG 0/8 und AG 0/16 auf die einzelnen Prüfungen für die Bestimmung der charakteristischen Kennwerte des Ausgangsmaterials.....	20
Tabelle 2: Spannweiten aus 5 Einzelwerten der relevanten Merkmale für die Kontrolle der angestrebten Zugabemenge des AGs im Vergleich zu den zulässigen Gesamttoleranzen $T_{zul}$ in Abhängigkeit von der Asphaltmischgutart (Toleranzen nach dav, 2008 – entspricht der Tabelle D.1 der TL Asphalt-StB 07/13).....	21
Tabelle 3: Rechnerische Bestimmung der Anteile an Bindemittel und Mineral sowie Zugabemenge an Frischbindemittel .....	24
Tabelle 4: Schrittweise Konzipierung vom AG-Bitumen zum Zielbindemittel unter Angabe der Bindemittelkennwerte (Temperatur $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt Ring und Kugel $EP R\&K$ , Penetration $Pen$ ) .....	26
Tabelle 5: Aufstellung der Mischungsverhältnisse von AG-Bitumen und Frischbindemittel unter Angabe der rechnerischen Bindemittelkennwerte (insbesondere Temperatur $T_{BTSV}$ ).....	27
Tabelle 6: Resultate zu den 3 Bitumenmischungen für AC 8 S .....	29
Tabelle 7: Resultate zu den 4 Bitumenmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S.....	31
Tabelle 8: Bitumenkonzepte zu den Probemischungen für die Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht .....	32
Tabelle 9: Rezepturen zu den Probemischungen für die Asphaltmischgutsorten AC 8 S und AC B 22 S auf 1000 kg berechnet.....	33
Tabelle 10: Bindemittelkennwerte (Temperatur $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt $EP R\&K$ , Penetration $Pen$ ) zu den Asphaltprobemischungen 1 und 2 für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S mit 50 % Recycling; und Bindemittelkennwerte der dafür verwendeten Bindemittelmischung vor und nach Kurzzeitalterung (RTFOT-Verfahren).....	34
Tabelle 11: Bindemittelkennwerte (Temperatur $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt $EP R\&K$ , Penetration $Pen$ ) zu den Asphaltprobemischungen 1 und 2 für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S mit 60 % Recycling; und Bindemittelkennwerte der dafür verwendeten Bindemittelmischung vor und nach Kurzzeitalterung (RTFOT-Verfahren).....	34

Tabelle 12: Rezepturen für die Einbaumischungen: Asphaltdeckschicht aus AC 8 S und Asphaltbinderschicht aus AC B 22 S; Werte bezogen auf 1000 kg Mischgut....	35
Tabelle 13: Impressionen zum Einbau von Deck- und Binderschichten, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate erhöht (50 bzw. 60 %)	37
Tabelle 14: Bindemittelkennwerte (Temperatur $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt $EP R\&K$ , Penetration $Pen$ ) der verbauten Asphaltdeckschicht AC 8 S (0 % bzw. 50 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor.....	39
Tabelle 15: Bindemittelkennwerte (Temperatur $T_{BTSV}$ , Erweichungspunkt $EP R\&K$ , Penetration $Pen$ ) der verbauten Asphaltbinderschicht AC B 22 S (30 % bzw. 60 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor.....	41
Tabelle 16: Resultate der Griffigkeit aus $PTV_{Corr}$ (SRT-Pendel, SN EN 13036-4) und MTD (mittlere Texturtiefe mittels Sandfleckverfahren, SN EN 13036-1).....	44
Tabelle 17: Resultate für Bruchtemperatur und Bruchspannung aus dem Abkühlversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 46 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG und AC B 22 S mit 60 % AG); dargestellter Wert = Mittelwert aus 3 Einzelwerten, Werte in Klammern = Standardabweichungen, zusätzlich Darstellung der Anforderungen für die Bruchtemperatur gemäss VIWZ für Strassenbaubitumen mit Asphaltgranulat und zum Vergleich für das Polymerbitumen PmB 45/80-65 .....	49
Tabelle 18: Resultate für Steifigkeit und Bruchlastwechselzahl aus dem Zug-Schwellversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 46 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG) bei den Belastungsstufen 5 °C und -10 C; dargestellter Wert = Mittelwert aus 3 Einzelwerten, Werte in Klammern = Standardabweichungen. ....	51
Tabelle 19: Resultate für Dehnung, Dehnungsrate und Verformung nach 10'000 Lastwechseln aus dem Stempelleindringversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 25 A2 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG); dargestellter Wert = Mittelwert aus 2 Einzelwerten.....	52
Tabelle 20: Resultate des Spurbildungstests gemäss SN 12697-22 mit Angabe der Raumdichte, Hohlraumgehalt und Spurrinntiefe für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG) sowie Angabe der Normanforderung für die Spurrinntiefe. ....	53

---

Tabelle 21: Umweltnutzen des Projekts RC plus - Küssnacht ZH. Links: eingesparte kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (eq = equivalents) pro Quadratmeter und Jahr. Rechts: eingesparte Umweltbelastungspunkte eUBP pro Quadratmeter und Jahr. Weiterhin: Vergleich der Ersparnis zum Stromersparnis der entsprechenden Haushalte (Quelle: Pohl, 2020). ..... 60

## 11 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Vermischung von AG-Bindemittel und Verjüngungsmittel während der Asphaltherstellung: keine Vermischung (Doppelumhüllung), partielle Vermischung, vollständige Vermischung (schematisch nach Zhao et al., 2016). .....	11
Abbildung 2: Mittels Spaltzug-Schwellversuch ermittelte Ermüdungsfunktionen am Beispiel der Mischgut-Varianten AC 22 B S und AC 32 T S mit bis zu 80 M.-% AG (bei Berücksichtigung von zwei verschiedenen Verjüngungsmitteln) bei 20 °C und 10 Hz; unterschiedlicher Einfluss der AG-Zugabe auf den Ermüdungswiderstand von Asphalt: mal begünstigt (links), mal indifferent (mittel) und mal verschlechtert (rechts) (vgl. Walther et al., 2016). .....	12
Abbildung 3: Arbeitspakete und Vorgehen im Projekt RC plus.....	16
Abbildung 4: Nomogramm zur Überprüfung der angestrebten Zugabemenge von 50 % für den Einsatz von AG 0/8 in der Asphaltdeckschicht in Abhängigkeit von der Gleichmässigkeit der Merkmale des AGs. ....	22
Abbildung 5: Nomogramm zur Überprüfung der angestrebten Zugabemenge von 60 % für den Einsatz von AG 0/16 in der Asphaltbinderschicht in Abhängigkeit von der Gleichmässigkeit der Merkmale des AGs, blau: Gleichmässigkeit über alle Proben, grün: Ausschluss von Probe 5. ....	23
Abbildung 6: Nomogramm für den Einsatz des AG 0/16 am Nomogramm für Trag- und Tragdeckschichten. ....	23
Abbildung 7: Homogenisieren und Temperaturkontrolle an der erwärmten und homogenisierten Bitumenmischung.....	28
Abbildung 8: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV zu den Bindemittelmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S. Die Kästchen stellen eine Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS). ....	29
Abbildung 9: Berechnung der für eine Temperatur $T_{BTSV}$ von 54 °C optimalen Zugabemenge [%] an Strassenbaubitumen der Sorten B 70/100 und B 100/150 zur Bindemittelkonzipierung für die Asphaltmischgutsorte AC 8 S. ....	30
Abbildung 10: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV zu den Bindemittelmischungen für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S. Die Kästchen stellen eine Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS). ....	31

Abbildung 11: Berechnung der für eine Temperatur $T_{BTSV}$ von 54 °C optimalen Zugabemenge [%] an Strassenbaubitumen der Sorten B 70/100 und B 250/330 zur Bindemittelkonzipierung für die Asphaltmischgutsorte AC B 22 S.....	32
Abbildung 12: Schematische Darstellung des Asphaltoberbaues in den 2 Teilabschnitten der Teststrecke Alte Forchstrasse, Küsnacht ZH. ....	35
Abbildung 13: Situation Alte Forchstrasse, Küsnacht ZH: Aufteilung der Abschnitte nach Recyclinganteilen (Kartenquelle: GIS-Browser, Kanton Zürich).....	36
Abbildung 14: Mischgutauswertung des verbauten AC 8 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 50 %. ....	38
Abbildung 15: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV für die Bindemittel der verbauten Asphaltdeckschicht AC 8 S (0 % bzw. 50 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor. Die Kästchen stellen die Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS). ....	39
Abbildung 16: Mischgutauswertung des verbauten AC B 22 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 60 %. ....	40
Abbildung 17: Grafische Darstellung der Resultate aus dem BTSV für die Bindemittel der verbauten Asphaltbinderschicht AC B 22 S (30 % bzw. 60 % Recycling) sowie zum Vergleich der Bindemittelkonzipierung im Labor. Die Kästchen stellen die Klassifizierung der in Deutschland verwendeten Bindemittel dar (gemäss Erfahrungshintergrund an der TUBS). ....	41
Abbildung 18: Bohrkernauswertung zur verbauten Asphaltdeckschicht AC 8 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 50 %.....	42
Abbildung 19 Bohrkernauswertung zur verbauten Asphaltbinderschicht AC B 22 S, links: AG-Zugaberate gemäss SN 640 431-1, rechts: AG-Zugaberate 50 %.....	43
Abbildung 20: Eingespannter Prüfkörper während des Abkühlversuches (Bildquelle: Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig). ....	46
Abbildung 21: Eingespannter Prüfkörper während des Zug-Schwellversuches (Bildquelle: Institut für Straßenwesen, TU Braunschweig).....	47
Abbildung 22: Stempeldringversuch: Prüfkörper- und Stempeldimension (links), Spannungsverlauf während einer Impulsbelastung (Mitte) sowie Laborpraxis (rechts). ....	48
Abbildung 23: Verlauf der Mittelwerte der kryogenen Zugspannungen in Abhängigkeit von der Temperatur während des Abkühlversuchs nach TP Asphalt-StB, Teil 46 für	

die Varianten AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG und AC B 22 S mit 60 % AG; rot dargestellt: exemplarische Bruchtemperatur und Bruchspannung für AC B 22 S mit 60 % AG; schwarz dargestellt: Anforderungen gemäss VIWZ an die Bruchtemperatur für das Polymerbitumen PmB 45/80-65 (-25.0 °C) sowie an ein Strassenbaubitumen mit Asphaltgranulat in Binderschichten (-20.0 °C). .....	50
Abbildung 24: Mittlere Steifigkeiten und Bruchlastwechselzahlen aus dem Zug-Schwellversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 46 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG) bei den Belastungsstufen 5 °C und -10 C. ....	52
Abbildung 25: Dehnungsrate, Verformung und mittlere Dehnung aus dem Stempeleindringversuch gemäss TP Asphalt-StB, Teil 25 A2 für die vier Asphaltvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG).....	53
Abbildung 26: Lebenszyklus der betrachteten Asphalte: Von der Rohstoffgewinnung, zur Asphaltproduktion, zu Einbau & Nutzung bis zum Rückbau und zur Deponierung. Auch alle Transporte zwischen den einzelnen Lebenszyklusphasen sind in der Ökobilanz berücksichtigt. Diese Wahl der Systemgrenze wird als "Cradle-to-Grave = von der Wiege bis zur Bahre" bezeichnet (Bildquelle: Pohl, 2020). ....	57
Abbildung 27: Resultat der Ökobilanz ausgedrückt als Treibhausgaspotential mittels CO <sub>2</sub> -Äquivalenten, Angabe der Umweltbelastung in kg CO <sub>2</sub> -Äquivalenten (eq = equivalents) pro Quadratmeter und Jahr, Linker Balken: Referenzszenario (Asphaltdeckschicht mit 0 % / Asphaltbinderschicht mit 30 % AG), Rechter Balken: Alternativszenarios mit erhöhten Asphaltgranulat-Zugaberaten (Asphaltdeckschicht mit 50 % / Asphaltbinderschicht mit 60 % AG), Einsparung von 26 % Umweltbelastung im Alternativszenario (Quelle: Pohl, 2020). ....	59
Abbildung 28: Resultat der Ökobilanz mit der UBP-Methode (Treibhausgase inbegriffen), Angabe der Umweltbelastung in Umweltbelastungspunkten pro Quadratmeter und Jahr, Linker Balken: Referenzszenario (Asphaltdeckschicht mit 0 % / Asphaltbinderschicht mit 30 % AG), Rechter Balken: Alternativszenarios mit erhöhten AG-Zugaberaten (Asphaltdeckschicht mit 50 % / Asphaltbinderschicht mit 60 % AG), Einsparung von 24 % Umweltbelastung im Alternativszenario (Quelle: Pohl, 2020). ....	59

## **12 ANHANG**

**1 Prüfberichte Asphaltgranulat AG 0/8**

**2 Prüfberichte Asphaltgranulat AG 0/16**

**3 Prüfberichte der Probemischungen AC 8 S 50 % AG**

**4 Prüfberichte der Probemischungen AC B 22 S 60 % AG**

**5 Prüfberichte der Einbaumischungen AC 8 S 0 % AG / 50 % AG**

**6 Prüfberichte der Einbaumischungen AC B 22 S 0 % AG / 60 % AG**

**7 Prüfberichte der Bohrkerne AC 8 S 0 % AG / 50 % AG**

**8 Prüfberichte der Bohrkerne AC B 22 S 0 % AG / 60 % AG**

**9 Prüfberichte Griffigkeitsuntersuchungen**

**10 Prüfberichte Performanceprüfungen AC 8 S 0 % AG / 50 % AG**

**11 Prüfberichte Performanceprüfungen AC B 22 S 0 % AG / 60 % AG**

**12 Ökobilanz**

# 1 Prüfberichte Asphaltgranulat AG 0/8



STS 0147

## Prüfbericht

Auftraggeber

ViaTec AG

Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur

A-Nr. 0398-19-KA\_2-06.2019

Probe-Nr. 26356-1

Baustelle\* Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

Probeneingang

06.06.2019

Probe

Probe 1

Probenahme durch: \*

Viatec AG

Lage\*

Halle links

Entnahme Datum/Zeit:\*

06.06.2019 14:15

Mischgutsorte: \*

AG0/8

Entnahmeort:

Haufen, Probe 1 aus Kübel 1

Mischwerk:\*

Moag Mischgutwerke  
Mörschwil AG

Lieferschein: \*

k.A.

RC - Anteil in %:\*

Mischguttemperatur: \*

k.A. °C

## Bindemittel

Art / Sorte: \* S 70

löslicher Anteil

5.8

Masse- %

Extraktionsverfahren: Manuell

Zusätze:\*

SN EN 12697-1:2020

Lösungsmittel: Toluol

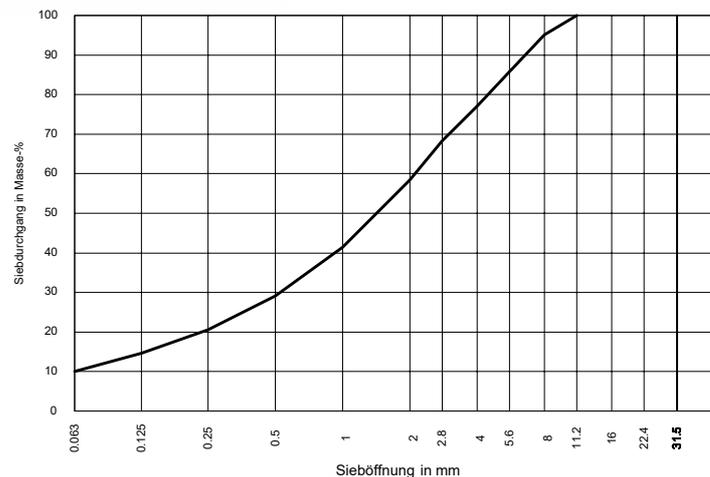
Module de Richesse

## Korngrößenverteilung

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	95.1
5.6	85.8
4.0	77.1
2.8	68.3
2.0	58.5
1.0	41.4
0.5	29.2
0.25	20.5
0.125	14.7
0.063	10.1



## Marshall - Versuch

SN EN 12697-6/-6/-8/-30/-34

Einstampftemperatur:

135.0 °C

Dichte Bindemittel:

1.030 Mg/m<sup>3</sup>

Dichte Mineral:

Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

Raumdichte:

Mg/m<sup>3</sup>

Stabilität S:

kN

SN EN 12697-6:2020/VerfahrenB-SSD

SN EN 12697-34:2020

Rohdichte:

Mg/m<sup>3</sup>

Fließwert F:

mm

SN EN 12697-6:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 12697-34:2020

Hohlraumgehalt Va:

Vol-%

Marshallquotient:

kN/mm

SN EN 12697-8:2020

SN EN 12697-34:2020

VM - Füllungsgrad VFB:

Vol-%

Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA

Vol-%

SN EN 12697-8:2020

SN EN 12697-8:2020

## Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

Erweichungspunkt R. u. K.

65.4 °C

Penetrationsindex PI

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

Penetration bei 25 °C

10<sup>-1</sup> mm

elast. Rückstellung

%

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:

mm

Bemerkungen:

Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG

gedruckt am: 17.12.2020

24.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
\*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_2-06.2019**Probe-Nr.** 26356-2**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang****06.06.2019**

<b>Probe</b>	Probe 2	<b>Probenahme durch: *</b>	<b>Viatec AG</b>
<b>Lage*</b>	Halle links	<b>Entnahme Datum/Zeit:*</b>	<b>06.06.2019 14:15</b>
<b>Mischgutsorte: *</b>	<b>AG 0/8</b>	<b>Entnahmeort:</b>	<b>Haufen, Probe 2 aus Kübel 2</b>
<b>Mischwerk:*</b>	<b>Moag Mischgutwerke</b>	<b>Lieferschein: *</b>	<b>k.A.</b>
	<b>Mörschwil AG</b>	<b>Mischguttemperatur: *</b>	<b>k.A. °C</b>

<b>Bindemittel</b>	<b>Art/ Sorte: * S 70</b>	<b>löslicher Anteil</b>	<b>5.7</b>	<b>Masse- %</b>
--------------------	---------------------------	-------------------------	------------	-----------------

**Extraktionsverfahren:** Automat**Zusätze:\***

SN EN 12697-1:2020

**Lösungsmittel:** Toluol

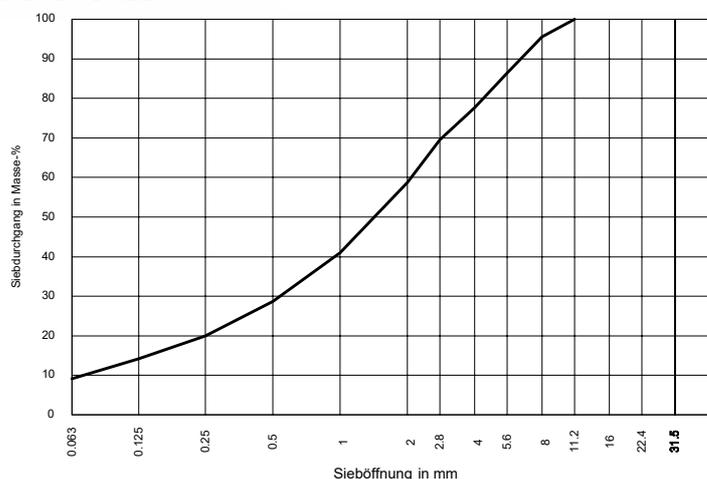
Module de Richesse

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	95.6
5.6	86.4
4.0	77.7
2.8	69.5
2.0	58.7
1.0	41.0
0.5	28.7
0.25	19.9
0.125	14.2
0.063	9.1

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

**Einstampftemperatur:** 135.0 °C**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup>**Dichte Mineral:** Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

**Raumdicke:** Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:** kN

SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD

SN EN 1269734:2020

**Rohdichte:** Mg/m<sup>3</sup>**Fließwert F:** mm

SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

**Hohlraumgehalt Va:** Vol-%**Marshallquotient:** kN/mm

SN EN 126978:2020

SN EN 1269734:2020

**VM -Füllungsgrad VFB:** Vol-%**HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA** Vol-%

SN EN 126978:2020

SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** 66.2 °C**Penetrationsindex PI**

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C** 10<sup>-1</sup> mm**elast. Rückstellung** %

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am: 17.12.2020

24.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 \*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_2-06.2019**Probe-Nr.** 26356-3

Baustelle\* Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

**Probeneingang****06.06.2019**

Probe Probe 3

Lage\* Halle links

**Mischgutsorte: \*****AG 0/8****Mischwerk:\*****Moag Mischgutwerke**  
**Mörschwil AG**Probenahme durch: \* **Viatec AG**Entnahme Datum/Zeit:\* **06.06.2019 14:15**Entnahmeort: **Haufen, Probe 3 aus Kübel 3**Lieferschein: \* **k.A.**

RC - Anteil in %:\*

Mischguttemperatur: \* **k.A.** °C**Bindemittel**Art/ Sorte: \* **S 70**

löslicher Anteil

**5.9**

Masse- %

Extraktionsverfahren: Manuell

Zusätze:\*

SN EN 12697-1:2020

Lösungsmittel: Toluol

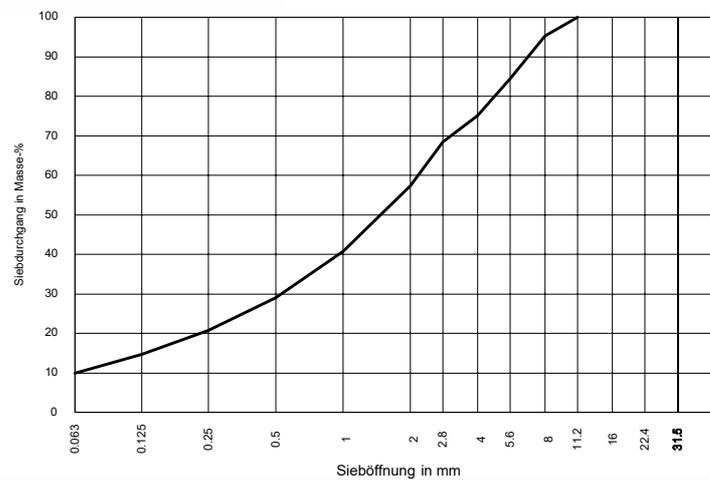
Module de Richesse

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / - 5a-NA:2008 / - 7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	95.2
5.6	84.5
4.0	75.1
2.8	68.4
2.0	57.3
1.0	40.7
0.5	29.0
0.25	20.7
0.125	14.6
0.063	10.0

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

Einstampftemperatur: 135.0 °C

Dichte Bindemittel: 1.030 Mg/m<sup>3</sup>Dichte Mineral: Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

Raumdichte: Mg/m<sup>3</sup>

Stabilität S: kN

SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD

SN EN 1269734:2020

Rohdichte: Mg/m<sup>3</sup>

Fließwert F: mm

SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

Hohlraumgehalt Va: Vol-%

Marshallquotient: kN/mm

SN EN 126978:2020

SN EN 1269734:2020

VM -Füllungsgrad VFB: Vol-%

HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA Vol-%

SN EN 126978:2020

SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

Erweichungspunkt R. u. K. **64.6** °C

Penetrationsindex PI

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

Penetration bei 25 °C 10<sup>-1</sup> mm

elast. Rückstellung %

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm

**Bemerkungen:**

Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG

gedruckt am: 17.12.2020

24.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

\*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_2-06.2019**Probe-Nr.** 26356-4**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang****06.06.2019****Probe**

Probe 4

**Probenahme durch: \*****Viatec AG****Lage\***

Halle links

**Entnahme Datum/Zeit:\*****06.06.2019 14:15****Mischgutsorte: \*****AG 0/8****Entnahmeort:****Haufen, Probe 4 aus Kübel 4****Mischwerk:\*****Moag Mischgutwerke**  
**Mörschwil AG****Lieferschein: \*****k.A.****RC - Anteil in %:\*****Mischguttemperatur: \*****k.A.** °C**Bindemittel****Art/ Sorte: \* S 70****löslicher Anteil****5.7****Masse- %****Extraktionsverfahren:** Manuell**Zusätze:\*****SN EN 12697-1:2020****Lösungsmittel:**

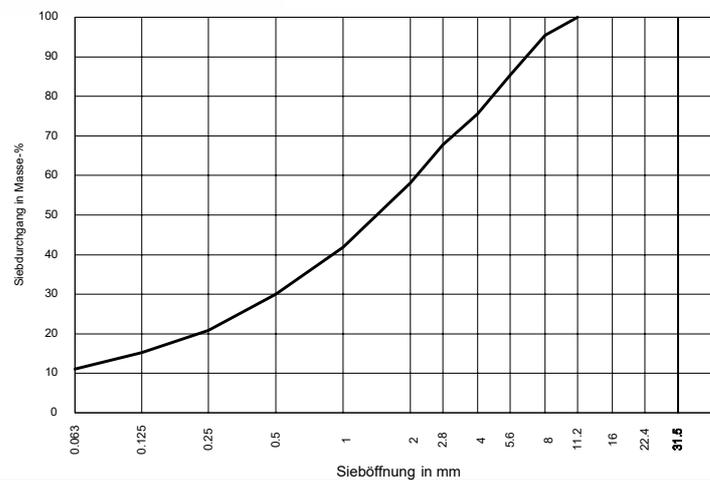
Toluol

**Module de Richesse****Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	95.4
5.6	85.3
4.0	75.6
2.8	67.7
2.0	58.2
1.0	41.9
0.5	30.1
0.25	20.8
0.125	15.2
0.063	11.1

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

**Einstampftemperatur:**

135.0 °C

**Dichte Bindemittel:**1.030 Mg/m<sup>3</sup>**Dichte Mineral:**Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

**Raumdicke:**Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:**

kN

SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD

SN EN 1269734:2020

**Rohdichte:**Mg/m<sup>3</sup>**Fließwert F:**

mm

SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

**Hohlraumgehalt Va:**

Vol-%

**Marshallquotient:**

kN/mm

SN EN 126978:2020

SN EN 1269734:2020

**VM -Füllungsgrad VFB:**

Vol-%

**HohlraumgehaltMineral-**  
**stoffgerüst VMA**

Vol-%

SN EN 126978:2020

SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.****65.0 °C****Penetrationsindex PI**

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C**10<sup>-1</sup> mm**elast. Rückstellung**

%

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:

mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am:

17.12.2020

24.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 \*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber****ViaTec AG****Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur****A-Nr.** 0398-19-KA\_2-06.2019**Probe-Nr.** 26356-5

Baustelle\* Alte Forchstrasse, Künsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

**Probeneingang****06.06.2019**

Probe

Probe 5

Probenahme durch: \*

**Viatic AG**

Lage\*

Halle links

Entnahme Datum/Zeit:\*

**06.06.2019 14:15****Mischgutsorte: \*****AG/0/8**

Entnahmeort:

**Haufen, Probe 5 aus Kübel 5****Mischwerk:\*****Moag Mischgutwerke  
Mörschwil AG**

Lieferschein: \*

**k.A.**

RC - Anteil in %:\*

Mischguttemperatur: \*

**k.A.** °C**Bindemittel**Art / Sorte: \* **S 70**

löslicher Anteil

**5.8**

Masse- %

Extraktionsverfahren: Manuell

Zusätze:\*

SN EN 12697-1:2020

Lösungsmittel: Toluol

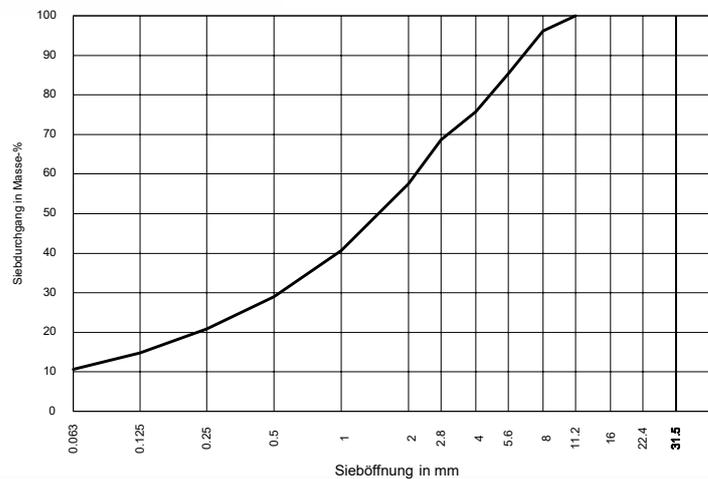
Module de Richesse

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	96.1
5.6	85.3
4.0	75.7
2.8	68.7
2.0	57.6
1.0	40.7
0.5	29.0
0.25	20.8
0.125	14.8
0.063	10.7

**Marshall - Versuch**

SN EN 12697/6/-6/-8/-30/-34

Einstampftemperatur:

135.0 °C

Dichte Bindemittel: 1.030 Mg/m<sup>3</sup>  
(nicht bestimmt)

Dichte Mineral:

Mg/m<sup>3</sup>

Raumdichte:

Mg/m<sup>3</sup>

Stabilität S:

kN

SN EN 12697/6:2020/VerfahrenB-SSD

SN EN 12697/34:2020

Rohdichte:

Mg/m<sup>3</sup>

Fließwert F:

mm

SN EN 12697/6:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 12697/34:2020

Hohlraumgehalt Va:

Vol- %

Marshallquotient:

kN/mm

SN EN 12697/8:2020

SN EN 12697/34:2020

VM -Füllungsgrad VFB:

Vol- %

HohlraumgehaltMineral-  
stoffgerüst VMA

Vol- %

SN EN 12697/8:2020

SN EN 12697/8:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

Erweichungspunkt R. u. K. **65.8** °C

Penetrationsindex PI

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202NA:2010EN 12591:2009

Penetration bei 25 °C

10<sup>-1</sup> mm

elast. Rückstellung

%

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:

mm

Bemerkungen:

Prüfdatum / Unterschrift Viatic AG

gedruckt am:

17.12.2020

24.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

\*Angabe Dritter Version 07.09.2020

Freigabe P.Bodmer

PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**ViaTec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_2-06.2019**Probe-Nr.** 26356-6**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang****06.06.2019**

<b>Probe</b>	Probe 6	<b>Probenahme durch: *</b>	<b>Viatec AG</b>
<b>Lage*</b>	Halle links	<b>Entnahme Datum/Zeit:*</b>	<b>06.06.2019 14:15</b>
<b>Mischgutsorte: *</b>	<b>AG 0/8</b>	<b>Entnahmeort:</b>	<b>Haufen, Probe 6 aus Kübel 1-5</b>
<b>Mischwerk:*</b>	<b>Moag Mischgutwerke</b>	<b>Lieferschein: *</b>	<b>k.A.</b>
	<b>Mörschwil AG</b>	<b>Mischguttemperatur: *</b>	<b>k.A. °C</b>

**Bindemittel****Art/ Sorte: \* S 70****löslicher Anteil****Masse- %****Extraktionsverfahren:** Manuell**Zusätze:\***

SN EN 12697-1:2020

**Lösungsmittel:** Toluol

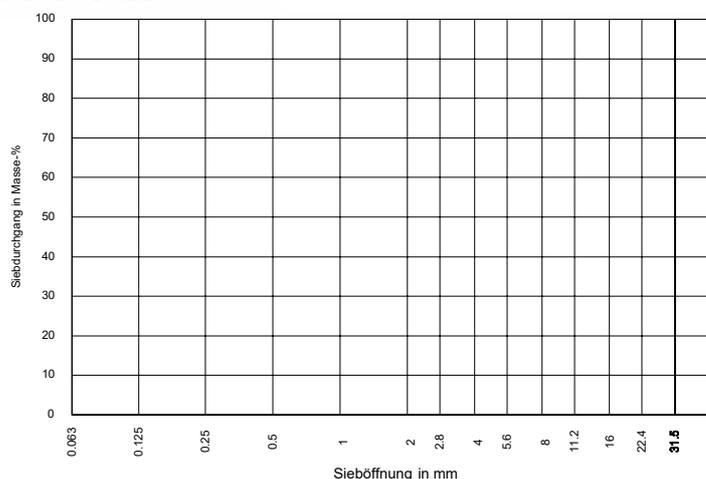
Module de Richesse

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	
8.0	
5.6	
4.0	
2.8	
2.0	
1.0	
0.5	
0.25	
0.125	
0.063	

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

**Einstampftemperatur:** 135.0 °C**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup>**Dichte Mineral:** Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

**Raumdicke:** Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:** kN

SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD

SN EN 1269734:2020

**Rohdichte:** Mg/m<sup>3</sup>**Fließwert F:** mm

SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

**Hohlraumgehalt Va:** Vol-%**Marshallquotient:** kN/mm

SN EN 126978:2020

SN EN 1269734:2020

**VM -Füllungsgrad VFB:** Vol-%**HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA** Vol-%

SN EN 126978:2020

SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** °C**Penetrationsindex PI**

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C** 28 10<sup>-1</sup> mm**elast. Rückstellung** %

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am: 17.12.2020

24.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 \*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



**Prüfbericht**

**Auftraggeber**

**ViaTec AG  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur**

**A-Nr.** 0398-19-KA\_2-06.2019  
**Probe-Nr.** 26356-7  
**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +  
**Einbaufirma\*** ViaTec AG

**Probeneingang** 06.06.2019

**Probe** Probe 7  
**Lage\*** Halle links  
**Mischgutsorte: \*** AG 0/8  
**Mischwerk:\*** Moag Mischgutwerke  
Mörschwil AG  
**RC - Anteil in %:\***

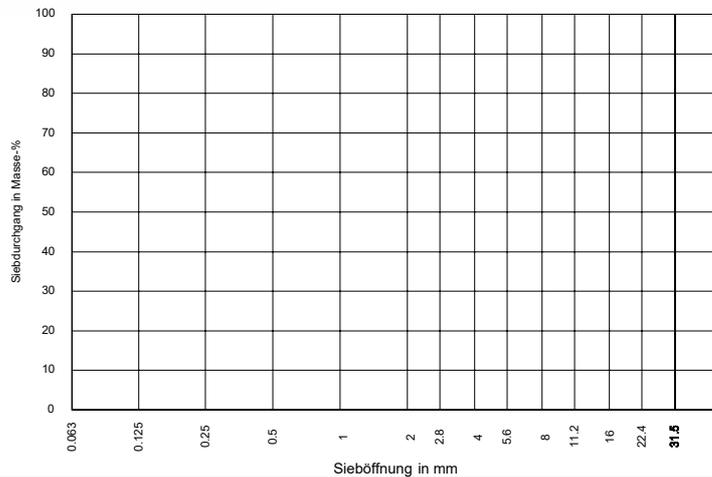
**Probenahme durch: \*** Viatic AG  
**Entnahme Datum/Zeit:\*** 06.06.2019 14:15  
**Entnahmeort:** Haufen, Probe 7 aus Kübel 1-5  
**Lieferschein: \*** k.A.  
**Mischguttemperatur: \*** k.A. °C

**Bindemittel** Art/ Sorte: \* S 70  
**Extraktionsverfahren:** Automat **Zusätze:\***  
**Lösungsmittel:** Toluol

**löslicher Anteil** Masse- %  
SN EN 12697-1:2020  
Module de Richesse

**Korngrößenverteilung** SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020 Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	
8.0	
5.6	
4.0	
2.8	
2.0	
1.0	
0.5	
0.25	
0.125	
0.063	



**Marshall - Versuch** SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup> (nicht bestimmt)  
**Raumdicke:** Mg/m<sup>3</sup> SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD  
**Rohdichte:** Mg/m<sup>3</sup> SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet  
**Hohlraumgehalt Va:** Vol-% SN EN 126978:2020  
**VM -Füllungsgrad VFB:** Vol-% SN EN 126978:2020

**Einstampftemperatur:** 135.0 °C  
**Dichte Mineral:** Mg/m<sup>3</sup>  
**Stabilität S:** kN SN EN 1269734:2020  
**Fließwert F:** mm SN EN 1269734:2020  
**Marshallquotient:** kN/mm SN EN 1269734:2020  
**HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA** Vol-% SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels** SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** °C SN EN 1427:2015Automat  
**Penetration bei 25 °C** 10<sup>-1</sup> mm SN EN 1426:2015Halbautomat

**Penetrationsindex PI** SN 670202-NA:2010EN 12591:2009  
**elast. Rückstellung** 26 % SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: 86 mm

**Bemerkungen:** gedruckt am: 17.12.2020

**Prüfdatum/ Unterschrift Viatic AG**  
24.06.2019 V. Krackler

Seite 1 von 1 Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
\*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003

Abbildungen A1 – A7: Resultate für Asphaltgranulat AG 0/8 (Siebkurve, Bindemittelgehalt, Bindemittelkennwerte Penetration, Erweichungspunkt Ring und Kugel und elastische Rückstellung), Untersuchung an verschiedenen Probenahmestellen.

## Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern

SN 670 103b Tab. 4 / EN 13043/AC:2006-02 Tab. 9

SN 970 902-5b / EN 933-5/A1:2006-02

Auftrags-Nr.: 398-19 Auftraggeber: ViaTec AG  
 Probe-Nr.: 26356-6 Technoramastrasse 8  
 externe Probenr.: k.A. 8404 Winterthur  
**Mineral/Korngruppe** RC G 4/8 Probearbeit Datum: 06.06.2019  
 Entnahme Datum\*: 06.06.2019  
 Hersteller: Moag Mischgutwerke AG Entnahme durch\*: Viatec AG  
 Herkunft: k.A. Entnahmeort\*: Haufen, Probe 6 aus Kübel 1 - 5  
 LS-Nr.: k.A. Temperatur Luft °C\*: k.A.  
 Zustand der Probe: i.O. Witterung\*: k.A.

Prüfdatum: 24.06.2019

Masse der Messprobe Mo=	100.4	Masse M <sub>i</sub> in g =		100.5
	Massen in g		Anteile in %	
Kontrolle M <sub>i</sub> in g	M <sub>c</sub> inkl. M <sub>tc</sub>	M <sub>r</sub> inkl. M <sub>tr</sub>	C <sub>c</sub> inkl. C <sub>tc</sub>	C <sub>r</sub> inkl. C <sub>tr</sub>
100.5	100	1	99%	1%
Nachweis zurückgehaltene Masse <1%	M <sub>tc</sub>	M <sub>tr</sub>	C <sub>tc</sub>	C <sub>tr</sub>
0.0%	78	0	78%	0%

### Kategorie C (SN EN 13043, Tab. 9)

### C 90/10

 Nachweis:  $(100 \cdot (M_o - (M_c + M_r)) / M_i) = -0.1\% < 1\%$ 

 vollständig gebrochene Körner  
 gebrochene Körner  
 gerundete Körner  
 vollständig gerundete Körner

 Körner mit mehr als 90% gebr. Oberfläche = M<sub>tc</sub>  
 Körner mit mehr als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>c</sub>  
 Körner mit weniger als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>r</sub>  
 Körner mit mehr als 90% gerundeter Oberfläche = M<sub>tr</sub>

Bemerkungen:

Datum: 26.06.2019

Unterschrift Viatec AG: V. Krackler

Druckdatum: 26.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

## Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern

SN 670 103b Tab. 4 / EN 13043/AC:2006-02 Tab. 9

SN 970 902-5b / EN 933-5/A1:2006-02

Auftrags-Nr.:	398-19	Auftraggeber:	Viatec AG
Probe-Nr.:	26356-6		Technoramastrasse 8
externe Probenr.:	k.A.		8404 Winterthur
<b>Mineral/Korngruppe</b>	RC G 8/11	Probeneingang Datum:	06.06.2019
		Entnahme Datum*:	06.06.2019
Hersteller:	Moag Mischgutwerke AG	Entnahme durch*:	Viatec AG
Herkunft:	k.A.	Entnahmeort*:	Haufen, Probe 6 aus Kübel 1 - 5
LS-Nr.:	k.A.	Temperatur Luft °C*:	k.A.
Zustand der Probe:	i.O.	Witterung*:	k.A.

Prüfdatum: 24.06.2019

Masse der Messprobe Mo=	<b>158.0</b>	Masse M <sub>i</sub> in g =		<b>157.8</b>
		Massen in g		Anteile in %
Kontrolle M <sub>i</sub> in g	<b>M<sub>c</sub></b> inkl. M <sub>tc</sub>	<b>M<sub>r</sub></b> inkl. M <sub>tr</sub>	<b>C<sub>c</sub></b> inkl. C <sub>tc</sub>	<b>C<sub>r</sub></b> inkl. C <sub>tr</sub>
157.8	156	2	99%	1%
Nachweis zurückgehaltene Masse <1%	<b>M<sub>tc</sub></b>	<b>M<sub>tr</sub></b>	<b>C<sub>tc</sub></b>	<b>C<sub>tr</sub></b>
0.0%	104	1	66%	1%

### Kategorie C (SN EN 13043, Tab. 9)

### C 90/10

 Nachweis:  $(100 \cdot (M_o - (M_c + M_r)) / M_i) = 0.1\% < 1\%$ 

 vollständig gebrochene Körner  
 gebrochene Körner  
 gerundete Körner  
 vollständig gerundete Körner

 Körner mit mehr als 90% gebr. Oberfläche = M<sub>tc</sub>  
 Körner mit mehr als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>c</sub>  
 Körner mit weniger als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>r</sub>  
 Körner mit mehr als 90% gerundeter Oberfläche = M<sub>tr</sub>

Bemerkungen:

Datum : **26.06.2019**Unterschrift Viatec AG : **V. Krackler**

Druckdatum: 26.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Abbildungen A8 – A9: Anteil an gebrochenen Körnern für Asphaltgranulat AG 0/8, Bestimmung an Korngruppe 4/8 und 8/11.



Viatec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52-245 10 00 Fax +41 (0)52-245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



## Bestimmung der Plattigkeitskennzahl nach EN 933-3

Anforderung SN 670 103b-NA Tab. 3 / EN 13043 Tab. 7 670 902-3 / EN 933-3:2013-03

Auftrags-Nr. 398-19 Auftraggeber ViaTec AG  
Probe-Nr. 26356-6 Technoramastrasse 8  
externe Probenr. k.A. 8404 Winterthur

Mineral/Korngruppe:\* RC 0/8  
Hersteller:\* Moag Mischgutwerke AG Probeeingang Datum: 06.06.2019  
Herkunft:\* k.A. Entnahme Datum:\* 06.06.2019  
LS-Nr.:\* k.A. Entnahme durch:\* ViaTec AG  
Prüfdatum: 24.06.2019 Entnahmeort:\* Haufen, Probe 6 aus Kübel 1 - 5  
Witterung:\* k.A. Temperatur Luft °C\*: k.A.  
Zustand der Probe: i.O.

Masse Messprobe Mo =		709.1		Masse > 100mm (g)	
				Masse < 4mm (g)	8.0
				verworfenen Masse (g)	8.0
Kornklasse d <sub>i</sub> /D <sub>i</sub> (mm)	Masse R <sub>i</sub> (g)	Stabsieb (mm)	Stabsieb Durchgang m <sub>i</sub> (g)	F <sub>i</sub> = (m <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> )x100	
80/100		50			
63/80		40			
50/63		31.5			
40/50		25			
31.5/40		20			
25/31.5		16			
20/25		12.5			
16/20		10			
12.5/16		8			
10/12.5	24.3	6.3	3.1	12.8	
8/10	134.8	5	9.7	7.2	
6.3/8	214.1	4	17.5	8.2	
5/6.3	205.0	3.15	23.2	11.3	
4/5	124.0	2.5	8.3	6.7	
M1= Summe R <sub>i</sub> (g)	702	M2 = Summe m <sub>i</sub>	62		

**Gesamt-Plattigkeitskennzahl FI = 9%**

Nachweis:  $(100 \cdot (Mo - (Summe Ri + Summe verw. Masse)) / Mo) = 0 < 1\%$

Bemerkungen:

Datum : 26.06.2019 Unterschrift Viatec AG : V. Krackler

Druckdatum: 26.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 28.05.2019

Freigabe P.Bodmer

Dok.-Nr. 1136

Seite 1 von 1

Abbildung A10: Resultat der Plattigkeitskennzahl für Asphaltgranulat AG 0/8.

## Bericht Bindemittelprüfungen

### Bitumen - Typisierung - Schnell - Verfahren (BTSV)

DIN 52050:2018-12

Auftrags Nr.: *Auftraggeber:* ViaTec AG  
 Probe Nr.: 26356-1 *Technoramastrasse 8*  
 Externe Probe Nr.: - *8404 Winterthur*  
 Objekt: **Alte Forchstrasse, Küssnacht - Projekt RC+**

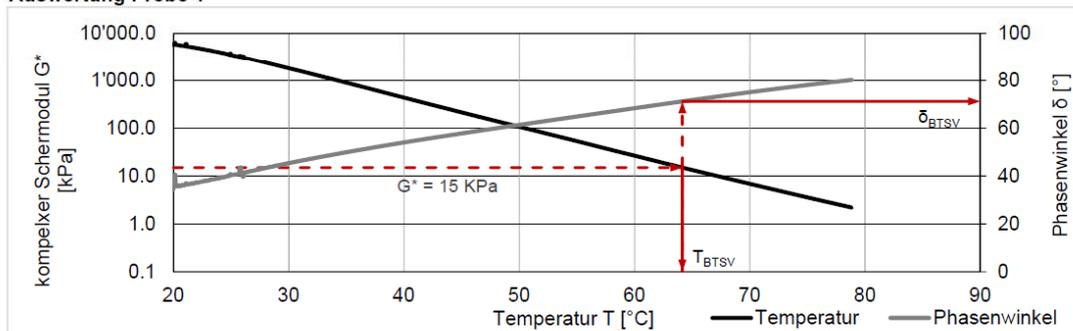
Mischgutsorte: AG 0/8 *Probeneingang:* 06.06.2019  
 Bindemittel: S 70 *Entnahme Datum / Zeit\*:* 06.06.2019 14:15  
 Lieferant\*: keine Angabe *Entnahme durch\*:* ViaTec AG  
 Raffinerie\*: keine Angabe *Zustand Probe:* in Ordnung  
 Lieferschein-Nr.\*: - *Geruch:* normal  
 Entnahmeort\*: Bindemittel aus Asphaltgranulat *Fremdstoffe:* keine  
*Alterungszustand:* extrahiert

### Prüfparameter + Auswertung

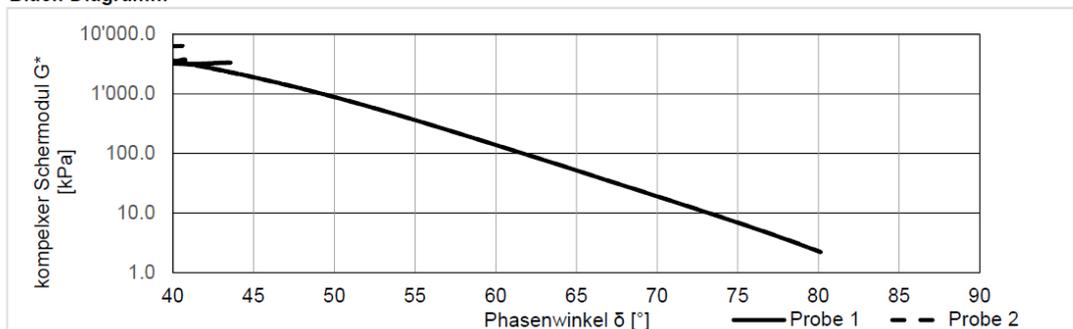
Prüfdatum: 25.06.2019 *Prüffrequenz:* 1.59 Hz  
 Prüfgerät: Malvern Kinexus *Scherspannung:* 500 Pa  
 Prüfgeometrie: Platte-Platte; 25 mm *Temperaturbereich:* 20 bis max. 90°C (1.2 K/min)  
 Spaltweite: 1 mm *Abbruchkriterium:*  $v > 100\%$   
 Belastungsart: oszillierend *Erwärmung der Platten auf:* 80°C (hochmod. PmB 90°C)

Prüfergebnisse	Werte bei 15 kPa	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
	Temperatur [°C]		64.2	64.3
Phasenwinkel [°]		71.2	71.2	<b>71.2</b>

### Auswertung Probe 1



### Black-Diagramm



Bemerkungen: Einzelprobe aus Kübel 1

Datum: 26.06.2019

Unterschrift: V. Krackler

Druckdatum: 26.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

**Bericht Bindemittelprüfungen**
**Bitumen - Typisierung - Schnell - Verfahren (BTSV)**

DIN 52050:2018-12

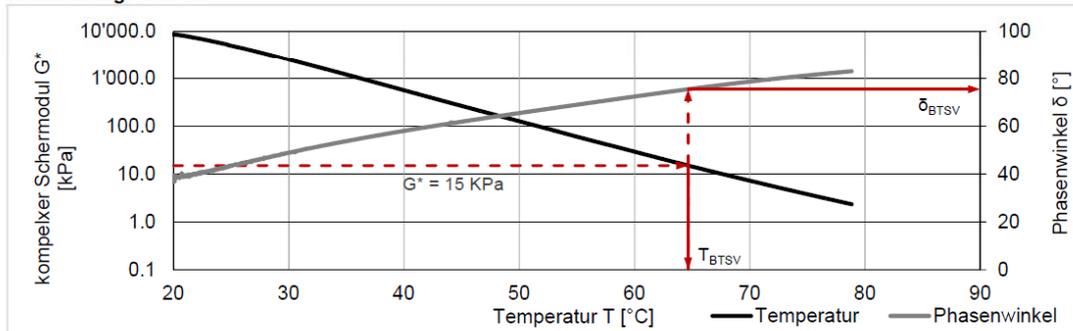
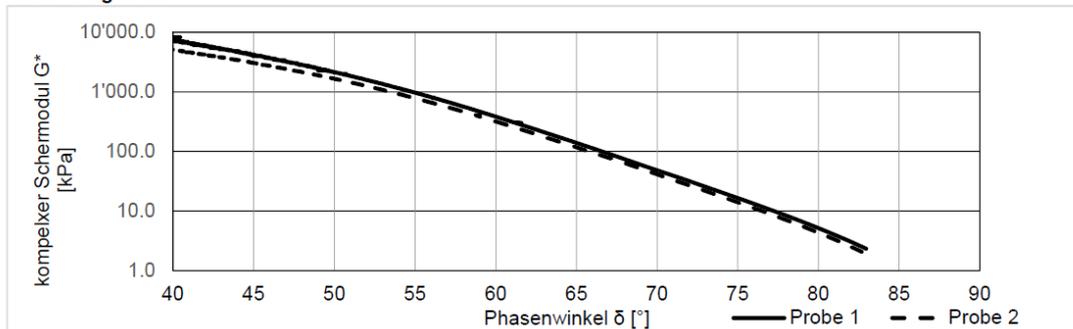
Auftrags Nr.: Auftraggeber: ViaTec AG  
 Probe Nr.: 26356-6 Technoramastrasse 8  
 Externe Probe Nr.: - 8404 Winterthur  
 Objekt: **Alte Forchstrasse, Küsnacht - Projekt RC+**

Mischgutsorte: AG 0/8 Probeneingang: 06.06.2019  
 Bindemittel: S 70 Entnahme Datum / Zeit\*: 06.06.2019 14:15  
 Lieferant\*: keine Angabe Entnahme durch\*: ViaTec AG  
 Raffinerie\*: keine Angabe Zustand Probe: in Ordnung  
 Lieferschein-Nr.\*: - Geruch: normal  
 Entnahmeort\*: Bindemittel aus Asphaltgranulat Fremdstoffe: keine  
Alterungszustand: extrahiert

**Prüfparameter + Auswertung**

Prüfdatum: 25.06.2019 Prüffrequenz: 1.59 Hz  
 Prüfgerät: Malvern Kinexus Scherspannung: 500 Pa  
 Prüfgeometrie: Platte-Platte; 25 mm Temperaturbereich: 20 bis max. 90°C (1.2 K/min)  
 Spaltweite: 1 mm Abbruchkriterium:  $v > 100\%$   
 Belastungsart: oszillierend Erwärmung der Platten auf: 80°C (hochmod. PmB 90°C)

Prüfergebnisse	Werte bei 15 kPa	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
	Temperatur [°C]		64.7	63.6
Phasenwinkel [°]		75.4	74.7	<b>75.1</b>

**Auswertung Probe 1**

**Black-Diagramm**
Bemerkungen: **Sammelprobe aus Kübel 1 - 5**

Datum: 26.06.2019

Unterschrift: V. Krackler

Druckdatum: 26.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Abbildungen A11 – A12: Resultate aus dem BTSV für Asphaltgranulat AG 0/8, Untersuchung an 2 Probenahmestellen.

## 2 Prüfberichte Asphaltgranulat AG 0/16



STS 0147

### Prüfbericht

Auftraggeber

ViaTec AG

Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur

A-Nr. 0398-19-KA\_1-06.2019

Probe-Nr. 26274-1

Baustelle\* alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

Probeneingang

14.05.2019

Probe	Probe 1	Probenahme durch: *	Viatec AG
Lage*	Halle hinten links	Entnahme Datum/Zeit:*	14.05.2019 07:00
Mischgutsorte: *	AG0/16	Entnahmeort:	Haufen, Probe 1 aus Kübel 1
Mischwerk:*	Moag Mischgutwerke Mörschwil AG	Lieferschein: *	k.A.
RC - Anteil in %:*		Mischguttemperatur: *	k.A. °C

### Bindemittel

Art/ Sorte: \* S 70

löslicher Anteil

4.3

Masse- %

Extraktionsverfahren: Manuell

Zusätze:\*

SN EN 12697-1:2020

Lösungsmittel: Toluol

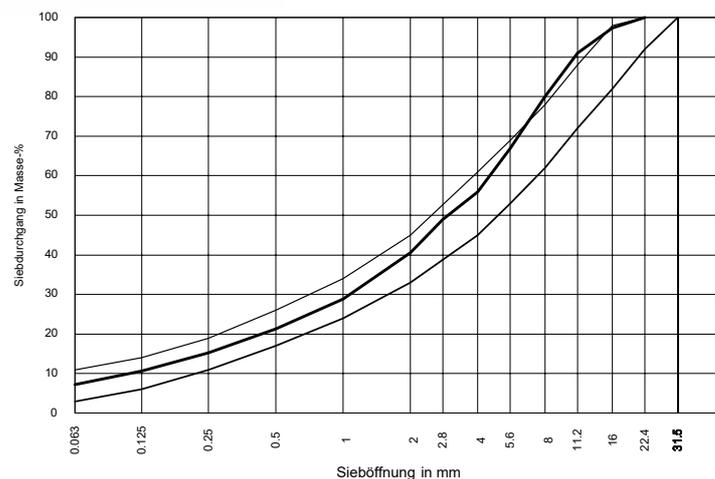
Module de Richesse

### Korngrößenverteilung

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	100.0
16.0	97.4
11.2	91.0
8.0	80.1
5.6	66.8
4.0	55.9
2.8	48.9
2.0	40.6
1.0	28.8
0.5	21.3
0.25	15.3
0.125	10.6
0.063	7.3



### Marshall - Versuch

SN EN 12697/6/-6/-8/-30/-34

Einstampftemperatur:

135.0 °C

Dichte Bindemittel:

1.030 Mg/m<sup>3</sup>

Dichte Mineral:

Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

Raumdichte:

Mg/m<sup>3</sup>

Stabilität S:

kN

SN EN 12697/6:2020/VerfahrenB-SSD

SN EN 12697/34:2020

Rohdichte:

Mg/m<sup>3</sup>

Fließwert F:

mm

SN EN 12697/6:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 12697/34:2020

Hohlraumgehalt Va:

Vol-%

Marshallquotient:

kN/mm

SN EN 12697/8:2020

SN EN 12697/34:2020

VM - Füllungsgrad VFB:

Vol-%

Hohlraumgehalt Mineral-

stoffgerüst VMA

Vol-%

SN EN 12697/8:2020

SN EN 12697/8:2020

### Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

Erweichungspunkt R. u. K.

61.2 °C

Penetrationsindex PI

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

Penetration bei 25 °C

10<sup>-1</sup> mm

elast. Rückstellung

%

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:

mm

Bemerkungen:

Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG

gedruckt am: 17.12.2020

04.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
\*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-06.2019**Probe-Nr.** 26274-2**Baustelle\*** alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang****14.05.2019****Probe**

Probe 2

**Probenahme durch: \*** **Viatec AG****Lage\***

Halle hinten rechts

**Entnahme Datum/Zeit:\*** **14.05.2019 07:00****Mischgutsorte: \*****AG 0/16****Entnahmeort: Haufen, Probe 2 aus Kübel 2****Mischwerk:\*****Moag Mischgutwerke**  
**Mörschwil AG****Lieferschein: \*** **k.A.****RC - Anteil in %:\*****Mischguttemperatur: \*** **k.A.** °C**Bindemittel****Art/ Sorte: \* S 70****löslicher Anteil****4.4****Masse- %****Extraktionsverfahren:** Manuell**Zusätze:\*****SN EN 12697-1:2020****Lösungsmittel:**

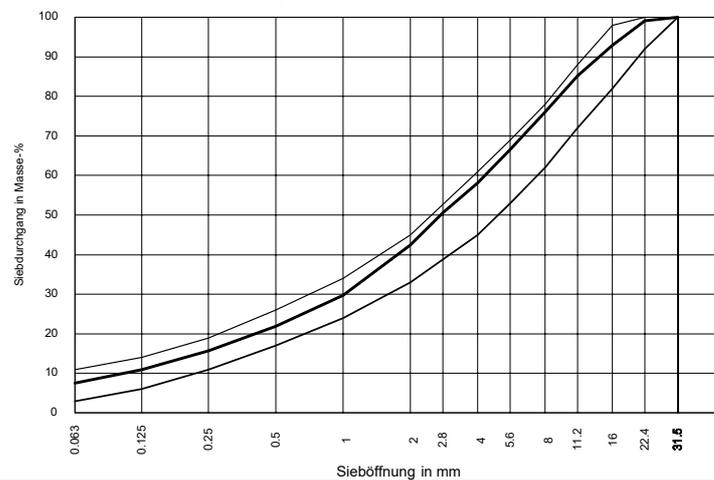
Toluol

**Module de Richesse****Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	100.0
22.4	99.1
16.0	92.9
11.2	85.2
8.0	76.0
5.6	66.6
4.0	58.1
2.8	50.6
2.0	42.4
1.0	29.8
0.5	21.9
0.25	15.7
0.125	11.0
0.063	7.6

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

**Einstampftemperatur:** 135.0 °C**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup>**Dichte Mineral:** Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

**Raumdicke:** Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:** kN

SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD

SN EN 1269734:2020

**Rohdichte:** Mg/m<sup>3</sup>**Fließwert F:** mm

SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

**Hohlraumgehalt Va:** Vol-%**Marshallquotient:** kN/mm

SN EN 126978:2020

SN EN 1269734:2020

**VM -Füllungsgrad VFB:** Vol-%**HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA** Vol-%

SN EN 126978:2020

SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** 61.2 °C**Penetrationsindex PI**

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C** 10<sup>-1</sup> mm**elast. Rückstellung** %

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am: 17.12.2020

04.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 \*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



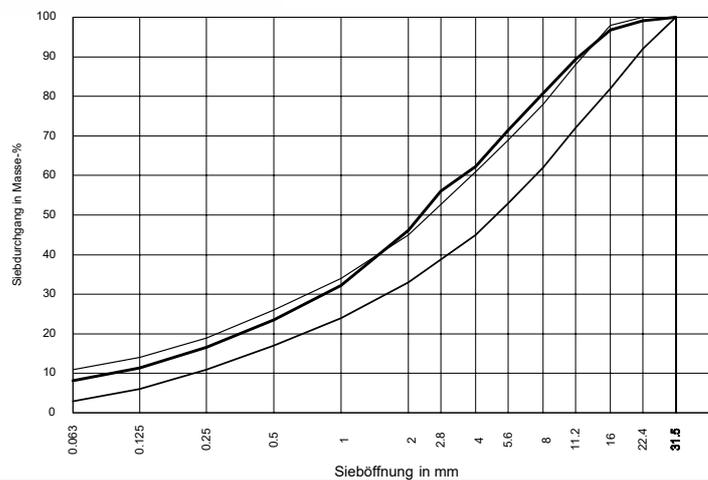
STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-06.2019**Probe-Nr.** 26274-3**Baustelle\*** alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang****14.05.2019****Probe** Probe 3**Probenahme durch: \*** **Viatec AG****Lage\*** Halle Mitte links**Entnahme Datum/Zeit:\*** **14.05.2019 07:00****Mischgutsorte: \*** **AG 0/16****Entnahmeort:** **Haufen, Probe 3 aus Kübel 3****Mischwerk:\*** **Moag Mischgutwerke**  
**Mörschwil AG****Lieferschein: \*** **k.A.****RC - Anteil in %:\*****Mischguttemperatur: \*** **k.A.** °C**Bindemittel****Art/ Sorte: \* S 70****löslicher Anteil****4.6****Masse- %****Extraktionsverfahren:** Manuell**Zusätze:\*****SN EN 12697-1:2020****Lösungsmittel:** Toluol**Module de Richesse****Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	100.0
22.4	99.1
16.0	96.7
11.2	89.3
8.0	80.8
5.6	71.4
4.0	62.3
2.8	56.0
2.0	46.1
1.0	32.3
0.5	23.5
0.25	16.6
0.125	11.4
0.063	8.2

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

**Einstampftemperatur:** 135.0 °C**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup>**Dichte Mineral:** Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

**Raumdicke:** Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:** kN

SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD

SN EN 1269734:2020

**Rohdichte:** Mg/m<sup>3</sup>**Fließwert F:** mm

SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

**Hohlraumgehalt Va:** Vol-%**Marshallquotient:** kN/mm

SN EN 126978:2020

SN EN 1269734:2020

**VM -Füllungsgrad VFB:** Vol-%**HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA** Vol-%

SN EN 126978:2020

SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** 62.8 °C**Penetrationsindex PI**

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C** 10<sup>-1</sup> mm**elast. Rückstellung** %

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am: 17.12.2020

05.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 \*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

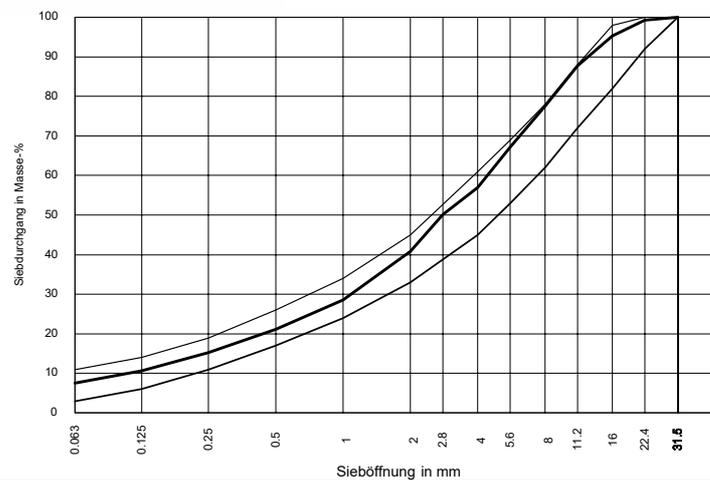
**Prüfbericht****Auftraggeber**
**ViaTec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-06.2019  
**Probe-Nr.** 26274-4  
**Baustelle\*** alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +  
**Einbaufirma\*** ViaTec AG
**Probeneingang** 14.05.2019
**Probe** Probe 4  
**Lage\*** Halle Mitte links  
**Mischgutsorte: \*** AG 0/16  
**Mischwerk:\*** Moag Mischgutwerke  
**Mörschwil AG**  
**RC - Anteil in %:\***  
**Probenahme durch: \*** Viatic AG  
**Entnahme Datum/Zeit:\*** 14.05.2019 07:00  
**Entnahmeort:** Haufen, Probe 4 aus Kübel 4  
**Lieferschein: \*** k.A.  
**Mischguttemperatur: \*** k.A. °C

**Bindemittel** Art/ Sorte: \* **S 70** löslicher Anteil **4.4** Masse- %  
 Extraktionsverfahren: Manuell **Zusätze:\*** SN EN 12697-1:2020  
 Lösungsmittel: Toluol **Module de Richesse**
**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	100.0
22.4	99.2
16.0	95.2
11.2	87.7
8.0	77.5
5.6	67.1
4.0	57.0
2.8	50.2
2.0	40.9
1.0	28.6
0.5	21.2
0.25	15.3
0.125	10.6
0.063	7.5

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

Einstampftemperatur: 135.0 °C

**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup>  
 (nicht bestimmt)
**Dichte Mineral:** Mg/m<sup>3</sup>
**Raumdicke:** Mg/m<sup>3</sup>  
 SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD
**Stabilität S:** kN
**Rohdicke:** Mg/m<sup>3</sup>  
 SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

**Hohlraumgehalt Va:** Vol-%  
 SN EN 126978:2020
**Fließwert F:** mm

SN EN 1269734:2020

**VM -Füllungsgrad VFB:** Vol-%  
 SN EN 126978:2020
**Marshallquotient:** kN/mm

SN EN 1269734:2020

**HohlraumgehaltMineral-  
stoffgerüst VMA** Vol-%  
 SN EN 126978:2020
**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** 65.2 °C  
 SN EN 1427:2015Automat

**Penetrationsindex PI**  
 SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C** 10<sup>-1</sup> mm  
 SN EN 1426:2015Halbautomat

**elast. Rückstellung** %  
 SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm
**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatic AG**

gedruckt am: 17.12.2020

06.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

 Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 \*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-06.2019**Probe-Nr.** 26274-5**Baustelle\*** alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang****14.05.2019****Probe**

Probe 5

**Probenahme durch: \*****Viatec AG****Lage\***

Halle vorne links

**Entnahme Datum/Zeit:\*****14.05.2019 07:00****Mischgutsorte: \*****AG 0/16****Entnahmeort:****Haufen, Probe 5 aus Kübel 5****Mischwerk:\*****Moag Mischgutwerke**  
**Mörschwil AG****Lieferschein: \*****k.A.****RC - Anteil in %:\*****Mischguttemperatur: \*****k.A.** °C**Bindemittel****Art/ Sorte: \* S 70****löslicher Anteil****5.0****Masse- %****Extraktionsverfahren:** Manuell**Zusätze:\*****SN EN 12697-1:2020****Lösungsmittel:**

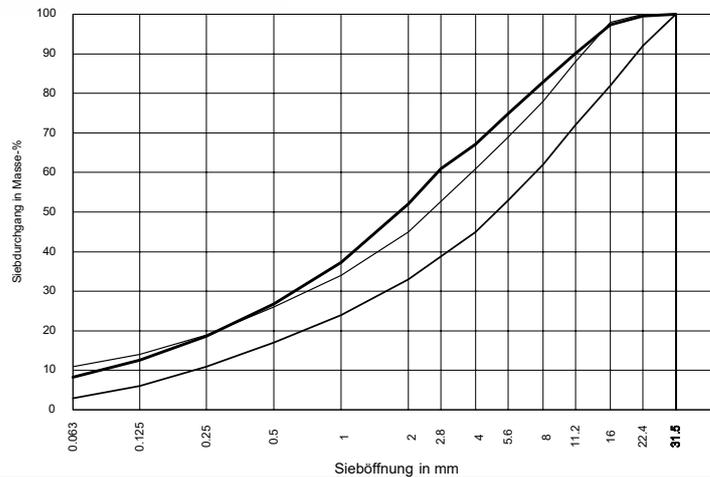
Toluol

**Module de Richesse****Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	100.0
22.4	99.6
16.0	97.3
11.2	90.1
8.0	82.9
5.6	74.9
4.0	67.2
2.8	61.0
2.0	52.1
1.0	37.3
0.5	26.8
0.25	18.6
0.125	12.6
0.063	8.3

**Marshall - Versuch**

SN EN 126975/-6/-8/-30/-34

**Einstampftemperatur:**

135.0 °C

**Dichte Bindemittel:**1.030 Mg/m<sup>3</sup>**Dichte Mineral:**Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

**Raumdicke:**Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:**

kN

SN EN 126976:2020/ VerfahrenB-SSD

SN EN 1269734:2020

**Rohdichte:**Mg/m<sup>3</sup>**Fließwert F:**

mm

SN EN 126976:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet

SN EN 1269734:2020

**Hohlraumgehalt Va:**

Vol-%

**Marshallquotient:**

kN/mm

SN EN 126978:2020

SN EN 1269734:2020

**VM -Füllungsgrad VFB:**

Vol-%

**HohlraumgehaltMineral-**  
**stoffgerüst VMA**

Vol-%

SN EN 126978:2020

SN EN 126978:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.****61.8 °C****Penetrationsindex PI**

SN EN 1427:2015Automat

SN 670202-NA:2010EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C****10<sup>-1</sup> mm****elast. Rückstellung****%**

SN EN 1426:2015Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:

mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am:

17.12.2020

05.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 \*Angabe Dritter Version 07.09.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-06.2019**Probe-Nr.** 26274-6**Baustelle\*** alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** Viatec AG**Probeneingang****14.05.2019**

<b>Probe</b>	Probe 6	<b>Probenahme durch: *</b>	<b>Viatec AG</b>
<b>Lage*</b>	Halle, Sammelprobe aus Kübel 1-5	<b>Entnahme Datum/Zeit:*</b>	<b>14.05.2019 07:00</b>
<b>Mischgutsorte: *</b>	<b>AG0/16</b>	<b>Entnahmeort:</b>	<b>Haufen, Probe 6 aus Kübel 1-5</b>
<b>Mischwerk:*</b>	<b>Moag Mischgutwerke Mörschwil AG</b>	<b>Lieferschein: *</b>	<b>k.A.</b>
<b>RC - Anteil in %:*</b>		<b>Mischguttemperatur: *</b>	<b>k.A. °C</b>

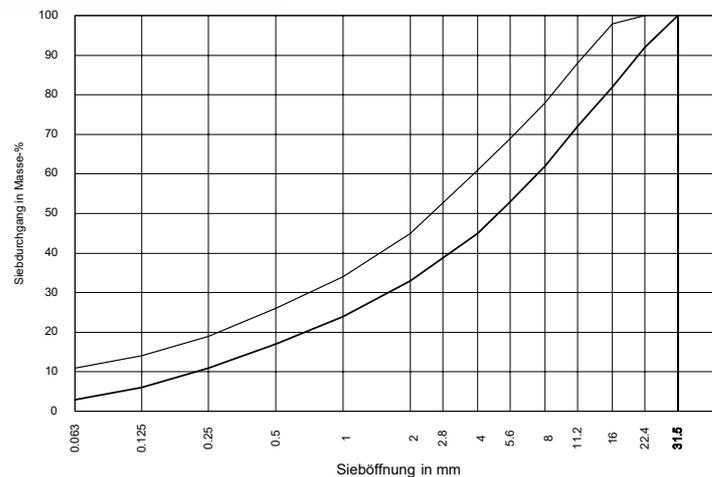
<b>Bindemittel</b>	<b>Art / Sorte: * S 70</b>	<b>löslicher Anteil</b>	<b>Masse- %</b>
<b>Extraktionsverfahren:</b> Manuell	<b>Zusätze:*</b>	SN EN 12697-1:2020	
<b>Lösungsmittel:</b> Toluol		<b>Module de Richesse</b>	

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	
8.0	
5.6	
4.0	
2.8	
2.0	
1.0	
0.5	
0.25	
0.125	
0.063	



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697/5/-6/-8/-30/-34	<b>Einstempftemperatur:</b>	135.0 °C
<b>Dichte Bindemittel:</b>	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	<b>Dichte Mineral:</b>	Mg/m <sup>3</sup>
(nicht bestimmt)		<b>Stabilität S:</b>	kN
<b>Raumdicthe:</b>	Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697/34:2020	
SN EN 12697/6:2020/VerfahrenB-SSD		<b>Fliesswert F:</b>	mm
<b>Rohdicthe:</b>	Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697/34:2020	
SN EN 12697/6:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet		<b>Marshallquotient:</b>	kN/mm
<b>Hohlraumgehalt Va:</b>	Vol-%	SN EN 12697/34:2020	
SN EN 12697/8:2020		<b>HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA</b>	Vol-%
<b>VM - Füllungsgrad VFB:</b>	Vol-%	SN EN 12697/8:2020	
SN EN 12697/8:2020			

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

<b>Erweichungspunkt R. u. K.</b>	°C	<b>Penetrationsindex PI</b>	
SN EN 1427:2015Automat		SN 670202:NA:2010EN 12591:2009	
<b>Penetration bei 25 °C</b>	22 10 <sup>-1</sup> mm	<b>elast. Rückstellung</b>	%
SN EN 1426:2015Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:	mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am: 17.12.2020

05.06.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

\*Angabe Dritter

Version 07.09.2020

Freigabe P.Bodmer

PB Vorlage-Nr. 003



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**Viatec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-06.2019**Probe-Nr.** 26274-7**Baustelle\*** alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** Viatec AG**Probeneingang****14.05.2019**

<b>Probe</b>	Probe 7	<b>Probenahme durch: *</b>	<b>Viatec AG</b>
<b>Lage*</b>	Halle, Sammelprobe aus Kübel 1-5	<b>Entnahme Datum/Zeit:*</b>	<b>14.05.2019 07:00</b>
<b>Mischgutsorte: *</b>	<b>AG0/16</b>	<b>Entnahmeort:</b>	<b>Haufen, Probe 7 aus Kübel 1-5</b>
<b>Mischwerk:*</b>	<b>Moag Mischgutwerke Mörschwil AG</b>	<b>Lieferschein: *</b>	<b>k.A.</b>
<b>RC - Anteil in %:*</b>		<b>Mischguttemperatur: *</b>	<b>k.A. °C</b>

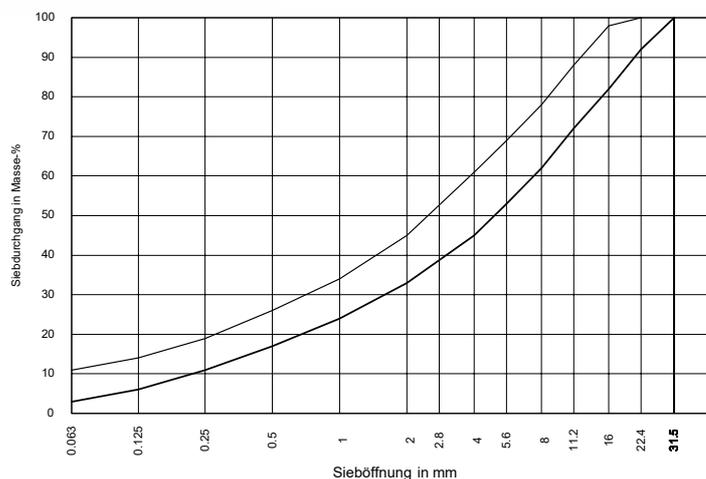
<b>Bindemittel</b>	<b>Art / Sorte: * S 70</b>	<b>löslicher Anteil</b>	<b>Masse- %</b>
<b>Extraktionsverfahren:</b> Manuell	<b>Zusätze:*</b>	<b>SN EN 12697-1:2020</b>	
<b>Lösungsmittel:</b> Toluol		<b>Module de Richesse</b>	

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse- %]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	
8.0	
5.6	
4.0	
2.8	
2.0	
1.0	
0.5	
0.25	
0.125	
0.063	



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697-6/-6/-8/-30/-34	<b>Einstampftemperatur:</b>	135.0 °C
<b>Dichte Bindemittel:</b> (nicht bestimmt)	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	<b>Dichte Mineral:</b>	Mg/m <sup>3</sup>
<b>Raumdicke:</b>	Mg/m <sup>3</sup>	<b>Stabilität S:</b>	kN
SN EN 12697-6:2020/VerfahrenB-SSD		SN EN 12697-34:2020	
<b>Rohdicke:</b>	Mg/m <sup>3</sup>	<b>Fliesswert F:</b>	mm
SN EN 12697-6:2020 1)= VerfahrenA, Toluol, 25° 2)= VerfahrenC berechnet		SN EN 12697-34:2020	
<b>Hohlraumgehalt Va:</b>	Vol-%	<b>Marshallquotient:</b>	kN/mm
SN EN 12697-8:2020		SN EN 12697-34:2020	
<b>VM - Füllungsgrad VFB:</b>	Vol-%	<b>HohlraumgehaltMineralstoffgerüst VMA</b>	Vol-%
SN EN 12697-8:2020		SN EN 12697-8:2020	

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN EN 12697-3+A1:2020, autom. Verfahren

<b>Erweichungspunkt R. u. K.</b>	°C	<b>Penetrationsindex PI</b>	
SN EN 1427:2015Automat		SN 670202-NA:2010EN 12591:2009	
<b>Penetration bei 25 °C</b>	10 <sup>-1</sup> mm	<b>elast. Rückstellung</b>	<b>16 %</b>
SN EN 1426:2015Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: 200	mm

**Bemerkungen:****Prüfdatum/ Unterschrift Viatec AG**gedruckt am:  
Seite 1 von 1

17.12.2020

06.06.2019

V. Krackler

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

\*Angabe Dritter Version 07.09.2020

Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003

Abbildungen A13 – A19: Resultate für Asphaltgranulat AG 0/16 (Siebkurve, Bindemittelgehalt, Bindemittelkennwerte Penetration, Erweichungspunkt Ring und Kugel und elastische Rückstellung), Untersuchung an verschiedenen Probenahmestellen.

## Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern

SN 670 103b Tab. 4 / EN 13043/AC:2006-02 Tab. 9

SN 970 902-5b / EN 933-5/A1:2006-02

Auftrags-Nr.:	398-19	Auftraggeber:	Viatec AG
Probe-Nr.:	26274-6		Technoramastrasse 8
externe Probenr.:	k.A.		8404 Winterthur
<b>Mineral/Korngruppe</b>	RC G 4/8	Probeneingang Datum:	14.05.2019
		Entnahme Datum*:	14.05.2019
Hersteller:	Moag Mischgutwerke AG	Entnahme durch*:	Viatec AG
Herkunft:	k.A.	Entnahmeort*:	Haufen, Probe 6 aus Kübel 1 - 5
LS-Nr.:	k.A.	Temperatur Luft °C*:	k.A.
Zustand der Probe:	i.O.	Witterung*:	k.A.

Prüfdatum: 05.06.2019

Masse der Messprobe Mo=	101.7	Masse M <sub>i</sub> in g =		101.6
		Massen in g		Anteile in %
Kontrolle M <sub>i</sub> in g	M <sub>c</sub> inkl. M <sub>tc</sub>	M <sub>r</sub> inkl. M <sub>tr</sub>	C <sub>c</sub> inkl. C <sub>tc</sub>	C <sub>r</sub> inkl. C <sub>tr</sub>
101.6	89	12	88%	12%
Nachweis zurückgehaltene Masse <1%	M <sub>tc</sub>	M <sub>tr</sub>	C <sub>tc</sub>	C <sub>tr</sub>
0.0%	66	5	65%	5%

### Kategorie C (SN EN 13043, Tab. 9)

### C 70/10

 Nachweis:  $(100 \cdot (M_o - (M_c + M_r)) / M_i) = 0.1\% < 1\%$ 

 vollständig gebrochene Körner  
 gebrochene Körner  
 gerundete Körner  
 vollständig gerundete Körner

 Körner mit mehr als 90% gebr. Oberfläche = M<sub>tc</sub>  
 Körner mit mehr als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>c</sub>  
 Körner mit weniger als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>r</sub>  
 Körner mit mehr als 90% gerundeter Oberfläche = M<sub>tr</sub>

Bemerkungen:

Datum : 14.06.2019

Unterschrift Viatec AG : P. Bodmer

Druckdatum: 18.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

## Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern

SN 670 103b Tab. 4 / EN 13043/AC:2006-02 Tab. 9

SN 970 902-5b / EN 933-5/A1:2006-02

Auftrags-Nr.:	398-19	Auftraggeber:	Viatec AG
Probe-Nr.:	26274-6		Technoramastrasse 8
externe Probenr.:	k.A.		8404 Winterthur
<b>Mineral/Korngruppe</b>	RC G 8/11	Probeneingang Datum:	14.05.2019
		Entnahme Datum*:	14.05.2019
Hersteller:	Moag Mischgutwerke AG	Entnahme durch*:	Viatec AG
Herkunft:	k.A.	Entnahmeort*:	Haufen, Probe 6 aus Kübel 1 - 5
LS-Nr.:	k.A.	Temperatur Luft °C*:	k.A.
Zustand der Probe:	i.O.	Witterung*:	k.A.

Prüfdatum: 05.06.2019

Masse der Messprobe Mo=	<b>360.4</b>	Masse M <sub>i</sub> in g =		<b>360.2</b>
		Massen in g		Anteile in %
Kontrolle M <sub>i</sub> in g	<b>M<sub>c</sub></b> inkl. M <sub>tc</sub>	<b>M<sub>r</sub></b> inkl. M <sub>tr</sub>	<b>C<sub>c</sub></b> inkl. C <sub>tc</sub>	<b>C<sub>r</sub></b> inkl. C <sub>tr</sub>
360.2	305	56	85%	15%
Nachweis zurückgehaltene Masse <1%	<b>M<sub>tc</sub></b>	<b>M<sub>tr</sub></b>	<b>C<sub>tc</sub></b>	<b>C<sub>tr</sub></b>
0.0%	202	22	56%	6%

### Kategorie C (SN EN 13043, Tab. 9)

### C 70/10

 Nachweis:  $(100 \cdot (M_o - (M_c + M_r)) / M_i) = 0.1\% < 1\%$ 

 vollständig gebrochene Körner  
 gebrochene Körner  
 gerundete Körner  
 vollständig gerundete Körner

 Körner mit mehr als 90% gebr. Oberfläche = M<sub>tc</sub>  
 Körner mit mehr als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>c</sub>  
 Körner mit weniger als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>r</sub>  
 Körner mit mehr als 90% gerundeter Oberfläche = M<sub>tr</sub>

Bemerkungen:

Datum : 14.06.2019

Unterschrift Viatec AG : P. Bodmer

Druckdatum: 18.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

## Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern

SN 670 103b Tab. 4 / EN 13043/AC:2006-02 Tab. 9

SN 970 902-5b / EN 933-5/A1:2006-02

Auftrags-Nr.: 398-19 Auftraggeber: ViaTec AG  
 Probe-Nr.: 26274-6 Technoramastrasse 8  
 externe Probenr.: k.A. 8404 Winterthur  
**Mineral/Korngruppe** RC G 11/16 Probearbeit Datum: 14.05.2019  
 Entnahme Datum\*: 14.05.2019  
 Hersteller: Moag Mischgutwerke AG Entnahme durch\*: Viatec AG  
 Herkunft: k.A. Entnahmeort\*: Haufen, Probe 6 aus Kübel 1 - 5  
 LS-Nr.: k.A. Temperatur Luft °C\*: k.A.  
 Zustand der Probe: i.O. Witterung\*: k.A.

Prüfdatum: 05.06.2019

Masse der Messprobe Mo=	318.1	Masse M <sub>i</sub> in g =		318.0
	Massen in g		Anteile in %	
Kontrolle M <sub>i</sub> in g	M <sub>c</sub> inkl. M <sub>tc</sub>	M <sub>r</sub> inkl. M <sub>tr</sub>	C <sub>c</sub> inkl. C <sub>tc</sub>	C <sub>r</sub> inkl. C <sub>tr</sub>
318.0	261	57	82%	18%
Nachweis zurückgehaltene Masse <1%	M <sub>tc</sub>	M <sub>tr</sub>	C <sub>tc</sub>	C <sub>tr</sub>
0.0%	144	28	45%	9%

### Kategorie C (SN EN 13043, Tab. 9)

### C 70/10

 Nachweis:  $(100 \cdot (M_o - (M_c + M_r)) / M_i) = 0.0\% < 1\%$ 

 vollständig gebrochene Körner  
 gebrochene Körner  
 gerundete Körner  
 vollständig gerundete Körner

 Körner mit mehr als 90% gebr. Oberfläche = M<sub>tc</sub>  
 Körner mit mehr als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>c</sub>  
 Körner mit weniger als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>r</sub>  
 Körner mit mehr als 90% gerundeter Oberfläche = M<sub>tr</sub>

Bemerkungen:

Datum: 14.06.2019

Unterschrift Viatec AG: P. Bodmer

Druckdatum: 18.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

## Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern

SN 670 103b Tab. 4 / EN 13043/AC:2006-02 Tab. 9

SN 970 902-5b / EN 933-5/A1:2006-02

Auftrags-Nr.: 398-19 Auftraggeber: ViaTec AG  
 Probe-Nr.: 26274-6 Technoramastrasse 8  
 externe Probenr.: k.A. 8404 Winterthur  
 Mineral/Korngruppe RC G 16/22 Probeeingang Datum: 14.05.2019  
 Hersteller: Moag Mischgutwerke AG Entnahme Datum\*: 14.05.2019  
 Herkunft: k.A. Entnahme durch\*: Viatic AG  
 LS-Nr.: k.A. Entnahmeort\*: Haufen, Probe 6 aus Kübel 1 - 5  
 Zustand der Probe: i.O. Witterung\*: k.A.

Prüfdatum: 05.06.2019

Masse der Messprobe Mo=	138.7	Masse M <sub>i</sub> in g =		138.8	
		Massen in g		Anteile in %	
Kontrolle M <sub>i</sub> in g	M <sub>c</sub> inkl. M <sub>tc</sub>	M <sub>r</sub> inkl. M <sub>tr</sub>	C <sub>c</sub> inkl. C <sub>tc</sub>	C <sub>r</sub> inkl. C <sub>tr</sub>	
138.8	116	23	84%	16%	
Nachweis zurückgehaltene Masse <1%	M <sub>tc</sub>	M <sub>tr</sub>	C <sub>tc</sub>	C <sub>tr</sub>	
0.0%	51	0	37%	0%	

### Kategorie C (SN EN 13043, Tab. 9)

### C 70/10

 Nachweis:  $(100 \cdot (M_o - (M_c + M_r)) / M_i) = -0.1\% < 1\%$ 

 vollständig gebrochene Körner  
 gebrochene Körner  
 gerundete Körner  
 vollständig gerundete Körner

 Körner mit mehr als 90% gebr. Oberfläche = M<sub>tc</sub>  
 Körner mit mehr als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>c</sub>  
 Körner mit weniger als 50% gebr. Oberfläche = M<sub>r</sub>  
 Körner mit mehr als 90% gerundeter Oberfläche = M<sub>tr</sub>

Bemerkungen:

Datum: 14.06.2019

Unterschrift Viatic AG: P. Bodmer

Druckdatum: 18.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatic AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Abbildungen A20 – A23: Anteil an gebrochenen Körnern für Asphaltgranulat AG 0/16, Bestimmung an Korngruppe 4/8, 8/11, 11/16 und 16/22.

## Bericht Bindemittelprüfungen

### Bitumen - Typisierung - Schnell - Verfahren (BTSV)

DIN 52050:2018-12

Auftrags Nr.:  
 Probe Nr.: 26274-1  
 Externe Probe Nr.: -  
 Objekt: Alte Forchstrasse, Küssnacht - Projekt RC+

Auftraggeber: ViaTec AG  
 Technoramastrasse 8  
 8404 Winterthur

Mischgutsorte: AG 0/22  
 Bindemittel: S 70  
 Lieferant\*: keine Angabe  
 Raffinerie\*: keine Angabe  
 Lieferschein-Nr.\*: -  
 Entnahmeort\*: Bindemittel aus Asphaltgranulat

Probeneingang: 14.05.2019  
 Entnahme Datum / Zeit\*: 14.05.2019 7:00  
 Entnahme durch\*: ViaTec AG  
 Zustand Probe: in Ordnung  
 Geruch: normal  
 Fremdstoffe: keine  
 Alterungszustand: extrahiert

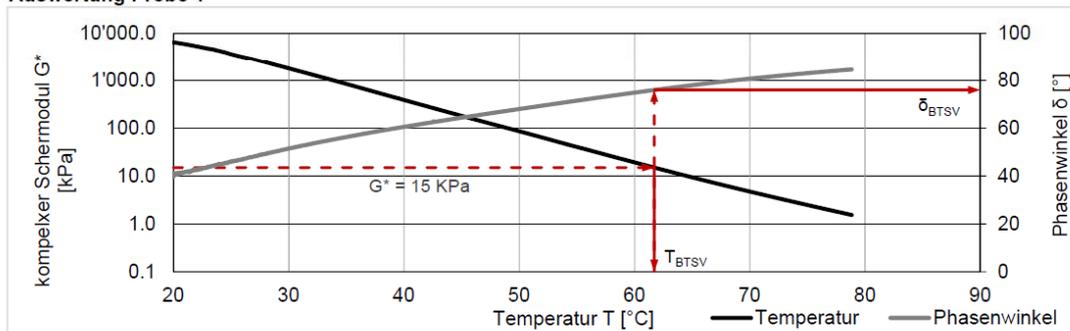
### Prüfparameter + Auswertung

Prüfdatum: 05.06.2019  
 Prüfgerät: Malvern Kinexus  
 Prüfgeometrie: Platte-Platte; 25 mm  
 Spaltweite: 1 mm  
 Belastungsart: oszillierend

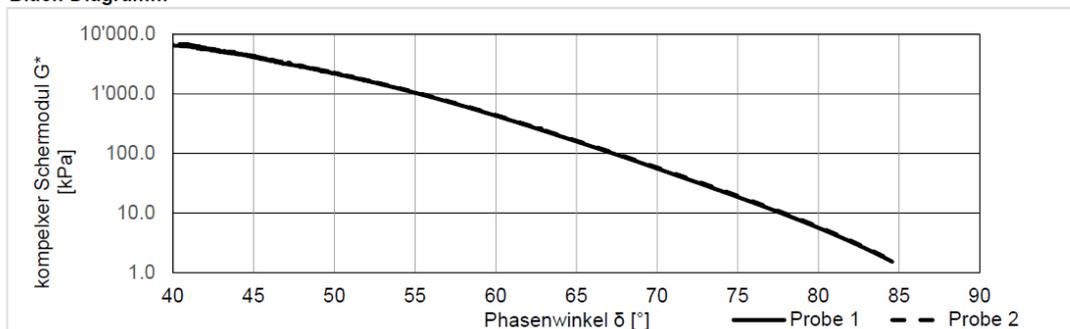
Prüffrequenz: 1.59 Hz  
 Scherspannung: 500 Pa  
 Temperaturbereich: 20 bis max. 90°C (1.2 K/min)  
 Abbruchkriterium:  $v > 100\%$   
 Erwärmung der Platten auf: 80°C (hochmod. PmB 90°C)

Prüfergebnisse	Werte bei 15 kPa	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
	Temperatur [°C]		61.7	61.9
Phasenwinkel [°]		76.0	76.1	76.0

### Auswertung Probe 1



### Black-Diagramm



Bemerkungen: Einzelprobe aus Kübel 1

Datum: 18.06.2019

Unterschrift: V. Krackler

Druckdatum: 18.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

## Bericht Bindemittelprüfungen

### Bitumen - Typisierung - Schnell - Verfahren (BTSV)

DIN 52050:2018-12

Auftrags Nr.: *Auftraggeber:* ViaTec AG  
 Probe Nr.: 26274-6 *Technoramastrasse 8*  
 Externe Probe Nr.: - *8404 Winterthur*  
 Objekt: **Alte Forchstrasse, Küssnacht - Projekt RC+**

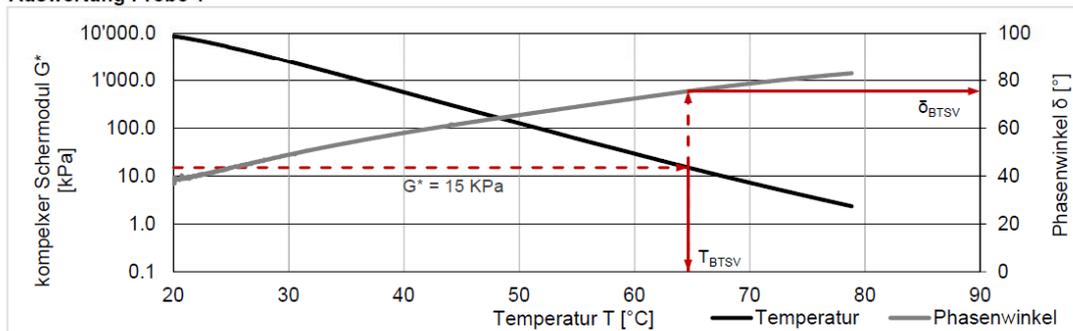
Mischgutsorte: AG 0/22 *Probeneingang:* 14.05.2019  
 Bindemittel: S 70 *Entnahme Datum / Zeit\*:* 14.05.2019 7:00  
 Lieferant\*: keine Angabe *Entnahme durch\*:* ViaTec AG  
 Raffinerie\*: keine Angabe *Zustand Probe:* in Ordnung  
 Lieferschein-Nr.\*: - *Geruch:* normal  
 Entnahmeort\*: Bindemittel aus Asphaltgranulat *Fremdstoffe:* keine  
*Alterungszustand:* extrahiert

### Prüfparameter + Auswertung

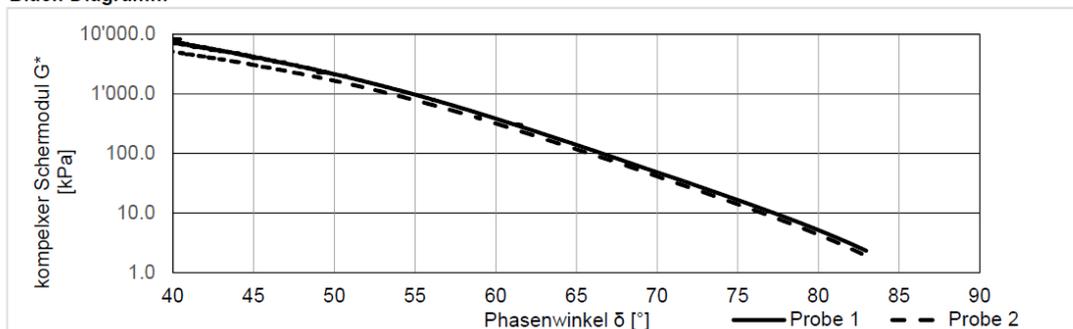
Prüfdatum: 05.06.2019 *Prüffrequenz:* 1.59 Hz  
 Prüfgerät: Malvern Kinexus *Scherspannung:* 500 Pa  
 Prüfgeometrie: Platte-Platte; 25 mm *Temperaturbereich:* 20 bis max. 90°C (1.2 K/min)  
 Spaltweite: 1 mm *Abbruchkriterium:*  $v > 100\%$   
 Belastungsart: oszillierend *Erwärmung der Platten auf:* 80°C (hochmod. PmB 90°C)

Prüfergebnisse	Werte bei 15 kPa	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
	Temperatur [°C]	64.7	63.6	<b>64.1</b>
	Phasenwinkel [°]	75.4	74.7	<b>75.1</b>

### Auswertung Probe 1



### Black-Diagramm



Bemerkungen: **Sammelprobe aus Kübel 1 - 5**

Datum: 18.06.2019

Unterschrift: V. Krackler

Druckdatum: 18.06.2019

\* Angaben Dritter, wenn Probenahme nicht durch Firma Viatec AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Abbildungen A24 – A25: Resultate aus dem BTSV für Asphaltgranulat AG 0/16, Untersuchung an 2 Probenahmestellen.

### 3 Resultate der Probemischungen AC 8 S mit 50 % AG



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



STS 0147

#### Prüfbericht

Auftraggeber

ViaTec AG  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur

A-Nr. 0398-19-KA\_1-07.2019

Probe-Nr. 26745

Baustelle\* Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

Probeneingang 22.07.2019

Probe	Probemischung 1	Probenahme durch: *	Auftraggeber
Lage*	ab Werk	Entnahme Datum/Zeit:*	19.07.2019
Mischgutsorte: *	AC 8 S	Entnahmeort:	ab Werk
Mischwerk:*	Moag Mischgutwerke Uznach AG	Lieferschein: *	k.A.
RC - Anteil in %:*	50	Mischguttemperatur: *	165.0 °C

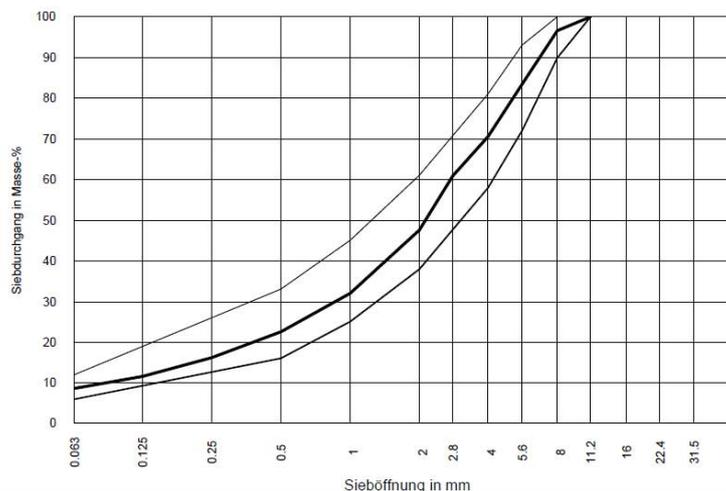
<b>Bindemittel</b>	Art / Sorte: * B 50/70	löslicher Anteil	5.9	Masse-%
Extraktionsverfahren: Manuell	Zusätze:*	SN EN 12697-1:2012		
Lösungsmittel: Toluol		Module de Richesse	3.7	

#### Korngrößenverteilung

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	96.6
5.6	83.4
4.0	70.5
2.8	60.9
2.0	47.5
1.0	32.0
0.5	22.5
0.25	16.2
0.125	11.5
0.063	8.6



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34	Einstampftemperatur:	145.0 °C
Dichte Bindemittel:	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	Dichte Mineral:	2.689 Mg/m <sup>3</sup>
(nicht bestimmt)		Stabilität S:	14.0 kN
Raumdicke:	2.405 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD		Fliesswert F:	3.9 mm
Rohdichte:	1) 2.456 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet		Marshallquotient:	3.6 kN/mm
Hohlraumgehalt Va:	2.1 Vol-%	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-8:2020		Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA	15.8 Vol-%
VM - Füllungsgrad VFB:	86.9 Vol-%	SN EN 12697-8:2020	
SN EN 12697-8:2020			

#### Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels

SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren

Erweichungspunkt R. u. K.	57.8 °C	Penetrationsindex PI	+0.2
SN EN 1427:2015, Automat		SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009	
Penetration bei 25 °C	43 10 <sup>-1</sup> mm	elast. Rückstellung	%
SN EN 1426:2015, Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:	mm

Bemerkungen: Zugabe B 70/100

Prüfdatum / Unterschrift Viatec AG

gedruckt am: 06.05.2020

25.07.2019

V. Krackler



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



STS 0147

**Prüfbericht****Auftraggeber**

**ViaTec AG**  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur

**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-07.2019**Probe-Nr.** 26906**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang**

05.08.2019

<b>Probe</b>	Probemischung 2	<b>Probenahme durch: *</b>	<b>Moag Uznach</b>
<b>Lage*</b>	ab Werk	<b>Entnahme Datum/Zeit:*</b>	<b>26.07.2019</b>
<b>Mischgutsorte: *</b>	<b>AC 8 S</b>	<b>Entnahmeort:</b>	<b>ab Werk</b>
<b>Mischwerk:*</b>	<b>Moag Mischgutwerke Uznach AG</b>	<b>Lieferschein: *</b>	<b>1219262</b>
<b>RC - Anteil in %:*</b>	50	<b>Mischguttemperatur: *</b>	<b>165.0 °C</b>

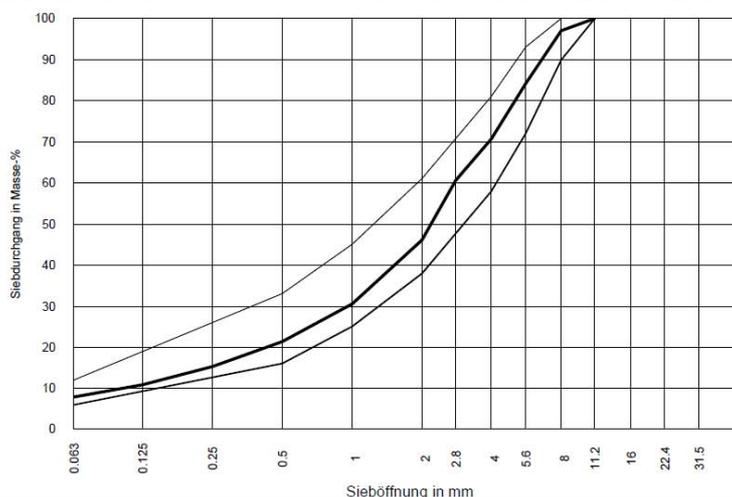
<b>Bindemittel</b>	Art / Sorte: * <b>B 50/70</b>	<b>löslicher Anteil</b>	<b>5.8</b>	<b>Masse-%</b>
<b>Extraktionsverfahren:</b>	Manuell	<b>Zusätze:*</b>	SN EN 12697-1:2012	
<b>Lösungsmittel:</b>	Toluol	<b>Module de Richesse</b>	3.7	

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	97.1
5.6	84.1
4.0	70.7
2.8	60.6
2.0	46.1
1.0	30.5
0.5	21.3
0.25	15.2
0.125	10.8
0.063	7.9



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34	<b>Einstampftemperatur:</b>	145.0 °C
<b>Dichte Bindemittel:</b>	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	<b>Dichte Mineral:</b>	2.684 Mg/m <sup>3</sup>
(nicht bestimmt)		<b>Stabilität S:</b>	12.8 kN
<b>Raumdichte:</b>	2.395 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD		<b>Fliesswert F:</b>	2.4 mm
<b>Rohdichte:</b>	2) 2.456 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet		<b>Marshallquotient:</b>	5.3 kN/mm
<b>Hohlraumgehalt Va:</b>	2.5 Vol-%	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-8:2020		<b>Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA</b>	16.0 Vol-%
<b>VM - Füllungsgrad VFB:</b>	84.1 Vol-%	SN EN 12697-8:2020	
SN EN 12697-8:2020			

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren

<b>Erweichungspunkt R. u. K.</b>	57.6 °C	<b>Penetrationsindex PI</b>	-0.2
SN EN 1427:2015, Automat		SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009	
<b>Penetration bei 25 °C</b>	36 10 <sup>-1</sup> mm	<b>elast. Rückstellung</b>	%
SN EN 1426:2015, Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:	mm

**Bemerkungen:** Zugabe B 70/100**Prüfdatum / Unterschrift** Viatec AG

gedruckt am: 06.05.2020

07.08.2019

V. Krackler

## 4 Resultate der Probemischungen AC B 22 S mit 60 % AG



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



STS 0147

### Prüfbericht

Auftraggeber

ViaTec AG  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur

A-Nr. 0398-19-KA\_2-07.2019

Probe-Nr. 26746

Baustelle\* Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

Probeneingang 22.07.2019

Probe	Probemischung 1	Probenahme durch: *	Auftraggeber
Lage*	ab Werk	Entnahme Datum/Zeit:*	18.07.2019
Mischgutsorte: *	AC B 22 S	Entnahmeort:	ab Werk
Mischwerk:*	Moag Mischgutwerke Uznach AG	Lieferschein: *	k.A.
RC - Anteil in %:*	60	Mischguttemperatur: *	165.0 °C

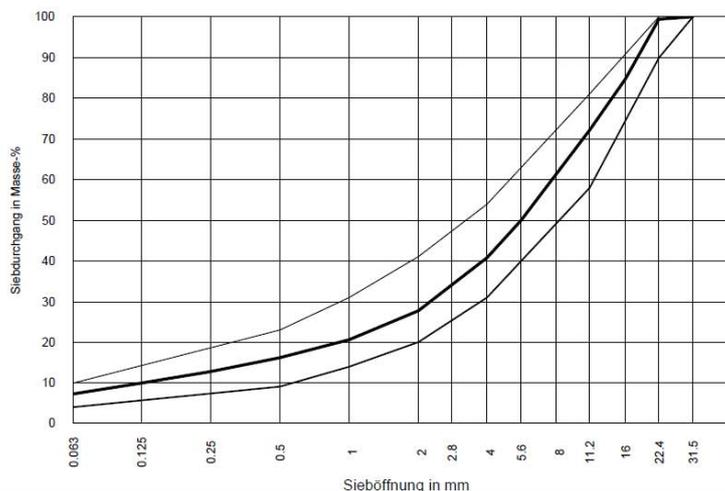
<b>Bindemittel</b>	Art / Sorte: * B 50/70	löslicher Anteil	4.1	Masse-%
Extraktionsverfahren: Manuell	Zusätze:*	SN EN 12697-1:2012		
Lösungsmittel: Toluol		Module de Richesse	2.6	

### Korngrößenverteilung

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	100.0
22.4	99.4
16.0	84.8
11.2	72.2
8.0	61.4
5.6	50.0
4.0	40.7
2.8	34.1
2.0	27.7
1.0	20.6
0.5	16.2
0.25	12.8
0.125	9.9
0.063	7.3



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34	Einstampftemperatur:	145.0 °C
Dichte Bindemittel:	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	Dichte Mineral:	2.675 Mg/m <sup>3</sup>
(nicht bestimmt)		Stabilität S:	15.1 kN
Raumdicke:	2.431 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD		Fliesswert F:	3.1 mm
Rohdichte:	1) 2.509 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet		Marshallquotient:	4.9 kN/mm
Hohlraumgehalt Va:	3.1 Vol-%	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-8:2020		Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA	12.9 Vol-%
VM - Füllungsgrad VFB:	75.7 Vol-%	SN EN 12697-8:2020	
SN EN 12697-8:2020			

### Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels

SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren

Erweichungspunkt R. u. K.	62.2 °C	Penetrationsindex PI	+0.7
SN EN 1427:2015, Automot		SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009	
Penetration bei 25 °C	37 10 <sup>-1</sup> mm	elast. Rückstellung	%
SN EN 1426:2015, Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:	mm

Bemerkungen:	Zugabe B 100/150 und B 250/330	Prüfdatum / Unterschrift Viatec AG	
gedruckt am:	06.05.2020	25.07.2019	V. Krackler

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**ViaTec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_2-07.2019**Probe-Nr.** 26905**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang**

05.08.2019

**Probe** Probemischung 2**Lage\*** ab Werk**Mischgutsorte:\*** AC B 22 S**Mischwerk:\*** Moag Mischgutwerke Uznach AG**RC - Anteil in %:\*** 60**Probenahme durch: \*** Moag Uznach**Entnahme Datum/Zeit:\*** 31.07.2019**Entnahmeort:** ab Werk**Lieferschein: \*** 1219264**Mischguttemperatur: \*** 165.0 °C**Bindemittel****Extraktionsverfahren:** Manuell**Lösungsmittel:** Toluol**Art / Sorte: \*** B 50/70**Zusätze:\*****löslicher Anteil** 4.6 Masse-%

SN EN 12697-1:2012

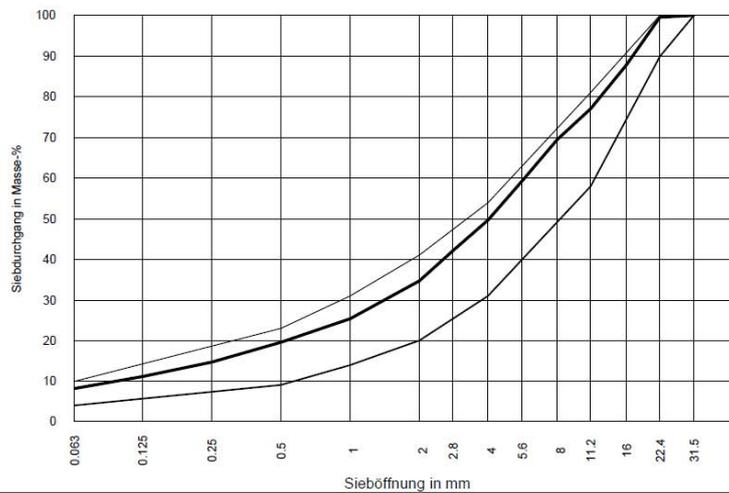
Module de Richesse 2.9

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	100.0
22.4	99.5
16.0	87.9
11.2	77.0
8.0	69.5
5.6	59.2
4.0	49.6
2.8	42.1
2.0	34.6
1.0	25.4
0.5	19.5
0.25	14.7
0.125	11.1
0.063	8.1

**Marshall - Versuch**

SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34

**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup>

(nicht bestimmt)

**Raumdicke:** 2.457 Mg/m<sup>3</sup>

SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD

**Rohdichte:** 2) 2.509 Mg/m<sup>3</sup>

SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet

**Hohlraumgehalt Va:** 2.1 Vol-%

SN EN 12697-8:2020

**VM - Füllungsgrad VFB:** 84.1 Vol-%

SN EN 12697-8:2020

**Einstampftemperatur:** 145.0 °C**Dichte Mineral:** 2.697 Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:** 12.9 kN

SN EN 12697-34:2012

**Fließwert F:** 2.8 mm

SN EN 12697-34:2012

**Marshallquotient:** 4.6 kN/mm

SN EN 12697-34:2012

**Hohlraumgehalt Mineral-****stoffgerüst VMA** 13.1 Vol-%

SN EN 12697-8:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** 57.6 °C

SN EN 1427:2015, Automat

**Penetration bei 25 °C** 38 10<sup>-1</sup> mm

SN EN 1426:2015, Halbautomat

**Penetrationsindex PI** -0.1

SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009

**elast. Rückstellung** %

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm

**Bemerkungen:** Zugabe B 100/150 und B 250/330

gedruckt am: 06.05.2020

**Prüfdatum / Unterschrift Viatic AG**

07.08.2019

V. Krackler

## 5 Prüfberichte der Einbaumischungen AC 8 S mit 0 % AG / mit 50 % AG



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



STS 0147

### Prüfbericht

Auftraggeber

ViaTec AG  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur

A-Nr. 0398-19-KA\_3-10.2019

Probe-Nr. 27531-1

Baustelle\* Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

Probeneingang

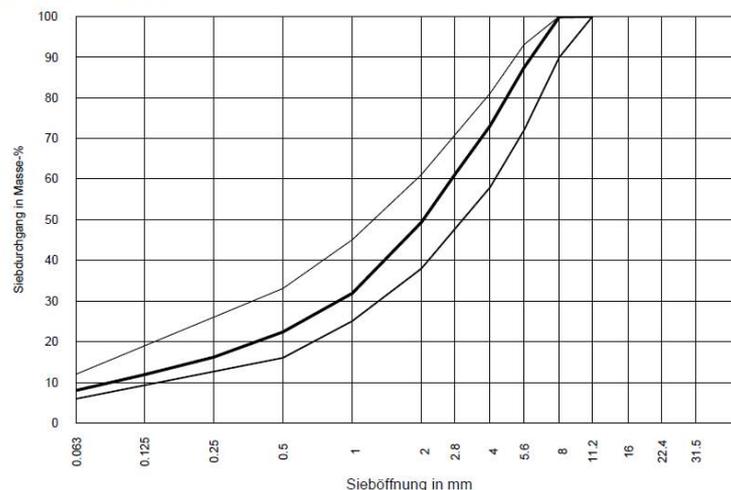
04.09.2019

Probe	Probe 1	Probenahme durch: *	Viatec AG
Lage*	Fsp. Rtg. ZH, Kronenweg Nr. 1 +50.00 m	Entnahme Datum/Zeit:*	04.09.2019 13:14
Mischgutsorte: *	AC 8 S	Entnahmeort:	Fertiger
Mischwerk:*	Moag Mischgutwerke Uznach AG	Lieferschein: *	52446
RC - Anteil in %:*	0	Mischguttemperatur: *	169.0 °C

<b>Bindemittel</b>	Art / Sorte: * <b>B 50/70</b>	löslicher Anteil	5.8	Masse-%
Extraktionsverfahren:	Manuell	Zusätze:*	SN EN 12697-1:2012	
Lösungsmittel:	Toluol	Module de Richesse	3.7	

**Korngrößenverteilung** SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020 Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	99.9
5.6	87.4
4.0	73.1
2.8	61.0
2.0	49.4
1.0	31.8
0.5	22.3
0.25	16.2
0.125	11.8
0.063	8.0



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34	Einstempftemperatur:	145.0 °C
Dichte Bindemittel:	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	Dichte Mineral:	2.695 Mg/m <sup>3</sup>
(nicht bestimmt)			
Raumdicke:	2.370 Mg/m <sup>3</sup>	Stabilität S:	13.3 kN
SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD		SN EN 12697-34:2012	
Rohdichte:	2) 2.463 Mg/m <sup>3</sup>	Fließwert F:	2.4 mm
SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet		SN EN 12697-34:2012	
Hohlraumgehalt Va:	3.8 Vol-%	Marshallquotient:	5.5 kN/mm
SN EN 12697-8:2020		SN EN 12697-34:2012	
VM - Füllungsgrad VFB:	77.9 Vol-%	Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA	17.2 Vol-%
SN EN 12697-8:2020		SN EN 12697-8:2020	

<b>Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels</b>	SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren		
Erweichungspunkt R. u. K.	53.4 °C	Penetrationsindex PI	-0.6
SN EN 1427:2015, Automat		SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009	
Penetration bei 25 °C	45 10 <sup>-1</sup> mm	elast. Rückstellung	%
SN EN 1426:2015, Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:	mm

<b>Bemerkungen:</b>	Prüfdatum / Unterschrift Viatec AG
gedruckt am: 19.05.2020	28.10.2019 V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
\*Angabe Dritter Version 18.03.2020 Freigabe P.Bodmer PB Vorlage-Nr. 003

Abbildung A30: Prüfbericht der Einbaumischung für AC 8 S mit 0 % AG.

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**ViaTec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_2-10.2019**Probe-Nr.** 27530-1**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang**

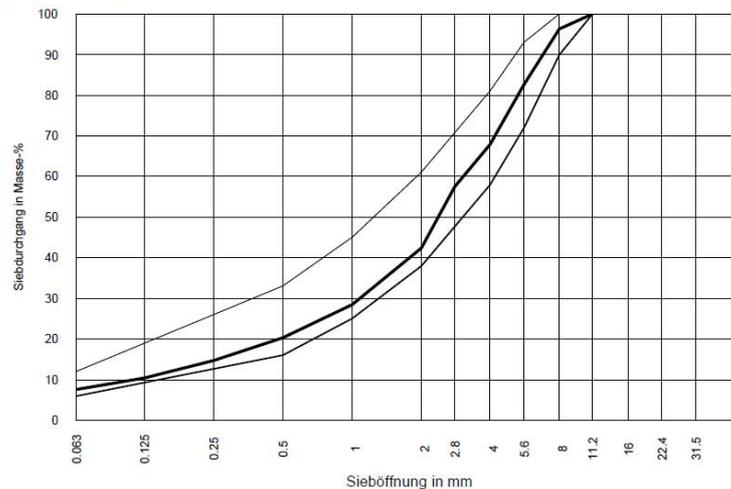
04.09.2019

**Probe** Probe 1**Probenahme durch: \*** Viatec AG**Lage\*** Fsp. Rtg. Rüti, General Guisan-Strasse -20.00 m**Entnahme Datum/Zeit:\*** 04.09.2019 11:06**Mischgutsorte: \*** AC 8 S**Entnahmeort:** Fertiger**Mischwerk:\*** Moag Mischgutwerke Uznach AG**Lieferschein: \*** 52429**RC - Anteil in %:\*** 50**Mischguttemperatur: \*** 169.0 °C**Bindemittel****Art / Sorte: \*** B 50/70**löslicher Anteil** 5.8**Masse-%****Extraktionsverfahren:** Manuell**Zusätze:\*****SN EN 12697-1:2012****Lösungsmittel:** Toluol**Module de Richesse** 3.7**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	100.0
8.0	96.3
5.6	82.7
4.0	67.8
2.8	57.5
2.0	42.3
1.0	28.4
0.5	20.3
0.25	14.6
0.125	10.4
0.063	7.5

**Marshall - Versuch**

SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34

**Dichte Bindemittel:** 1.030 Mg/m<sup>3</sup>**Einstempftemperatur:** 145.0 °C

(nicht bestimmt)

**Dichte Mineral:** 2.698 Mg/m<sup>3</sup>**Raumdichte:** 2.368 Mg/m<sup>3</sup>**Stabilität S:** 12.9 kN

SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD

SN EN 12697-34:2012

**Rohdichte:** 1) 2.466 Mg/m<sup>3</sup>**Fließwert F:** 2.7 mm

SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet

SN EN 12697-34:2012

**Hohlraumgehalt Va:** 4.0 Vol-%**Marshallquotient:** 4.8 kN/mm

SN EN 12697-8:2020

SN EN 12697-34:2012

**VM - Füllungsgrad VFB:** 76.8 Vol-%**Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA** 17.4 Vol-%

SN EN 12697-8:2020

SN EN 12697-8:2020

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren

**Erweichungspunkt R. u. K.** 60.0 °C**Penetrationsindex PI** -0.1

SN EN 1427:2015, Automat

SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009

**Penetration bei 25 °C** 31 10<sup>-1</sup> mm**elast. Rückstellung** %

SN EN 1426:2015, Halbautomat

SN EN 13398:2018 Ausziehlänge: mm

**Bemerkungen:** Zugabe B 70/100**Prüfdatum / Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am: 13.05.2020

21.10.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

\*Angabe Dritter Version 18.03.2020

Freigabe P.Bodmer

PB Vorlage-Nr. 003

Abbildung A31: Prüfbericht der Einbaumischung für AC 8 S mit 50 % AG.

## 6 Prüfberichte der Einbaumischungen AC B 22 S 30 % AG / 60 % AG



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



STS 0147

### Prüfbericht

Auftraggeber

ViaTec AG  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur

A-Nr. 0398-19-KA\_3-06.2019

Probe-Nr. 26390

Baustelle\* Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +

Einbaufirma\* ViaTec AG

Probeneingang

17.04.2019

Probe	Probe 1	Probenahme durch: *	ViaTec AG
Lage*	Fsp. Rtg. Rüti, Zelglistr. -50.00m	Entnahme Datum/Zeit:*	14.04.2019 08:00
Mischgutsorte: *	AC B 22 S	Entnahmeort:	Fertiger
Mischwerk:*	Moag Mischgutwerke Uznach AG	Lieferschein: *	48059
RC - Anteil in %:*	30	Mischguttemperatur: *	165.0 °C

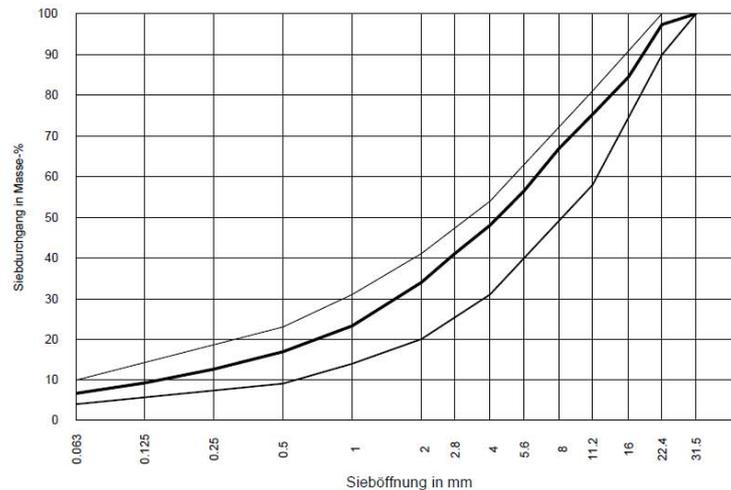
<b>Bindemittel</b>	Art / Sorte: * B 50/70	löslicher Anteil	4.2	Masse-%
Extraktionsverfahren: Manuell	Zusätze:*	SN EN 12697-1:2012		
Lösungsmittel: Toluol		Module de Richesse	2.7	

### Korngrößenverteilung

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	100.0
22.4	97.4
16.0	84.5
11.2	75.3
8.0	67.0
5.6	56.5
4.0	48.0
2.8	41.1
2.0	34.0
1.0	23.3
0.5	16.9
0.25	12.6
0.125	9.2
0.063	6.7



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34	Einstampftemperatur:	145.0 °C
Dichte Bindemittel:	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	Dichte Mineral:	2.695 Mg/m <sup>3</sup>
(nicht bestimmt)		Stabilität S:	13.8 kN
Raumdicke:	2.414 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD		Fließwert F:	2.5 mm
Rohdichte:	2) 2.523 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet		Marshallquotient:	5.5 kN/mm
Hohlraumgehalt Va:	4.3 Vol-%	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-8:2020		Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA	14.2 Vol-%
VM - Füllungsgrad VFB:	69.7 Vol-%	SN EN 12697-8:2020	
SN EN 12697-8:2020			

### Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels

SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren

Erweichungspunkt R. u. K.	55.4 °C	Penetrationsindex PI	-0.2
SN EN 1427:2015, Automat		SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009	
Penetration bei 25 °C	45 10 <sup>-1</sup> mm	elast. Rückstellung	%
SN EN 1426:2015, Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:	mm

### Bemerkungen:

gedruckt am: 19.05.2020

Prüfdatum / Unterschrift Viatec AG

26.06.2019

V. Krackler

**Prüfbericht****Auftraggeber**
**ViaTec AG**  
**Technoramastrasse 8**  
**8404 Winterthur**
**A-Nr.** 0398-19-KA\_1-10.2019**Probe-Nr.** 27532-1**Baustelle\*** Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +**Einbaufirma\*** ViaTec AG**Probeneingang**

02.09.2019

<b>Probe</b>	Probe 1	<b>Probenahme durch: *</b>	<b>Viatec AG</b>
<b>Lage*</b>	Fsp. Rtg. ZH, Höhe General Guisan-Strasse	<b>Entnahme Datum/Zeit:*</b>	<b>02.09.2019 11:45</b>
<b>Mischgutsorte: *</b>	<b>AC B 22 S</b>	<b>Entnahmeort:</b>	<b>Fertiger</b>
<b>Mischwerk:*</b>	<b>Moag Mischgutwerke Uznach AG</b>	<b>Lieferschein: *</b>	<b>52346</b>
<b>RC - Anteil in %:*</b>	60	<b>Mischguttemperatur: *</b>	<b>155.0 °C</b>

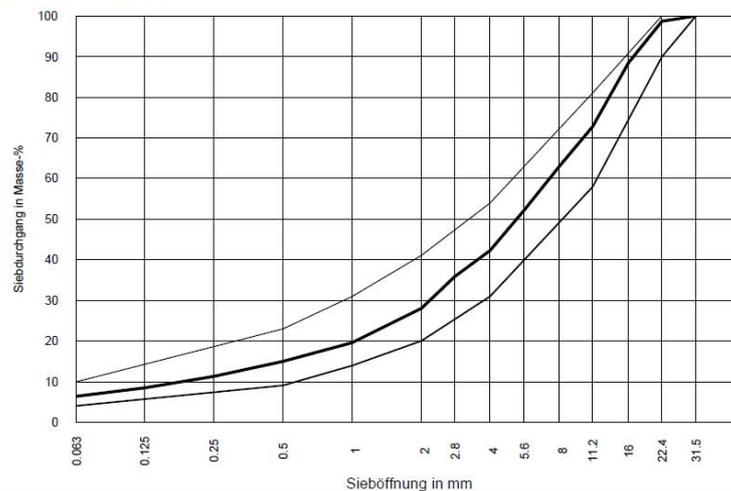
<b>Bindemittel</b>	<b>Art / Sorte: * B 50/70</b>	<b>löslicher Anteil</b>	<b>3.9</b>	<b>Masse-%</b>
<b>Extraktionsverfahren:</b> Manuell	<b>Zusätze:*</b>	<b>SN EN 12697-1:2012</b>		
<b>Lösungsmittel:</b> Toluol		<b>Module de Richesse</b>	<b>2.6</b>	

**Korngrößenverteilung**

SN EN 933-1:2012/SN EN 12697-2+A1:2020

Sollwertbereich SN 640 431-1-NA:2013 / -5a-NA:2008 / -7a-NA:2008

Prüfsieb [mm]	Durchgang [Masse-%]
31.5	100.0
22.4	98.7
16.0	88.5
11.2	72.8
8.0	62.9
5.6	52.1
4.0	42.2
2.8	35.8
2.0	28.0
1.0	19.6
0.5	14.9
0.25	11.2
0.125	8.4
0.063	6.4



<b>Marshall - Versuch</b>	SN EN 12697-5/-6/-8/-30/-34	<b>Einstampftemperatur:</b>	145.0 °C
<b>Dichte Bindemittel:</b>	1.030 Mg/m <sup>3</sup>	<b>Dichte Mineral:</b>	2.707 Mg/m <sup>3</sup>
(nicht bestimmt)		<b>Stabilität S:</b>	12.4 kN
<b>Raumdichte:</b>	2.382 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-6:2012 / Verfahren B-SSD		<b>Fliesswert F:</b>	2.0 mm
<b>Rohdichte:</b> 1)	2.545 Mg/m <sup>3</sup>	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-5:2020 1)= Verfahren A, Toluol, 25° 2)= Verfahren C berechnet		<b>Marshallquotient:</b>	6.2 kN/mm
<b>Hohlraumgehalt Va:</b>	6.4 Vol-%	SN EN 12697-34:2012	
SN EN 12697-8:2020		<b>Hohlraumgehalt Mineralstoffgerüst VMA</b>	15.4 Vol-%
<b>VM - Füllungsgrad VFB:</b>	58.7 Vol-%	SN EN 12697-8:2020	
SN EN 12697-8:2020			

**Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels**

SN 670 403-NA:2015, autom. Verfahren

<b>Erweichungspunkt R. u. K.</b>	60.4 °C	<b>Penetrationsindex PI</b>	+0.0
SN EN 1427:2015, Automat		SN 670 202-NA:2010 EN 12591:2009	
<b>Penetration bei 25 °C</b>	31 10 <sup>-1</sup> mm	<b>elast. Rückstellung</b>	%
SN EN 1426:2015, Halbautomat		SN EN 13398:2018 Ausziehlänge:	mm

**Bemerkungen:** Zugabe B 100/150 und B 250/330**Prüfdatum / Unterschrift Viatec AG**

gedruckt am: 19.05.2020

14.10.2019

V. Krackler

Seite 1 von 1

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

\*Angabe Dritter

Version 18.03.2020

Freigabe P.Bodmer

PB Vorlage-Nr. 003

Abbildung A33: Prüfbericht der Einbaumischung für AC B 22 S mit 60 % AG.

## 7 Prüfberichte der Bohrkern AC 8 S mit 0 % AG / mit 50 % AG



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
 Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



### Kernbohrungen, Schichtverbund

A-Nr. **0398-19** Baustelle\* **Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +** Auftraggeber\* **ViaTec AG Technoramastrasse 8 8404 Winterthur**  
 Teil-A-Nr. **KA\_2-11.2019** Unternehmer\* **ViaTec AG**

Mischanlage\*: **Moag Mischgutwerke Linth AG** Mischgutsorte\*: **AC 8 S ohne Recycling** Entnahmedatum: **28.10.19**  
 Einbauschicht\*: **Deckschicht**

\* Angabe Dritter

Bohrkern	Probe-Nummer	Einbau Datum	Fahrspur / Profil	Schichtdicke mm	Raumdicke g/cm3	Hohlräumegehalt Vol-%	Verdichtungsgrad %	Schichtverbund kN	Rohdichte Mischgut g/cm3	Raumdicke Mischgut g/cm3	Mischgut-Probe
BK 5	27702-5	04.09.19	0-Punkt + 366.00 m, rechts 0.90 m	45	2.322	5.7	98.0	28.1	2.463	2.370	27531-1
BK 6	27702-6	04.09.19	0-Punkt + 435.00 m, links 0.90 m	45	2.325	5.6	98.1	28.8	2.463	2.370	27531-1
BK 7	27702-7	04.09.19	0-Punkt + 504.00 m, rechts 2.70 m	56	2.412	2.1	101.8	24.6	2.463	2.370	27531-1
BK 8	27702-8	04.09.19	0-Punkt + 573.00 m, links 2.40 m	38	2.383	3.2	100.5	33.5	2.463	2.370	27531-1
Mittelwert (mind. 4 Einzelwerte für eine Beurteilung)				46	2.361	4.2	99.6	28.8	2.463	2.370	
Sollwert Schichtstärke (Norm Einzelwert +/- 20%)											
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert mind.						2.0	97.0				
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert max.						7.5					
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert mind.						2.5	98.0	15.0			
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert max.						6.0					
Felder grau hinterlegt = Anforderungen der Norm nicht erfüllt											

Bemerkungen: 0-Punkt = Einbaufuge Seite Hohrütistrasse

Bemerkungen zum Schichtverbund: 0-Punkt = Trennflächen sauber und in Ordnung

Datum: 01.11.2019 Unterschrift Viatec AG  
 P.Bodmer

Schichtdicke SN 670 436 / EN 12697-36, Raumdicke SN 670 406 / EN 12697-6 Verfahren B, Hohlräumegehalt SN 670 408 / EN 12697-8, Verdichtungsgrad SN 670 430 Schichtthaltung Leutner SN 670 481, Rohdichte Mischgut SN 670 405 / EN 12697-5, Raumdicke Mischgut SN 670 406 / EN 12697-6

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 Version 08.11.2017 Freigabe: P.Bodmer 08.11.2017

Blatt 1 von - 2 -

Abbildung A34: Prüfbericht der Bohrkern-Untersuchungen für AC 8 S mit 0 % AG.



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
 Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



### Kernbohrungen, Schichtverbund

A-Nr. **0398-19** Baustelle\* **Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +** Auftraggeber\* **ViaTec AG Technoramastrasse 8 8404 Winterthur**  
 Teil-A-Nr. **KA\_1-11.2019** Unternehmer\* **ViaTec AG**

Mischanlage\*: **Moag Mischgutwerke Linth AG** Mischgutsorte\*: **AC 8 S mit 50% Recycling** Entnahmedatum: **28.10.19**  
 Einbauschicht\*: **Deckschicht**

\* Angabe Dritter

Bohrkern	Probe-Nummer	Einbau Datum	Fahrspur / Profil	Schichtdicke mm	Raumdicke g/cm3	Hohlräumegehalt Vol-%	Verdichtungsgrad %	Schichtverbund kN	Rohdichte Mischgut g/cm3	Raumdicke Mischgut g/cm3	Mischgut-Probe
BK 1	27702-1	04.09.19	0-Punkt + 28.50 m, rechts 1.50 m	36	2.401	2.6	101.4	38.2	2.466	2.368	27530-1
BK 2	27702-2	04.09.19	0-Punkt + 85.50 m, links 0.80 m	48	2.359	4.3	99.6	39.7	2.466	2.368	27530-1
BK 3	27702-3	04.09.19	0-Punkt + 142.50 m, rechts 2.10 m	47	2.350	4.7	99.2	41.3	2.466	2.368	27530-1
BK 4	27702-4	04.09.19	0-Punkt + 200.00 m, links 2.10 m	40	2.394	2.9	101.1	41.9	2.466	2.368	27530-1
Mittelwert (mind. 4 Einzelwerte für eine Beurteilung)				43	2.376	3.6	100.3	40.3	2.466	2.368	
Sollwert Schichtstärke (Norm Einzelwert +/- 20%)											
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert mind.						2.0	97.0				
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert max.						7.5					
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert mind.						2.5	98.0	15.0			
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert max.						6.0					
Felder grau hinterlegt = Anforderungen der Norm nicht erfüllt											

Bemerkungen: 0-Punkt = Einbaufuge Seite Hohrütistrasse

Bemerkungen zum Schichtverbund: Trennflächen sauber und in Ordnung

Datum: 01.11.2019 Unterschrift Viatec AG  
 P.Bodmer

Schichtdicke SN 670 436 / EN 12697-36, Raumdicke SN 670 406 / EN 12697-6 Verfahren B, Hohlräumegehalt SN 670 408 / EN 12697-8, Verdichtungsgrad SN 670 430 Schichtthaltung Leutner SN 670 481, Rohdichte Mischgut SN 670 405 / EN 12697-5, Raumdicke Mischgut SN 670 406 / EN 12697-6

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
 Version 08.11.2017 Freigabe: P.Bodmer 08.11.2017

Blatt 1 von - 2 -

Abbildung A35: Prüfbericht der Bohrkern-Untersuchungen für AC 8 S mit 50 % AG.

## 8 Prüfberichte der Bohrkern AC B 22 S mit 30 % AG / mit 60 % AG



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



### Kernbohrungen, Schichtverbund

A-Nr. **0398-19** Baustelle\* **Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +** Auftraggeber\* **ViaTec AG  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur**

Teil-A-Nr. **KA\_2-11.2019** Unternehmer\* **ViaTec AG**

Mischanlage\*: **Moag Mischgutwerke Mörschwil AG** Mischgutsorte\*: **AC B 22 S mit 30% Recycling** Entnahmedatum: **28.10.19**  
Einbauschicht\*: **Binderschicht**

\* Angabe Dritter

Bohrkern	Probe-Nummer	Einbau Datum	Fahrspur / Profil	Schichtdicke mm	Raumdicke g/cm <sup>3</sup>	Hohlräumegehalt Vol-%	Verdichtungsgrad %	Schichtverbund kN	Rohdichte Mischgut g/cm <sup>3</sup>	Raumdicke Mischgut g/cm <sup>3</sup>	Mischgut-Probe
BK 5	27702-5		0-Punkt + 366.00 m, rechts 0.90 m	118	2.382	5.6	98.7		2.523	2.414	26390
BK 6	27702-6		0-Punkt + 435.00 m, links 0.90 m	110	2.445	3.1	101.3		2.523	2.414	26390
BK 7	27702-7		0-Punkt + 504.00 m, rechts 2.70 m	131	2.444	3.1	101.2		2.523	2.414	26390
BK 8	27702-8		0-Punkt + 573.00 m, links 2.40 m	126	2.417	4.2	100.1		2.523	2.414	26390
Mittelwert (mind. 4 Einzelwerte für eine Beurteilung)				121	2.422	4.0	100.3		2.523	2.414	
Sollwert Schichtstärke (Norm Einzelwert +/- 20%)											
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert mind.						2.0	98.0				
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert max.						8.0					
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert mind.						2.5	99.0	12.0			
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert max.						6.5					
Felder grau hinterlegt = Anforderungen der Norm nicht erfüllt											

Bemerkungen: 0-Punkt = Einbaufuge Seite Hohrütstrasse

Datum: 01.11.2019 Unterschrift Viatec AG  
P.Bodmer

Schichtdicke SN 670 436 / EN 12697-36, Raumdicke SN 670 406 / EN 12697-6 Verfahren B, Hohlräumegehalt SN 670 408 / EN 12697-8, Verdichtungsgrad SN 670 430 Schichtthaltung Leutner SN 670 461, Rohdichte Mischgut SN 670 405 / EN 12697-5, Raumdicke Mischgut SN 670 406 / EN 12697-8

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
Version 08.11.2017 Freigabe: P.Bodmer 08.11.2017

Blatt 1 von - 1 -

### Abbildung A36: Prüfbericht der Bohrkern-Untersuchungen für AC B 22 S mit 30 % AG.



ViaTec AG, Institut für Baustofftechnologie, Technoramastrasse 8, Postfach, 8404 Winterthur  
Tel. +41 (0)52 245 10 00 Fax +41 (0)52 245 10 15 E-Mail: info@viatec.ch



### Kernbohrungen, Schichtverbund

A-Nr. **0398-19** Baustelle\* **Alte Forchstrasse, Küsnacht / RC +** Auftraggeber\* **ViaTec AG  
Technoramastrasse 8  
8404 Winterthur**

Teil-A-Nr. **KA\_1-11.2019** Unternehmer\* **ViaTec AG**

Mischanlage\*: **Moag Mischgutwerke Linth AG** Mischgutsorte\*: **AC B 22 S mit 60% Recycling** Entnahmedatum: **28.10.19**  
Einbauschicht\*: **Binderschicht**

\* Angabe Dritter

Bohrkern	Probe-Nummer	Einbau Datum	Fahrspur / Profil	Schichtdicke mm	Raumdicke g/cm <sup>3</sup>	Hohlräumegehalt Vol-%	Verdichtungsgrad %	Schichtverbund kN	Rohdichte Mischgut g/cm <sup>3</sup>	Raumdicke Mischgut g/cm <sup>3</sup>	Mischgut-Probe
BK 1	27702-1	02.09.19	0-Punkt + 28.50 m, rechts 1.50 m	135	2.423	4.8	101.7		2.545	2.382	27532-1
BK 2	27702-2	02.09.19	0-Punkt + 85.50 m, links 0.80 m	125	2.382	6.4	100.0		2.545	2.382	27532-1
BK 3	27702-3	02.09.19	0-Punkt + 142.50 m, rechts 2.10 m	140	2.484	2.4	104.3		2.545	2.382	27532-1
BK 4	27702-4	02.09.19	0-Punkt + 200.00 m, links 2.10 m		2.435	4.3	102.2		2.545	2.382	27532-1
Mittelwert (mind. 4 Einzelwerte für eine Beurteilung)				133	2.431	4.5	102.0		2.545	2.382	
Sollwert Schichtstärke (Norm Einzelwert +/- 20%)											
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert mind.						2.0	98.0				
Toleranz Norm SN 640 430 Einzelwert max.						8.0					
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert mind.						2.5	99.0	12.0			
Toleranz Norm SN 640 430 Mittelwert max.						6.5					
Felder grau hinterlegt = Anforderungen der Norm nicht erfüllt											

Bemerkungen: 0-Punkt = Einbaufuge Seite Hohrütstrasse

Datum: 01.11.2019 Unterschrift Viatec AG  
P.Bodmer

Schichtdicke SN 670 436 / EN 12697-36, Raumdicke SN 670 406 / EN 12697-6 Verfahren B, Hohlräumegehalt SN 670 408 / EN 12697-8, Verdichtungsgrad SN 670 430 Schichtthaltung Leutner SN 670 461, Rohdichte Mischgut SN 670 405 / EN 12697-5, Raumdicke Mischgut SN 670 406 / EN 12697-8

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
Version 08.11.2017 Freigabe: P.Bodmer 08.11.2017

Blatt 1 von - 1 -

### Abbildung A37: Prüfbericht der Bohrkern-Untersuchungen für AC B 22 S mit 60 % AG.

## 9 Prüfberichte Griffigkeitsuntersuchungen



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

### Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec: <b>Basel</b>	Baustelle: <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht</b>	Probe Nr.: <b>BK 5</b>
Prüfer: <b>TK / SES</b>	Gemeinde: <b>Küssnacht</b>	Inv. Nr.: <b>1012</b>
Datum/Zeit: <b>06.05.2020 10:00</b>	Witterung: <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung: <b>Fahrtrichtung Zumikon</b>
Unternehmer: <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C]: <b>7</b>	Art der Oberfläche: <b>Asphalt (AC 8)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 5	Ab Rand rechts 0.8 m	71	70	70	69	69	70	12.5	9.5	-3	67	
2	BK 5	Ab Rand rechts 1.0 m	69	68	68	67	68	68	13	9.6	-3	65	
3	BK 5	Ab Rand rechts 1.2 m	66	65	64	64	65	65	12.6	9.2	-3	62	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								68				65	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe K. Teschner

Dok.-Nr. 1524



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

### Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec: <b>Basel</b>	Baustelle: <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht</b>	Probe Nr.: <b>BK 6</b>
Prüfer: <b>TK / SES</b>	Gemeinde: <b>Küssnacht</b>	Inv. Nr.: <b>1012</b>
Datum/Zeit: <b>06.05.2020 10:15</b>	Witterung: <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung: <b>Fahrtrichtung Herrliberg</b>
Unternehmer: <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C]: <b>7</b>	Art der Oberfläche: <b>Asphalt (AC 8)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 6	Ab Rand rechts 0.8 m	70	70	72	71	73	71	12.8	9.1	-3	68	
2	BK 6	Ab Rand rechts 1.0 m	70	71	69	71	69	70	12.6	9.9	-3	67	
3	BK 6	Ab Rand rechts 1.2 m	70	71	71	70	71	71	12.6	9.7	-3	68	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								71				68	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe K. Teschner

Dok.-Nr. 1524



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

### Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec : <b>Basel</b>	Baustelle : <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Künsnacht</b>	Probe Nr. : <b>BK 7</b>
Prüfer : <b>TK / SES</b>	Gemeinde : <b>Künsnacht</b>	Inv. Nr. : <b>1012</b>
Datum/Zeit : <b>06.05.2020 10:30</b>	Witterung : <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung : <b>Fahrtrichtung Zumikon</b>
Unternehmer : <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C] : <b>7</b>	Art der Oberfläche : <b>Asphalt (AC 8)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 7	Ab Rand rechts 0.8 m	66	65	66	66	67	66	15.3	10.9	-3	63	
2	BK 7	Ab Rand rechts 1.0 m	70	69	70	69	69	69	14.5	10.2	-3	66	
3	BK 7	Ab Rand rechts 1.2 m	70	70	70	69	69	70	14.1	10.7	-3	67	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								68				65	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe: K. Teschner

Dok.-Nr. 1524



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

### Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec : <b>Basel</b>	Baustelle : <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Künsnacht</b>	Probe Nr. : <b>BK 8</b>
Prüfer : <b>TK / SES</b>	Gemeinde : <b>Künsnacht</b>	Inv. Nr. : <b>1012</b>
Datum/Zeit : <b>06.05.2020 10:50</b>	Witterung : <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung : <b>Fahrtrichtung Zumikon</b>
Unternehmer : <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C] : <b>8</b>	Art der Oberfläche : <b>Asphalt (AC 8)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 8	Ab Rand rechts 0.8 m	70	70	71	71	71	71	14.8	10.3	-3	68	
2	BK 8	Ab Rand rechts 1.0 m	70	69	69	70	69	69	14.8	11.2	-2	67	
3	BK 8	Ab Rand rechts 1.2 m	69	70	68	68	69	69	14.6	11.2	-2	67	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								70				67	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe: K. Teschner

Dok.-Nr. 1524

Abbildung A38 - A41: Prüfberichte des SRT Pendeltests für AC 8 S mit 0 % AG.



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

## Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec: <b>Basel</b>	Baustelle: <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Künsnacht</b>	Probe Nr.: <b>BK 1</b>
Prüfer: <b>TK / SES</b>	Gemeinde: <b>Künsnacht</b>	Inv. Nr.: <b>1012</b>
Datum/Zeit: <b>06.05.2020 08:30</b>	Witterung: <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung: <b>Fahrtrichtung Zumikon</b>
Unternehmer: <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C]: <b>9.2</b>	Art der Oberfläche: <b>Asphalt (AC 8 RC)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 1 + 48 m	Ab Rand rechts 0.8 m	69	71	69	69	69	69	11.6	8.9	-3	66	4 % Steigung
2	BK 1 + 48 m	Ab Rand rechts 1.0 m	70	69	69	69	69	69	12.4	12.5	-2	67	4 % Steigung
3	BK 1 + 48 m	Ab Rand rechts 1.2 m	70	69	70	69	70	70	12.5	9.5	-3	67	4 % Steigung
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								69				67	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert  
PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe: K. Teschner

Dok.-Nr. 1524



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

## Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec: <b>Basel</b>	Baustelle: <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Künsnacht</b>	Probe Nr.: <b>BK 2</b>
Prüfer: <b>TK / SES</b>	Gemeinde: <b>Künsnacht</b>	Inv. Nr.: <b>1012</b>
Datum/Zeit: <b>06.05.2020 08:55</b>	Witterung: <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung: <b>Fahrtrichtung Herrliberg</b>
Unternehmer: <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C]: <b>7</b>	Art der Oberfläche: <b>Asphalt (AC 8 RC)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 2	Ab Rand rechts 0.8 m	73	73	74	73	72	73	12	8.6	-3	70	4,5 % Gefälle
2	BK 2	Ab Rand rechts 1.0 m	74	75	75	75	74	75	12.1	9.5	-3	72	4,5 % Gefälle
3	BK 2	Ab Rand rechts 1.2 m	70	70	71	69	71	70	12.1	9.3	-3	67	4,5 % Gefälle
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								73				70	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert  
PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe: K. Teschner

Dok.-Nr. 1524



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

## Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec : <b>Basel</b>	Baustelle : <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Künsnacht</b>	Probe Nr. : <b>BK 3</b>
Prüfer : <b>TK / SES</b>	Gemeinde : <b>Künsnacht</b>	Inv. Nr. : <b>1012</b>
Datum/Zeit : <b>06.05.2020 09:25</b>	Witterung : <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung : <b>Fahrtrichtung Zumikon</b>
Unternehmer : <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C] : <b>7</b>	Art der Oberfläche : <b>Asphalt (AC 8 RC)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 3	Ab Rand rechts 0.8 m	74	74	74	74	73	74	12.2	9.1	-3	71	3 % Steigung
2	BK 3	Ab Rand rechts 1.0 m	76	76	75	75	76	76	11.8	8.9	-3	73	3 % Steigung
3	BK 3	Ab Rand rechts 1.2 m	78	79	78	78	79	78	11.7	8.4	-3	75	3 % Steigung
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								76				73	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert  
PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe: K. Teschner

Dok.-Nr. 1524



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61-322 14 50 Fax +41 (0)61-322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

## Bericht SRT Pendeltest

SN 640 512-4 / EN 13036-4:2015 VSS 40 525:2019-03

ViaTec : <b>Basel</b>	Baustelle : <b>Forschungsprojekt RC-Plus, Künsnacht</b>	Probe Nr. : <b>BK 4</b>
Prüfer : <b>TK / SES</b>	Gemeinde : <b>Künsnacht</b>	Inv. Nr. : <b>1012</b>
Datum/Zeit : <b>06.05.2020 09:40</b>	Witterung : <b>bewölkt</b>	Prüfrichtung : <b>Fahrtrichtung Herrliberg</b>
Unternehmer : <b>Hüppi Ag</b>	Temp. Luft [°C] : <b>7</b>	Art der Oberfläche : <b>Asphalt (AC 8 RC)</b>

Messpunkt	Lage Messpunkt		Einzelwerte - PTV					Pendelwert-PTV (Mittelwert 1.....5)	T Oberfläche [°C]	T Gleitkörper [°C]	TK	PTV corr.	Bemerkungen
	Profil	Lage [m]	1	2	3	4	5						
1	BK 4	Ab Rand rechts 0.8 m	75	75	75	75	74	75	13.1	9	-3	72	
2	BK 4	Ab Rand rechts 1.0 m	73	71	74	72	73	73	12.8	9.5	-3	70	
3	BK 4	Ab Rand rechts 1.2 m	73	71	73	72	72	72	12.7	9.9	-3	69	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
<b>Mittelwert aus Messpunkten:</b>								73				70	<b>(Sollwert ≥ 60)</b>

Datum/Visum: 11.05.2020 / Kai Teschner

SN 640 525:2017

PTV : Pendelwert  
PTV Corr. : Korrigierter Pendelwert

TK: Temperatur Korrektur

Verwendeter Gleitkörper: breit CEN-Gummi

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Prüfbericht zugrunde liegenden Prüfgegenstände. Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Die rechtlich gültige Version ist auf unserem Server abgelegt. Der Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.

Version 27.04.2020

Freigabe: K. Teschner

Dok.-Nr. 1524

Abbildung A42 - A45: Prüfberichte des SRT Pendeltest für AC 8 S mit 50 % AG.

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 5
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 11:30	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	18
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	Durchmesser D [mm]					
		D1	D2	D3	D4	Mittelwert	
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>Messung 1</b>	283	275	300	281	284.8
		<b>Messung 2</b>	301	290	302	300	298.3
		<b>Messung 3</b>	286	285	270	271	278.00
		<b>Messung 4</b>	285	282	287	280	283.5
							286.1

V = Zylinderinnenvolumen  
 d = Zylinderinnendurchmesser  
 h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
 V = Probevolumen  
 D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur

**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur

**zur Kontrolle an:**

**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 6
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 11:55	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	19
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	Durchmesser D [mm]					
		D1	D2	D3	D4	Mittelwert	
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>Messung 1</b>	285	306	303	284	294.5
		<b>Messung 2</b>	299	282	270	289	285.0
		<b>Messung 3</b>	307	290	305	293	298.75
		<b>Messung 4</b>	321	341	331	310	325.8
							301.0

V = Zylinderinnenvolumen  
 d = Zylinderinnendurchmesser  
 h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
 V = Probevolumen  
 D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur

**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur

**zur Kontrolle an:**

**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 7
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 12:15	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	20
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	Durchmesser D [mm]					
		D1	D2	D3	D4	Mittelwert	
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>Messung 1</b>	291	306	297	299	298.3
		<b>Messung 2</b>	321	325	310	308	316.0
		<b>Messung 3</b>	291	269	271	306	284.25
		<b>Messung 4</b>	309	303	305	298	303.8
							300.6

V = Zylinderinnenvolumen  
 d = Zylinderinnendurchmesser  
 h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
 V = Probevolumen  
 D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur

**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur

**zur Kontrolle an:**

**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 8
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 12:40	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	21
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	Durchmesser D [mm]					
		D1	D2	D3	D4	Mittelwert	
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>Messung 1</b>	270	283	282	272	276.8
		<b>Messung 2</b>	290	291	290	302	293.3
		<b>Messung 3</b>	282	278	286	270	279.00
		<b>Messung 4</b>	282	267	271	280	275.0
							281.0

V = Zylinderinnenvolumen  
 d = Zylinderinnendurchmesser  
 h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
 V = Probevolumen  
 D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur

**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur

**zur Kontrolle an:**

**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1

Abbildung A46 - A49: Prüfberichte zum Sandfleckverfahren für AC 8 S mit 0 % AG.



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61 322 14 50 Fax +41 (0)61 322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

Sandfleckverfahren  
SN 640511-1/EN 13036-1: 2015-09

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 1
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8 RC
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 8:45	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	13
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	<b>Durchmesser D [mm]</b>					
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>Mittelwert</b>	
		<b>Messung 1</b>	261	256	259	262	259.5
		<b>Messung 2</b>	303	293	315	315	306.5
		<b>Messung 3</b>	294	290	291	281	289.00
		<b>Messung 4</b>	337	337	338	354	341.5
							299.1
<b>Mittlere Texturtiefe [mm]</b>	$MTD = 4 \cdot V / (\pi \cdot D^2)$						
	0.36						

V = Zylinderinnenvolumen  
d = Zylinderinnendurchmesser  
h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
V = Probevolumen  
D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur  
**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur  
**zur Kontrolle an:**  
**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1



Viatec Basel AG, Institut für Baustofftechnologie, Hochbergerstrasse 50, 4057 Basel  
Tel. +41 (0)61 322 14 50 Fax +41 (0)61 322 14 52 E-Mail: basel@viatec.ch

Sandfleckverfahren  
SN 640511-1/EN 13036-1: 2015-09

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 2
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8 RC
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 09:50	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	15
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	<b>Durchmesser D [mm]</b>					
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>Mittelwert</b>	
		<b>Messung 1</b>	295	290	286	285	289.0
		<b>Messung 2</b>	331	313	327	321	323.0
		<b>Messung 3</b>	294	292	299	295	295.00
		<b>Messung 4</b>	291	289	301	292	293.3
							300.1
<b>Mittlere Texturtiefe [mm]</b>	$MTD = 4 \cdot V / (\pi \cdot D^2)$						
	0.35						

V = Zylinderinnenvolumen  
d = Zylinderinnendurchmesser  
h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
V = Probevolumen  
D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur  
**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur  
**zur Kontrolle an:**  
**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 3
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8 RC
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 10:25	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	16
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	Durchmesser D [mm]					
		D1	D2	D3	D4	Mittelwert	
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>Messung 1</b>	255	261	275	271	265.5
		<b>Messung 2</b>	289	305	311	295	300.0
		<b>Messung 3</b>	263	242	254	237	249.00
<b>Mittlere Texturtiefe [mm]</b>	$MTD = 4 \cdot V / (\pi \cdot D^2)$	<b>Messung 4</b>	277	273	275	272	274.3
	0.43						272.2

V = Zylinderinnenvolumen  
 d = Zylinderinnendurchmesser  
 h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
 V = Probevolumen  
 D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur

**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur

**zur Kontrolle an:**

**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1

<b>Auftraggeber:</b>	ViaTec AG, Winterthur		
<b>Baustelle:</b>	Forschungsprojekt RC-Plus, Küssnacht	<b>Probe Nr.:</b>	BK 4
<b>Prüfer:</b>	TK / SES	<b>Bauteil:</b>	Fahrbahn AC 8 RC
<b>Datum / Zeit:</b>	24.04.2020 / 11:05	<b>Witterung:</b>	sonnig
<b>Art der Oberfläche:</b>	Asphalt	<b>Temp. [°C]:</b>	18
		<b>Probe Material:</b>	Glaskugeln

	$V = \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$	Durchmesser D [mm]					
		D1	D2	D3	D4	Mittelwert	
<b>Volumen Probe [mm<sup>3</sup>]</b>	25'000	<b>Messung 1</b>	258	256	268	262	261.0
		<b>Messung 2</b>	266	275	274	268	270.8
		<b>Messung 3</b>	253	259	261	255	257.00
<b>Mittlere Texturtiefe [mm]</b>	$MTD = 4 \cdot V / (\pi \cdot D^2)$	<b>Messung 4</b>	267	280	272	264	270.8
	0.45						264.9

V = Zylinderinnenvolumen  
 d = Zylinderinnendurchmesser  
 h = Zylinderhöhe

MTD = mittlere Oberflächentexturtiefe  
 V = Probevolumen  
 D = mittlere Durchmesser Sandfleck

**Resultate an:** ViaTec AG, Winterthur

**Rechnung an:** ViaTec AG, Winterthur

**zur Kontrolle an:**

**Datum/Visum:** 08.05.2020 K. Teschner

Verfasser: ViaTec Basel AG

Seite 1 von 1

Abbildung A50 – A53: Prüfberichte zum Sandfleckverfahren für AC 8 S mit 50 % AG.

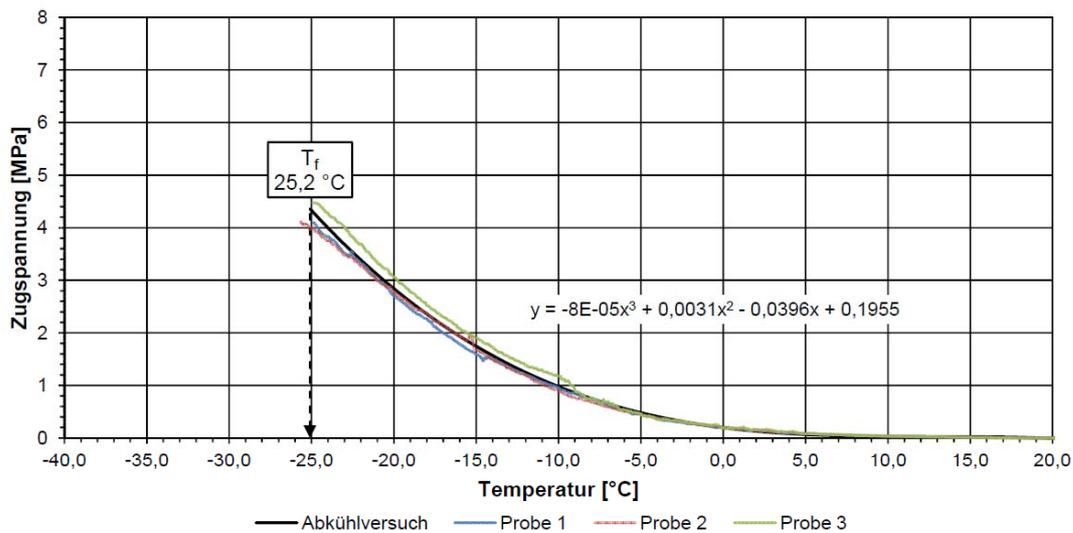
## 10 Prüfberichte Performanceprüfungen AC 8 S mit 0 % AG / mit 50 % AG



Projekt: RC plus – Küsnacht  
 Auftraggeber: ViaTec AG

### Abkühlversuch (TSRST) gemäß DIN EN 12697-46 (2012) und TP Asphalt StB: Teil 46 A (2013)

<b>Probekörper</b>		<b>Abkühlversuch</b>
Materialvariante:	0 % AG	Prüftemperatur: 20 °C bis -40°C
Asphaltart und -Herkunft:	AC 8 S	Temperaturänderungsgeschwindigkeit: 10 K/h
Herstellungsweise:	Prismen aus Asphalt-Probeplatte	
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor	
Abmessungen:	40,3 x 40,8 x 160 mm	
Prüfdatum:	24./25.9.2019	



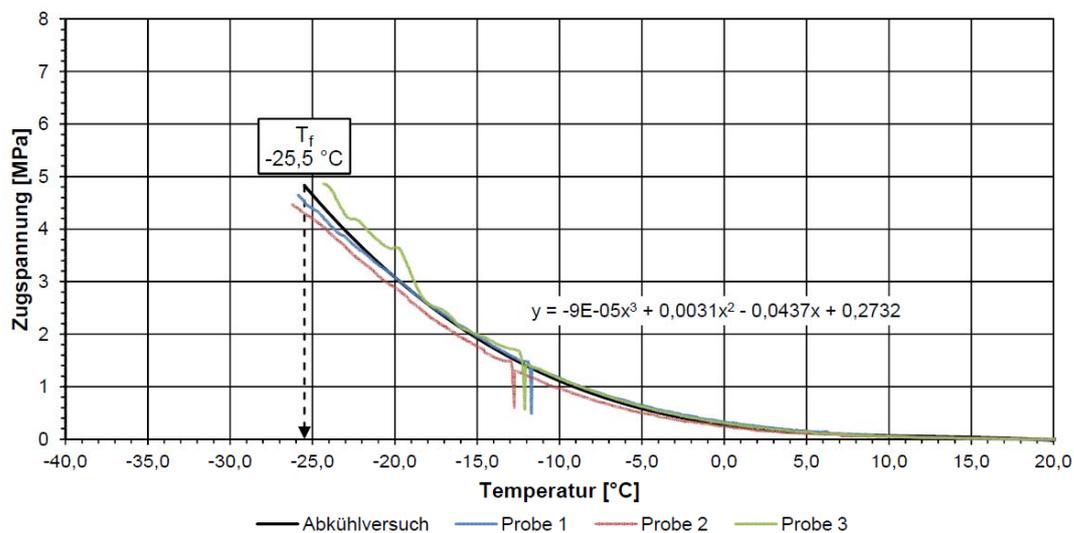
#### Ergebnisse der Abkühlversuche

	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Mittelwert
Raumdichte $\delta_b$ [g/cm <sup>3</sup> ]	-	-	-	-
Bruchtemperatur $T_F$ [°C]	-24,9	-25,7	-25,0	-25,2
Bruchspannung $\sigma_F$ [MPa]	4,100	4,116	4,482	4,233

Projekt: RC plus – Küsnacht  
 Auftraggeber: ViaTec AG

**Abkühlversuch (TSRST)**  
 gemäß DIN EN 12697-46 (2012) und TP Asphalt StB: Teil 46 A (2013)

<b>Probekörper</b>		<b>Abkühlversuch</b>
Materialvariante:	50 % AG	Prüftemperatur: 20 °C bis -40°C
Asphaltart und -Herkunft:	AC 8 S	Temperaturänderungsgeschwindigkeit: 10 K/h
Herstellungsweise:	Prismen aus Asphalt-Probepatte	
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor	
Abmessungen:	40,2 x 40,6 x 160 mm	
Prüfdatum:	26./27.9.2019	



**Ergebnisse der Abkühlversuche**

	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Mittelwert
Raumdicke $\delta_b$ [g/cm <sup>3</sup> ]	-	-	-	-
Bruchtemperatur $T_F$ [°C]	-25,9	-26,2	-24,4	<b>-25,5</b>
Bruchspannung $\sigma_F$ [MPa]	4,646	4,469	4,863	<b>4,659</b>

Projekt: 554-19

### Dynamischer Stempелеindringversuch an Walzasphalt gemäß TP Asphalt - StB Teil 25 A 2

Versuchsdurchführung mit Stützring (nach Wistuba et. al. 2014 Performance-orientierte  
Asphaltspezifikation - Entwicklung eines praxisherechten Prüfverfahrens zur Ansprache des  
Verformungswiderstandes)

<b>Probekörper</b>		<b>Prüfbedingungen</b>	
Materialvariante:	V1	Prüftemperatur:	50 °C
Asphaltart und -Herkunft:	AC 8 S 0 % AG	Unterspannung:	0,02 Mpa
Herstellungsweise:	Freundl-Mischer	Oberspannung:	0,8 Mpa
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor-Verdichter	Belastungsart:	sinusförmige Belastung (0,2 s) mit einer Lastpause (1,5 s) nach jedem Zyklus
Anzahl Einzelprüfungen:	2		

**Probekörperinformationen:**

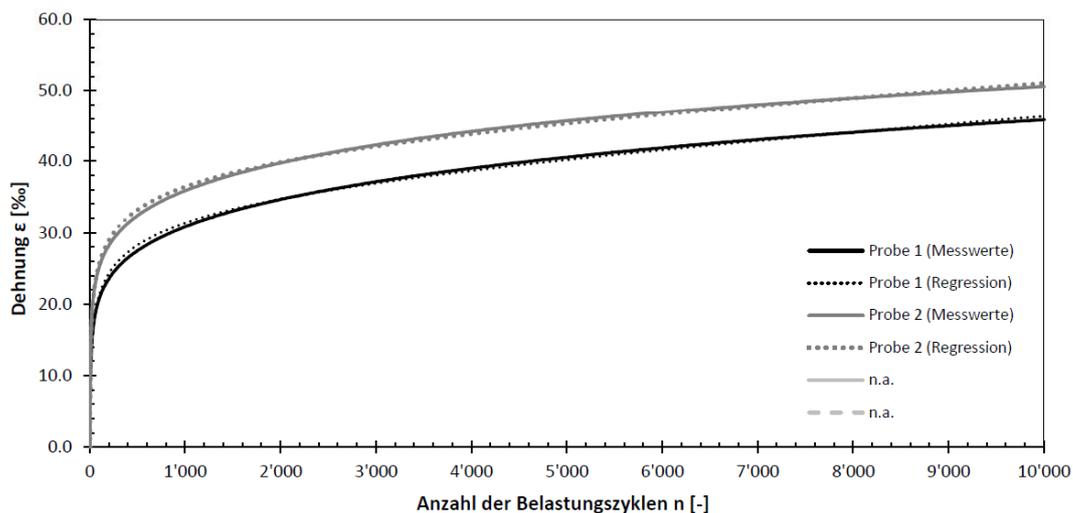
Probe	Probenbezeichnung	Prüfdatum	Probekörperhöhe	Probekörper- durchmesser
			[mm]	[mm]
Probe 1	-4	08.10.2019	40.95	119.83
Probe 2	-5	08.10.2019	40.93	119.88
Probe 3	-	-	-	-

**Regression**

Bestimmtheitsmaß der Regression [%]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	$\varepsilon_{(n)} = a + b \cdot n^k + c \cdot (e^{d \cdot n} - 1)$
	0.998	0.998	-	

**Prüfergebnisse bei Versuchsende bzw. im Wendepunkt**

Probe	Anzahl der Belastungszyklen	Dehnung [%]		Verformung [mm]		Dehnungsrate [% · 10 <sup>-4</sup> /n]
		Messwerte	Regression	Messwerte	Regression	
Probe 1	10'006	45.84	46.35	1.88	1.90	10.96
Probe 2	10'006	50.60	51.08	2.07	2.09	10.07
Probe 3	-	-	-	-	-	-
<b>Mittelwert</b>	<b>10'006</b>	<b>48.22</b>	<b>48.71</b>	<b>1.97</b>	<b>1.99</b>	<b>10.52</b>



Kriechrate im Bereich des linearen Kriechens [%/n]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mittelwert
	111.236	104.672	-	107.954

Projekt: 554-19

### Dynamischer Stempelindringversuch an Walzasphalt gemäß TP Asphalt - StB Teil 25 A 2

Versuchsdurchführung mit Stützring (nach Wistuba et. al. 2014 Performance-orientierte  
Asphaltspezifikation - Entwicklung eines praxisherechten Prüfverfahrens zur Ansprache des  
Verformungswiderstandes)

<b>Probekörper</b>		<b>Prüfbedingungen</b>	
Materialvariante:	V2	Prüftemperatur:	50 °C
Asphaltart und -Herkunft:	AC 8 S 50% AG	Unterspannung:	0,02 Mpa
Herstellungweise:	Freundl-Mischer	Oberspannung:	0,8 Mpa
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor-Verdichter	Belastungsart:	sinusförmige Belastung (0,2 s) mit einer Lastpause (1,5 s) nach jedem Zyklus
Anzahl Einzelprüfungen:	2		

**Probekörperinformationen:**

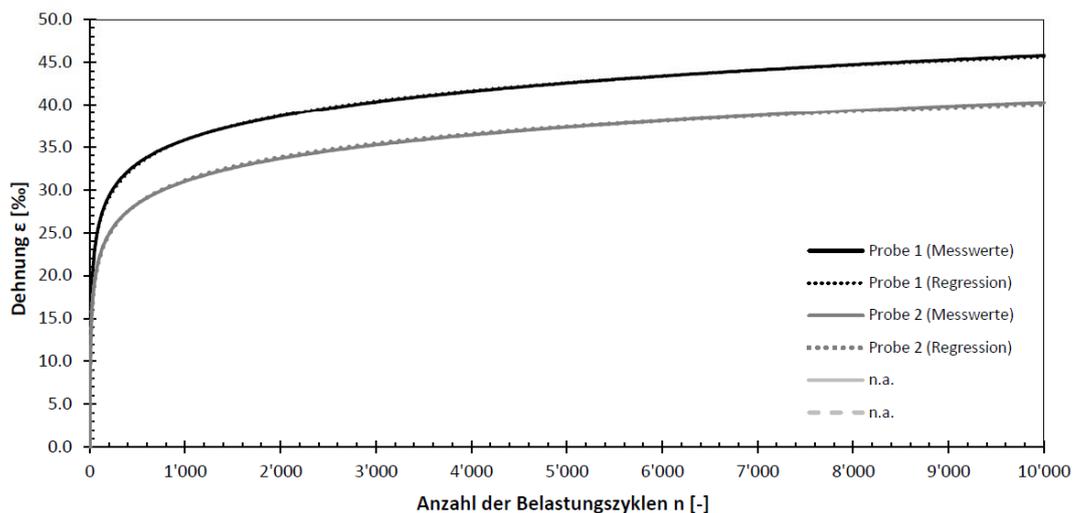
Probe	Probenbezeichnung	Prüfdatum	Probekörperhöhe	Probekörperdurchmesser
			[mm]	[mm]
Probe 1	-4	08.10.2019	40.48	119.68
Probe 2	-5	08.10.2019	40.40	119.70
Probe 3	-	-	-	-

**Regression**

Bestimmtheitsmaß der Regression [%]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	$\varepsilon_{(n)} = a + b \cdot n^k + c \cdot (e^{d \cdot n} - 1)$
	0.999	1.000	-	

**Prüfergebnisse bei Versuchsende bzw. im Wendepunkt**

Probe	Anzahl der Belastungszyklen	Dehnung [%]		Verformung [mm]		Dehnungsrate [% · 10 <sup>-4</sup> /n]
		Messwerte	Regression	Messwerte	Regression	
Probe 1	10'006	45.78	45.58	1.85	1.84	4.19
Probe 2	10'006	40.30	40.07	1.63	1.62	3.86
Probe 3	-	-	-	-	-	-
<b>Mittelwert</b>	<b>10'006</b>	<b>43.04</b>	<b>42.82</b>	<b>1.74</b>	<b>1.73</b>	<b>4.03</b>



Kriechrate im Bereich des linearen Kriechens [%/n]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mittelwert
	68.689	63.052	-	65.870



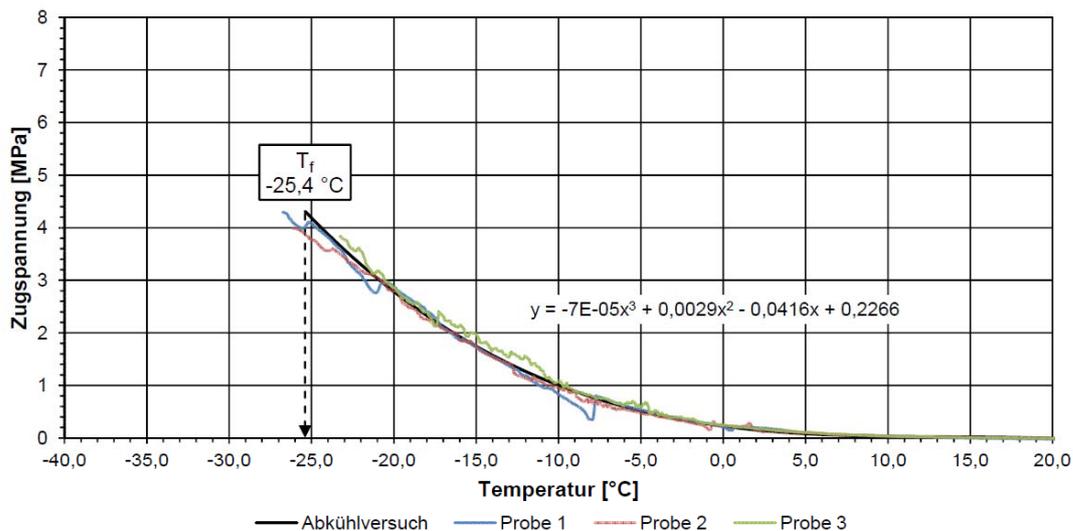
# 11 Prüfberichte Performanceprüfungen AC B 22 S mit 0 % AG / mit 60 % AG



Projekt: RC plus – Küsnacht  
 Auftraggeber: ViaTec AG

## Abkühlversuch (TSRST) gemäß DIN EN 12697-46 (2012) und TP Asphalt StB: Teil 46 A (2013)

<b>Probekörper</b>		<b>Abkühlversuch</b>
Materialvariante:	30 % AG	Prüftemperatur: 20 °C bis -40°C
Asphaltart und -Herkunft:	<b>AC B 22 S</b>	Temperaturänderungsgeschwindigkeit: 10 K/h
Herstellungsweise:	Prismen aus Asphalt-Probeplatte	
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor	
Abmessungen:	50,5 x 51,9 x 160 mm	
Prüfdatum:	27./30.9.2019	



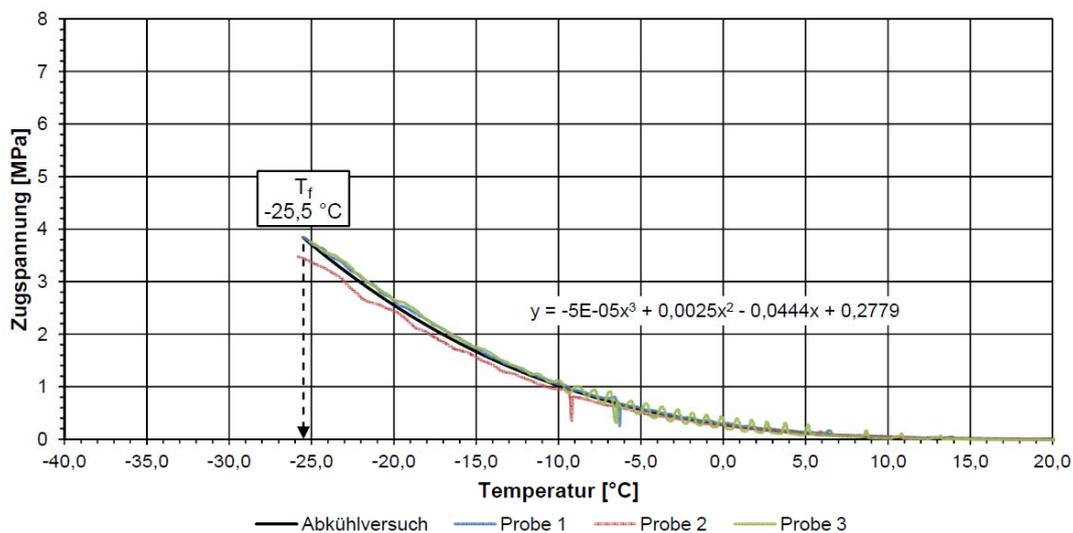
### Ergebnisse der Abkühlversuche

	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Mittelwert
Raumdichte $\delta_b$ [g/cm <sup>3</sup> ]	-	-	-	-
Bruchtemperatur $T_F$ [°C]	-26,8	-26,2	-23,3	<b>-25,4</b>
Bruchspannung $\sigma_F$ [MPa]	4,295	3,994	3,832	<b>4,040</b>

Projekt: RC plus – Küsnacht  
 Auftraggeber: ViaTec AG

**Abkühlversuch (TSRST)**  
 gemäß DIN EN 12697-46 (2012) und TP Asphalt StB: Teil 46 A (2013)

<b>Probekörper</b>		<b>Abkühlversuch</b>
Materialvariante:	60 % AG	Prüftemperatur: 20 °C bis -40°C
Asphaltart und -Herkunft:	<b>AC B 22 S</b>	Temperaturänderungsgeschwindigkeit: 10 K/h
Herstellungsweise:	Prismen aus Asphalt-Probepatte	
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor	
Abmessungen:	50,5 x 51,1 x 160 mm	
Prüfdatum:	30.09/01.10.2020	



**Ergebnisse der Abkühlversuche**

	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Mittelwert
Raumdichte $\delta_b$ [g/cm <sup>3</sup> ]	-	-	-	-
Bruchtemperatur $T_F$ [°C]	-25,6	-25,9	-25,1	<b>-25,5</b>
Bruchspannung $\sigma_F$ [MPa]	3,844	3,478	3,760	<b>3,694</b>

Projekt: 554-19

### Dynamischer Stempelindringversuch an Walzasphalt gemäß TP Asphalt - StB Teil 25 A 2

Versuchsdurchführung mit Stützring (nach Wistuba et. al. 2014 Performance-orientierte  
Asphaltspezifikation - Entwicklung eines praxisherechten Prüfverfahrens zur Ansprache des  
Verformungswiderstandes)

<b>Probekörper</b>		<b>Prüfbedingungen</b>	
Materialvariante:	V3	Prüftemperatur:	50 °C
Asphaltart und -Herkunft:	AC B 22 S 30 % AG	Unterspannung:	0,02 Mpa
Herstellungsweise:	Freundl-Mischer	Oberspannung:	0,8 Mpa
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor-Verdichter	Belastungsart:	sinusförmige Belastung (0,2 s) mit einer Lastpause (1,5 s) nach jedem Zyklus
Anzahl Einzelprüfungen:	2		

**Probekörperinformationen:**

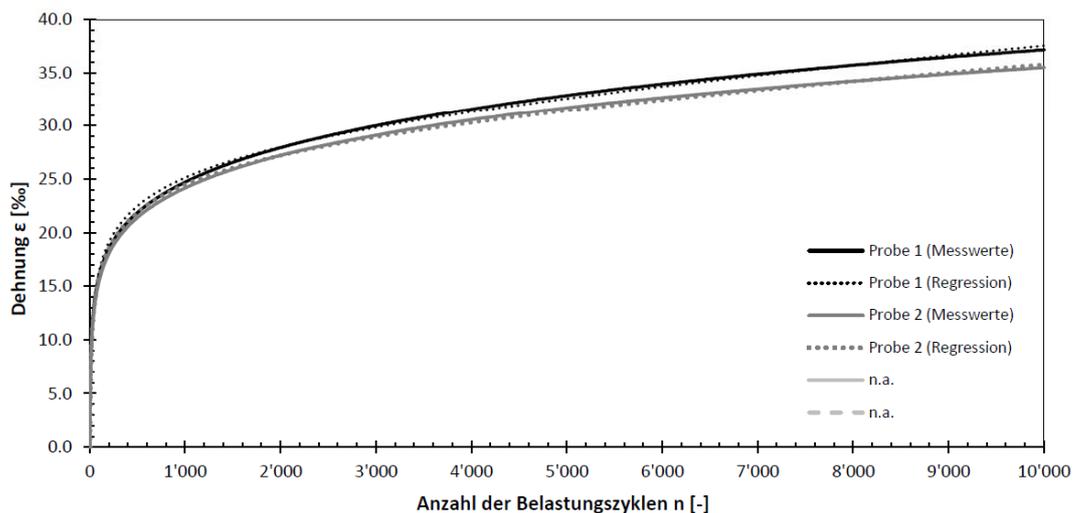
Probe	Probenbezeichnung	Prüfdatum	Probekörperhöhe	Probekörperdurchmesser
			[mm]	[mm]
Probe 1	-4	08.10.2019	81.95	140.23
Probe 2	-5	04.11.2019	83.10	141.43
Probe 3	-	-	-	-

**Regression**

Bestimmtheitsmaß der Regression [%]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	$\varepsilon_{(n)} = a + b \cdot n^k + c \cdot (e^{d \cdot n} - 1)$
	0.998	0.998	-	

**Prüfresultate bei Versuchsende bzw. im Wendepunkt**

Probe	Anzahl der Belastungszyklen	Dehnung [%]		Verformung [mm]		Dehnungsrate [% · 10 <sup>-4</sup> /n]
		Messwerte	Regression	Messwerte	Regression	
Probe 1	10'006	37.17	37.56	3.05	3.08	8.79
Probe 2	10'006	35.50	35.79	2.95	2.97	7.49
Probe 3	-	-	-	-	-	-
<b>Mittelwert</b>	<b>10'006</b>	<b>36.33</b>	<b>36.68</b>	<b>3.00</b>	<b>3.03</b>	<b>8.14</b>



Kriechrate im Bereich des linearen Kriechens [%/n]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mittelwert
	91.056	80.391	-	85.723

Projekt: 554-19

### Dynamischer Stempелеindringversuch an Walzasphalt gemäß TP Asphalt - StB Teil 25 A 2

Versuchsdurchführung mit Stützring (nach Wistuba et. al. 2014 Performance-orientierte  
Asphaltspezifikation - Entwicklung eines praxisherechten Prüfverfahrens zur Ansprache des  
Verformungswiderstandes)

<b>Probekörper</b>		<b>Prüfbedingungen</b>	
Materialvariante:	V4	Prüftemperatur:	50 °C
Asphaltart und -Herkunft:	AC B 22 S 60 % AG	Unterspannung:	0,02 Mpa
Herstellungsweise:	Freundl-Mischer	Oberspannung:	0,8 Mpa
Verdichtungsverfahren:	Walzsektor-Verdichter	Belastungsart:	sinusförmige Belastung (0,2 s) mit einer Lastpause (1,5 s) nach jedem Zyklus
Anzahl Einzelprüfungen:	2		

**Probekörperinformationen:**

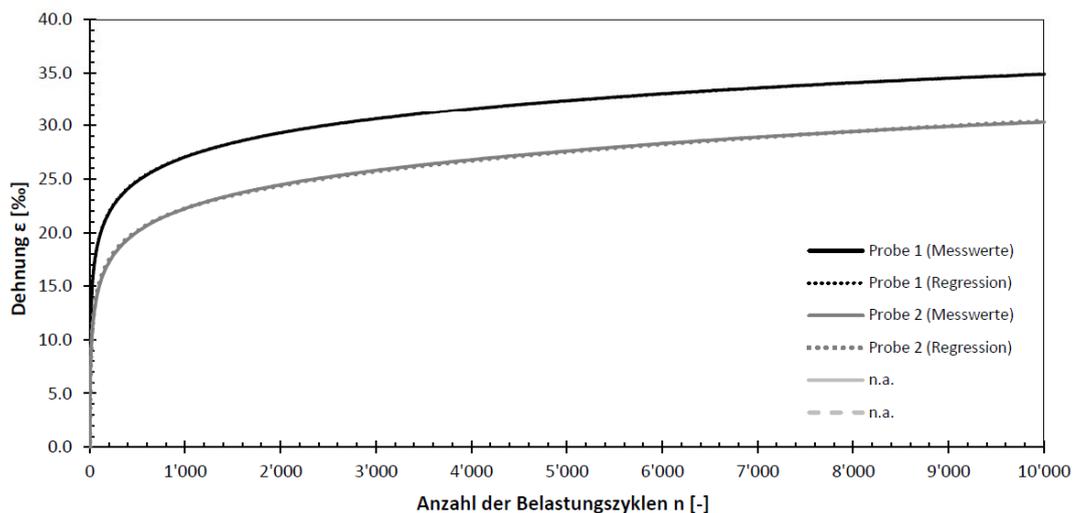
Probe	Probenbezeichnung	Prüfdatum	Probekörperhöhe	Probekörper- durchmesser
			[mm]	[mm]
Probe 1	-4	24.10.2019	83.23	141.10
Probe 2	-5	24.10.2019	83.38	140.95
Probe 3	-	-	-	-

**Regression**

Bestimmtheitsmaß der Regression [%]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	$\varepsilon_{(n)} = a + b \cdot n^k + c \cdot (e^{d \cdot n} - 1)$
	0.999	0.999	-	

**Prüfresultate bei Versuchsende bzw. im Wendepunkt**

Probe	Anzahl der Belastungszyklen	Dehnung [%]		Verformung [mm]		Dehnungsrate [% · 10 <sup>-4</sup> /n]
		Messwerte	Regression	Messwerte	Regression	
Probe 1	10'006	34.91	34.94	2.91	2.91	4.02
Probe 2	10'006	30.33	30.45	2.53	2.54	4.65
Probe 3	-	-	-	-	-	-
<b>Mittelwert</b>	<b>10'006</b>	<b>32.62</b>	<b>32.69</b>	<b>2.72</b>	<b>2.72</b>	<b>4.33</b>



Kriechrate im Bereich des linearen Kriechens [%/n]	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mittelwert
	53.211	57.683	-	55.447



## 12 Ökobilanz

### Eingebauter Asphalt zur Berechnung der Ökobilanz (Angaben der Hüppi AG vom 21.10.2019)

#### **Einbau Örtlichkeit und Asphaltmengen:**

(mit den theoretisch gerechneten Mengen)

#### **Tragschichteinbauten** (Einbaustärke 10 cm)

**Etappe 1 ca. Profil -7.00 bis 270 (km 0.983 bis km 1.260) =ca. 277m<sup>1</sup>**

Einbauen Tragschicht AC B 22 S mit 30 % Asphaltgranulat

**Fläche ca. 1900 m<sup>2</sup> Total eingebaute Menge ca. 456 to**

Einbaudaten: 17. April 2019 und 21. Mai 2019

**Etappe 2 ca. Profil 270 bis 585 (km 1.260 bis km 1.575) = ca.315m<sup>1</sup>**

Einbauen Tragschicht AC B 22 S mit 60 % Asphaltgranulat

**Fläche ca. 1870 m<sup>2</sup> Total eingebaute Menge ca. 449 to**

Einbaudatum: 2. Sept. 2019

#### **Deckschichteinbau** (Einbaustärke 3 cm)

**Etappe 1 ca. Profil -7.00 bis 270 (km 0.983 bis km 1.260) =ca. 277m<sup>1</sup>**

Einbauen Deckschicht AC 8 S mit 0 % Asphaltgranulat

**Fläche ca. 1970 m<sup>2</sup> Total eingebaute Menge ca. 142 to**

Einbaudatum: 4. Sept. 2019

**Etappe 2 ca. Profil 270 bis 585 (km 1.260 bis km 1.575) = ca.315m<sup>1</sup>**

Einbauen Deckschicht AC 8 S mit 50 % Asphaltgranulat Total ca. 140 to

**Fläche ca. 1870 m<sup>2</sup> Total eingebaute Menge ca. 135 to**

Einbaudatum: 4. Sept. 2019

Tabelle A1: Zusammenstellung der Umweltbelastung in kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>\*a für die vier Asphalt-schichtvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG).

Belastung	Produktion Mischgut		Rohstoffgewinnung (Splitt, Sand, Bitumen)		Transport Rohstoffe zu Mischgutwerk		Verlad und Transport		Einbau		Nutzungsphase und Unterhalt		Ausbau mit Belagsfräse		Transport zur Entsorgung / Recycling		Deponierung		Recycling	
0% RC	0.066533778		0.120391827		0.037833914		0.021914354		0.013312586		5.23207E-05		0.015968786		0.021914354		0.015301338		9.59967E-05	
50% RC	0.051975898		0.04423146		0.018046064		0.021914353		0.013312587		5.23207E-05		0.015968787		0.021914353		0.015301369		0.000131995	
30% RC	0.191270736		0.234877606		0.08573045		0.073976419		0.044004303		5.23207E-05		0.053874847		0.073976419		0.051652822		0.000396969	
60% RC	0.170312355		0.106888842		0.048512092		0.073976419		0.044004303		5.23207E-05		0.053874847		0.073976419		0.051652822		0.000469882	

Tabelle A2: Zusammenstellung der Umweltbelastung in UBP/m<sup>2</sup>\*a für die vier Asphalt-schichtvarianten (AC 8 S mit 0 % AG, AC 8 S mit 50 % AG, AC B 22 S mit 30 % AG, AC B 22 S mit 60 % AG).

Belastung	Produktion Mischgut		Rohstoffgewinnung (Splitt, Sand, Bitumen)		Transport Rohstoffe zu Mischgutwerk		Verlad und Transport		Einbau		Nutzungsphase und Unterhalt		Ausbau mit Belagsfräse		Transport zur Entsorgung / Recycling		Deponierung		Recycling	
Deckschicht 0% RC & Binderschic ht 30% RC	0.257804514		0.355269434		0.123564364		0.095890773		0.057316889		0.000104641		0.069843633		0.095890773		0.06695416		0.000492966	
Deckschicht 50% RC & Binderschic ht 60% RC	0.222288253		0.151120303		0.066558156		0.095890773		0.057316889		0.000104641		0.069843633		0.095890773		0.066954191		0.000601878	

---

## DANKSAGUNG

Auf diesem Wege möchten wir als ViaTec AG folgenden Personen für die fachliche und / oder finanzielle Unterstützung bedanken:

- Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael P. Wistuba (Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig)
- Rolf Steiner (Gemeinde Künsnacht, Abteilung Tiefbau)
- Thomas Pohl (Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Hochschule für Technik Rapperswil)
- Markus Morant (Morant AG)
- Markus Blum (MOAG AG)
- Georg Klein (MOAG AG)
- Dr. Ivan Isailović (ehemals Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig)
- Dr.-Ing. M. Sc. Johannes Büchner (Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig)
- Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jens Grönniger (Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig)
- Dem gesamten Laborteam des ISBS (Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig)
- Harry Walser mit Team (Hüppi AG)

Winterthur, 20.01.2021