



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la
communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle
comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt

**Appréciation des asphaltes coulés routiers
par indentation dynamique**

Dynamic indentation for assessing mastic asphalt

**IMP Bautest AG, Institut für Materialprüfung,
Oberbuchsitzen
Ch. Angst, dipl. Ing ETH, Dr. sc. techn.**

**Institut für Materialprüfung Dr. Schellenberg Rottweil GmbH
K. Schellenberg, Prof. Dr.-Ing.**

**Forschungsauftrag VSS 2000/433 auf Antrag des Bundesam-
tes für Strassen (ASTRA)**

Oktober 2008

1248

INHALTSVERZEICHNIS

1. Zusammenfassung	2
2. Zielsetzung	3
3. Offene Fragen zur Versuchsdurchführung	3
3.1. Höhe der Prüfkörper	3
3.2. Erforderliche Anzahl Einzelmessungen	3
3.3. Alter der Prüfkörper	3
4. Vergleichsuntersuchungen	3
4.1. Kurzbeschreibung der beiden Prüfmethode n	3
4.2. Vergleich der Ergebnisse mit rechteckiger und sinusförmiger Belastung	3
4.3. Vergleich mit statischer Eindringtiefe	3
5. Eignungsprüfungen	3
5.1. Optimierung einer Rezeptur	3
5.2. Einfluss des Sand-/Füllergehaltes auf die dynamische Eindringtiefe	3
5.3. Einfluss der Sandqualität auf die dynamische Eindringtiefe	3
5.4. Einfluss der Bindemitteldosierung und der Bindemittelsorte auf die dynamische Eindringtiefe	3
5.5. Auswertung der Eignungsprüfungen	3
6. Präzision des Prüfverfahrens	3
6.1. Vergleichsmessungen zweier Prüfinstitute	3
6.2. Organisation des Internationalen Ringversuches	3
6.3. Statistische Verfahren	3
6.4. Auswertung des Vor-Ringversuches	3
6.5. Auswertung des Ringversuches	3
6.5.1. Messdaten	3
6.5.2. Statistische Auswertung der Raumdichte und der Prüfkörperhöhe	3
6.5.3. Statistische Auswertung der dynamischen Eindringtiefe	3
6.5.4. Präzision des Prüfverfahrens	3
7. Bewertungshintergrund	3
7.1. Auswertung bisheriger Erfahrungen	3
7.2. Untersuchungen einiger Objekte	3
7.3. Anforderungswerte	3
8. Folgerungen	3
8.1. Prüfverfahren zur Bestimmung der dynamischen Eindringtiefe	3
8.1.1. Prüfanleitung	3
8.1.2. Präzision des Verfahrens	3
8.2. Bewertung der Prüfmethode „dynamischen Eindringtiefe“	3
8.2.1. Vergleich mit statischer Eindringtiefe	3
8.2.2. Vergleich „alte“ zu „neuer“ dynamischen Prüfung	3
8.2.3. Sensibilität der dynamischen Eindringtiefe	3
8.3. Anforderungswerte	3
9. Literaturverzeichnis	3
10. Anhang	3

1. Zusammenfassung

Infolge der zunehmenden Verkehrsbeanspruchung werden heute sehr harte Gussasphaltsorten eingebaut, die noch vor wenigen Jahren undenkbar waren. Für die Prüfung derart harter Gussasphalte befriedigt das seit Jahrzehnten verwendete Prüfverfahren der statischen Eindringtiefe nicht mehr. Im vorliegenden Bericht wird das vor etwa 10 Jahren publizierte Prüfverfahren der dynamischen Eindringtiefe weiter entwickelt und es werden Anforderungswerte vorgeschlagen.

Es wurde untersucht, ob für unterschiedliche Gussasphaltsorten auch verschiedene Prüfkörperhöhen zu wählen seien, denn in der Praxis werden die verschiedenen Gussasphaltsorten auch in unterschiedlichen Schichtdicken eingebaut. Es zeigte sich, dass eine einheitliche Höhe der Prüfkörper zu wählen ist. Eine weitere Untersuchung diente dazu, die Anzahl der zu bestimmenden Einzelwerte zur Berechnung des Prüfergebnisses festzulegen, wobei sowohl wissenschaftliche wie auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt wurden.

Aus den laufenden Qualitätskontrollen vieler Baustellen konnten über 400 Wertepaare der statischen und der dynamischen Eindringtiefe ausgewertet werden. Es lässt sich ein allgemeiner Trend feststellen, doch ist die Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von $r^2 = 0.53$ sehr schlecht.

In der Entwicklung der dynamischen Eindringtiefe wurde vor einigen Jahren eine Prüfmethode mit rechteckiger Impulsbelastung eingeführt, die später durch eine sinusförmige Belastungen ersetzt wurde. Der Vergleich beider Impulsbelastungen ist recht befriedigend. Dies erlaubt es, die früher ermittelten Untersuchungsergebnisse mit den Werten des neuen Verfahrens zu vergleichen. Daraus den Schluss zu ziehen, der Wechsel zur neuen Methode sei überflüssig ist allerdings nicht korrekt: Bedingt durch den verkehrssimulierenden Spannungsaufbau (haversine) ist mit dem neuen Verfahren eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erwarten, weil unkontrollierte Spannungsspitzen vermieden werden. Darüber hinaus liegt das Ergebnis in der Hälfte der Zeit vor.

Durch die Variationen der einzelnen Komponenten in ihrer Menge und Art konnte deren Einfluss auf die dynamische Eindringtiefe untersucht werden. Der Einfluss der kompositionellen Parameter auf die Eigenschaften eines Gussasphaltes unter dynamischer Belastung trug wesentlich dazu bei, um die Empfindlichkeit des Prüfverfahrens zu beurteilen.

Ein internationaler Ringversuch diente zur Festlegung der Präzision der Prüfmethode. Da es sich dabei um den ersten, breit abgestützten Ringversuch handelte, wurden die ermittelten Werte für die Wiederhol- und Vergleichsgrenze in die EN-Norm EN 13108-20 aufgenommen.

Die Auswertung von insgesamt über 500 Prüfungen der dynamischen Eindringtiefe, die durchgeführten Laboruntersuchungen sowie die Untersuchung einiger Objekte ermöglichte es, einen Erfahrungshintergrund aufzubauen. Auf dieser Basis wurden Vorschläge für Anforderungswerte formuliert.

Résumé

En réponse à la charge de trafic croissante, on emploie aujourd'hui des asphaltes coulés très durs, qui, il y a quelques années encore, n'entraient pas en ligne de compte. La méthode d'essai dite d'indentation statique, qui a servi pendant des décennies, n'est pas adaptée au test des asphaltes coulés de très grande dureté. Le présent rapport documente les 10 ans de développement de l'essai d'indentation dynamique et propose des valeurs de performance minimale.

Puisque dans la pratique les différentes sortes d'asphalte coulé sont posées avec différentes épaisseurs de couche, on a cherché à savoir si l'épaisseur de l'éprouvette devait être adaptée à la sorte d'asphalte coulé. Les résultats de cette étude montrent qu'il vaut mieux choisir une épaisseur unique des éprouvettes. Puis, on a déterminé le nombre de valeurs individuelles qui permet d'obtenir un résultat suffisamment représentatif de l'échantillon ; ce nombre tient compte à la fois de critères scientifiques et de l'aspect économique.

Tirés de contrôles de qualité en cours sur plusieurs chantiers, on a pu comparer plus de 400 paires de résultats d'essais statique et dynamique. Bien qu'une tendance générale puisse être observée, le coefficient de corrélation $r^2 = 0.53$ est très faible.

Au cours du développement de l'essai d'indentation dynamique, une méthode avec impulsion de mise en charge carrée avait été introduite il y a quelques années, puis remplacée par une impulsion de mise en charge sinusoïdale. Quelques essais parallèles ont permis de s'assurer que les résultats obtenus avec les deux types de mise en charge sont comparables. Cela ne signifie pas pour autant que le passage de l'ancienne vers la nouvelle méthode était superflu : la mise en charge sinusoïdale reproduit mieux la sollicitation in situ (le passage des roues revient à une mise en charge continue) et devrait permettre une meilleure prédiction des performances de l'enrobé sous trafic. De plus, l'essai est deux fois plus rapide.

Des variations de la nature et de la quantité des composants de l'asphalte coulé ont permis d'étudier leurs effets sur la profondeur d'indentation. Elles ont également fourni des informations importantes pour estimer la sensibilité de la méthode d'essai dynamique.

Un essai croisé entre plusieurs laboratoires européens a servi à déterminer la précision de la méthode d'essai. Ce premier round-robin test a fourni les valeurs de répétabilité et de reproductibilité indiquées dans la norme EN 13108-20.

Le dépouillement de plus de 500 essais d'indentation dynamique, les essais de laboratoire complémentaires ainsi que l'étude d'un certain nombre de sections de route ont permis de bâtir une solide expérience en la matière. C'est basé sur cette expérience que des valeurs de performance minimale ont été formulées.

Summary

Due to the ever-growing traffic charge paving occurs today with very low graded mastic asphalts. Their increasing significant role was unthinkable a few years ago. The static indentation test method, in use since several decades, is not adapted to very low grade mastic asphalt. The present report summarises ten years of development on the dynamic indentation test method. Furthermore it suggests materials specifications to ensure durability of the pavement.

In practice the thickness of the mastic asphalt course depends on the mastic asphalt grade. Hence tests have been performed in the laboratory to determine if the specimen height should vary as a function of the mastic asphalt grade. It has been shown that a standard height applies to all the specimens. A further investigation was looking at the significative number of single measurements considering scientific criterias and economy.

More than 400 pairs of static and dynamic results from on going quality controls on construction sites have been analysed. A common trend can be observed but the correlation coefficient $r^2 = 0.53$ turns out to be bad.

Part of the development included a few years ago a test method with block-pulse cyclic loading. This type of loading has been replaced by a sinusoidal cyclic loading. Indentation test results with both block-pulse and sinusoidal cycles proved to be comparable. It is therefore possible to include old block-pulse results into the more recent sinusoidal data base. However it does not mean that the replacement of the block-pulse cyclic loading has been superfluous. The sinusoidal cyclic loading is much more representative of the continuous load application exerted on the pavement by the rolling tyres. Thus the results of the laboratory test can be expected to be in good agreement with the on site conditions. Furthermore, the time for sinusoidal tests is half that of block-pulse tests.

Changes in quantity and quality of the components of mastic asphalt revealed their influence on the indentation depth. The results have also been used to assess the sensitivity of the test method.

The precision of the test method has been evaluated by an international round-robin test. The values for repetability and reproducibility that have been determined are now published in the European Standard EN 13108-20.

The analysis of more than 500 dynamic indentation tests, several concomitant laboratory tests and on site quality controls allowed building up a large base of experience to draw on. The data at hand have led to proposals for standard materials specifications.

2. Zielsetzung

Infolge der zunehmenden Verkehrsbeanspruchung werden heute sehr harte Gussasphaltsorten eingebaut, die noch vor wenigen Jahren undenkbar waren. Die Fortschritte in der Polymermodifikation der bituminösen Bindemittel einerseits, sowie neue Verfahren zur Optimierung der Rezepturen andererseits haben dies ermöglicht.

Für die Prüfung derart harter Gussasphalte wurde ein neues Prüfverfahren „Dynamische Eindringtiefe“ entwickelt und standardisiert [1, 2, 3, 4, 5]. Obwohl das Verfahren in seiner ursprünglichen Version labortechnische Mängel aufwies, erfreute es sich in der Praxis einer zunehmenden Beliebtheit, denn es war die einzige Möglichkeit harte Gussasphalte zu beurteilen. Die in der Praxis gemachten Erfahrungen waren gut. Die heute publizierte Version [5] hat diese labortechnischen Mängel korrigiert.

Das „neue“ Prüfverfahren weicht in einem wesentlichen Punkt vom „alten“ ab; die Belastung erfolgt in einer sinusförmigen Belastungskurve (haversine). Gegenüber der früheren Version mit einer rechteckigen Belastungskurve ist dies ein wesentlicher Fortschritt, können doch rechteckige Belastungen in der Laborpraxis - streng genommen - gar nicht durchgeführt werden. Jede Prüfmaschine fährt eine mehr oder weniger steile Rampe bei welcher zudem die Gefahr einer Übersteuerung besteht. Der Spielraum für die Durchführung des Versuches war zu gross, die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse zwischen verschiedenen Labors unbefriedigend. Dazu kommt, dass eine rechteckige Belastungskurve auch nicht der Praxis entspricht, weil die Beanspruchung des Asphalts auf der Straße nicht spontan erfolgt, sondern langsam steigend entsprechend einer sinusförmigen Belastungskurve. Die Wahl einer "Pause", also einer intermittierenden Belastung (haversine), entspricht ebenfalls der Praxis, folgt doch jedem Belastungsimpuls durch ein Rad (Achse) eine Ruhepause bis zum nächsten Rad.

Da sehr viele Erfahrungen mit der „alten“ Prüfmethode gemacht wurden, bestand eines der Ziele des Forschungsauftrages darin, den Vergleich beider Methoden noch breiter abzustützen.

Ein weiteres Ziel ist es verfahrenstechnische Fragen weiter abzuklären. So soll untersucht werden, ob die Höhe der Prüfkörper dem Grösstkorn des Gussasphaltes angepasst werden soll; auch soll eine Aussage über die Anzahl der zu bestimmenden Einzelwerte zur Berechnung des Prüfergebnisses gemacht werden.

In einem Ringversuch soll die Präzision des Prüfverfahrens bestimmt werden.

Die Auswertung der Erfahrungen aus der Praxis, sowie die Untersuchung einiger Objekte soll es ermöglichen, einen Erfahrungshintergrund aufzubauen, auf dessen Basis Anforderungswerte formuliert werden sollen. Die Festlegung der Anforderungen wird zudem unterstützt, indem der Einfluss der Variation der Zusammensetzung bzw. der Eigenschaft der Baustoffe auf die Prüfergebnisse untersucht wird.

3. Offene Fragen zur Versuchsdurchführung

In einer Forschungsarbeit des IfM [3] wurde die Prüfmethode der dynamischen Eindringtiefe überarbeitet. In dieser Arbeit wurde die neu definierte Prüfmethode auf Gussasphalte angewendet, die in ihrer Zusammensetzung systematisch variiert wurden. Damit konnte die Variationsbreite der Merkmalsgrößen festgestellt werden, die den Verformungswiderstand beschreiben. Die Prüfbedingungen für die dynamische Eindringtiefe wurden für die Prüftemperatur und die Oberlast optimiert.

Unseres Erachtens sind dabei einige Fragen offen geblieben, die zu beantworten sind:

- **Höhe der Prüfkörper:**
Die Prüfkörperhöhe wird in der bisher vorgeschlagenen Prüfanleitung für alle MA-Sorten konstant gehalten. Diesem Vorgehen kann entgegengehalten werden, dass die MA-Beläge in der Praxis in unterschiedlichen Schichtdicken, in Abhängigkeit des Grösstkornes, eingebaut werden. Der Einfluss der Prüfkörperhöhe auf die Prüfergebnisse wurde bisher nicht untersucht. Diese Frage ist eingehend und abschliessend zu bearbeiten.
- **Anzahl erforderlicher Einzelmessungen:**
Es ist unklar ob der massgebende Wert der dynamischen Eindringtiefe aus einem Mittelwert mehrerer Einzelbestimmungen zu berechnen sei, oder ob eine Einzelbestimmung genügt. Falls mehrere Prüfkörper zu untersuchen sind, muss deren Anzahl festgelegt sein. Diese Frage ist unter Berücksichtigung sowohl wissenschaftlicher als auch ökonomischer Aspekte zu beantworten. Die Baupraxis erwartet zuverlässige aber auch rasche und bezahlbare Prüfergebnisse.

3.1. Höhe der Prüfkörper

Die Höhe der Prüfkörper beträgt gemäss vorgeschlagener Prüfanleitung [5] 60 mm. Um zu prüfen ob diese Höhe für alle Gussasphaltsorten adäquat sei, wurden Prüfkörperhöhen in Abhängigkeit des Grösstkornes gewählt. Dabei wurde vom Grundsatz ausgegangen, die Schichtdicke einer eingebauten Gussasphaltschicht sollte nicht grösser als 4 mal das Grösstkorn betragen. Daraus ergeben sich folgende Höhen der Prüfkörper:

Für einen MA 8	32 mm
Für einen MA 11	45 mm
Für einen MA 16	60 mm

Aus obigen Zahlen wird ersichtlich, dass für die Gussasphaltsorte MA 16 keine weiteren Untersuchungen erforderlich sind, da die bisherige Prüfkörperhöhe den eingebauten Schichtdicken in der Praxis entspricht.

Zur Herstellung der Prüfkörper wurden Giessformen mit unterschiedlichen Höhen derart hergestellt, dass die Prüfkörperhöhe nach dem Schleifen den angestrebten Wert erreicht. Für den MA 8 wurden Formen mit 40 mm, für den MA 11 mit 50 mm Höhe erstellt.

Es wurden je 2 Gussasphalte MA 8 und MA 11 mit unterschiedlicher Eindringtiefe geprüft. Die Zusammensetzung und Eigenschaft der beiden Gussasphalte sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Bezeichnung		MA11 hart	MA11 weich	MA8 normal	MA8 weich
IMP-Nr.		A02-0421	A02-0473	A01-2881	A01-2882
Lösl. BMG	Masse-%	7.34	7.63	8.05	8.91
Durchgang	Masse-%				
Prüfsieb	0.09 mm	26.4	24.4	30.2	30.7
	2.8 mm	54.8	54.3	65.3	67.3
	5.6 mm	75.9	69.7	91.7	92.9
	11.2 mm	99.8	98.9	-	-
Füllermenge	Masse-%	26.4	24.4	30.2	30.7
Sandmenge	Masse-&	28.4	29.9	35.1	36.6
Splittmenge	Masse-%	45.2	45.7	34.7	32.7
Untersuchung an rückgewonnenen Bindemittel					
Pen bei 25°C	1/10 mm	30	36	39	35
RuK	°C	62.3	58.6	56.3	57.0
lp	-	+0.3	± 0.0	-0.3	-0.4
statische Eindringtiefe					
Rohdichte Würfel	g/cm ³	2.367	2.367	2.344	2.325
HRG Würfel	Vol.-%	1.4	1.0	1.4	1.0
stat. ET 0.5h	mm	1.7	3.4	2.5	5.3
stat. ZET 0.5-1.0h	mm	0.2	0.5	0.4	1.3
dynamische Eindringtiefe ¹⁾					
Rohdichte MA-Pk	g/cm ³	2.3785	2.3666	2.355	2.331
HRG MA-Pk	Vol.-%	1.0	1.1	0.9	0.8
dyn. ET 2500	mm	1.32	7.29	4.25	8.75
dyn. ZET 2500-5000	mm	0.57	3.32	2.28	4.23

¹⁾ einzelne Bestimmung an Pk-1

Tabelle 1

Zusammensetzung und Eigenschaften der untersuchten Gussasphalte MA und MA 11.

An den Gussasphalten wurde die dynamische Eindringtiefe gemäss [5] bestimmt, wobei je 2 Prüfkörper untersucht wurden; die Ergebnisse sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

IMP-Nr.	MA Sorte	Bezeichnung	Hohlraumgehalt [Vol.-%]	Prüfkörper- Höhe [mm]	ET _{dyn} [mm]	ZET _{dyn} [mm]
A01-2881	MA 8	"normal"	1.01	60.3	4.71	2.37
			1.30	32.1	3.19	1.48
A01-2882	MA 8	"weich"	0.72	60.3	9.62	4.67
			0.55	32.2	6.81	3.11
A02-0473	MA 11	"weich"	1.04	59.5	5.96	2.61
			0.86	45.0	4.23	1.71
A02-0421	MA 11	„hart“	0.98	60.2	1.90	0.79
			1.15	45.1	1.79	0.72

Tabelle 2

Dynamische Eindringtiefe an MA 8 und MA 11 mit unterschiedlichen Prüfkörperhöhen.

Die aufgeführten Hohlraumgehalte dienen als Hinweis darauf, ob die Herstellung der Prüfkörper für die unterschiedlichen Schichtdicken zu einer ähnlichen Lagerung des Mischgutes geführt hat. Aus den Ergebnissen lassen sich keine Unterschiede erkennen, es darf davon ausgegangen werden, dass keine Probleme bei der Herstellung der Prüfkörper aufgetreten sind. Auch vom ausführenden Laboranten wurden keine Probleme gemeldet.

Es kann allgemein festgestellt werden, dass die Eindringtiefen bei den Prüfkörper mit der Standardhöhe von 60 mm grösser sind. In der Tabelle 3 wurden die gemessenen dynamischen Eindringtiefen bei der Standard-Prüfkörperhöhe in Relation zur dynamischen Eindringtiefe bei der variablen Prüfkörperhöhe gesetzt. Beim harten Gussasphalt mit einer dynamischen Eindringtiefe von 1,9 mm sind die Unterschiede bei ET_{dyn} und ZET_{dyn} sehr klein, bei den übrigen Gussasphalten betragen sie etwa 40 bis 50%.

	MA 8 „normal“	MA 8 „weich“	MA 11 „weich“	MA 11 „hart“
ET _{dyn}	1.48	1.41	1.41	1.06
ZET _{dyn}	1.60	1.50	1.53	1.10

Tabelle 3

Verhältnis der Eindringtiefe bei Standard-Höhe zur Eindringtiefe bei unterschiedlicher Höhe der Prüfkörper

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wurde entschieden, mit der Standardprüfkörperhöhe von 60 mm weiterzufahren. Dieser Beschluss beruht auf folgende Argumente:

- praxisgerechte Schichtdicken (analog Einbau) führen zu kleineren Eindringtiefen und somit zu einer weniger differenzierten Aussage bei der Beurteilung der Gussasphalte.
- Beide Höhen der Prüfkörper führen zu einer gleichen Rangfolge der untersuchten Gussasphalte in Bezug deren Verformungswiderstand.

Die Erfahrungen mit der Prüfung bei einer Höhe von 60 mm haben gezeigt, dass an der Unterseite der Prüfkörper bei Eindringtiefen > 5 mm Gefügestörungen zu sehen sind. Je dünner der Prüfkörper, desto eher dürften derartige Gefügestörungen auftreten. Da bei der Eindringtiefe das Verformungsverhalten unter möglichst vergleichbaren Bedingungen angesprochen werden soll, sind Störungen des Gefüges unerwünscht, da sie auf Überbeanspruchungen hinweisen. Zudem ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Frage gestellt, wenn teilweise Gefügestörungen auftreten und teilweise nicht.

3.2. Erforderliche Anzahl Einzelmessungen

Bei dieser Frage geht es darum die minimale Anzahl an Einzelmessungen festzustellen, die erforderlich ist, um den massgebenden Wert zu bestimmen. Als massgebenden Wert wird derjenige Wert verstanden, der als Ergebnis der Prüfung gilt.

Um die Prüfung, die in Bezug auf Prüfkörperherstellung und Versuchsdurchführung recht aufwändig und zeitraubend ist, für die Praxis bezahlbar und damit anwendbar zu machen, sollte bei der Festlegung der erforderlichen Anzahl Prüfungen neben den rein wissenschaftlichen Aspekten auch die Anforderungen der Baupraxis berücksichtigt werden.

Die dynamische Eindringtiefe wurde an 5 Prüfkörper bestimmt. Es wurden 5 verschiedene Gussasphaltsorten untersucht, die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Zur Berechnung des massgebenden Wertes wurden mehrere Berechnungsarten angewendet:

- Aus allen möglichen Kombinationen eines Wertepaares lassen sich aus den 5 Einzelwerten insgesamt 10 verschiedene Mittelwerte (=massgebender Wert) aus 2 Einzelwerte berechnen.
- Wird der Mittelwert (=massgebender Wert) aus 3 Einzelwerte bestimmt, ergeben sich 6 Möglichkeiten
- Wird der Mittelwert (=massgebender Wert) aus 4 Einzelwerte bestimmt, ergeben sich 3 Möglichkeiten
- Wird der Mittelwert (=massgebender Wert) aus 5 Einzelwerte bestimmt, ergibt sich natürlich nur eine Möglichkeit

IMP-Nr.	MA-Sorte	Bezeichnung	Pk-Nr.	ET _{dyn} [mm]	ZET _{dyn} [mm]
A01-2881	MA 8	"normal"	1	4.14	2.17
			2	5.41	2.53
			3	4.10	1.78
			4	3.48	1.38
			5	2.82	1.38
A01-2882	MA 8	„weich“	1	7.16	3.20
			2	8.04	3.63
			3	9.07	4.23
			4	8.81	4.09
			5	8.52	4.19
A02-0421	MA 11	"hart"	1	1.44	0.78
			2	1.90	0.79
			3	1.66	0.68
			4	1.40	0.53
			5	1.49	0.58
A02-0473	MA 11	„weich“	1	4.68	2.21
			2	5.23	2.45
			3	3.73	1.63
			4	3.92	1.81
			5	4.05	1.84
A02-0422	MA 16	"hart"	1	1.09	0.34
			2	1.14	0.39
			3	0.72	0.46
			4	1.31	0.46
			5	1.33	0.46

Tabelle 4

Ergebnisse der Reihenuntersuchung (Bestimmung von 5 Einzelwerten) an 5 verschiedenen Gussasphalt-Sorten

In der Tabelle 5 werden alle rechnerisch möglichen „massgebende Werte“ aus den entsprechenden Zahlenkombinationen dargestellt. Zudem wurde der Mittelwert aus den einzelnen massgebenden Werten berechnet. Die Streuung der massgebenden Werte wird durch die Standardabweichung und den Varianzkoeffizienten charakterisiert.

A01-2881
MA 8 normal

massgebender Wert			
aus EW	aus 2 EW	aus 3 EW	aus 4 EW
4.14	4.78	4.55	4.28
5.41	4.12	4.34	4.12
4.1	3.81	4.12	3.95
3.48	3.48	4.33	
2.82	4.76	4.11	
	4.45	3.47	
	4.12		
	3.79		
	3.46		
	3.15		

Mittelwert 3.99
Std Abw 0.96
Varianz Koeffizient 0.24

A01-2882
MA 8 weich

massgebender Wert			
aus EW	aus 2 EW	aus 3 EW	aus 4 EW
7.16	7.60	8.09	8.27
8.04	8.12	8.00	8.20
9.07	7.99	7.91	8.61
8.81	7.84	8.64	
8.52	8.56	8.54	
	8.43	8.80	
	8.28		
	8.94		
	8.80		
	8.67		

Mittelwert 8.32
Std Abw 0.75
Varianz Koeffizient 0.09

A02-0421
MA 11 hart

massgebender Wert			
aus EW	aus 2 EW	aus 3 EW	aus 4 EW
1.44	1.67	1.67	1.60
1.9	1.55	1.58	1.62
1.66	1.42	1.61	1.61
1.4	1.47	1.65	
1.49	1.78	1.68	
	1.65	1.52	
	1.70		
	1.53		
	1.58		
	1.45		

Mittelwert 1.58
Std Abw 0.21
Varianz Koeffizient 0.13

A02-0473
MA 11 weich

massgebender Wert			
aus EW	aus 2 EW	aus 3 EW	aus 4 EW
4.68	4.96	4.55	4.39
5.23	4.21	4.61	4.42
3.73	4.30	4.65	4.23
3.92	4.37	4.29	
4.05	4.48	4.34	
	4.58	3.90	
	4.64		
	3.83		
	3.89		
	3.99		

Mittelwert 4.32
Std Abw 0.62
Varianz Koeffizient 0.14

A02-0422
MA 16 hart

massgebender Wert			
aus EW	aus 2 EW	aus 3 EW	aus 4 EW
1.09	1.12	0.98	1.07
1.14	0.91	1.18	1.07
0.72	1.20	1.19	1.13
1.31	1.21	1.06	
1.33	0.93	1.06	
	1.23	1.12	
	1.24		
	1.02		
	1.03		
	1.32		

Mittelwert 1.12
Std Abw 0.25
Varianz Koeffizient 0.22

Tabelle 5

Darstellung aller rechnerisch möglichen „massgebenden Werte“, die sich aus den gemessenen Einzelwerten (EW) direkt, oder aus der Kombination von 2, 3 oder 4 Einzelwerte berechnen lassen.

Interessant ist die Feststellung, dass die Mittelwerte der „massgebenden Werte“ kaum variieren; so betragen sie beim MA 16 hart 1.12, 1.12, 1.10 und 1.09 mm.

In der Tabelle 6 wurden die Varianzkoeffizienten die in der Tabelle 5 berechnet wurden, nochmals aufgeführt. Aus diesen Varianzkoeffizienten wurde der Mittelwert über alle Mischgutsorten berechnet und zwar separat für die verschiedenen Verfahren zur Bestimmung des „massgebenden Wertes“.

Bei der Bestimmung des „massgebenden Wertes“ aus 2 Einzelwerten reduziert sich der Varianzkoeffizient aller untersuchten Proben im Vergleich zur Einzelwert-Bestimmung im Mittel um 42 % (von 100 auf 58 %), bei der Bestimmung aus 3 Einzelwerte wird der Variationskoeffizient um weitere 20 % (von 58 auf 38 %) reduziert.

Die Varianzkoeffizienten nehmen – wie zu erwarten war – mit zunehmender Anzahl Einzelwerte, die zur Bestimmung der „massgebenden Werte“ verwendet wurden ab. So beträgt der mittlere Varianzkoeffizient der „massgebenden Werte“ aus einem Einzelwert 0.16, derjenige der „massgebenden Werte“ aus 4 Einzelwerte 0.03.

Obwohl ein möglichst tiefer Varianzkoeffizient anzustreben ist, sind auch wirtschaftliche Gesichtspunkte zu betrachten. Im Vergleich mit anderen Prüfungen bituminöser Baustoffe zeigt sich, dass ein Varianzkoeffizient von ca. 15 % durchaus zu vertreten ist.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Bestimmung des massgebenden Wertes durch die Bildung des Mittelwertes zweier Einzelwerte sehr zu empfehlen ist.

		Varianzkoeffizient der massgebenden Werte aus			
		dem Einzelwert	2 Einzelwerte	3 Einzelwerte	4 Einzelwerte
A01-2881	MA 8 normal	0.24	0.14	0.09	0.04
A01-2882	MA 8 weich	0.09	0.05	0.05	0.03
A02-0421	MA 11 hart	0.13	0.08	0.04	0.01
A02-0473	MA 11 weich	0.14	0.08	0.06	0.02
A02-0422	MA 16 hart	0.22	0.13	0.07	0.03
	Mittelwerte	0.16	0.10	0.06	0.03
		100%	58%	38%	16%

Tabelle 6

Varianzkoeffizienten der massgebenden Werte, berechnet aus verschiedene Anzahlen Einzelwerte.

3.3. Alter der Prüfkörper

Aus einem konkreten Anlass wurde der Einfluss des Alters der Prüfkörper auf die dynamische Eindringtiefe untersucht. Es handelte sich dabei um einen Gussasphalt, der mit einem wachs-modifizierten Bindemittel hergestellt wurde. Es bestand der Verdacht, dass bei diesen Bindemitteln der zeitliche Ablauf der Prüfung eine gewisse Rolle spielen könne. Es wurden sämtliche Prüfkörper am selben Tag aus einer einzigen Probe hergestellt und geschliffen. Anschliessend wurden die Prüfkörper bei Raumtemperatur auf einer ebenen Unterlage bis zur Prüfung gelagert. Die Lagerungsdauer dauerte bis zu 30 Tagen. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 1 grafisch dargestellt sowie im Detail im ANHANG L detailliert aufgeführt.

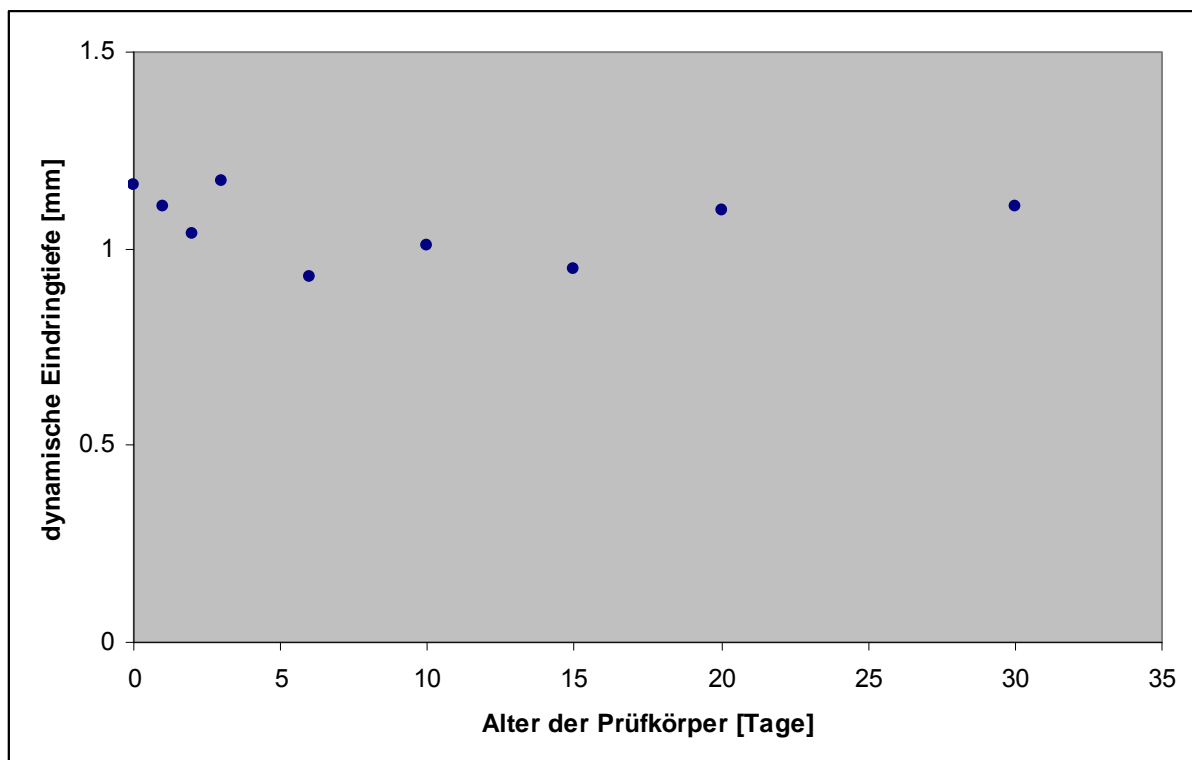


Abbildung 1 Einfluss der Lagerungsdauer fertig hergestellter Prüfkörper aus Gussasphalt mit wachs-modifiziertem PmB auf die dynamische Eindringtiefe.

Auch nach einer sehr langen Lagerungsdauer von 30 Tagen konnte ein Wert bestimmt werden (1.11 mm), der recht nahe am Wert ohne Lagerung (1.16 mm) lag. Man kann davon ausgehen, dass die Dauer der Lagerung fertig hergestellter Prüfkörper keinen Einfluss auf das Ergebnis der dynamischen Eindringtiefe hat.

4. Vergleichsuntersuchungen

Bei der alten Prüfmethode erfolgte die Prüfung lediglich bei 35 °C. Um die plastischen Eigenschaften des Gussasphaltes, die sehr temperaturabhängig sind, deutlich hervorzuheben ist es zweckmässig die Versuchstemperatur von 35 auf 50 °C anzuheben. Gleichzeitig sind rechteckige Belastungszyklen – wie dies bei der alten Prüfmethode der Fall war - weder praxisgerecht noch versuchstechnisch eindeutig darzustellen, da ein rechteckiger Druckstoss nicht spontan auf Null reduziert werden kann. Zudem sollte aus versuchsökonomischen Gründen das Prüfergebnis möglichst früh, also nicht erst nach 10 000 (6 000) Lastwechsel bei der alten Prüfmethode sondern schon nach 5 000 (2 500 LW) bei der neuen Methode vorliegen.

In [5] wurden einige Vergleichsmessungen zwischen der alten Prüfmethode mit rechteckiger und der neuen Prüfmethode mit sinusförmiger Belastung durchgeführt. In Anbetracht der grundlegenden Modifikationen der Prüfmethode ist eine Vertiefung dieser vergleichenden Messungen wertvoll.

4.1. Kurzbeschreibung der beiden Prüfmethoden

In der untenstehenden Tabelle 7 werden die beiden Prüfmethoden einander gegenübergestellt. Die durchgeführten Modifikationen der Prüfmethode sind grundlegend, betreffen sie doch sowohl die Art der Belastung (sinus statt rechteckig), wie auch die Spannungswerte, die Anzahl Zyklen und die Prüftemperatur. Auch der Belastungsstempel wurde vergrössert. Gleich geblieben sind die Belastungsdauer und die Abmessungen der Prüfkörper.

Die Belastungsdauer von 0.2 Sekunden wurde gemäss [5] bewusst gewählt, da sie ungefähr einer Belastung des Belages bei einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 37 km/h entspricht.

Erfahrungsgemäss treten Spurrinnen vor allem auf Abschnitten auf, bei denen die Fahrzeuge eine niedrige Geschwindigkeit aufweisen, verzögern, beschleunigen oder sogar stehen.

Parameter		Alte Prüfmethode	Neue Prüfmethode
Temperierung		Luftbad	Luftbad
Prüftemperatur	[°C]	35	50
Unterspannung	[N/mm ²]	0.025	0.08
Oberspannung	[N/mm ²]	1.0	0.35
Impulsdauer	[s]	0.2	0.2
Pause zwischen den Impulsen	[s]	1.5	1.5
Belastungs-Zyklus		rechteckig	sinusförmig
Stempel-Durchmesser	[mm]	43.70	56,419
Stempel-Fläche	[mm ²]	1500	2 500
Abbruchbedingungen:			
Anzahl Lastimpulse oder Eindringtiefe	[mm]	10000 8.0	5000 5.0
Probekörper:			
Durchmesser	[mm]	150.0	150.0
Höhe	[mm]	60.0	60.0
Auswertung :			
Eindringtiefe nach n Zyklen		6000	2500
Zunahme nach weiteren n Zyklen		4000	2500
Gesamte Anzahl Zyklen		10000	5000

Tabelle 7

Gegenüberstellung der früheren (alten) Prüfmethode gemäss [5] und der neuen Prüfmethode nach [11]

4.2. Vergleich der Ergebnisse mit rechteckiger und sinusförmiger Belastung

Bei 16 verschiedenen MA-Proben wurde die dynamische Eindringtiefe mit beiden Prüfmethoden bestimmt. Die einzelnen Daten sind im ANHANG A aufgeführt. In der Abbildung 2 ist die Gegenüberstellung der Eindringtiefe der „alten“ Methode nach 6000 Belastungszyklen denjenigen der „neuen“ Methode nach 2500 Belastungszyklen dargestellt. Die Abbildung 3 zeigt die Gegenüberstellung der Zunahmen der Eindringtiefen nach weiteren Zyklen (4000 Zyklen bei der „alten“ und 2500 Zyklen bei der „neuen“ Methode).

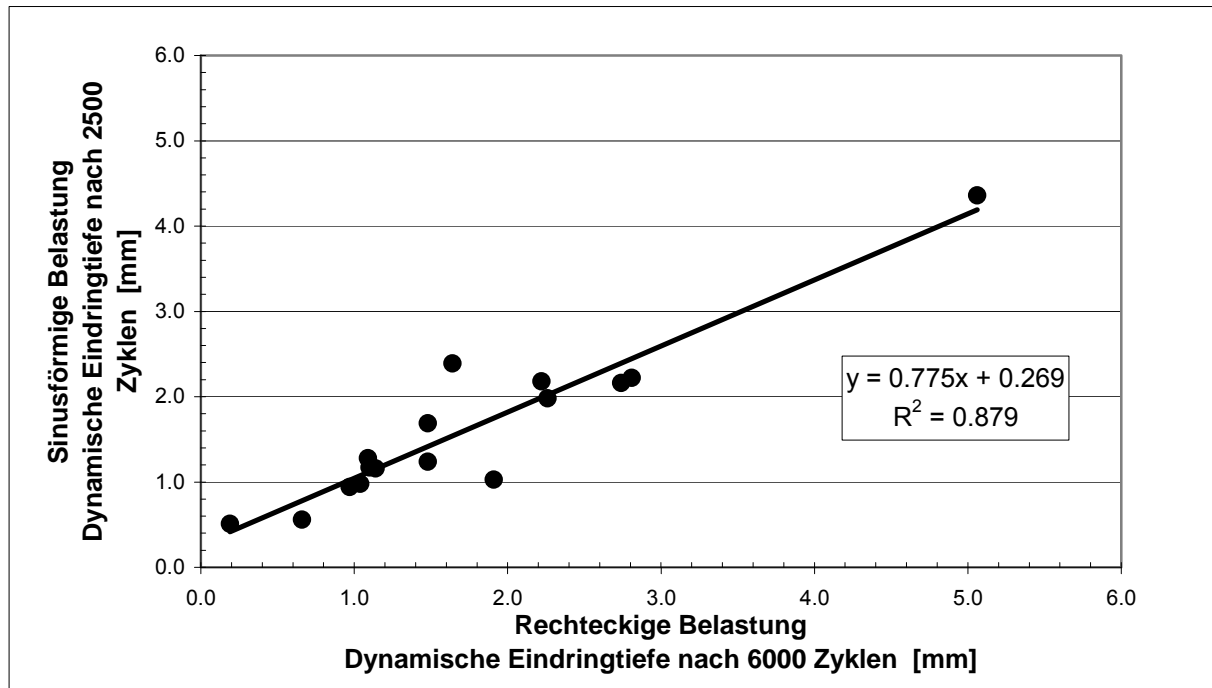


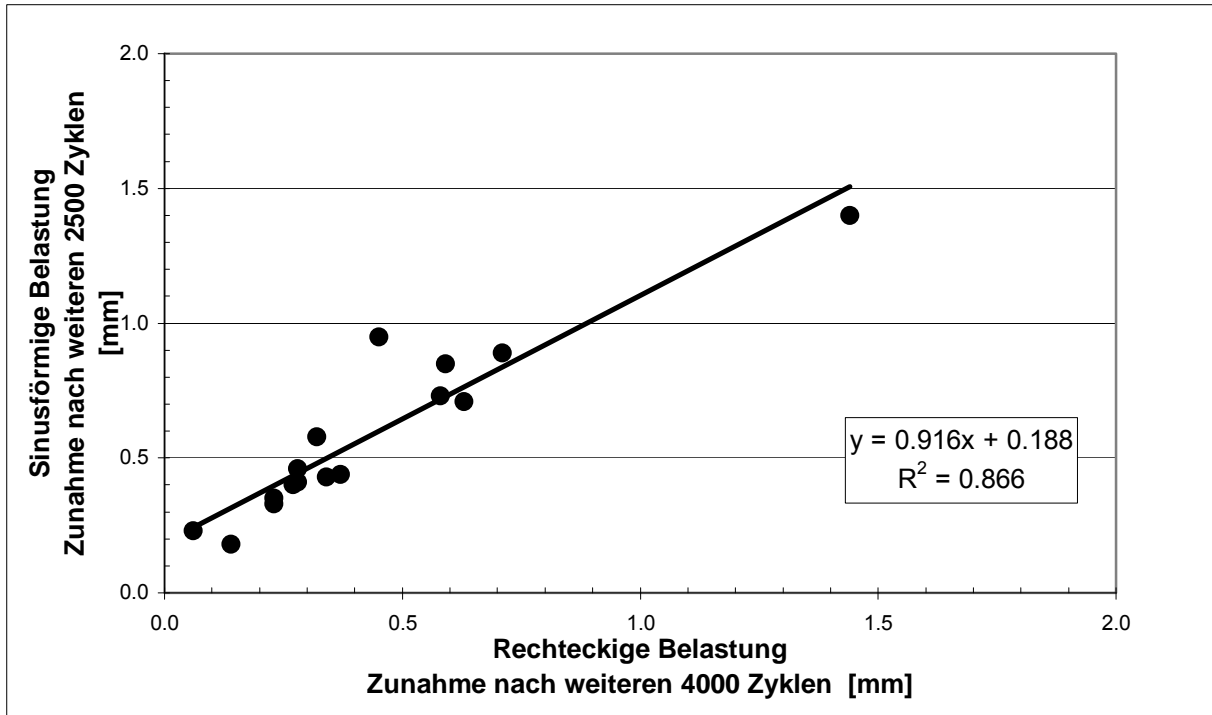
Abbildung 2

Vergleich der Bestimmung der dynamischen Eindringtiefe beider Prüfverfahren

Das neue Verfahren liefert generell etwas tiefere Werte als das alte.

Der Korrelationskoeffizient der 16 Wertepaare ist mit $R^2 = 0.88$ recht befriedigend, obwohl das in [3] publizierte Niveau von 0.99 nicht erreicht wurde.

Diese guten Korrelationskoeffizienten erlauben es die früher ermittelten Untersuchungsergebnisse mit den Werten des neuen Verfahrens zu vergleichen. Daraus den Schluss zu ziehen, der Wechsel zur neuen Methode sei überflüssig ist allerdings nicht korrekt: Bedingt durch den verkehrssimulierenden Spannungsaufbau (haversine) ist mit dem neuen Verfahren eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erwarten, weil unkontrollierte Spannungsspitzen vermieden werden. Darüber hinaus liegt das Ergebnis in der Hälfte der Zeit vor.

**Abbildung 3**

Vergleich der Bestimmung der Zunahme der dynamischen Eindringtiefe beider Prüfverfahren

Der Korrelationskoeffizient der 16 Wertepaare ist mit $R^2 = 0.87$ ebenso befriedigend wie in Abbildung 2.

4.3. Vergleich mit statischer Eindringtiefe

Aus den laufenden Qualitätskontrollen mehrerer Baustellen wurden die Ergebnisse der statischen Eindringtiefe gemäss [6] mit denen der dynamischen Eindringtiefe nach [11] verglichen. Zusätzlich wurden ausgewählte Gussasphalte mit beiden Prüfmethoden untersucht. Auf diese Weise kann der Vergleich der beiden Prüfverfahren mit insgesamt 405 Wertepaare durchgeführt werden. Die einzelnen Daten sind im ANHANG B aufgeführt sowie in der Abbildung 4 grafisch dargestellt.

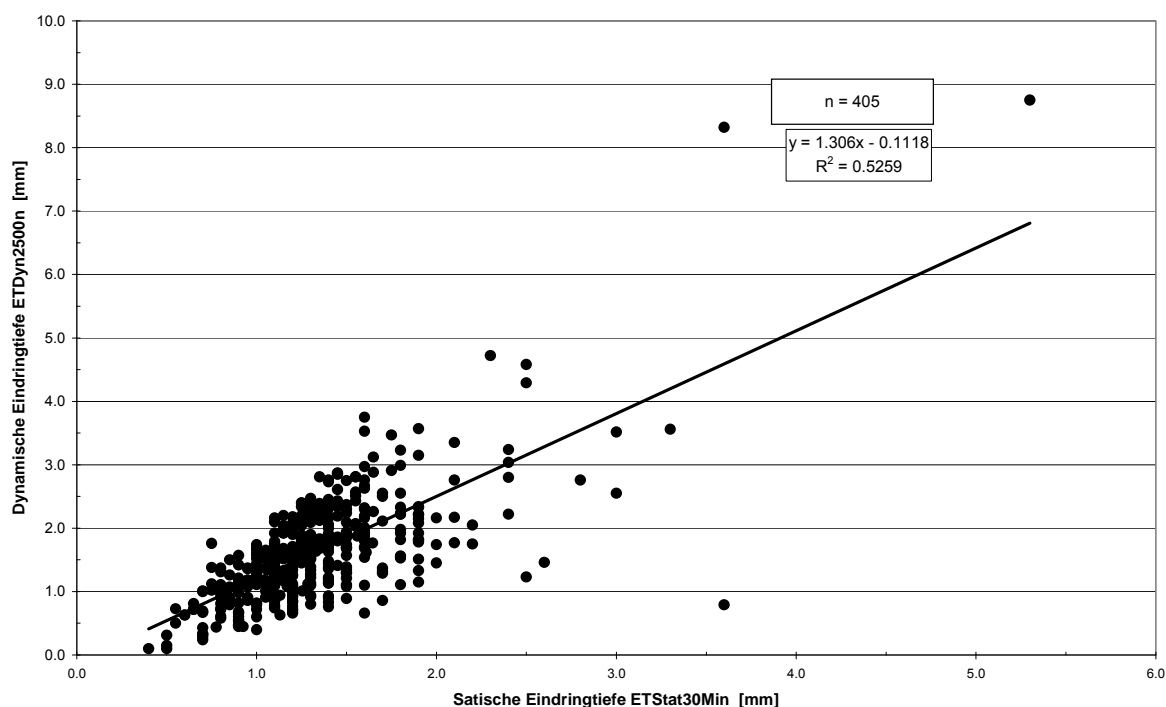


Abbildung 4

Gegenüberstellung der statischen Eindringtiefe nach 30 Minuten und der dynamischen Eindringtiefe nach 2500 Belastungszyklen

Die Werte der dynamischen Eindringtiefe sind generell grösser als diejenigen der statischen Eindringtiefe; dieses Ergebnis war zu erwarten.

Auffallend ist, dass im Bereich der statischen Eindringtiefen von 1.5 bis 2.5 mm die Werte der dynamischen Eindringtiefe zwischen 0.9 und 4.5 mm liegen. Die Bandbreite der Eindringtiefen beträgt bei der statischen Prüfung 1 mm, während sie bei der dynamischen Prüfung - für die gleichen Gussasphalte - 3.6 mm beträgt. Die deutlich bessere Spreizung der dynamischen Eindringtiefe kommt klar zum Ausdruck.

Bei Werten unterhalb von 1.5 mm entsteht in der Abbildung 4 der Eindruck, es würde eine bessere Korrelation vorliegen, doch der Schein trügt. Der Korrelationskoeffizient R^2 aller 405 Wertepaare liegt bei 0.53, derjenige der Wertepaare, bei denen beide Werte unterhalb 1.5 mm liegen, beträgt 0.36.

Die Feststellung, dass die Trendlinie in Abbildung 4 nicht durch den Nullpunkt verläuft ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass der 7x7x7 cm Würfel, der für die statische Eindringtiefe verwendet wird, auf Grund seiner Herstellung, stets eine glatte, speckige Oberfläche aufweist. Bereits bei geringster Belastung und kurzer Belastungszeit führt diese oberflächliche Bindemittelanreicherung zu einer vermeintlichen Eindringtiefe von 0,3 - 0,4 mm. Dieser "Fehler" tritt bei der dynamischen Eindringtiefe deshalb nicht auf, weil die Probekörper vor der Prüfung geschliffen werden. Die Beanspruchung des Prüfkörpers erfolgt daher bereits zu Beginn der Prüfung direkt auf den Gesteinskörnungen der MA-Matrix.

Der tiefe Korrelationskoeffizient ($R^2 = 0.53$) aller 405 Wertepaare zeigt, dass wohl ein Trend zwischen den beiden Prüfergebnissen vorliegt, dass jedoch keine gesicherte Korrelation besteht.

5. Eignungsprüfungen

In diesem Abschnitt soll durch Variationen der einzelnen Komponenten in Ihrer Menge und Art deren Einfluss auf die dynamische Eindringtiefe untersucht werden. Der Einfluss der kompositionellen Parameter auf die Eigenschaften eines Gussasphaltes unter dynamischer Belastung trägt wesentlich dazu bei, um die Empfindlichkeit des Prüfverfahrens beurteilen zu können.

In einem ersten Schritt wurde die Zusammensetzung eines MA 11 optimiert, um dann von dieser optimierten Basis-Rezeptur ausgehend, Variationen durchzuspielen.

Es wurden folgende Baustoffe verwendet, die Laboruntersuchungen befinden sich im ANHANG C.

Baustoff	Provenienz	IMP-Labor-Nummer
Kalksteinfiller	Istein	A02-0533
Brechsand 0.1/3	Kieswerk Gunzgen	A02-0515
Rundsand 0/4	Kieswerk Gunzgen	A02-0518
Splitt 3/6	Kieswerk Gunzgen	A02-0516
Splitt 6/11	Kieswerk Gunzgen	A02-0517
Bitumen B 20/30	Elf, Deutschland	A02-0662
Bitumen B 30/45	Elf, Deutschland	A02-0730
Bitumen B 35/50	Elf, Deutschland	A02-1458
Bitumen B 50/70	Grisard	A02-0587

5.1. Optimierung einer Rezeptur

Die Optimierung der Rezeptur des Gussasphaltes erfolgte, indem die dichteste Lagerung der Mineralstoffe gesucht wurde. Durch Variation der Korngrößenverteilungen konnte der kleinste Hohlraumgehalt der Mineralstoffe mittels Proctorverdichtung bestimmt werden. Die Dosierung des Bindemittelgehaltes erfolgt unter der Annahme, dass nicht nur die Hohlräume des Mineralstoff-Gerüsts zu füllen seien, sondern dass darüber hinaus bei hohen Temperaturen ein gewisser Bindemittel-Überschuss bestehen soll. Dieses Verfahren zur Optimierung von Gussasphalt-Rezepturen wurde von Rubach [8] publiziert und findet in der Praxis Anwendung.

Die 3 untersuchten Mischungen sind in der Tabelle 8 beschrieben. Unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit der Optimierung von Gussasphaltsorten mit einem 11-er Grösstkorn, wurde der Splittanteil konstant gehalten.

Mineralstoff		Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3
Füller	[Masse.-%]	34	30	25
Brechsand	[Masse.-%]	10	12	14
Rundsand	[Masse.-%]	10	12	15
Splitt 3/6	[Masse.-%]	18	18	18
Splitt 6/11	[Masse.-%]	28	28	28

Tabelle 8

Rezepturen der drei Mischungen, die im Proctorversuch trocken verdichtet wurden

Die aus den Rezepturen resultierenden Korngrößenverteilungen sind im ANHANG D aufgeführt. Die festgestellten Hohlraumgehalte der trockenen Mineralstoff-Mischung lagen relativ nahe beieinander:

Mischung 1	16.0	Vol-%
Mischung 2	15,4	Vol-%
Mischung 3	16.2	Vol-%

Als optimierte Basis-Rezeptur wurde die Mischung 2 ausgewählt, da diese den tiefsten Hohlraumgehalt hat und somit den kleinsten Bindemittelbedarf. Der Bindemittelgehalt (dosiert) wurde aufgrund der Erfahrungen mit 7 Masse-% festgelegt.

Die Kenndaten der im Labor hergestellten Basis-Mischung sind der Tabelle 9 zu entnehmen. Mit einer dynamischen Eindringtiefe von knapp 3 mm ist die gewählte Mischung nicht als „hart“ zu bezeichnen; andererseits ist es auch keine weiche Mischung. Sie liegt an der oberen Grenze der Anforderungen an die dynamische Eindringtiefe für Gussasphalte Typ S und somit in einem für die Baupraxis relevanten Bereich. Diese relativ weiche Mischung hat den Vorteil, empfindlicher auf Variationen der Zusammensetzung bzw. der verwendeten Baustoffe zu reagieren.

		MA 11
Bindemittelsorte		B 35/50
Zusätze		keine
Bindemittelgehalt löslich	Masse.-%	6.86
Füllergehalt	Masse.-%	27.3
Sandgehalt	Masse.-%	26.6
Splittgehalt	Masse.-%	46.1
Statische Eindringtiefe 30 Min	mm	1.8
Zunahme Eindringtiefe 30/60	mm	0.30
Dynamische Eindringtiefe 2500 Zyklen	mm	2.93
Zunahme der dyn. Eindringtiefe 2500/5000 Zyklen	mm	1.28

Tabelle 9

Zusammensetzung und Eigenschaften der optimierten Basis-Mischung Gussasphalt MA 11

5.2. Einfluss des Sand-/Füllergehaltes auf die dynamische Eindringtiefe

Die EN-Normen legen Grenzwerte für die Korngruppen der Gesteinskörnungen fest, die von den bisherigen in der Schweiz geltenden Kornfraktionen abweichen, die Sande werden in den EN-Normen anders als bisher definiert. (Auch der bisherige Begriff „Kornfraktion“ wird neu durch „Korngruppe“ ersetzt).

Bisherige Kornfraktionen: Brechsand 0/3, gewaschener Brechsand 0.1/3, Rundsand 0/4, Splitte 3/6, 6/11 (für MA 6/8), 11/16
 Neue Korngruppen: Sand 0/2, Splitte 2/4, 4/8, 8/11

Die Forschungsarbeit von Schellenberg [3] hat sich intensiv mit der Frage des Einflusses des Sandes auf den Verformungswiderstand des Gussasphaltes beschäftigt. Aus [3] sei zitiert: „Die Einflussgrößen Korngrößenverteilung im Sandbereich und das Brechsand-Natursand-Verhältnis üben auf die Merkmalsgrößen (ET_{dyn} und ZET_{dyn}) mit Varianzanteilen von unter einem Prozent praktisch keinen Einfluss aus“. Diese Aussage hat für die Baupraxis eine hohe Relevanz, denn sie ermöglicht eine erhöhte Dosierung an Rundsand, ohne die mechanischen Eigenschaften der Gussasphalte zu beeinflussen. Hohe Rundsand-Anteile haben Vorteile beim Einbau des Gussasphaltes, da sie die Verarbeitbarkeit günstig beeinflussen. Es ist daher von Bedeutung zu wissen, ob die Erkenntnis aus [3] auch mit den neu nach EN definierten Sande Bestand hat.

Zur Beurteilung des Einflusses der Variation von Füller- und Sandgehalt wurden, neben der bereits untersuchten Basis-Rezeptur 4, zusätzliche Gussasphalte hergestellt. Die untenstehende Tabelle 10 enthält die weiteren 4 Zusammensetzungen der Gussasphaltemischungen. Wie dieser Tabelle zu entnehmen ist, sind die Korngrößenverteilungen ab Siebdurchgang 4 mm identisch, sie unterscheiden sich nur im Füller-/Sand-Bereich.

Der Bindemittelgehalt der einzelnen Mischungen wurde derart festgelegt, dass ein rechnerischer Bindemittelüberschuss von 0.2 Masse-% bei 220°C für die im Proctorversuch verdichteten Mischungen entsteht. Auf diese Weise werden die verschiedenen Mischungen vergleichbar, denn bei allen vier wurde der Bindemittelgehalt nach dem gleichen Prinzip optimiert. Als Bindemittel wurde ein Bitumen B 35/50 verwendet.

	Basis-Rezeptur	füllerarm / sandarm	füllerreich / sandreich	füllerarm / sandreich	füllerreich / sandarm
Siebdurchgänge [Masse-%]					
0.09 mm	26.5	23.5	29.5	23.5	29.5
2 mm	51.0	45.2	56.8	56.8	45.2
4 mm	64.7	64.7	64.7	64.7	64.7
5.6 mm	72.8	72.8	72.8	72.8	72.8
8 mm	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3
Bindemittelgehalt	7.0	6.4	7.1	6.6	7.3
Anteil der Komponenten [Masse-%]					
Füller	26.5	23.5	29.5	23.5	29.5
Sand 0/2	24.5	21.7	27.3	33.3	15.7
Füller/Sand	1.08	1.08	1.08	0.71	1.88

Tabelle 10

Rezepturen der Gussasphalte, bei denen der Sand- und Füllergehalte variiert wurde

Die Variationen der Korngrößenverteilungen der im Labor erstellten Mischungen sind in der Abbildung 5 grafisch dargestellt. Die rechnerisch ermittelten Korngrößenverteilungen wurden im Labor recht gut nachvollzogen, obwohl beim Siebdurchgang 4 mm – entgegen der ursprünglichen Absicht – eine gewisse Streuung vorliegt.

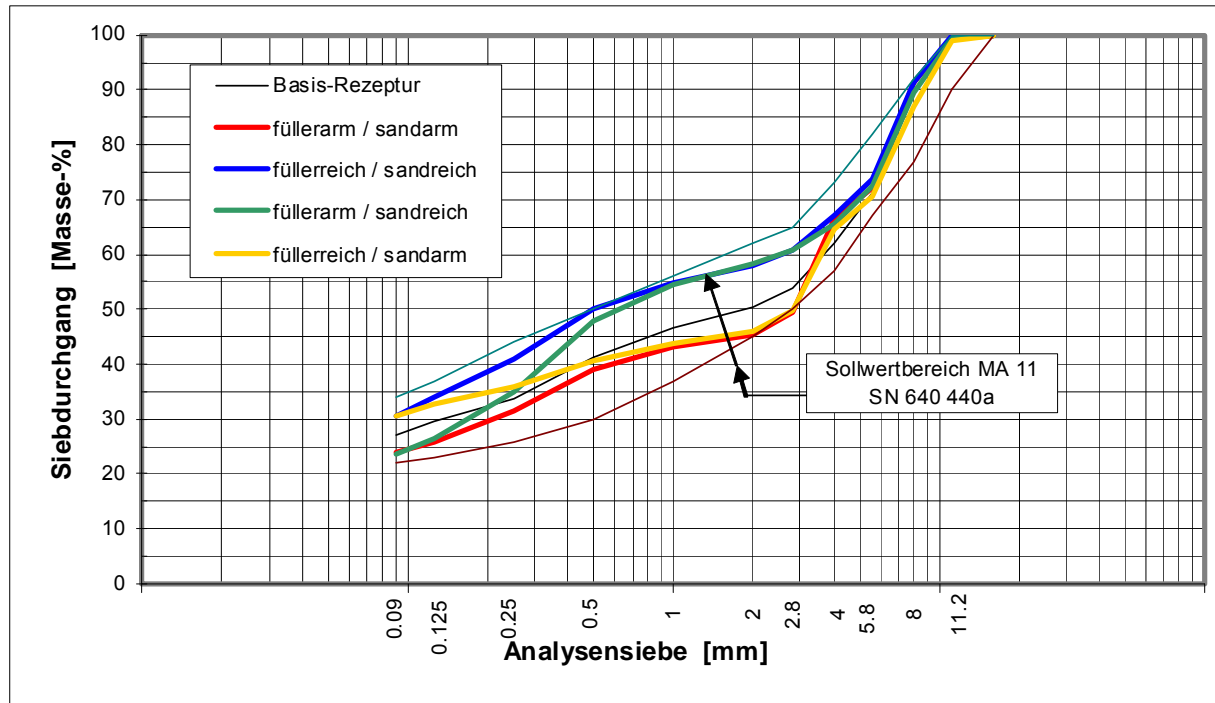


Abbildung 5

Grafische Darstellung der Variationen des Sand- und Füllergehaltes der im Labor hergestellten Mischungen (Ergebnisse der Siebanalyse)

An den 4 Gussasphalt-Mischungen wurde die dynamische Eindringtiefe in den beiden am Forschungsprojekt beteiligten Labors bestimmt. Die Laborprüfverfahren wurden vorgängig abgestimmt, um eine möglichst gute Übereinstimmung der Messergebnisse zu erreichen.

	füllerarmer / sandarm	füllerreicher / sandreich	füllerarmer / sandreich	füllerreicher / sandarm
Labor IMP				
Probe-Nr.	A03-0082	A03-0107	A03-0106	A03-0083
Dynamische Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	2.18	1.38	0.78	2.01
Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]	1.00	0.55	0.32	0.82
Labor IfM				
Probe-Nr.	Nr. 3.3	Nr. 4.3	Nr.2 3	Nr.1 3
Dynamische Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	2.22	1.48	0.82	2.12
Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]	0.88	0.57	0.27	0.90

Tabelle 11

Ergebnisse der dynamischen Eindringtiefen an den 4 unterschiedlichen Mischungen im Vergleich zur Basis-Rezeptur.

Die Bindemittelgehalte wurden auf Grund eines identischen Bindemittelüberschusses bei einer Verarbeitungstemperatur von 220 °C festgelegt. Wie die Untersuchungsergebnisse in Tabelle 11 zeigen bedeutet dies aber nicht, dass die absoluten Bindemittelmengen keinen Einfluss auf das Ergebnis der dynamischen Eindringtiefe des Gussasphaltes haben. Wenn die als füllerar/sandreich bezeichnete Mischung Nr. A03-0106 die geringste dynamische Eindringtiefe aufweist, dann deshalb, weil bei einer relativ geringen Bindemittelmenge von 6.6 Masse-% die beste Verarbeitbarkeit vorliegt.

Bei gleichem Füllergehalt reduziert ein höherer Sandgehalt die dynamische Eindringtiefe. Sowohl bei den füllerreichen als auch bei den füllerar/sandarmen Mischungen haben jeweils die sandreichen Mischungen niedrigere Eindringtiefen.

Werden die Proben A03-0083 (füllerreich/sandarm) mit A03-0082 (füllerarm/sandarm) verglichen, so ist bei nahezu identischen Eindringtiefen das Mehr von 6.0 Masse-% an Füller zu Lasten der Sandmenge durch ein Mehr an 0.9 Masse-% Bitumen kompensiert worden. Die dynamischen Eindringtiefen liegen sehr nahe beieinander.

Der Füller im Gussasphalt hat danach zwei Funktionen - einmal für die Versteifung des Bindemittels (höhere Mörtelviskosität) zu sorgen und andererseits die Mineralmasse entsprechend zu füllen. Hierbei ist ein zuviel an Füller störend, weil die Mineralmasse dann wieder aufgelockert wird.

Zweckmäßig ist ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen der Sand- und der Füllermenge wie bei Probe A03-0107 die 29.5 Masse-% Füller und 27.3 Masse-% Sand aufweist.

In der vorliegenden Arbeit wird der Sand entsprechend der Europäischen Normen als Fraktion < 2.0 mm definiert.

Bei der Beurteilung der Eignung einer Gussasphalt-Rezeptur ist auch deren Verarbeitbarkeit zu beachten. Die Plastizität (Geschmeidigkeit) des Gussasphaltes bei dessen Einbautemperatur kann mit der Messung des Drehmomentes erfolgen, der erforderlich ist, um einen Rührer im heissen Gussasphalt zu drehen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in der Abbildung 6 dargestellt, die einzelnen Daten sind im ANHANG E aufgeführt.

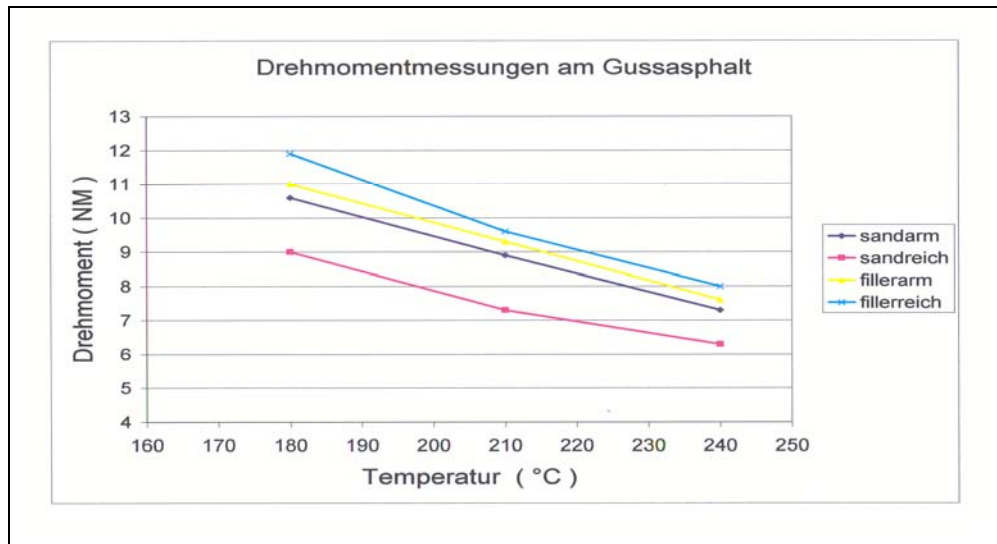


Abbildung 6

Drehmomentmessung am Gussasphalt bei verschiedenen Temperaturen

Erwartungsgemäss hat die Mischung „füller- und sandreich“ das grösste Drehmoment, sie würde sich für einen Handeinbau am wenigsten eignen.

Bezogen auf die Verarbeitbarkeit der Gussasphalte in der Praxis sind die ermittelten Drehmomente in Abhängigkeit von der Temperatur als relativ hoch zu bezeichnen mit Ausnahme der Mischung füllerarm / sandreich. Je nach den zu erwartenden Verkehrsbelastungen, müsste die Bindemittelmenge zur Erzielung einer guten Verarbeitbarkeit noch etwas erhöht werden. Auch die Verwendung von wachsmodifiziertem Bindemittel würde eine deutliche Verbesserung der Verarbeitbarkeit bringen.

5.3. Einfluss der Sandqualität auf die dynamische Eindringtiefe

Zur Beurteilung der Eigenschaften des Sandes wurde die Fliesszahl gemäss [9] bestimmt. Dabei wird die Zeit gemessen, welche eine bestimmte Menge Sand benötigt, um aus einem normierten Trichter auszufließen. Hohe Werte weisen auf einen hohen inneren Reibungswinkel (Brechsand) hin, tiefe Werte auf einen verdichtungswilligen Sand (Rundsand).

Es wurde eine Vielzahl an natürlichen Brech- und Rund-Sande untersucht, um sowohl möglichst hohe als auch möglichst niedrige Werte zu finden. Die Tabelle 12 gibt einen Überblick über die untersuchten Sande.

Provenienz	Bezeichnung	IMP-Labor-Nr	Fliesszahl [s]
Iff AG	Brechsand 0/3	A00-2471	36
Iff AG	Rundsand 0/4	A00-2472	29
Famsa, Choëx	Brechsand 0.1/3	A02-2315	39
Rhône, Le Bouveret	Brechsand 0.1/3	A02-2316	38
Rhône, Le Bouveret	Rundsand 0/4	A02-2317	30
Ménières FR	Rundsand 0/4	A02-2318	29
Bartenheim	Brechsand 0/3	03-00690-001	31
Lachat, Malcôté	Brechsand 0/3	03-00690-002	35
Bartenheim	Rundsand 0/4	03-00690-003	29
Lachat, Malcôté, Mathey	Rundsand 0/4 gew.	03-00690-004	40

Tabelle 12

Ergebnisse der Bestimmung der Fliesszahl an mehreren Sanden

Da die natürlich vorkommenden Sande Fliesszahlen aufweisen, die sich in einem relativ engen Bereich bewegen, wurde versucht einen Rundsand im Labor herzustellen, der noch tiefere Werte aufwies. Es wurde angenommen, dass sich durch Abrieb die Ecken und Kanten der Sande abnutzen und dadurch Sande mit sehr niedriger Fliesszahl entstehen würden. Aus diesem Grunde wurden Sande in der Trommel des Micro-Deval [10] beansprucht. In dieser Trommel wird eine bestimmte Menge an Sand und mit Stahlkugeln einer Rotation unterworfen, sodass eine Abriebbeanspruchung entsteht. Der Versuch kann mit oder ohne Wasser gefahren werden. Die Fliesszahl der Sande wurde vor und nach dem Micro-Deval-Versuch bestimmt. Die Ergebnisse (Tabelle 13) zeigen allerdings, dass die Werte nach der Abriebbeanspruchung teilweise sogar höher liegen. Die während des Abriebversuches entstandenen Feinanteile beeinflussen die Fliesszahl offenbar stärker als das Abrunden scharfer Kanten und Ecken.

Provenienz	Bezeichnung	Probe-Nr.	Prüfbedingungen	Fliesszahl [s]		
				vor MD	nach MD	Delta
Kieswerk Gunzgen	Rundsand 0/4	A03-0113	2kg Sand/trocken/ohne Kugeln/5000u	28	28	0
		A03-0111	2kg Sand/trocken/ohne Kugeln/50000u	28	28	0
		A03-0114	2kg Sand/trocken/3000g Kugeln/5000u	28	32	+6
		A03-0112	2kg Sand/trocken/3000g Kugeln/5000u	28	37	+9
		A03-0119	5kg Sand/trocken/2500g Kugeln/20000u	28	29	+1
		A03-0120	2kg Sand/nass/3000g Kugeln/20000u	28	*	-
Famsa, Choëx	Brechsand 0.1/3	A02-2315	2kg Sand/trocken/3000g Kugeln/5000u	39	35	-4

MD: Micro Deval nach [10]

* nicht bestimmbar, da zu viel Füller entstanden

Tabelle 13

Bestimmung der Fliesszahl verschiedener Sande vor und nach einer Abrieb-Beanspruchung im Micro Deval-Versuch

Da bei der Herstellung von Gussasphalt in der Regel Gemische aus Rund- und Brechsande verwendet werden, wurden auch solche Gemische untersucht; die Ergebnisse sind in der Tabelle 14 aufgeführt.

Bezeichnung	IMP-Labor-Nr	Fliesszahl [s]
70% Rundsand und 30%Brechsand	A02-0518 / A02-0515	29.5
60% Rundsand und 40%Brechsand	A02-0518 / A02-0515	30.5
50% Rundsand und 50%Brechsand	A02-0518 / A02-0515	31.0
40% Rundsand und 60%Brechsand	A02-0518 / A02-0515	31.5
30% Rundsand und 70%Brechsand	A02-0518 / A02-0515	32.0

Tabelle 14

Ergebnisse der Bestimmung der Fliesszahl an verschiedenen Rund-/ Brechsand-Gemische

Der Einfluss der Sandqualität auf die dynamische Eindringtiefe wurde aus folgenden Gründen nicht weiter verfolgt:

- Die Unterschiede in der Fliesszahl der verwendeten Sande und insbesondere der untersuchten Brech-/Rundsand-Gemische sind sehr klein.
- In [3] wurde gezeigt, dass die Kornform der Sande keinen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften, ausgedrückt durch die dynamische Eindringtiefe, hat. Die Aussage erfolgte aufgrund einer Untersuchung mit den Korngrössen vor der Einführung der EN-Normen. Die gemessenen Fliesszahlen der neuen EN-Sande liegen in einem derart engen Bereich, dass die Feststellung von Schellenberg durch die neuen Definitionen der Sande kaum in Frage gestellt wird.

5.4. Einfluss der Bindemitteldosierung und der Bindemittelsorte auf die dynamische Eindringtiefe

Mit der gezielten Variation der Bindemitteldosierung und der Bindemittelsorte kann die Empfindlichkeit des Prüfverfahrens angesprochen werden. Angestrebt wird ein Prüfverfahren mit einer möglichst grossen Spreizung der Ergebnisse, um in der Praxis unterschiedliche Mischgut-Konzepte mit einander vergleichen zu können. Das Prüfverfahren soll aber auch Schwankungen in der Zusammensetzung des Mischgutes und in den Eigenschaften der Baustoffe aufzeigen.

Zu diesem Zweck wurde an den in der Tabelle 15 charakterisierten Mischungen die statische und dynamische Eindringtiefe durchgeführt. Die einzelnen Untersuchungsergebnisse sind im ANHANG F aufgeführt.

Eigenschaften	Bindemittelsorten		
	B 20/30	B 35/50	B 50/70
Erweichungspunkt RuK °C	63.7	56.6	51.9
Penetration $1/_{10}$ mm	26	39	54
Zugviskosität N s/mm ²			
bei + 5 °C	3565	1255	498
bei - 25 °C	6997350	5434300	7033000

Bindemittelsorte		B20/30			B50/70		
Bindemittelgehalt [Masse-%]		6.5	6.9	7.3	6.5	6.9	7.3
Füllergehalt [Masse-%]		27.6	26.4	26.5	27.0	27.1	26.3
Sandgehalt [Masse-%]		27.0	25.5	26.7	26.9	27.3	26.9
Splittgehalt [Masse-%]		45.4	48.1	46.8	46.1	45.6	46.8

Tabelle 15

Eigenschaften der Bindemittel und Zusammensetzung der untersuchten Gussasphalt-Mischungen

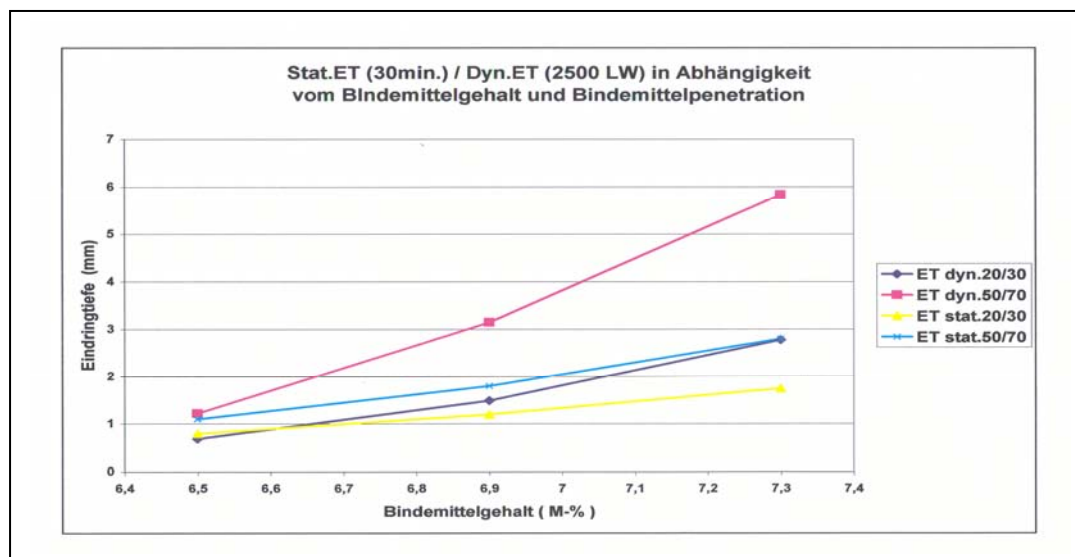


Abbildung 7

Einfluss von Bindemittelgehalt und –Sorte auf die dynamische und die statische Eindringtiefe

Aus der Abbildung 7 können für die untersuchten Proben sehr klar folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die dynamische Eindringtiefe zeigt die Unterschiede zwischen den einzelnen Mischungen sehr viel deutlicher auf, als die statische Eindringtiefe.

- Der Wechsel von der weicheren Bitumensorte B50/70 zur härteren B20/30 führt zu einer massiven Abnahme der dynamischen Eindringtiefe um 177 bis 211 %, je nach Bindemittelgehalt. Die entsprechenden Abnahmen betragen bei der statischen Eindringtiefe lediglich 137 bis 160 %, je nach Bindemittelgehalt. Die Zunahme der dynamischen Eindringtiefe ist fast linear vom Bindemittelgehalt abhängig. Die Zunahme beträgt ca. 0.45 mm pro 0.1 Masse-% Bindemittel beim B50/70 und ca. 0.25 mm pro 0.1 Masse-% Bindemittel bei B 20/30.
- In der Abbildung 7 sind die Einzelwerte der Doppelbestimmung aufgeführt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Wiederholbarkeit der Prüfung hervorragend ist; die Unterschiede zwischen den einzelnen Bestimmungen sind um ein Mehrfaches kleiner als die materialbedingten Unterschiede.

Die sensible Reaktion der Prüfmethode auf kleine Unterschiede im Bindemittelgehalt bei gleichzeitiger hervorragender Wiederholbarkeit ist für die Beurteilung von Gussasphaltmischungen in der Praxis sehr wertvoll.

5.5. Auswertung der Eignungsprüfungen

Bei der Beurteilung von Eignungs- und Erstprüfungen ist es zwingend erforderlich, sämtliche Ergebnisse zu beachten und miteinander in Relation zu bringen. Die isolierte Betrachtung und Beurteilung einzelner Parameter ist nicht nur oberflächlich, sondern kann sogar irreführend sein. Die untenstehenden Hinweise sollen die Beurteilung von Eignungs- und Erstprüfungen unterstützen.

Die Bindemittelmenge bestimmt neben der Bindemittelsorte ganz entscheidend die Eigenschaften des Gussasphaltes. Aus diesem Grund ist es erforderlich, die Gesteinskörnungen in der Korngröße 0 bis 8 bzw. 11 mm so abzustufen, dass ein möglichst geringer Hohlraumgehalt vorliegt der letztlich mit Bindemittel ausgefüllt werden muss. Die Füllermenge und die Füllerart versteifen das Bindemittel. Füller und Bindemittel bilden den bituminösen Mörtel, der entscheidend zu der Höhe der Wärmestandfestigkeit beiträgt. Je weniger an möglichst hartem Bindemittel zu einem Mehr an stark versteifendem Füller angegeben wird um so härter wird der Gussasphalt. Mit 3 °C mehr an Erweichungspunkt Ring und Kugel des Bindemittels kann man die dynamischen Eindringtiefen genauso reduzieren wie mit einem mehr an 3 M-% Füller.

Dieses Beispiel gilt nur für mittlere Bereiche und lässt sich deshalb nicht beliebig fortsetzen, weil der Gussasphalt auch verarbeitet werden muss und daher bei Verarbeitungstemperatur einen bestimmten Flüssigkeitsgrad haben muss. Die Splittgehalte sind je nach Anwendung des Gussasphaltes zwischen 45 und 55 M-% und die Füllergehalte zwischen 22 und 28 M-% zu wählen. Daraus ergeben sich Sandanteile in der Größenordnung von 20 bis 30 M-%. Die Bindemittelmengen sind anhand von Eignungsprüfungen (Erstprüfungen) zu ermitteln, sie schwanken - abhängig vom Größtkorn 8 oder 11 mm und der gewählten Korngrößenverteilung - in der Regel zwischen 6,5 und 7,5 M-%.

6. Präzision des Prüfverfahrens

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden immer wieder Vergleichsmessungen zwischen den beiden beteiligten Labor IMP und IfM durchgeführt, diese Ergebnisse werden im Kapitel 6.1 *Vergleichsmessungen* dargelegt.

Zur Bestimmung der Vergleichbarkeit und der Wiederholbarkeit wurde ein internationaler Ringversuch durchgeführt, der im Kapitel 6.2 Organisation des Internationalen Ringversuch beschrieben ist.

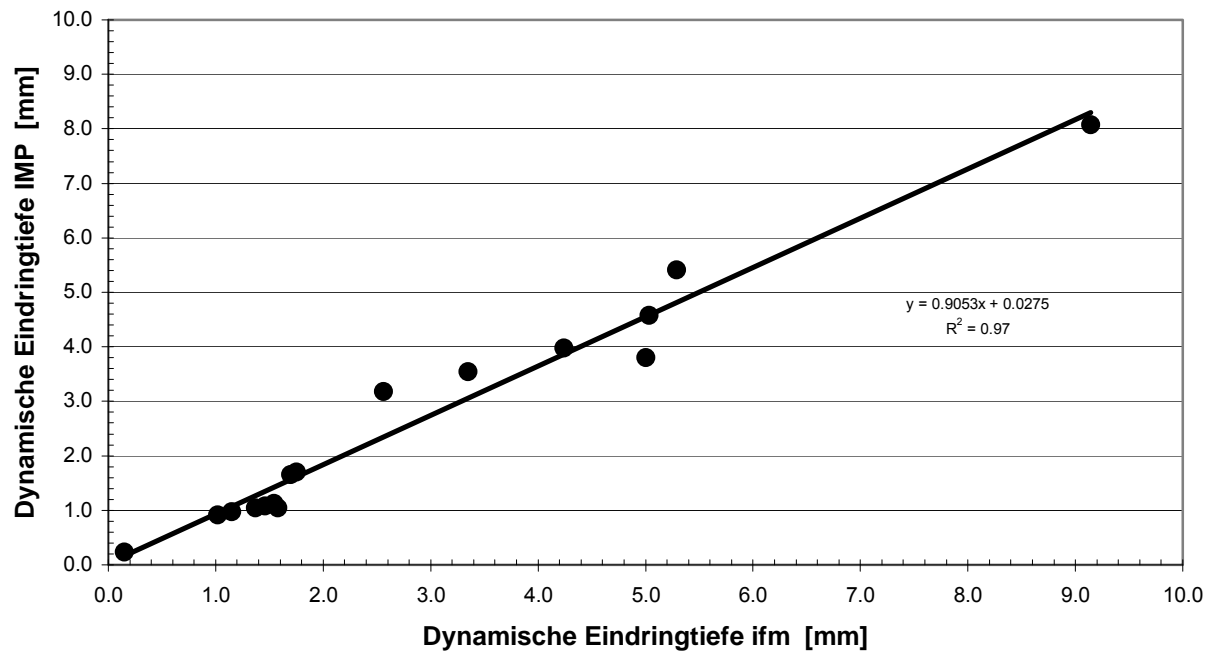
6.1. Vergleichsmessungen zweier Prüfinstitute

An insgesamt 21 Mischgutproben wurden Vergleichsmessungen in einem langen Zeitraum von 10 Jahren durchgeführt und aufgezeichnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 16 aufgeführt und in der Abbildung 8 grafisch dargestellt.

MA-Sorte / Probe-Nr.	Dynamische Eindringtiefe nach 6000 / 2500 Zyklen [mm]		Zunahme nach weiteren 4000 / 2500 Zyklen [mm]	
	ifm	IMP	ifm	IMP
Rechteckige Belastung				
MA 11 S PmB / A97-1984	1.58	1.05	0.38	0.25
MA 11 S PmB / A97-1985	1.37	1.04	0.33	0.24
MA 11 S PmB / A97-1986	0.15	0.24	0.02	0.06
MA 16 N PmB / A99-1724	2.56	3.18	0.61	0.97
MA 11 TN PmB / A99-1783	4.24	3.98	1.22	1.13
MA 11 TN PmB / A99-1788	3.35	3.55	0.94	1.22
Sinusförmige Belastung				
MA 8 Normal / A01-2881	5.29	5.41	2.26	2.59
MA 8 Weich / A01-2881	9.14	8.08	4.33	4.08
MA 16 THP / 03-01636-001	1.70	1.66	0.56	0.61
MA 11 N / 03-01664-001	5.03	4.58	2.39	2.26
MA 11 H / 05-02985-001	1.46	1.08	0.43	0.37
MA 11 H / 05-07408	1.02	0.92	0.32	0.42
MA 11 H PmB / 05-02901-002	1.15	0.98	0.37	0.40
MA 16 THP / 05-03044-001	1.75	1.70	0.57	0.62
MA 11 N / 05-03044-002	5.0	3.8	2.0	2.0
MA 11 H PmB / 05-03065-003	1.54	1.13	0.43	0.41
MA 11 H PmB / 06-03696-001	3.53	1.13	1.33	0.36
MA 11 H PmB / 06-03696-002	2.81	2.16	1.03	0.79
MA 11 H PmB / 06-04183-001	1.40	1.37	0.48	0.52
MA 11 H PmB / 06-04206-001	2.73	1.90	0.97	0.74
MA 11 H PmB / 06-04206-002	1.80	1.34	0.54	0.51

Tabelle 16

Ergebnisse der Vergleichsmessungen zwischen den beiden am Forschungsprojekt beteiligten Labors

**Abbildung 8**

Gegenüberstellung der Ergebnisse der Vergleichsmessungen zwischen den beiden am Forschungsprojekt beteiligten Labors

Die Übereinstimmung mit einem Korrelationskoeffizienten von $R^2 = 0.97$ über einen Zeitraum von 10 Jahren ist bemerkenswert. Diese Übereinstimmung zeigt, dass mit entsprechender gegenseitiger Information und Austausch der Erfahrungen zwei verschiedene Prüfinstitute sehr ähnliche Werte liefern.

6.2. Organisation des Internationalen Ringversuches

Zur Bestimmung der Präzision des Prüfverfahrens wurde ein Ringversuch organisiert. Teilgenommen haben 11 Labors aus Deutschland, der Schweiz und Ungarn; die Teilnehmer sind in der Tabelle 17 aufgeführt.

Arno J. Hinrichsen GmbH & Co.	Niederlassung Schwerin	D-19061 Schwerin
EMPA		CH-8600 Dübendorf
IMP Bautest AG		CH-4625 Oberbuchsitzen
Institut für Materialprüfung	Rottweil GmbH	D-78628 Rottweil
Nordlabor GmbH	für bautechnische Prüfungen	D-25421 Pinneberg
RWTH Aachen	Institut für Strassenwesen (isac)	D-52074 Aachen
Technische Universität Braunschweig	Institut für Strassenwesen	D-38106 Braunschweig
Technische Universität Budapest	Strassenbau Laboratorium	H-1111 Budapest
Technische Universität München	MPA BAU, Abt. Baustoffe	D-81245 München
Tecnotest AG		CH-8803 Rüschlikon
Universität Karlsruhe (TH)	Institut für Strassen- u. Eisenbahnwesen	D-76128 Karlsruhe

Tabelle 17

Teilnehmende Labors am internationalen Ringversuch

Da nicht alle Labors den gleichen Erfahrungsstand bei der Durchführung der Prüfung hatten, wurde vorgängig zum eigentlichen Ringversuch ein Vor-Ringversuch durchgeführt, um allen Labors die Möglichkeit zu geben, das eigene Verfahren abzugleichen. Allfällige Unterschiede in der Durchführung sollten dadurch rechtzeitig erkannt und gegebenenfalls korrigiert werden. Dieser Vor-Ringversuch wurde mit einem Gussasphalt MA 11 TSP durchgeführt, dessen Kennwerte in der Tabelle 18 aufgeführt sind.

		MA 11 TSP
Rezept		51187
Probe-Nr.		04-0061-001/012
Bindemittelsorte		PmB
Zusätze		Trinidad Naturasphalt
Bindemittelgehalt löslich	[Masse.-%]	6.99
Füllergehalt	[Masse.-%]	28.8
Sandgehalt	[Masse.-%]	25.0
Splittgehalt	[Masse.-%]	46.2
Statische Eindringtiefe 30 Min	[mm]	1.5
Zunahme Eindringtiefe 30/60	[mm]	0.2
Dynamische Eindringtiefe 2500 Zyklen	[mm]	1.88
Zunahme der dyn. Eindringtiefe 2500/5000 Zyklen	[mm]	0.71

Tabelle 18

Eigenschaften des Gussasphaltes, der für den Vor-Ringversuch verwendet wurde.

Um mögliche Unterschiede in der Herstellung der Prüfkörper auszuschliessen, wurden sämtliche Prüfkörper bei IMP hergestellt und an die teilnehmenden Labors versandt. Auch wurden die Daten an welchen die Prüfungen durchzuführen waren festgelegt, um unterschiedliche Alter der Prüfkörper auszuschliessen.

Die Auswertung des Vor-Ringversuches erfolgte gemäss ISO 5725 [7]. Die statistische Auswertung wurde den teilnehmenden Labors unter Angabe Ihrer Labornummer mitgeteilt, falls nötig mit der Aufforderung die eigenen Abläufe zu überprüfen.

Danach erfolgte der eigentliche Ringversuch bei welchem jedes Labor 3 Prüfkörper jeder Gussasphaltsorte zu prüfen hatte.

Der Ringversuch wurde mit zwei Gussasphaltsorten durchgeführt, deren Kennwerte in der Tabelle 19 aufgeführt sind.

		MA 16 THP	MA 11 N
Rezept		51697	51123
Probe-Nr.		03-01636-001	03-01664-001
Bindemittelsorte		PmB	B 50/70-
Zusätze		Trinidad Naturasphalt	keine
Bindemittelgehalt löslich	[Masse.-%]	7.02	7.33
Füllergehalt	[Masse.-%]	27.9	28.2
Sandgehalt	[Masse.-%]	23.0	19.4
Splittgehalt	[Masse.-%]	49.1	52.4
Statische Eindringtiefe 30 Min	[mm]	1.6	2.5
Zunahme Eindringtiefe 30/60	[mm]	0.2	0.3
Dynamische Eindringtiefe 2500 Zyklen	[mm]	1.89	4.58
Zunahme der dyn. Eindringtiefe 2500/5000 Zyklen	[mm]	0.69	2.26

Tabelle 19

Eigenschaften der Gussasphalten, der für den Ringversuch verwendet wurden.

6.3. Statistische Verfahren

Die statistische Auswertung der eingegangenen Laborergebnisse erfolgte gemäss der Norm ISO 5725 [7] „Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens“. Zur Anwendung kam eine Software, die vom VPL (Schweizerische Vereinigung Privater Labors für die Baustoffprüfung und Forschung) eigens für die Auswertung von Ringversuchen im Baubereich entwickelt wurde. Die Norm ISO 5725 verwendet zur Berechnung der Wiederhol- und Vergleichsbedingungen ein grafisches Verfahren nach Mandel und zwei numerische Verfahren, den Cochran's und den Grubb's Test.

Die statistische Auswertung der Messergebnisse beinhaltet folgende drei Stufen:

1. Kritische Prüfung der Daten, um Ausreisser und Unregelmässigkeiten bei der Anwendung des Prüfverfahrens festzustellen und auszuschliessen. Dabei werden die Verfahren nach Mandel, Cochran und Grubb eingesetzt.
2. Separate Berechnung der Präzision und der Mittelwerte für jedes Messniveau
3. Berechnung der Gesamtpräzision, des generellen Mittels und sofern vorhanden die Bestimmung der Abhängigkeit der Präzision vom Messniveau.

Die einzelnen Tests zur Prüfung der Daten sind in der Norm ISO 5725 ausführlich beschrieben; im Folgenden werden sie kurz vorgestellt:

Mandel's k Test

Dieser Test beurteilt die Konsistenz der Messungen **innerhalb eines Labors**. Dabei wird für jedes Labor (und für jede Gussasphaltsorte) die Vereinbarkeitsprüfgrösse k als Verhältnis der Standardabweichung der Messungen eines Labors und der gemittelten Standardabweichung aller Labors berechnet.

Diese Vereinbarkeitsprüfgrössen werden zusammen mit den kritischen Werten bei 95 und 99% Wahrscheinlichkeit als Balken in eine Grafik gezeichnet. Werte die eindeutig über den kritischen Werten liegen sind genauer zu untersuchen und eventuell auszuschliessen.

Mandel's h Test

Dieser Test beurteilt die Konsistenz der Messungen **zwischen den Labors**. Dabei wird für jedes Labor (und für jede Gussasphaltsorte) die Vereinbarkeitsprüfgrösse h aus dem Verhältnis der Abweichung der Labormittelwerte und der Standardabweichung der Mittelwerte berechnet.

Diese Vereinbarkeitsprüfgrössen h werden zusammen mit den kritischen Werten bei 95 und 99% Wahrscheinlichkeit als Balken in eine Grafik gezeichnet. Werte die eindeutig über den kritischen Werten liegen sind genauer zu untersuchen und eventuell auszuschliessen.

Cochran's Test

Die Norm ISO 5725 setzt zur Berechnung der Präzision voraus, dass die **Messungen innerhalb eines Labors** möglichst kleine Streuungen aufweisen. Die Einhaltung dieser Voraussetzung wird mit dem Cochran's Test überprüft.

Der Cochran Test kann nur durchgeführt werden, wenn in allen Labors die gleiche Anzahl Wiederholmessungen (Einzelwerte) durchgeführt worden sind.

Die Testgrösse C wird berechnet aus dem Quotient der grössten Standardabweichung (aller Labors) im Quadrat und der Summe aller Standardabweichungen im Quadrat. Die so berechnete Testgrösse C wird nun mit den kritischen Werten bei 95 und 99 % Wahrscheinlichkeit verglichen.

Messungen eines Labors werden als Ausreisser bezeichnet, wenn die Testgrösse C grösser als der kritische Wert bei 99% Wahrscheinlichkeit ist. Diese Messwerte sind zu verwerfen, und der Test ist mit den restlichen Messwerten zu wiederholen.

Grubb's Test

Mit dem Grubb's Test werden die Messungen (**Mittelwerte**) der Labors untereinander verglichen, wobei der Test sowohl für die grössten als auch für die kleinsten Mittelwerte durchzuführen ist.

Der Grubb's Test wird zuerst auf den grössten Wert angesetzt. Ist dieser ein Ausreisser, so werden die Messwerte ausgeschlossen und der Test für den kleinsten Mittelwert durchgeführt. Wird dabei ein Ausreisser festgestellt, so sind die Messwerte ebenfalls auszuschliessen und der Test für den verbleibenden grössten Wert durchzuführen. Das Verfahren ist so lange fortzuführen, bis keine Ausreisser mehr festgestellt werden können.

Berechnung der Präzision

Für die Bestimmung der Gesamtpräzision des Messverfahrens werden zuerst für jedes Messniveau j das generelle Mittel m_j , die Wiederholstandardabweichung s_{rj} und die Vergleichstandardabweichung s_{Rj} berechnet.

Besteht keine Abhängigkeit der Präzisionsgrössen s_{rj} und s_{Rj} vom generellen Mittel m_j , so wird die Gesamtpräzision des Messverfahrens als Mittelwert der Präzisionsgrössen s_{rj} und s_{Rj} ausgedrückt. Zeigt sich hingegen eine gewisse Abhängigkeit, so wird die Gesamtpräzision als Funktion des Mittelwertes angegeben. In der Regel erfolgt dies durch Angabe einer prozentualen Grösse. Anstelle der Standardabweichungen s_r und s_R können auch die Wiederholgrenze r und die Vergleichsgrenze R berechnet werden.

6.4. Auswertung des Vor-Ringversuches

Der so genannte „Vor-Ringversuch“ diente einzig dem Zweck sicherzustellen, dass alle beteiligten Prüfstellen die Prüfung in möglichst gleicher Art und Weise durchführen. Obwohl die Anleitung zur Durchführung der Prüfung [5] recht präzise Angaben macht, arbeitet doch jede Prüfstelle mit unterschiedlichen Geräten. Mit diesem Vorgehen konnten auch diejenigen Labors, die weniger Erfahrungen mit der Prüfung hatten ihre Verfahren validieren. Damit soll die Aussagekraft des eigentlichen Ringversuches erhöht werden.

Die Eigenschaften des verwendeten Gussasphaltes sind in der Tabelle 18 aufgeführt. Sämtliche Prüfkörper wurden durch IMP erstellt und den anderen Prüfstellen zugesendet, welche die Prüfung an einem festgelegten Datum durchführten.

Labor-Nr	Hohlraumgehalt * [Vol.-%]	ET dyn nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme der ET dyn nach weiteren 2500 Zyklen [mm]	Bemerkungen
L1	1.04	1.80	0.69	
L2	1.00	1.91	0.70	
L3	0.91	1.35	0.64	
L4	1.08	2.47	0.91	
L5	0.95	2.18	0.77	
L6	0.83	2.48	0.87	
L7	1.08	1.72	0.62	
L8	0.91	3.27	1.01	
L9	0.91	3.10	0.81	
L10	1.04	1.40	0.44	
L11	1.04	2.18	0.88	

*gerechnet mit einer Standard-Raumdicke des Mischgutes von 2.410 g/cm³

Tabelle 20

Ergebnisse des Vor-Ringversuches mit einem Gussasphalt MA 11

Da beim Vorringversuch jedes Labor nur einen Prüfkörper untersuchte, konnte keine statistische Auswertung gemäss ISO 5725 durchgeführt werden.

Die Reihenfolge der Labors in der Tabelle 17 gibt keine Hinweise auf die willkürlich getroffene Auswahl der Nummer der einzelnen Labors. Aus Diskretionsgründen werden im Folgenden keine Namen der beteiligten Labors genannt.

Die Differenzen zwischen den Prüfstellen sind zum Teil sehr gross. Sie ist teilweise darin begründet, dass nicht alle beteiligten Prüfstellen den gleichen Erfahrungshintergrund mit der Prüfmethode hatten. Die Ergebnisse aller Prüfstellen wurden allen Teilnehmern mitgeteilt und jede Prüfstelle erhielt zusätzlich die eigene zugeteilte Nummer. Bei grossen Abweichungen wurde eine Überprüfung der Abläufe verlangt.

6.5. Auswertung des Ringversuches

6.5.1. Messdaten

Die Eigenschaften der verwendeten Gussasphalte sind in der Tabelle 19 aufgeführt, die Ergebnisse der beteiligten Prüfstellen in der Tabelle 21. Die Reihenfolge der Labors in der Tabelle 17 gibt keine Hinweise auf die willkürlich getroffene Auswahl der Nummer der einzelnen Labors. Aus Diskretionsgründen werden im Folgenden keine Namen der beteiligten Labors genannt.

Labor-Nr	Hohlraumgehalt * MW [Vol.-%]	ET dyn nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme der ET dyn nach weiteren 2500 Zyklen [mm]	Bemerkungen
MA 16 THP (= S1)				
L1	1.85	1.43	0.48	
L2	1.69	1.70	0.46	
L3	0.29	0.93	0.29	Das Labor meldete Probleme mit der Steuerung
L4	1.44	2.41	0.84	
L5	1.23	1.70	0.56	
L6	1.69	1.76	0.75	
L7	1.81	1.66	0.61	
L8	1.77	-	-	
L9	1.36	2.22	0.79	
L10	1.93	2.42	0.50	
L11	1.93	1.52	0.65	
MA 11 N (= S2)				
L1	2.10	3.95	1.91	
L2	2.06	3.68	1.49	
L3	0.66	1.64	0.59	Das Labor meldete Probleme mit der Steuerung
L4	1.32	5.23	2.25	
L5	1.65	5.04	2.39	
L6	2.14	3.25	1.58	
L7	2.06	3.85	1.92	
L8	1.65	7.83	2.33	Das Labor meldete "Probleme mit dem Prüfgerät"
L9	1.98	6.99	3.28	
L10	2.47	6.30	2.27	
L11	2.06	4.21	2.55	

* gerechnet mit einer Standard-Raumdichte des Mischgutes von 2.430 g/cm³

Tabelle 21

Ergebnisse der dynamischen Eindringtiefe und des Hohlraumgehaltes der am Ringversuch beteiligten Labors

Die im Rahmen des Ringversuches zu prüfenden Gussasphalte wurden in den statistischen Verfahren mit folgenden Kurzzeichen gekennzeichnet:

S1: MA 16
S2: MA 11

Die Ergebnisse der beiden Prüfstellen L3 und L8, welche Probleme bei der Durchführung der dynamischen Eindringtiefe meldeten, wurden einer Überprüfung unterzogen:

L3, MA 16: Der vom Labor gemeldete Mittelwert der Ergebnisse bildet zwar den kleinsten aller gemessenen Werte, doch ist der Abstand zum nächsten (zweit-kleinstem) Wert nicht sehr gross. Der Abstand beträgt etwa 50 % des angegebenen Mittelwertes. Dieser Wert wurde nicht aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen.

L3, M 11: Der vom Labor gemeldete Mittelwert der Ergebnisse bildet den kleinsten aller gemessenen Werte, der Abstand zum nächsten (zweit-kleinstem) Wert beträgt etwa 220 %. Dieser Wert wurde aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen.

L8, MA 11: Der vom Labor gemeldete Mittelwert der Ergebnisse bildet zwar den grössten aller gemessenen Werte, doch ist der Abstand zum nächsten (zweit-grössten) Wert nicht sehr gross. Der Abstand beträgt etwa 10 % des angegebenen Mittelwertes. Dieser Wert wurde nicht aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen.

Die vollständige statistische Auswertung in im ANHANG G aufgeführt; sie wurde für folgende Parameter durchgeführt:

- Raumdichte (zur Überprüfung der Prüfkörperherstellung)
- Prüfkörperhöhe (zur Überprüfung der Prüfkörpervorbereitung)
- Dynamische Eindringtiefe nach 2500 Belastungszyklen „dyn ETMA 2500n“ und die Zunahme der dynamischen Eindringtiefe nach weiteren 2500 Belastungszyklen „Zun. ETMA“

6.5.2. Statistische Auswertung der Raumdichte und der Prüfkörperhöhe

Die Durchführung der verschiedenen statistischen Verfahren mit den Messdaten „Raumdichte“ und Prüfkörperhöhe“ soll Aufschluss darüber geben, ob die Prüfkörperherstellung und –Vorbereitung konform war. Ausreisser sollen erkannt werden und bei der Auswertung der Messdaten „dynamische Eindringtiefe“ berücksichtigt werden.

Die Auswertung ergab, dass keine Ausreisser vorhanden sind. Bei der Raumdichte liegt das Labor L3 oberhalb der Vergleichsstandard-Abweichung; siehe dazu

Abbildung 9. Bei der Auswertung der Ergebnisse der dynamischen Eindringtiefe können alle Daten verwendet werden; es besteht kein Anlass aufgrund der Prüfkörperherstellung und –Vorbereitung Ergebnisse auszuschliessen.

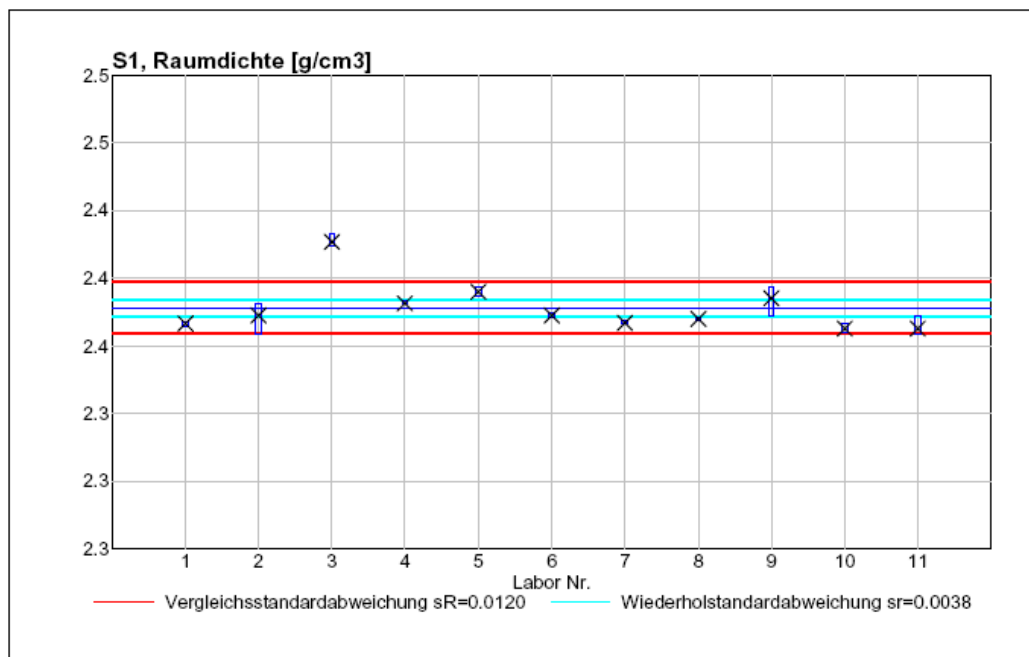


Abbildung 9

Vergleichsstandard-Abweichung der Raumdichte bei Gussasphalt MA 16 (S1)

6.5.3. Statistische Auswertung der dynamischen Eindringtiefe

Die Streubreite der Untersuchungsergebnisse innerhalb der Labors ist sehr unterschiedlich. So liegt die Standardabweichung der Einzelwerte zwischen 0.03 und 0.37 mm. Die Abbildung 10 zeigt dies für die dynamische Eindringtiefe nach 2500 Belastungszyklen beim Gussasphalt MA 16 (S1). Diese grossen Unterschiede weisen auf den unterschiedlichen Erfahrungstand der verschiedenen Prüfstellen hin. Einige führen die Prüfung routinemässig durch, andere nur sporadisch und wiederum andere haben die Prüfung im Hinblick auf den Ringversuch evaluiert und eingeführt. Es zeigt sich, dass der Vor-Ringversuch sehr wichtig war und möglicherweise umfangreicher hätte gestaltet werden sollen.

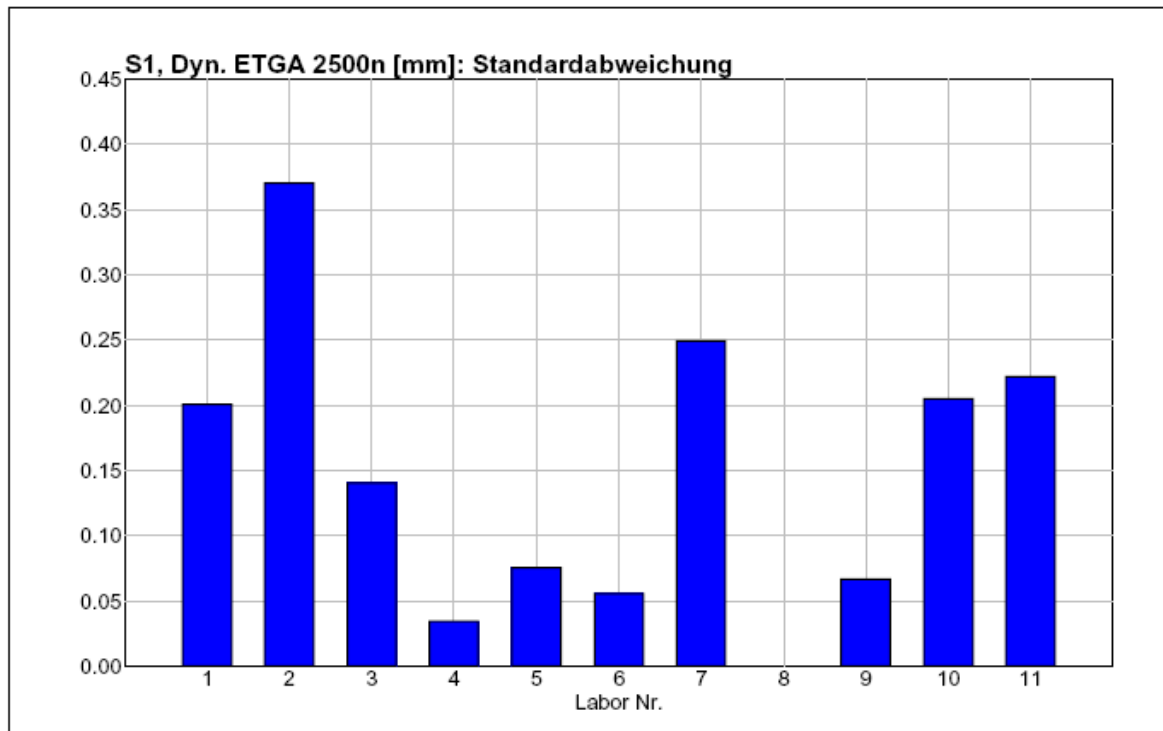


Abbildung 10

Standardabweichung der Einzelwerte der dynamischen Eindringtiefe nach 2500 Belastungszyklen beim Gussasphalt MA 16

Die im Kapitel 6.3 erläuterten statistischen Verfahren wurden mit folgenden Messdaten durchgeführt:

- dynamische Eindringtiefe nach 2500 Belastungszyklen
- dynamische Eindringtiefe nach 5000 Belastungszyklen
- Zunahme der dynamischen Eindringtiefe nach weiteren 2500 Belastungszyklen
- Exponent a der Formel $ET_{dyn} = b \times n^a$
- Konstante b der Formel $ET_{dyn} = b \times n^a$

Einzig beim Faktor b wurden statistische Ausreisser nachgewiesen, bei den übrigen 4 Parametern mussten keine Werte aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Beim Faktor b zeigten sowohl der Cochran- als auch der Grubbs-Test Ausreisser bei beiden untersuchten Materialien.

6.5.4. Präzision des Prüfverfahren

Die Präzision des Prüfverfahrens wird mit den zwei folgenden Kenngrössen ausgedrückt:

- **Wiederholgrenze r:**
Zwei unter Wiederholbedingungen ermittelte Prüfergebnisse liegen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% innerhalb der durch die Wiederholgrenze definierten Spannweite.
Wiederholbedingungen:
Bedingungen, wenn Prüfungsergebnisse mit dem gleichen Prüfverfahren, dem gleichen Laboranten, mit den gleichen Prüfeinrichtungen, im gleichen Labor innerhalb eines kurzen Zeitintervalls an verschiedenen Messproben aus der gleichen Laboratoriumsprobe ermittelt wurden.
- **Vergleichsgrenze R:**
Zwei unter Vergleichsbedingungen ermittelte Prüfergebnisse liegen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% innerhalb der durch die Vergleichsgrenze definierten Spannweite.
Vergleichsbedingungen:
Bedingungen, wenn Prüfungsergebnisse mit dem gleichen Prüfverfahren, unterschiedlichen Laboranten, mit unterschiedlichen Prüfeinrichtungen, in unterschiedlichen Labors an verschiedenen Laboratoriumsproben aus der gleichen Sammelprobe ermittelt werden.

Die Präzision des Prüfverfahrens wurde in einem ersten Schritt für das entsprechende Messniveau berechnet (siehe Tabelle 22) und in einem weiteren Schritt wurde die Gesamtpräzision berechnet.

Präzision für den Messwert ET_{dyn} 2500 Zyklen [mm]

Probe	Anzahl Labors	Generelles Mittel	Wiederholgrenze r	Vergleichsgrenze R
MA 16 (S1)	10	1.77	0.530	1.356
MA 11 (S1)	10	5.10	0.248	4.298

Präzision für den Messwert ET_{dyn} 5000 Zyklen

Probe	Anzahl Labors	Generelles Mittel	Wiederholgrenze r	Vergleichsgrenze R
MA 16 (S1)	10	2.37	0.689	1.739
MA 11 (S1)	10	7.31	0.421	5.398

Präzision für den Messwert Zunahme ET_{dyn} Zyklen

Probe	Anzahl Labors	Generelles Mittel	Wiederholgrenze r	Vergleichsgrenze R
MA 16 (S1)	10	0.593	0.186	0,494
MA 11 (S1)	10	2.219	0.174	1.437

Tabelle 22

Präzision des Prüfverfahrens bezüglich des entsprechenden Messniveau

Die dynamische Eindringtiefe wird in der Praxis zur Beurteilung harter Gussasphalte verwendet. Der im Ringversuch verwendete MA 11 liegt mit einer mittleren dynamischen Eindringtiefe nach 2500 Zyklen von 5.10 mm ausserhalb des üblichen Anwendungsgebiet der Prüfmethode. Die im ANHANG G berechnete Präzision des Verfahrens basiert auf den Messwerten, bei denen auch der hohe Wert von 5.10 mm miteinbezogen wurde. Diese rein rechnerisch ermittelte Präzision kann daher für die Praxis nicht verwendet werden.

Unter Berücksichtigung aller 10 beteiligter Labors ergeben sich für die dynamische Eindringtiefe nach 2500 Zyklen gemäss Tabelle 22 folgende Werte:

Wiederholgrenze r	30 %
Vergleichsgrenze R	77 %

Die oben erwähnten Werte sind als sehr hoch zu betrachten und entsprechen nicht den Erfahrungen aus der Praxis. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einige der beteiligten Labors nicht über Personal verfügten, das die Prüfmethode regelmässig anwendet. Dies wurde auch bereits bei der statistischen Auswertung der Prüfkörperherstellung (siehe „Statistische Auswertung der dynamischen Eindringtiefe“) festgestellt. Um trotzdem Wiederhol- und Vergleichsgrenzen auf dem heutigen Stand des Wissens angeben zu können, wurde eine Schätzung durchgeführt, bei welcher diejenigen Labors mit grossen Streuungen ausgeschlossen wurden. Im heutigen Zeitpunkt können folgende Werte angegeben werden:

Wiederholgrenze r	12 %
Vergleichsgrenze R	35 %

Diese Werte haben auch Eingang in die europäische Normierung gefunden.

7. Bewertungshintergrund

Zur Festlegung von Anforderungen an die dynamische Eindringtiefe werden die folgenden drei Auswertungen vorgenommen:

- Auswertung der bisherigen Erfahrungen der beiden am Forschungsprojekt beteiligten Prüfinstitute
- Bei einer Anzahl ausgewählter Objekte wurde der Zustand der des Gussasphaltbelages beurteilt und es wurde die dynamische Eindringtiefe ermittelt.
- Die Auswertung der durchgeführten Eignungsprüfung im Kapitel 5 gibt Hinweise auf die Empfindlichkeit der Prüfmethode

7.1. Auswertung bisheriger Erfahrungen

Die untenstehenden Graphiken geben einen Überblick über die von den beiden Prüfstellen seit der Umstellung auf die neue Prüfmethode untersuchten Gussasphalte; die Einzelwerte sind im ANHANG H aufgeführt. Es konnten insgesamt 506 Werte erfasst werden.

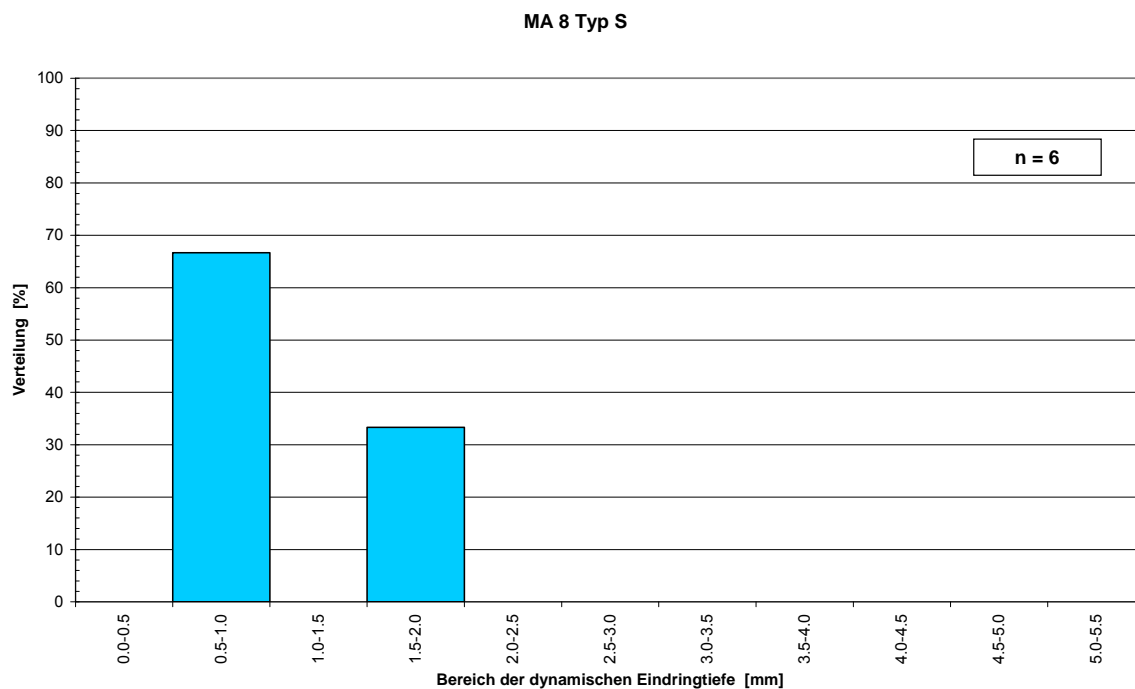


Abbildung 11

bisherige Erfahrungswerte der dynamischen Eindringtiefe an der Gussasphaltsorte MA 8 S

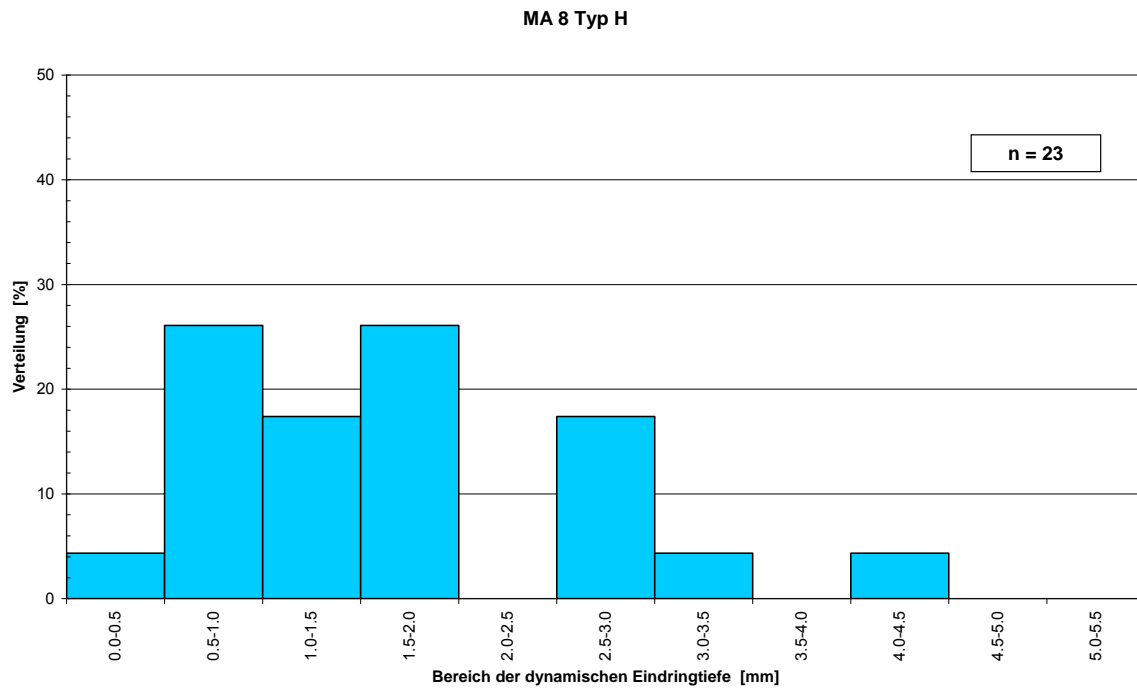


Abbildung 12
bisherige Erfahrungswerte der dynamischen Eindringtiefe an der Gussasphaltsorte MA 8 H

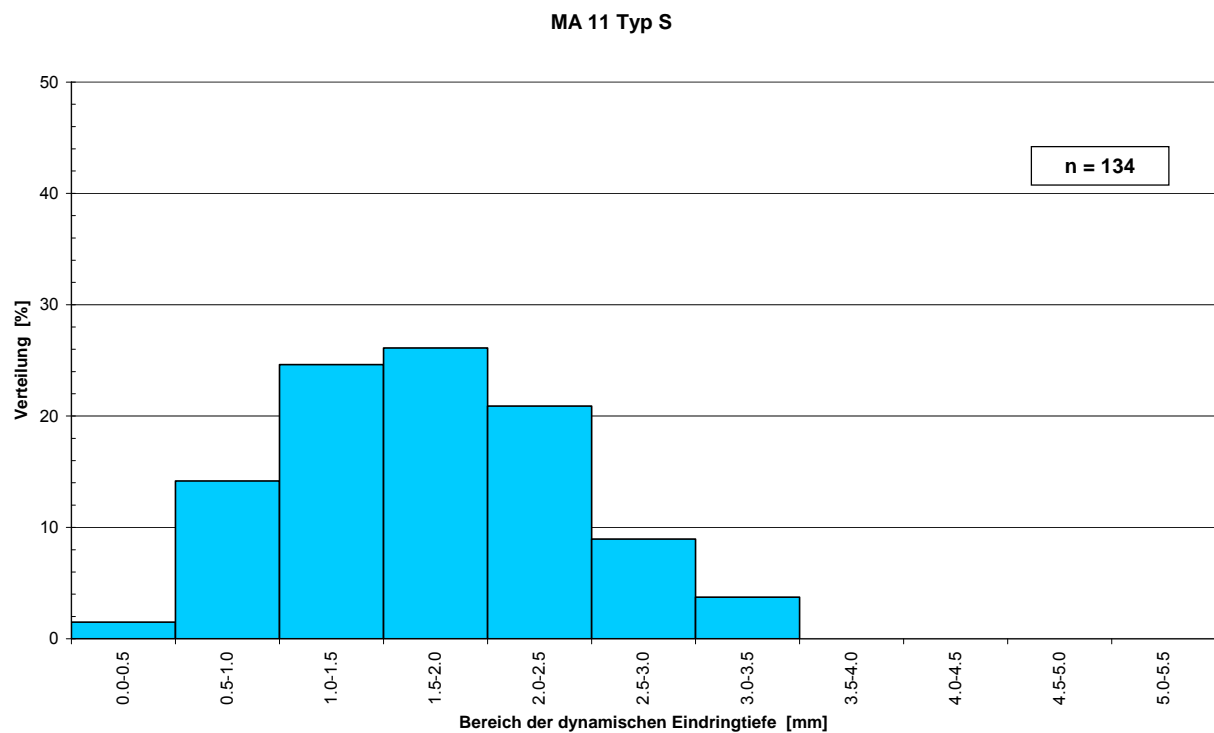


Abbildung 13
bisherige Erfahrungswerte der dynamischen Eindringtiefe an der Gussasphaltsorte MA 11 S

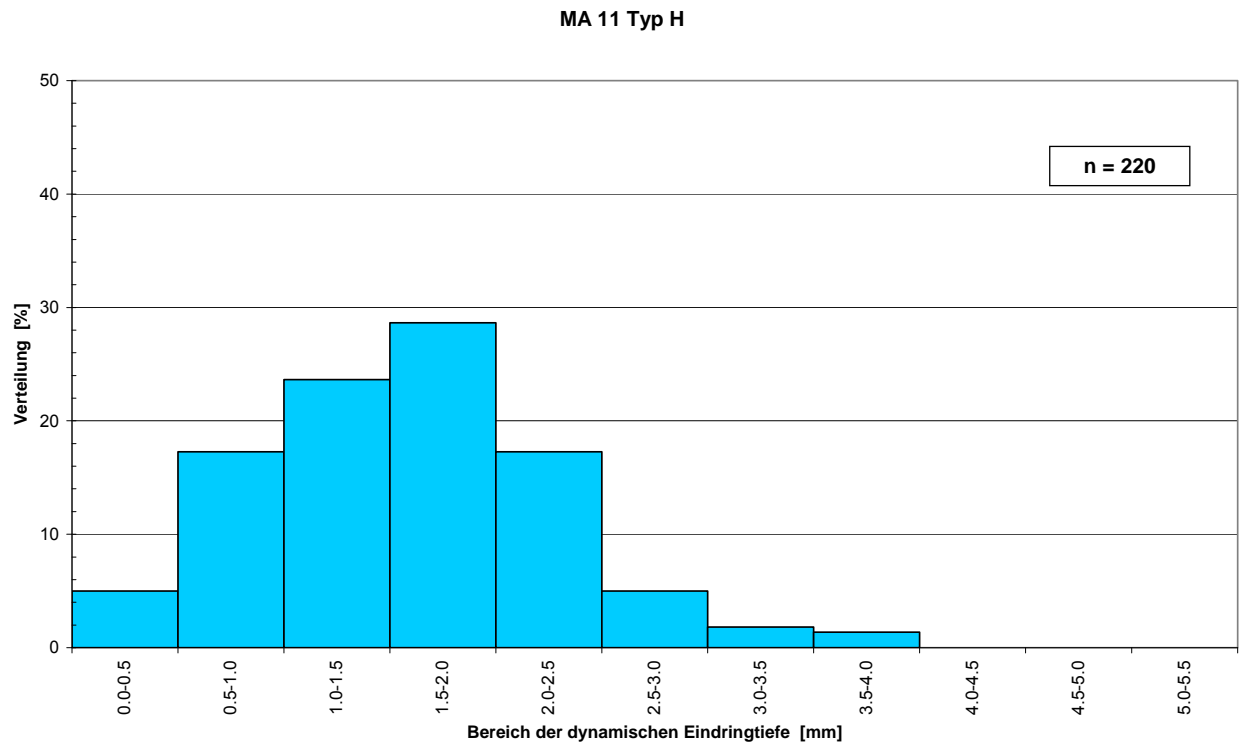


Abbildung 14
bisherige Erfahrungswerte der dynamischen Eindringtiefe an der Gussasphaltsorte MA 11 H

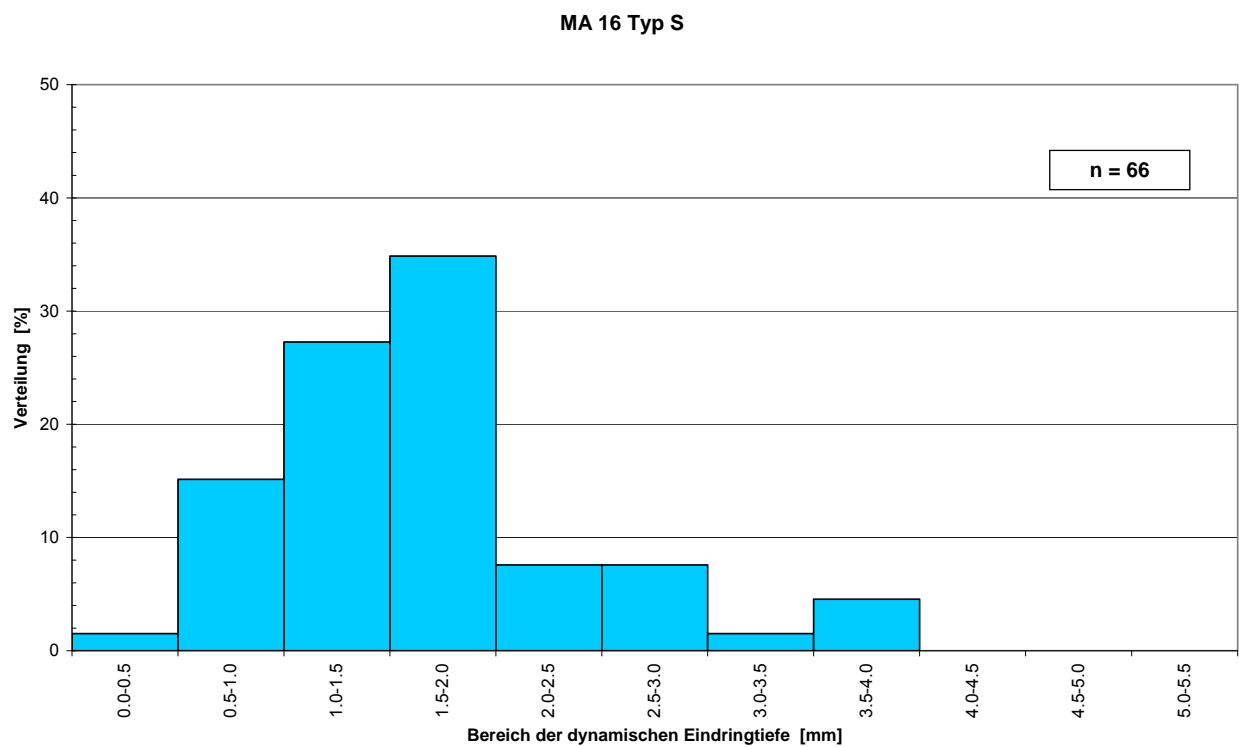


Abbildung 15
bisherige Erfahrungswerte der dynamischen Eindringtiefe an der Gussasphaltsorte MA 16 S

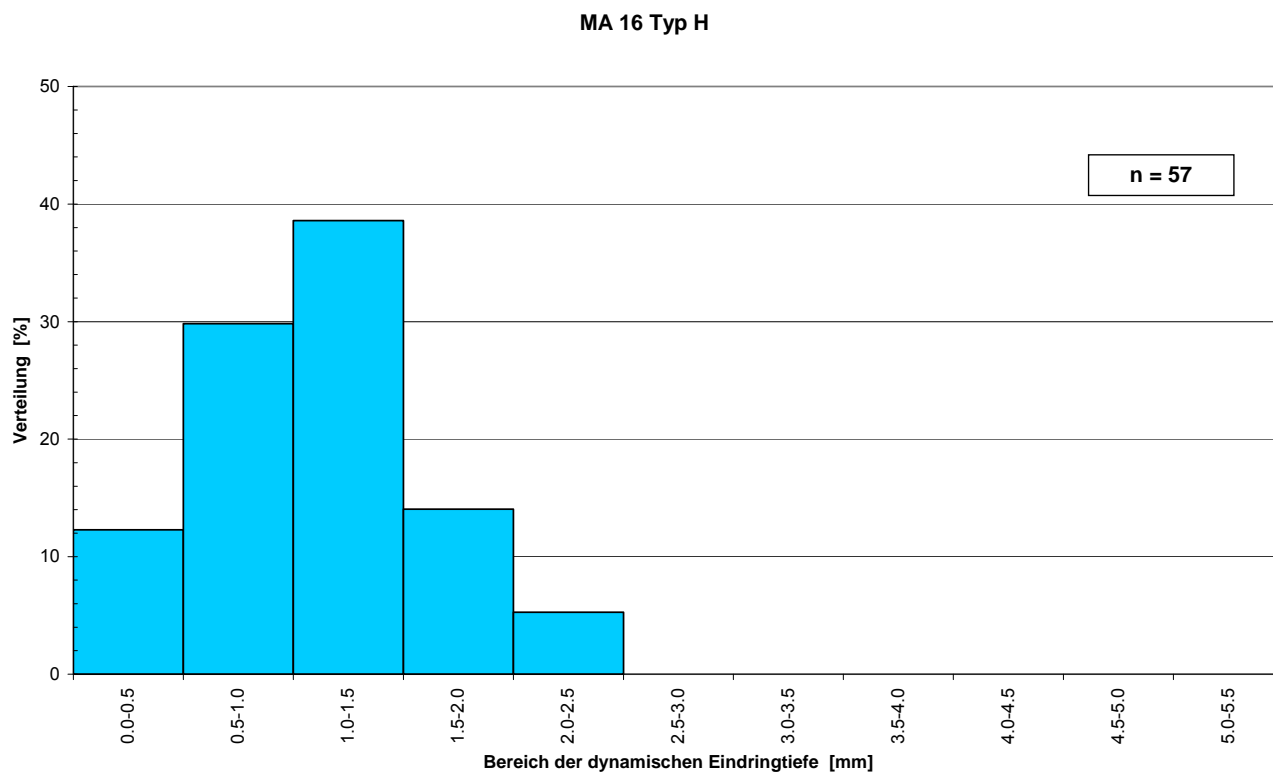


Abbildung 16
bisherige Erfahrungswerte der dynamischen Eindringtiefe an der Gussasphaltsorte MA 16 H

7.2. Untersuchungen einiger Objekte

Um die Ergebnisse der dynamischen Eindringtiefe mit dem tatsächlichen Verhalten in der Praxis in Relation zu setzen, wurden aus den laufenden Projekten des IMP diejenigen Objekte ausgewählt, welche folgende Bedingungen erfüllten:

- Die dynamische Eindringtiefe der eingebauten Gussasphalte lag zum Zeitpunkt des Einbaus unterhalb 2 mm
- Die Objekte sind mindestens seit 5 Jahren unter Verkehr

Im April 2008 fand ein Augenschein sämtlicher 10 Objekte statt, die Auswertungen sind in der Tabelle 23 aufgeführt. Bei 8 von 10 Objekten konnten keine relevanten Deformationen festgestellt werden. Bei einem Objekt mit starkem Verkehr wurden Spurrinnen von 5 ... 10 mm nach 5 Jahren gemessen. Bei einem weiteren Objekt mit mässigem Verkehr (Erschliessungsstrasse) wurden Spurrinnen von 2 ... 5 mm gemessen.

Projekt Nr.	Objekt	Einbau Gussasphalt	Verkehr	Spurrinnen	Schiebungen	Risse
210917	A3b, Anschluss Schmerikon, SBB Brücke	2002	Autobahn mässiger Verkehr	USP: keine NSP: < 2 mm Einfahrt/Ausfahrt: < 2 mm	keine	keine
214000	A2 Kt. BL Viadukt Oberburg Obj. 3.407	2002/2003	Autobahn sehr starker Verkehr	< 2 mm (geschätzt)	keine	keine
250239	Viaduc de Voyeboef Porrentruy	2003	mässiger Verkehr	< 2 mm	keine	keine
250099	S96 Überführung EBT(Ausfahrt Enge) L=130m.	2001	mässiger Verkehr	< 2 mm	keine	keine
210033	K126 Sins Obj.B-040, Reussbrücke	2003	starker Verkehr LW+PW	beide FB Tiefe 5-10 mm	keine	keine
210842	Adliswil Rellenstrasse Brücke über Sihlstrasse (Obj. 0131-09)	2001	Erschliessungsstrasse	2-5 mm	keine	keine
214000	N2, Schwarzwaldbrücke BS Obj. 915	2002	sehr starker Verkehr	keine relevanten Deformationen		
-	N2, Dreirosenbrücke Basel	2002	sehr starker Verkehr	keine relevanten Deformationen		

Tabelle 23: Auswertung der Objekte mit einem Gussasphalt-Aufbau, die sowohl älter als 5 Jahre waren, als auch eine dynamische Eindringtiefe von < 2 mm aufwiesen.

Grundsätzlich kann ausgesagt werden, dass sich die Objekte grossmehrheitlich gut verhalten haben. Gussasphalte mit dynamischen Eindringtiefen unterhalb 2 mm neigen in der Regel nicht zur Spurrinnen-Bildung.

In der Tabelle 24 sind Beispiele aufgeführt, die den gewünschten Zusammenhang zwischen der Spurrinntiefe und der dynamischen Eindringtiefe $E_{t,dyn}$ liefern. In diesen Fällen wurden - teilweise nach nur wenigen Monaten – erhebliche Spurrinnen festgestellt; die Werte der dynamischen Eindringtiefe liegen vergleichsweise hoch.

	A / Beispiel 1	B / Beispiel 2	C / Beispiel 3	D / Beispiel 4
Verkehrsbelastung	T6	T6	T6	T6
Alter	2 Jahre	wenige Monate	4 Jahre	5 Jahre
Deckschicht:				
ET dyn [mm]	5.3	3.0 / 4.9	2.6	1.9
Δ ET dyn [mm]	1.8	1.4 / 2.1	1.1	0.7
Tragschicht:				
ET dyn [mm]	3.0	keine Tragschicht	keine Tragschicht	keine Tragschicht
Δ ET dyn [mm]	1.1			
Schutzschicht:				
ET dyn [mm]	2.9	2.4 / 2.8	5.7	3.2
Δ ET dyn [mm]	1.0	1.0 / 0.9	2.3	1.3
Spurrinntiefe [mm]	5	9	5	23

Tabelle 24 Wesentliche Merkmale der erwähnten Objekte; umfassende Informationen finden sich im ANHANG K.

Dass jedoch auch Objekte mit einer dynamischen Eindringtiefe kleiner 2 mm Deformationen aufweisen können zeigen die untenstehenden Beispiele. In diesen Fällen hat sich herausgestellt, dass nicht der Gussasphalt selbst zu weich eingestellt war, sondern ungünstige konstruktive Zusammenhänge zu den erhöhten Verformungen geführt haben. In allen Fällen in denen die Steifigkeit des Gussasphalt nicht ursächlich für die Spurrinnenbildungen, war gingen die Verformungen der Gussasphaltschicht von den Abdichtungen aus. So war bei einer großen Stahlbrücke in Stuttgart; die Verklebung der Gussasphalt-Schutzschicht mit dem Stahlblech im Laufe der Jahre so reduziert, dass sich die Gussasphaltschichten unter Verkehrsbelastung verschoben haben; mit entsprechenden Spurrinnenbildungen und Rissbildungen. Bei einer großen Rheinbrücke in Köln waren die erheblichen Spurrinnenbildungen dadurch entstanden, dass niederviskose Anteile aus der Pufferschicht in den Radrollspuren bis in die Gussasphaltdeckschicht aufgestiegen sind und diese erweicht haben. Ähnliche Ursachen lagen bei einer großen Autobahnbrücke vor, bei welcher innerhalb 20 Tagen Spurrinntiefen bis 25 mm entstanden sind, weil die als Abdichtung eingebaute 10 mm dicke Mastixschicht zu weich war und in die darüber liegenden Gussasphaltschichten in Bereichen starker Verkehrsbelastungen (Radrollspuren) aufgestiegen ist.

Die wenigen Beispiele sollen verdeutlichen, dass Verformungen der Gussasphaltbeläge nicht direkt mit der Härte des Gussasphaltes in Verbindung stehen müssen. Es ist daher erforderlich bei Schadensfällen eine umfassende Abklärung zur Feststellung der Schadensursachen durchzuführen.

7.3. Anforderungswerte

Die Anwendung von Gussasphalt als Trag-, Binder- oder Deckschicht im Strassen- und Brückenbau hat in den letzten Jahren gezeigt, dass innerhalb der Verkehrsklasse H die Eindringtiefe noch deutlich unter ET_{dyn} 2,5 mm reduziert werden muss, wenn besondere Beanspruchungen wie z. B. Stauräume vor Ampeln oder ähnliche Belastungen vorliegen. In diesen Fällen sind Werte in der Grössenordnung von ET_{dyn} 1,0 mm anzustreben. Sollte es bei derart steif eingestellten Gussasphalten zu Verarbeitungsschwierigkeiten kommen, so bietet sich der Einsatz von niedermolekular-modifizierten Bindemittel an. Diese Bindemittel werden üblicherweise zur Temperaturabsenkung verwendet, sind jedoch auch zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit sehr geeignet.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen schlagen die Forschungsstellen die in Abbildung 17 aufgeführten Anwendungsbereiche für die verschiedenen Gussasphalt-Typen vor.

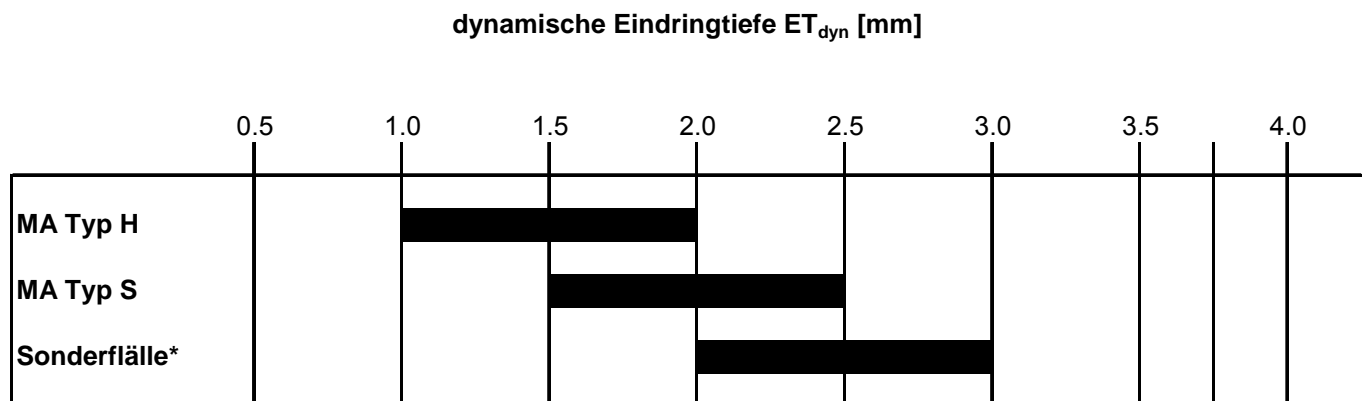


Abbildung 17: Darstellung der empfohlenen Anwendungsbereiche für die Gussasphalt-Typen S und H. (Sonderfälle treten bei besonderen klimatischen Verhältnissen und/oder Höhenlagen auf)

Unter Berücksichtigung der möglichen Schwankungen - aus den verwendeten Baustoffen, dem Aufbereitungsprozess, dem Nachmischvorgang, der Probenahme und der Prüfung - werden folgende maximalen Werte, die in jedem Falle einzuhalten sind, vorgeschlagen:

MA Typ H	< 2.5 mm
MA Typ S	< 3.0 mm

8. Folgerungen

8.1. Prüfverfahren zur Bestimmung der dynamischen Eindringtiefe

8.1.1. Prüfanleitung

Die Arbeiten haben die offenen Fragen zur Durchführung der dynamischen Eindringtiefe geklärt und bereinigt. Diese Erkenntnisse sind sowohl in den europäischen, als auch in der Schweizer Norm eingeflossen. Im ANHANG J ist daher der vollständige Text der SN 640 411- NA (ANHANG) wiedergegeben.

8.1.2. Präzision des Verfahrens

An insgesamt 21 Mischgutproben wurden Vergleichsmessungen zwischen den Prüfstellen IMP und IfM in einem langen Zeitraum von 10 Jahren durchgeführt und aufgezeichnet. Die Übereinstimmung mit einem Korrelationskoeffizienten von $R^2 = 0.97$ ist bemerkenswert. Diese Übereinstimmung zeigt, dass mit entsprechender gegenseitiger Information und Austausch der Erfahrungen zwei verschiedene Prüfinstitute sehr ähnliche Werte liefern.

Es wurde ein internationaler Ringversuch mit 11 Prüfinstitute und 2 verschiedenen Gussasphalt-Sorten durchgeführt. Obwohl ein Vor-Ringversuch durchgeführt wurde, um die Prüfverfahren abzugleichen und den Wissensstand der beteiligten Labors anzugleichen, musste festgestellt werden, dass nicht alle Prüfstellen über genügend Erfahrungen in der Durchführung der Prüfung aufwiesen. Im heutigen Zeitpunkt können folgende Werte angegeben werden:

Wiederholgrenze r	12 %
Vergleichsgrenze R	35 %

Diese Werte haben auch Eingang in die europäische Normierung gefunden.

8.2. Bewertung der Prüfmethode „dynamischen Eindringtiefe“

8.2.1. Vergleich mit statischer Eindringtiefe

Es konnten insgesamt 405 Wertepaare ausgewertet werden; es lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die Werte der dynamischen Eindringtiefe sind generell grösser als diejenigen der statischen Eindringtiefe; dieses Ergebnis war zu erwarten.
- Auffallend ist, dass im Bereich der statischen Eindringtiefen von 1.5 bis 2.5 mm die Werte der dynamischen Eindringtiefe zwischen 0.9 und 4.5 mm liegen. Die Bandbreite der Eindringtiefen beträgt bei der statischen Prüfung 1 mm, während sie bei der dynamischen Prüfung - für die gleichen Gussasphalte - 3.6 mm beträgt. Die deutlich bessere Spreizung der dynamischen Eindringtiefe kommt klar zum Ausdruck.
- Der tiefe Korrelationskoeffizient ($R^2 = 0.66$) aller 405 Wertepaare zeigt, dass wohl ein Trend zwischen den beiden Prüfergebnissen vorliegt, dass jedoch keine gesicherte Korrelation besteht.

8.2.2. Vergleich „alte“ zu „neuer“ dynamischen Prüfung

Bei 16 verschiedenen MA-Proben wurde die dynamische Eindringtiefe mit beiden Prüfmethode bestimmt. Der Korrelationskoeffizient der 16 Wertepaare ist mit $R^2 = 0.88$ recht befriedigend, obwohl das in [3]. publizierte Niveau von 0.99 nicht erreicht wurde.

Diese guten Korrelationskoeffizienten erlauben es die früher ermittelten Untersuchungsergebnisse mit den Werten des neuen Verfahrens zu vergleichen. Daraus den Schluss zu ziehen, der Wechsel zur neuen Methode sei überflüssig ist allerdings nicht korrekt: Bedingt durch den verkehrssimulierenden Spannungsaufbau (haversine) ist mit dem neuen Verfahren eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erwarten, weil unkontrollierte Spannungsspitzen vermieden werden. Darüber hinaus liegt das Ergebnis in der Hälfte der Zeit vor.

8.2.3. Sensibilität der dynamischen Eindringtiefe

Mit der gezielten Variation der Bindemitteldosierung und der Bindemittelsorte kann die Empfindlichkeit des Prüfverfahrens angesprochen werden. Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die dynamische Eindringtiefe zeigt die Unterschiede zwischen den einzelnen Mischungen sehr viel deutlicher auf, als die statische Eindringtiefe
- Der Wechsel von der weicheren Bitumensorte B50/70 zur härteren B20/30 führt zu einer massiven Abnahme der dynamischen Eindringtiefe um 177 bis 211 %, je nach Bindemittelgehalt. Die entsprechenden Abnahmen betragen bei der statischen Eindringtiefe lediglich 137 bis 160 %.
- Die Zunahme der dynamischen Eindringtiefe ist fast linear vom Bindemittelgehalt abhängig. Die Zunahme beträgt ca. 0.45 mm pro 0.1 Masse-% Bindemittel beim B50/70 und ca. 0.25 mm pro 0.1 Masse-% Bindemittel bei B 20/30.
- Die Wiederholbarkeit der Prüfung ist hervorragend; die Unterschiede zwischen den einzelnen Bestimmungen sind um ein Mehrfaches kleiner als die materialbedingten Unterschiede.

Die sensible Reaktion der Prüfmethode auf kleine Unterschiede im Bindemittelgehalt bei gleichzeitiger hervorragender Wiederholbarkeit ist für die Beurteilung von Gussasphaltemischungen in der Praxis sehr wertvoll. Angestrebt wird ein Prüfverfahren mit einer möglichst grossen Spreizung der Ergebnisse, um in der Praxis unterschiedliche Mischgut-Konzepte mit einander vergleichen zu können. Das Prüfverfahren soll aber auch Schwankungen in der Zusammensetzung des Mischgutes und in den Eigenschaften der Baustoffe aufzeigen.

8.3. Anforderungswerte

Die Europäische Norm für Erstprüfungen [12] legt fest, dass für Gussasphalte mit einer statischen Eindringtiefe < 2.5 mm die Prüfung der dynamischen Eindringtiefe durch zu führen sei.

Aufgrund der jahrelangen Erfahrungen beider Forschungsstellen, der Auswertung von über 500 Prüfergebnissen sowie der Beobachtung des Verhaltens mehrerer Objekte wurden Anwendungsbereiche für die verschiedenen Gussasphalt-Typen beschrieben. Unter Berücksichtigung der möglichen Schwankungen - aus den verwendeten Baustoffen, dem Aufbereitungsprozess, dem Nachmischvorgang, der Probenahme und der Prüfung - werden folgende maximalen Werte, die in jedem Falle einzuhalten sind, vorgeschlagen:

MA Typ H	< 2.5 mm
MA Typ S	< 3.0 mm

Diese Werte basieren auf dem heutigen Stand des Wissens, sie haben bereits Eingang in das geltenden Schweizerische Normenwerk gefunden [11][13]. Durch die breite Anwendung dieser Werte kann der Erfahrungshintergrund ausgebaut werden. Diese Anforderungswerte werden zu einem späteren Zeitpunkt zu überprüfen sein.

9. Literaturverzeichnis

[1]	Schellenberg, K.	Gussasphalt auf Brücken, Parkdecks und anderen Verkehrsflächen; Die Asphaltstrasse 1/91
[2]	Schellenberg, K.	Neue Prüfverfahren zur Beurteilung von Gussasphalt auf Betonbrücken; Bitumen 1/97
[3]	Schellenberg, K., Eulitz, H.J.	Ansprache des Verformungswiderstandes von Gussasphalt mit dem dynamischen Eindringversuch mit ebenem Stempel – Weiterentwicklung und Bewertungshintergrund; Forschung Strassenbau und Verkehrstechnik; Heft 798, Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn; Dezember 2000
[4]	Leutner, R.	Der dynamische Stempelintrittversuch; Asphalt 5/03
[5]	TP A-StB	Dynamischer Eindringversuch mit ebenem Stempel (DE-GA) – Bestimmung des Verformungswiderstandes von Gussasphalt bei Wärme; FGSV
[6]	SN 671 970	Bituminöses Mischgut, Prüfverfahren. Eindringtiefe eines ebenen Stempels, statische Prüfung, Nov. 1999.
[7]	ISO 5725	Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen; Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens
[8]	Rubach, K.	Determination of the void content of mineral aggregate for gussasphalt in a given state of compaction in order to estimate excess binder content; unpublished thesis; Institute für Highways Brunswick Technical University, 1989
[9]	AFNOR P 18-564 EN 933-6	Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinkörnungen – Beurteilung der Oberflächeneigenschaften – Teil 6: Fliesskoeffizienten von Gesteinkörnungen.
[10]	EN 1097-1	Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinkörnungen – Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiss (Micro-Deval).
[11]	SN 640 441-NA	Gussasphalt – Mischgutanforderungen; Anhang H
[12]	EN 13108-20	Asphaltemischgut – Mischgutanforderungen – Teil 20: Erstprüfung
[13]	SN 640 440b	Gussasphalt; Konzeption, Ausführung, Anforderungen an die eingebauten Beläge

10. Anhang

ANHANG A	Ergebnisse dynamischer Eindringtiefen mit rechteckiger und sinusförmiger Belastung
ANHANG B	Vergleich dynamische / statische Eindringtiefe
ANHANG C	Untersuchungen an den Baustoffen für die Eignungsprüfungen
ANHANG D	Optimierung der Rezeptur
ANHANG E	Ergebnisse der Drehmomentmessungen
ANHANG F	Einfluss der Bindemitteldosierung und der Bindemittelsorte
ANHANG G	Statistische Auswertung des Ringversuches
ANHANG H	Auswertung bisheriger Erfahrungen
ANHANG I	Datenblätter der untersuchten Objekte
ANHANG J	Prüfanleitung zur Durchführung der dynamischen Eindringtiefe
ANHANG K	Objektdaten der Beispiele (Kapitel 7.2)
	Einfluss des Alters der Prüfkörper auf die dynamische Eindringtiefe

ANHANG

L

ANHANG A**Ergebnisse dynamischer Eindringtiefen mit rechteckiger und sinusförmiger Belastung**

Probe-Nr.	Rechteckige Belastung		Sinusförmige Belastung	
	Dynamische Eindringtiefe nach 6000 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 4000 Zyklen [mm]	Dynamische Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]
A00-0014	2.26	0.63	1.98	0.71
A00-0097	0.19	0.06	0.51	0.23
A01-0153	5.06	1.44	4.36	1.40
A01-0197	2.22	0.58	2.18	0.73
A01-1829	2.74	0.59	2.16	0.85
A01-1830	2.81	0.71	2.22	0.89
A01-1831	0.97	0.23	0.94	0.33
A01-2011	0.66	0.14	0.56	0.18
A01-2012	1.48	0.37	1.24	0.44
A01-2013	1.14	0.27	1.16	0.40
A01-2050	1.48	0.32	1.69	0.58
A01-2051	1.09	0.28	1.28	0.46
A01-2091/92/93	1.91	0.34	1.03	0.43
A01-2229	1.10	0.28	1.17	0.41
A01-2248	1.04	0.23	0.98	0.35
A01-2298	1.64	0.45	2.39	0.95

ANHANG B**Vergleich dynamische / statische Eindringtiefe**

Probe-Nr.	Prüfdatum	Dynamische Eindringtiefe		Statische Eindringtiefe	
		Dyn. Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]	Stat. Eindringtiefe nach 30 Minuten [mm]	Zunahme nach weiteren 30 Minuten [mm]
A00-0014	10.05.2001	1.70	0.61	1.4	0.2
A01-0197	11.05.2001	1.99	0.66	1.6	0.3
A01-0153	14.05.2001	3.35	1.08	2.1	0.3
A01-1036	07.06.2001	0.74	0.30	1.1	0.2
A01-1329	03.07.2001	2.50	0.96	1.7	0.3
A01-1391	13.07.2001	1.20	0.46	1.0	0.1
A01-1586	31.07.2001	1.54	0.63	1.6	0.3
A01-1829	13.08.2001	2.16	0.85	1.6	0.2
A01-1830	13.08.2001	2.22	0.89	1.8	0.3
A01-1831	17.08.2001	0.94	0.33	1.2	0.2
A01-1890	21.08.2001	0.81	0.27	0.8	0.2
A01-2617	31.10.2001	1.22	0.43	1.4	0.2
A01-2618	06.11.2001	1.02	0.38	1.2	0.1
A01-2882	27.11.2001	8.75	4.23	5.3	1.3
A01-2881	27.11.2001	4.29	2.28	2.5	0.4
A02-0421	05.04.2002	1.32	0.57	1.7	0.2
A02-0422	05.04.2002	1.09	0.34	1.2	0.1
A02-0422	10.04.2002	1.12	0.46	1.2	0.1
A02-0520	30.04.2002	1.09	0.50	1.2	0.2
A02-0522	30.04.2002	2.55	0.94	1.8	0.3
A02-0615	15.05.2002	1.91	0.66	1.5	0.2
A02-0611	16.05.2002	1.11	0.35	1.1	0.2
A02-0879	13.06.2002	1.21	0.46	1.5	0.2
A02-0880	14.06.2002	0.92	0.32	1.3	0.2
A02-0881	14.06.2002	1.56	0.54	1.8	0.3
A02-1649	03.07.2002	1.29	0.48	1.7	0.2
A02-1673	04.09.2002	1.75	0.69	2.2	0.3
A02-1710	10.09.2002	0.82	0.31	1.0	0.2
A02-1714	11.09.2002	1.36	0.53	1.4	0.2
A02-1717	12.09.2002	0.91	0.32	1.1	0.2
A02-1761	13.09.2002	1.85	0.70	1.5	0.3
A03-0096	07.02.2003	0.98	0.33	0.9	0.2
A03-0095	07.02.2003	0.98	0.39	0.8	0.1
A03-0603	15.04.2003	0.66	0.23	1.6	0.1
03-00217-003	28.05.2003	1.83	0.69	1.6	0.3
03-00253-002	04.06.2003	1.39	0.47	1.5	0.2
03-00240-004	12.06.2003	0.85	0.27	1.2	0.2
03-00240-007	13.06.2003	1.21	0.40	1.4	0.3
03-00298-	18.06.2003	1.98	0.74	1.8	0.3

002					
03-00922-003	03.09.2003	2.33	0.85	1.9	0.3
03-00922-004	04.09.2003	2.76	1.06	2.1	0.3
03-01023-002	11.09.2003	2.22	0.83	1.9	0.3
03-01032-001	17.09.2003	1.48	0.53	1.4	0.2
03-01032-002	18.09.2003	1.13	0.37	1.3	0.2
03-01102-003	29.09.2003	1.70	0.58	1.5	0.2
03-01102-007	29.09.2003	2.15	0.77	1.9	0.3
03-01266-003	08.10.2003	1.53	0.54	1.1	0.1
03-01266-007	09.10.2003	1.92	0.74	1.8	0.2
03-01348-001	29.10.2003	1.44	0.50	1.4	0.2
03-01348-002	29.10.2003	2.08	0.74	1.9	0.3
03-01419-004	03.11.2003	1.53	0.61	1.8	0.2
03-01419-010	04.11.2003	1.70	0.61	1.4	0.2
03-01545-003	14.11.2003	2.09	0.80	1.5	0.2
03-01545-007	18.11.2003	2.17	0.79	2.1	0.3
03-01545-011	18.11.2003	2.11	0.80	1.7	0.3
03-01664-001	27.11.2003	4.58	2.26	2.5	0.3
03-01636-001	27.11.2003	1.89	0.69	1.6	0.2
03-01840-004	13.01.2004	1.31	0.52	1.1	0.2
03-01840-001	14.01.2004	1.22	0.54	1.3	0.2
04-00020-003	15.01.2004	1.89	0.73	1.4	0.2
04-00019-004	16.01.2004	1.70	0.65	1.6	0.2
04-00019-010	20.01.2004	1.76	0.65	1.4	0.2
04-00020-007	20.01.2004	1.80	0.66	1.6	0.2
04-00020-011	21.01.2004	1.94	0.75	1.6	0.2
04-00092-001	05.02.2004	1.69	0.75	1.4	0.2
04-00092-002	06.02.2004	4.72	2.41	2.3	0.4
04-00093-001	10.02.2004	0.82	0.33	0.9	0.1
04-00093-002	11.02.2004	0.72	0.30	0.8	0.1
04-01521-	02.06.2004	3.04	1.35	2.4	0.4

001					
04-01521-002	02.06.2004	3.52	1.58	3.0	0.7
04-01619-001	09.06.2004	2.22	0.84	2.4	0.4
04-01694-001	15.06.2004	2.21	0.91	1.9	0.2
04-01704-003	16.06.2004	1.15	0.38	1.9	0.2
04-01673-004	17.06.2004	2.99	1.16	1.8	0.2
04-01749-001	21.06.2004	2.19	0.88	1.6	0.2
04-01743-001	21.06.2004	1.46	0.44	2.6	0.2
04-01756-001	23.06.2004	1.82	0.72	1.9	0.3
04-01818-001	28.06.2004	1.23	0.37	2.5	0.3
04-01798-001	28.06.2004	1.63	0.63	1.3	0.2
04-01893-002	05.07.2004	1.38	0.50	1.4	0.2
04-01989-001	13.07.2004	0.71	0.21	1.2	0.2
04-01848-001	13.07.2004	0.85	0.27	1.2	0.2
04-01995-003	13.07.2004	1.33	0.43	1.9	0.2
04-02012-001	16.07.2004	0.99	0.32	1.2	0.2
04-02082-003	21.07.2004	1.74	0.51	2.0	0.3
04-02227-003	03.08.2004	1.18	0.31	1.4	0.1
04-02600-002	03.08.2004	1.68	0.56	1.5	0.2
04-02170-002	04.08.2004	2.23	0.88	1.8	0.3
04-02359-002	13.08.2004	0.61	0.21	0.8	0.1
04-02393-001	17.08.2004	0.93	0.34	1.4	0.2
04-02432-005	24.08.2004	1.54	0.59	1.2	0.1
04-02465-002	24.08.2004	1.30	0.43	1.5	0.2
04-02432-006	25.08.2004	1.63	0.58	1.4	0.2
04-02478-003	27.08.2004	3.24	1.43	2.4	0.4
04-02544-002	01.09.2004	0.69	0.20	0.7	0.1
04-02544-001	01.09.2004	0.45	0.14	0.9	0.1
04-02598-001	03.09.2004	0.72	0.22	1.0	0.1
04-02598-002	06.09.2004	0.43	0.11	0.7	0.1
04-02635-	07.09.2004	1.11	0.34	1.5	0.2

004					
04-02574-001	07.09.2004	0.55	0.17	0.9	0.2
04-02598-003	08.09.2004	0.54	0.17	0.9	0.1
04-02612-001	17.09.2004	1.82	0.69	1.6	0.3
04-03212-001	19.10.2004	1.27	0.45	1.3	0.2
04-03314-001	29.10.2004	1.34	0.53	1.3	0.2
05-00038-003	18.01.2005	0.10	0.06	0.5	0.1
05-00534-001	16.03.2005	8.32	3.94	3.6	0.5
05-00609-001	04.04.2005	0.89	0.29	1.5	0.2
05-00609-002	04.04.2005	0.40	0.10	1.0	0.1
05-01022-001	08.04.2005	0.93	0.41	1.2	0.1
05-01043-001	11.04.2005	1.82	0.61	1.8	0.2
05-00534-002	12.04.2005	0.79	0.28	3.6	0.7
05-01323-001	27.04.2005	1.09	0.41	1.1	0.1
05-01452-001	13.05.2005	1.69	0.70	1.6	0.2
05-01610-001	17.05.2005	2.22	0.94	1.8	0.2
05-01670-001	19.05.2005	2.05	0.75	2.2	0.4
05-01670-002	23.05.2005	0.29	0.07	0.7	0.1
05-01670-003	23.05.2005	1.10	0.37	1.3	0.2
05-01761-001	24.05.2005	1.69	0.72	1.5	0.2
05-01761-002	24.05.2005	1.57	0.72	1.5	0.2
05-02417-001	28.06.2005	2.33	0.75	1.8	0.3
05-02417-002	28.06.2005	0.72	0.20	1.2	0.2
05-02375-001	29.06.2005	1.92	0.57	1.9	0.2
05-02737-001	14.07.2005	2.34	1.05	1.9	0.2
05-02747-001	15.07.2005	0.24	0.05	0.7	0.1
05-02791-001	19.07.2005	1.14	0.43	1.4	0.2
05-02844-001	21.07.2005	0.83	0.27	1.4	0.2
05-02844-002	22.07.2005	0.47	0.15	0.9	0.1
05-02925-001	26.07.2005	2.76	0.92	2.8	0.3
05-02901-	26.07.2005	1.41	0.49	1.5	0.2

002					
05-02985-001	02.08.2005	1.08	0.37	1.5	0.2
05-02985-002	04.08.2005	1.77	0.80	2.1	0.2
05-03115-001	12.08.2005	1.11	0.37	1.8	0.3
05-03171-002	18.08.2005	2.55	1.06	3.0	0.4
05-03174-001	19.08.2005	1.55	0.76	1.8	0.3
05-03174-002	22.08.2005	2.16	0.80	2.0	0.2
05-03065-001	23.08.2005	1.13	0.41	1.4	0.1
05-03412-001	02.09.2005	2.80	1.14	2.4	0.4
05-03532-001	08.09.2005	1.82	0.79	1.9	0.3
05-03752-001	26.09.2005	0.81	0.28	1.0	0.1
05-03751-001	26.09.2005	0.86	0.34	1.7	0.2
05-03780-002	27.09.2005	0.77	0.25	1.2	0.1
05-03781-004	27.09.2005	0.83	0.27	1.2	0.1
05-03789-001	28.09.2005	0.80	0.32	1.3	0.2
05-03790-001	28.09.2005	0.76	0.31	1.4	0.2
05-04078-001	04.10.2005	0.66	0.25	1.2	0.2
05-04271-001	13.10.2005	1.51	0.55	1.9	0.3
05-04475-001	26.10.2005	1.26	0.44	1.2	0.1
05-04445-001	26.10.2005	1.45	0.66	2.0	0.2
05-04572-001	02.11.2005	0.94	0.34	1.3	0.2
05-04570-001	02.11.2005	0.91	0.33	1.2	0.2
05-04573-001	03.11.2005	0.68	0.30	1.2	0.2
05-04568-001	03.11.2005	1.00	0.39	1.2	0.2
05-04603-001	06.11.2005	1.10	0.40	1.6	0.2
05-04667-001	10.11.2005	0.79	0.34	1.0	0.1
05-04914-001	02.12.2005	0.47	0.25	0.9	0.2
05-04914-002	02.12.2005	0.10	0.04	0.4	0.1
05-04972-002	08.12.2005	0.15	0.11	0.5	0.1
05-05179-001	04.01.2006	0.90	0.36	1.4	0.2
06-00023-	17.01.2006	0.84	0.30	1.1	0.1

002					
06-00023-001	17.01.2006	0.68	0.26	0.9	0.1
06-01176-001	31.03.2006	3.23	1.56	1.8	0.4
06-01176-002	03.04.2006	0.78	0.31	1.1	0.2
06-01176-003	04.04.2006	1.06	0.37	1.2	0.2
06-03701-001	22.08.2006	3.57	1.50	1.9	0.3
06-03701-002	22.08.2006	3.15	1.35	1.9	0.3
06-03701-003	25.08.2006	1.78	0.69	1.9	0.4
06-03915-001	29.08.2006	1.30	0.44	1.5	0.1
06-03915-002	29.08.2006	1.35	0.49	1.5	0.1
06-03948-003	30.08.2006	3.56	1.44	3.3	0.6
06-04183-001	07.09.2006	1.37	0.52	1.7	0.3
06-04206-001	08.09.2006	1.90	0.74	1.6	0.2
06-04225-001	13.09.2006	0.96	0.33	1.1	0.1
06-04225-002	14.09.2006	0.58	0.20	0.8	0.1
06-04569-002	20.09.2006	1.19	0.38	1.1	0.2
06-04569-001	20.09.2006	1.88	0.61	1.6	0.2
06-05229-004	13.10.2006	1.01	16.17	1.3	0.2
06-05229-003	13.10.2006	1.77	0.65	1.6	0.2
06-05229-002	13.10.2006	1.62	0.67	1.6	0.2
06-05229-001	13.10.2006	1.64	0.62	1.3	0.2
06-05681-002	28.10.2006	0.44	0.16	0.8	0.1
06-05681-001	28.10.2006	0.45	0.17	0.9	0.1
06-05681-003	02.11.2006	1.08	0.39	1.2	0.1
06-05681-005	04.11.2006	1.12	0.37	1.3	0.2
06-05681-004	04.11.2006	1.05	0.29	1.2	0.1
06-05563-002	07.11.2006	0.63	0.25	1.1	0.2
06-05563-004	08.11.2006	0.94	0.33	1.1	0.2
7401	07.07.2005	3.12	1.03	1.65	0.25
7617	30.08.2006	1.63	0.5	1.2	0.15
7096	22.09.2003	1.71	0.57	1.35	0.2
7099	08.10.2003	1.89	0.59	1.4	0.2
7671	10.01.2007	0.63	0.17	0.6	0.1

7672	10.01.2007	0.91	0.31	1.05	0.15
7674	09.02.2007	1.82	0.64	1.25	0.2
7678	05.03.2007	1.53	0.48	1.15	0.15
7679	05.03.2007	1.31	0.44	1.1	0.15
7680	05.03.2007	1.29	0.42	1.1	0.1
7681	08.03.2007	2.85	0.88	1.45	0.2
7682	08.03.2007	1.65	0.51	1.05	0.15
7683	08.03.2007	1.79	0.59	1.1	0.15
7684	08.03.2007	1.58	0.54	1.25	0.15
7685	26.03.2007	0.91	0.28	0.8	0.1
7686	26.03.2007	1.15	0.34	0.95	0.1
7687	26.03.2007	1.65	0.5	1.25	0.15
7688	26.03.2007	1.64	0.55	1.1	0.15
7690	11.04.2007	1.21	0.38	0.9	0.1
7044	29.04.2003	2.19	0.71	1.45	0.2
7045	29.04.2003	2.64	0.89	1.6	0.2
7046	29.04.2003	2.18	0.74	1.2	0.2
7046	29.04.2003	1.92	0.63	1.15	0.2
7051	14.05.2003	1.26	0.45	1	0.15
7067	16.07.2003	2.08	0.71	1.2	0.2
7069	16.07.2003	2.3	0.81	1.35	0.2
7071	16.07.2003	1.71	0.57	1.1	0.15
7076	18.07.2003	2.31	0.74	1.4	0.2
7078	24.07.2003	2.34	0.82	1.45	0.2
7116	27.11.2003	2.3	0.8	1.6	0.25
7133	05.03.2004	2.21	0.78	1.35	0.2
7174	14.05.2004	0.92	0.26	1.1	0.1
7178	26.05.2004	1.13	0.35	0.9	0.15
7179	26.05.2004	1.65	0.55	1.15	0.15
7180	26.05.2004	1.25	0.39	1.2	0.15
7181	26.05.2004	1.17	0.47	1.15	0.15
7182	26.05.2004	1.56	0.51	1.1	0.1
7186	01.06.2004	1.01	0.32	0.7	0.1
7187	07.06.2004	1.96	0.63	1.2	0.15
7188	07.06.2004	2.28	0.78	1.3	0.15
7189	07.06.2004	2.43	0.82	1.45	0.2
7190	07.06.2004	2.76	0.99	1.6	0.2
7215	30.06.2004	0.83	0.23	0.85	0.1
7219	07.07.2004	1.68	0.43	1.35	0.15
7228	20.07.2004	1.75	0.61	1.25	0.2
7229	20.07.2004	0.73	0.21	0.8	0.1
7230	20.07.2004	1.24	0.43	1.1	0.15
7236	21.07.2004	0.33	0.09	0.7	0.1
7256	31.08.2004	0.6	0.16	1	0.15
7275	19.10.2004	2.45	0.8	1.4	0.15
7276	19.10.2004	2.1	0.72	1.25	0.15
7284	03.11.2004	1.83	0.63	1.35	0.2
7285	03.11.2004	2	0.72	1.4	0.2
7286	03.11.2004	1.52	0.51	1.15	0.15
7343	28.04.2005	0.81	0.26	0.65	0.1
7346	28.04.2005	1.5	0.55	0.85	0.1
7392	28.06.2005	2.26	0.71	1.65	0.25
7409	21.07.2005	2.88	1.09	1.65	0.2
7406	15.07.2005	1.19	0.38	0.9	0.1
7411	21.07.2005	1.74	0.46	1.5	0.15
7407	26.07.2005	2.63	1	1.6	0.2

7408	26.07.2005	1.94	0.7	1.5	0.2
7416	01.08.2005	1.46	0.43	1.1	0.15
7457	19.10.2005	1.58	0.43	1.25	0.15
7494	21.12.2005	1.83	0.64	1.25	0.1
7495	21.12.2005	1.77	0.66	1.3	0.15
7496	13.01.2006	1.58	0.53	1.1	0.1
7497	13.01.2006	1.72	0.59	1.4	0.15
7498	16.01.2006	1.71	0.61	1.3	0.15
7499	16.01.2006	1.41	0.49	1.2	0.15
7500	23.01.2006	1.06	0.33	0.85	0.1
7501	23.01.2006	1.14	0.33	0.95	0.1
7502	07.02.2006	1.27	0.39	1.15	0.1
7504	14.02.2006	1.38	0.49	1	0.1
7514	15.03.2006	1.65	0.54	1.15	0.15
7515	15.03.2006	1.65	0.54	1.15	0.15
7516	15.03.2006	1.54	0.48	1.1	0.1
7517	15.03.2006	1.96	0.64	1.2	0.1
7525	30.03.2006	1.18	0.36	0.95	0.1
7527	03.04.2006	1.39	0.48	1.2	0.15
7530	06.04.2006	1.86	0.6	1.4	0.15
7531	06.04.2006	1.33	0.48	1.15	0.1
7546	03.05.2006	1.31	0.46	1.15	0.15
7558	02.06.2006	2.06	0.72	1.4	0.15
7559	02.06.2006	1.45	0.51	1.25	0.1
7565	07.06.2006	1.58	0.54	1	0.1
7563	08.06.2006	2.25	0.71	1.35	0.15
7569	08.06.2006	1.89	0.78	1.5	0.2
7568	09.06.2006	2.01	0.72	1.6	0.15
7582	29.06.2006	2.18	0.76	1.3	0.15
7583	29.06.2006	1.57	0.58	0.9	0.1
7588	07.07.2006	2.55	0.97	1.7	0.3
7589	07.07.2006	2.03	0.74	1.55	0.25
7593	14.07.2006	1.26	0.4	0.85	0.1
7580	14.07.2006	2.09	0.66	1.3	0.15
7590	14.07.2006	2.4	0.96	1.25	0.2
7607	14.08.2006	3.53	1.33	1.6	0.2
7608	14.08.2006	2.81	1.03	1.55	0.15
7609	14.08.2006	1.86	0.71	1.45	0.15
7610	14.08.2006	2.37	0.94	1.5	0.15
7615	23.08.2006	1.71	0.57	1.2	0.2
7622	05.09.2006	1.63	0.51	1.1	0.1
7623	05.09.2006	1.34	0.44	1.2	0.15
7624	05.09.2006	1.53	0.49	1.3	0.2
7625	05.09.2006	1.75	0.57	1.25	0.15
7626	06.09.2006	1.4	0.48	1.2	0.15
7627	07.09.2006	1.8	0.54	1.45	0.2
7628	07.09.2006	2.73	0.97	1.4	0.15
7634	28.09.2006	1.36	0.38	1.05	0.15
7635	28.09.2006	2.07	0.68	1.55	0.2
7652	07.11.2006	0.97	0.33	0.8	0.1
7653	07.11.2006	1.18	0.42	0.95	0.1
7646	09.11.2006	2.19	0.71	1.4	0.2
7647	09.11.2006	2.24	0.76	1.5	0.25
7661	29.11.2006	1.51	0.44	1.3	0.15
7662	29.11.2006	1.02	0.29	0.8	0.1
7671	10.01.2007	0.63	0.17	0.6	0.1

5150	18.10.2001	3.47	1.3	1.75	0.25
5151	18.10.2001	2.04	0.74	1.25	0.2
5152	18.10.2001	2.81	1.02	1.55	0.25
5153	18.10.2001	2.09	0.71	1.25	0.2
5156	18.10.2001	2.67	1.2	1.6	0.25
5157	18.10.2001	2.16	0.76	1.1	0.1
5305	18.10.2001	2.1	0.72	1.1	0.15
5306	18.10.2001	2.34	0.81	1.25	0.2
5309	18.10.2001	2.87	1.03	1.45	0.2
5310	18.10.2001	2.39	0.85	1.3	0.15
5311	18.10.2001	2.2	0.8	1.15	0.15
5561	18.10.2001	1.77	0.63	1.25	0.2
5562	18.10.2001	1.92	0.66	1.2	0.2
5563	18.10.2001	1.89	0.62	1.25	0.2
5564	18.10.2001	2.57	0.85	1.55	0.25
5161	20.04.2001	1.02	0.31	0.75	0.1
5162	20.04.2001	1.37	0.48	0.95	0.15
5182	28.05.2001	2.47	0.85	1.3	0.2
5183	28.05.2001	1.08	0.35	0.9	0.1
5193	07.06.2001	0.5	0.13	0.55	0.1
5184	08.06.2001	1.74	0.55	1	0.15
5187	08.06.2001	2.39	0.82	1.35	0.2
5589	31.07.2002	2.32	0.84	1.6	0.2
5591	31.07.2002	2.75	10.1	1.5	0.2
5594	31.07.2002	2.3	0.79	1.5	0.2
5601	02.10.2002	1.9	0.62	1.2	0.15
7093	16.09.2003	1.91	0.56	1.4	0.15
7102	08.10.2003	1.47	0.47	1.2	0.15
7119	24.11.2003	1.37	0.48	1.05	0.15
7115	27.11.2003	2.91	0.88	1.75	0.3
7121	02.12.2003	1.45	0.49	1.1	0.15
7145	07.04.2004	2.81	1.11	1.35	0.2
7150	15.04.2004	2.97	1.03	1.6	0.2
7156	19.04.2004	0.72	0.21	0.65	0.1
7234	22.07.2004	1.57	0.54	1.3	0.2
7253	27.08.2004	2.61	0.91	1.45	0.15
7254	27.08.2004	1.38	0.41	1.1	0.15
7287	17.11.2004	0.91	0.26	0.95	0.1
7292	18.01.2005	1.14	0.34	1.05	0.15
7293	18.01.2005	1.9	0.62	1.3	0.2
7294	18.01.2005	1.39	0.45	1.3	0.2
7295	18.01.2005	2.34	0.78	1.4	0.2
7296	18.01.2005	2.22	0.76	1.35	0.2
7297	18.01.2005	1.87	0.65	1.25	0.15
7471	02.11.2005	1.27	0.43	1	0.1
7490	14.12.2005	1.27	0.42	1.15	0.15
7539	11.04.2006	2.16	0.71	1.4	0.2
7543	02.05.2006	1.17	0.38	1.05	0.15
7550	10.05.2006	2.12	0.75	1.35	0.15
7566	08.06.2006	2.2	0.76	1.25	0.1
7575	26.06.2006	1.75	0.59	1.1	0.15
7574	26.06.2006	1.52	0.42	1.15	0.15
7576	27.06.2006	0.73	0.23	0.55	0.1
7578	27.06.2006	1.26	0.4	1.15	0.15
7579	27.06.2006	1.52	0.46	1.05	0.15
7692	11.04.2007	0.67	0.22	0.7	0.05

5602	02.10.2002	1.6	0.48	1	0.1
7052	14.05.2003	1.31	0.46	1.1	0.15
7066	16.07.2003	1.37	0.43	0.8	0.1
7068	16.07.2003	1.38	0.43	0.75	0.43
7070	16.07.2003	1	0.32	0.7	0.32
7075	18.07.2003	1.01	0.37	1.05	0.15
7077	24.07.2003	1.07	0.33	0.85	0.1
7117	27.11.2003	1.6	0.57	1.1	0.57
7133	05.03.2004	1.19	0.39	0.9	0.1
7149	15.04.2004	1.6	0.48	1.1	0.2
7175	14.05.2004	0.86	0.26	0.95	0.1
7235	21.07.2004	0.33	0.09	0.7	0.1
7255	31.08.2004	0.6	0.16	0.9	0.05
7259	09.09.2004	0.66	0.21	0.9	0.1
7400	04.07.2005	1.11	0.36	0.8	0.15
7549	10.05.2006	1.66	0.58	1	0.15
5149	18.10.2001	1.92	0.66	1.15	0.2
5154	18.10.2001	1.92	0.69	1.1	0.2
5155	18.10.2001	1.68	0.68	1.15	0.15
5302	18.10.2001	1.98	0.73	1.15	0.15
5303	18.10.2001	1.54	0.6	1.15	0.15
5304	18.10.2001	1.56	0.55	1.1	0.2
5308	18.10.2001	2.04	0.69	1.15	0.2
5556	18.10.2001	0.79	0.25	0.85	0.1
5557	18.10.2001	1.39	0.47	1.1	0.15
5558	18.10.2001	2.43	0.85	1.55	0.2
5163	20.04.2001	1.12	0.38	0.75	0.1
5164	20.04.2001	1.31	0.48	0.8	0.1
5170	30.05.2001	2.51	0.96	1.55	0.25
5171	30.05.2001	1.77	0.63	1.35	0.2
5179	28.05.2001	1.52	0.57	1	0.1
5180	28.05.2001	1.43	1.46	1	0.1
5192	07.06.2001	0.31	0.08	0.5	0.1
5184	08.06.2001	1.67	0.52	1.15	0.15
5185	08.06.2001	1.42	0.49	0.9	0.15
7092	16.09.2003	1.11	0.31	1	0.1
7094	16.09.2003	1.12	0.32	1.05	0.15
7100	08.10.2003	1.7	0.6	1	0.15
7120	24.11.2003	1.36	0.5	0.95	0.1
7122	02.12.2003	1.08	0.4	0.95	0.1
7144	07.04.2004	2.76	1.07	1.4	0.2
7155	19.04.2004	1.76	0.62	0.75	0.1
7156	19.04.2004	0.72	0.21	0.65	0.1
7216	30.06.2004	0.9	0.27	0.85	0.1
7233	22.07.2004	1.43	0.39	1	0.15
7567	09.06.2006	3.75	1.44	1.6	0.2
7618	30.08.2006	1.08	0.31	0.8	0.1

ANHANG C**Untersuchungen an den Baustoffen für die Eignungsprüfungen****FremdFüller****Istein**

	IMP-Nr.	Entnahmeort	Entnahmedatum	Hohlraumgehalt Rigden [Vol.-%]	Versteif. Wirkung		Dichte [g/cm ³]	Anteil < 0.09mm im Steinmehl [M.-%]	Korngrößenverteilung Füller		
					65/35 [°C]	70/30 [°C]			<0.09 [M.-%]	<0.02 [M.-%]	<0.005 [M.-%]
KalksteinFüller	A02-0533	Boningen	29.04.2002	33.5	15.6	24.9	2.7094	87.1	100	64.6	33.1

Sand**Kieswerk Gunzgen**

	IMP-Nr.	Entnahmeort	Entnahmedatum	Kornform n.kub.Körner [Zahl-%]	Kornrundung		Fließverhalten E _c [s]	Korngrößenverteilung											
					t.runde Körner [Zahl-%]	runde Körner [Zahl-%]		0.09 [M.-%]	0.13	0.25	0.5	1	2	2.8	4	5.6	8	11.2	16
Brechsand 0.1/3	A02-0515	Gunzgen	16.04.2002	10	0	0	33	0.6	2.3	17.7	45.3	71.6	89.2	97.9	99.8	100			
Rundsand 0/4	A02-0518	Gunzgen	16.04.2002	8	6	0	28	2.6	5.2	20.2	57.5	74.5	85.4	92.5	99.4	100			


Splitte**Kieswerk Gunzgen**

	IMP-Nr.	Entnahmeort	Entnahmedatum	Kornform n.kub.Körner [Zahl-%]	Kornrundung		Fließverhalten E _c [s]	Korngrößenverteilung											
					t.runde Körner [Zahl-%]	runde Körner [Zahl-%]		0.09 [M.-%]	0.13	0.25	0.5	1	2	2.8	4	5.6	8	11.2	16
Splitt 3/6	A02-0516	Gunzgen	16.04.2002	15	4	0	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	8.9	55.8	95.7	99.9	100	
Splitt 6/11	A02-0517	Gunzgen	16.04.2002	29	6	0	-	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	5.0	65.3	98.7	100

Bitumen**Elf Bitumen Deutschland und Grisard AG Basel**

	IMP-Nr.	Lieferant	Eingang- datum	Penetration bei 25°C [¹ / ₁₀ mm]	Ersweichungspunkt Ring und Kugel [°C]	Penetrationsindex [-]	Haftvermögen [%]
B 20/30	A02-0662	Elf	15.05.2002	26	63.7	+ 0.3	85
B 30/45	A02-0730	Elf	24.05.2002	30	58.8	- 0.3	-
B 35/50	A02-1458	Elf	30.07.2002	39	56.6	- 0.2	79
B 50/70	A02-0587	Grisard	07.05.2002	54	51.9	- 0.5	42

Optimierung der Rezeptur

<p>Institut für Materialprüfung · Dr. Schellenberg GbR · Rottweil</p> <p>Institut für Materialprüfung · Rottweiler Straße 13 · 78628 Rottweil</p>	 <p>Forschung und Materialprüfung in den Fachbereichen: Bituminöse Baustoffe, Beton, Erdbau, Mineralische Baustoffe, Chemie, Umweltechnik</p>
<p>IMP Baute AG Institut für Materialprüfung Herrn Dr. Angst Hauptstraße 591 CH-4625 Oberbuchsiten</p>	<p>Anerkannt nach RAPStra für Eignungsprüfungen, Fremdüberwachungsprüfungen, Kontrollprüfungen und Schiedsuntersuchungen</p> <p>Überwachungs- und Zertifizierungsstelle gem. § 25 der LBO Baden-Württemberg für Betonzuschlag und Deponieasphalt</p> <p>Betonprüfstelle W nach DIN 1045</p> <p>Mitglied im Bundesverband unabhängiger Institute für bautechnische Prüfungen e.V. bup</p> <p>18.09.2002 – 300</p>
<p>Prüfbericht</p> <p>Experimentelle Ermittlung des Hohlraumgehaltes an definiert verdichteten Mineralstoffgemischen</p> <hr/> <p>1. Vorgang</p> <p>Wir erhielten von der Firma IMP, Oberbuchsiten den Auftrag, im Rahmen des Forschungsauftrages A-0827 FA 27/00 „Dynamische Eindringtiefe am Gussasphalt“ die Hohlraumgehalte an definiert verdichteten Mineralstoffgemischen an einem GA 11 zu ermitteln, wobei die Sieblinien von 2,8 mm an nach oben konstant zu halten waren bei variablen Füllermengen und demzufolge auch wechselnder Sandmenge.</p> <p>Die notwendigen Mineralstoffe wurden uns von Ihnen angeliefert.</p> <p>Telefon (07 41) 17436-30 · Telefax (07 41) 17436-59 · Bankverbindung: Kreissparkasse Rottweil (BLZ 642 500 40) Konto-Nr. 165 220 Email: Rottweil@ifm-dr-schellenberg.de</p>	



2. Experimentelle Ermittlung des Hohlraumgehalts an definiert verdichteten Mineralstoffgemischen

Die angelieferten Mineralstoffe weisen nach Ihren Angaben folgende Korngrößenverteilungen auf:

Grenzkorndurchmesser in mm	Fremdfüller	Brechsand 0/3	Rundsand 0/3	Splitt 3/6	Splitt 6/11
< 0,09	87,1	0,6	2,6	--	--
0,09 – 0,125	7,0	1,7	2,6	--	--
0,125 – 0,25	4,8	15,4	15,0	--	--
0,25 – 0,5	0,9	27,6	37,3	--	--
0,5 – 1,0	0,1	26,3	17,0	--	--
1,0 – 2,0	--	17,6	10,9	0,3	--
2,0 – 2,8	--	8,7	7,1	6,8	--
2,8 – 4,0	--	1,9	6,9	52,6	0,2
4,0 – 5,6	--	0,2	0,6	36,9	4,8
5,6 – 8,0	--	--	--	3,2	60,3
8,0 – 11,2	--	--	--	0,2	33,4
11,2 – 16,0	--	--	--	--	1,3
16,0 – 22,4	--	--	--	--	--
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle 1: Korngrößenverteilungen der angelieferten Mineralstoffe



Beim Gussasphalt ist der Bindemittelgehalt auf die Hohlräume des Mineralstoffgemisches so abgestimmt, dass diese im eingebauten Zustand ganz ausgefüllt sind oder ein geringer Überschuss an Bindemittel vorhanden ist. Dieser Bindemittelüberschuss nimmt Einfluss auf technologische Eigenschaften eines Gussasphalts und ist somit eine qualitätsbestimmende Merkmalsgrösse. Der Bindemittelüberschuss wird wie folgt berechnet:

$$B_0 = 100 \cdot (B_V - H_M) / (100 - B_V) \text{ [V-\%]} \text{ mit}$$

- B_0 : Bindemittelüberschuss in V-%,
 B_V : Bindemittelgehalt in V-%, berechnet mit $B_V = B \cdot \rho_A / d_B$,
 B : Bindemittelgehalt im Mischgut in M-%,
 H_M : Hohlraumgehalt des Mineralstoffgemisches im Zustand definierter Lagerungsdichte in V-%.

Die Berechnung des Bindemittelüberschusses setzt die Kenntnis des Hohlraumgehaltes des Mineralstoffgemisches im Gussasphalt voraus. Dieser Hohlraumgehalt wird näherungsweise über die Rohdichte und die Dichte des unter definierten Bedingungen verdichteten Mineralstoffgemisches bestimmt. Hierzu wird das von Rubach vorgestellte Verfahren unter Verwendung des automatischen Proctor-Gerätes mit den folgenden Prüfbedingungen (siehe Tabelle 7) benutzt.

Parameter	Dimension	Wert
Masse des Fallgewichts	[kg]	2,5
Fallhöhe	[cm]	45
Anzahl der Verdichtungsschläge	-	3 x 15
Durchmesser des Zylinders	[mm]	100
Prüfgutmasse	[g]	1300

Tabelle 2: Prüfbedingungen zur Ermittlung des Hohlraumgehaltes eines unter definierten Bedingungen verdichteten Mineralstoffgemisches



Mit Hilfe des genannten Verfahrens wurden die Hohlraumgehalte der drei folgenden Mineralstoffgemische der Gussasphalte GA 11 bestimmt.

Mischung 1:

	Fremd- filler	Brech- sand	Rund- sand	Splitt 3/6	Splitt 6/11	resultierende Korn- größenverteilung	
						Einzel	Summe
Dosierung	34,0	10,0	10,0	18,0	28,0		
< 0,09	87,1	0,6	2,6			29,9	29,9
0,09 – 0,125	7,0	1,7	2,6			2,8	32,7
0,125 – 0,25	4,8	15,4	15,0			4,7	37,4
0,25 – 0,5	0,9	27,6	37,3			6,8	44,2
0,5 – 1,0	0,1	26,3	17,0			4,4	48,6
1,0 – 2,0		17,6	10,9	0,3		2,9	51,5
2,0 – 2,8		8,7	7,1	6,8		2,8	54,3
2,8 – 4,0		1,9	6,9	52,6	0,2	10,4	64,7
4,0 – 5,6		0,2	0,6	36,9	4,8	8,1	72,8
5,6 – 8,0				3,2	60,3	17,5	90,3
8,0 – 11,2				0,2	33,4	9,3	99,6
11,2 – 16,0					1,3	0,4	100,0
16,0 – 22,4							
29,9 M-% Filler							
24,4 M-% Sand							
45,7 M-% Splitt							

Tabelle 3: resultierende Korngrößenverteilung des zusammengesetzten Mineralstoffgemischs der Mischung 1

Institut für Materialprüfung · Dr. Schellenberg GbR · Rottweil



Seite 5

Mischung 2:

	Fremd- filler	Brech- sand	Rund- sand	Splitt 3/6	Splitt 6/11	resultierende Korngrößenver- teilung	
						Einzel	Summe
Dosierung	30,0	12,0	12,0	18,0	28,0		
< 0,09	87,1	0,6	2,6			26,5	26,5
0,09 – 0,125	7,0	1,7	2,6			2,6	29,1
0,125 – 0,25	4,8	15,4	15,0			5,1	34,2
0,25 – 0,5	0,9	27,6	37,3			8,1	42,3
0,5 – 1,0	0,1	26,3	17,0			5,2	47,5
1,0 – 2,0		17,6	10,9	0,3		3,5	51,0
2,0 – 2,8		8,7	7,1	6,8		3,1	54,1
2,8 – 4,0		1,9	6,9	52,6	0,2	10,6	64,7
4,0 – 5,6		0,2	0,6	36,9	4,8	8,1	72,8
5,6 – 8,0				3,2	60,3	17,5	90,3
8,0 – 11,2				0,2	33,4	9,3	99,6
11,2 – 16,0					1,3	0,4	100,0
16,0 – 22,4							
26,5 M-% Filler							
27,6 M-% Sand							
45,9 M-% Splitt							

Tabelle 4: resultierende Korngrößenverteilung des zusammengesetzten Mineralstoffgemischs der Mischung 2



Mischung 3 :

	Fremd- filler	Brech- sand	Rund- sand	Splitt 3/6	Splitt 6/11	resultierende Korngrößenver- teilung	
						Einzel	Summe
Dosierung	25,0	14,0	15,0	18,0	28,0		
< 0,09	87,1	0,6	2,6			22,3	22,3
0,09 – 0,125	7,0	1,7	2,6			2,4	24,7
0,125 – 0,25	4,8	15,4	15,0			5,6	30,3
0,25 – 0,5	0,9	27,6	37,3			9,7	40,0
0,5 – 1,0	0,1	26,3	17,0			6,2	46,2
1,0 – 2,0		17,6	10,9	0,3		4,2	50,4
2,0 – 2,8		8,7	7,1	6,8		3,5	53,9
2,8 – 4,0		1,9	6,9	52,6	0,2	10,8	64,7
4,0 – 5,6		0,2	0,6	36,9	4,8	8,1	72,8
5,6 – 8,0				3,2	60,3	17,5	90,3
8,0 – 11,2				0,2	33,4	9,3	99,6
11,2 – 16,0					1,3	0,4	100,0
16,0 – 22,4							
22,3 M-% Filler							
31,6 M-% Sand							
46,1 M-% Splitt							

Tabelle 5: resultierende Korngrößenverteilung des zusammengesetzten Mineralstoffgemischs der Mischung 3



Die Mineralstoffgemische Nr. 1 bis 3 bestehen aus:

Mischung Nr.	M 1	M 2	M 3
Splitt, M-%	45,7	45,9	46,1
Sand, M-%	24,4	27,6	31,6
Filler, M-%	29,9	26,5	22,3

Tabelle 6: Zusammenstellung der Splitt-Sand-Fillermengen

3. Untersuchungsergebnisse

Merkmal	Dimension	M 1	M 2	M 3
Rohdichte des Mineralstoffgemisches	[g/cm ³]	2,676	2,644	2,648
Raumdichte des Mineralstoffgemisches	[g/cm ³]	2,248	2,237	2,220
Hohlraumgehalt des Mineralstoffgemisches	[V-%]	16,0	15,4	16,2

Tabelle 7: Hohlraumgehalte der unter definierten Bedingungen verdichteten Mineralstoffgemische

Erfahrungsgemäß können sich bei den gewählten Versuchsbedingungen je nach Kornaufbau Hohlraumgehalte von 14 V-% bis 21 V-% einstellen. Die ermittelten Hohlraumgehalte sind als zweckmäßig einzustufen, wobei die mittlere Sieblinie (M2) den günstigsten Wert ergibt.

INSTITUT FÜR MATERIALPRÜFUNG
DR. SCHELLENBERG GbR
ROTTWEIL

Prof. Dr. Schellenberg



1.Probemischung		B 35/50	7.0 Masse-% dosiert				
Sollwerte der optimalen Rezeptur bestimmt von lfm			Istwerte der im Labor hergestellte Probemischung				
Durchführung von Rezeptur-optimierung bei		lfm	Durchführung von MA-Herstellung und Untersuchungen bei		IMP A02-1509	lfm	
BMG dosiert	Masse-%	7.00	lösl. BMG	Masse-%	7.11	6.86	
Durchgang	Masse-%		Durchgang	Masse-%			
Prüfsieb	0.09	26.5	Prüfsieb	0.09	28.9	27.3	
	2.8	54.1		2.8	56.1	53.9	
	5.6	72.8		5.6	76.1	71.6	
	8	90.3		8	93.1	89.9	
Füllermenge	Masse-%	26.5	Füllermenge	Masse-%	28.9	27.3	
Sandmenge	Masse-%	27.6	Sandmenge	Masse-%	27.2	26.6	
Splittmenge	Masse-%	45.9	Splittmenge	Masse-%	43.9	46.1	
Verhältnis Füller/Bindemittel		3.79	Verhältnis Füller/Bindemittel		4.06	3.98	
Untersuchungen an gelieferten Bindemittel		IMP A02-1458	Untersuchungen an rückgewonnen Bindemittel				
Pen bei 25°C	1/10 mm	39	Pen bei 25°C	1/10 mm	31	-	
EP RuK	°C	56.6	EP RuK	°C	62.4	-	
lp	-	-0.2	lp	-	+0.4	-	
dynamische Eindringtiefe			dynamische Eindringtiefe		Pk-1	IMP	lfm
Rohdichte _{GA-PK}	g/cm ³	-	Rohdichte _{MA-PK}	g/cm ³	2.377	2.382	-
HRG _{MA-PK}	Vol.-%	-	HRG _{MA-PK}	Vol.-%	1.2	1.0	-
dyn. ET ₂₅₀₀	mm	-	dyn. ET ₂₅₀₀	mm	1.85	2.76	2.93
dyn. ZET ₂₅₀₀₋₅₀₀₀	mm	-	dyn. ZET ₂₅₀₀₋₅₀₀₀	mm	0.94	1.37	1.28

2.Probemischung**B 20/30****6.6 Masse-% dosiert**

Sollwerte der optimalen Rezeptur bestimmt von Ifm	Istwerte der im Labor hergestellte Probemischung
--	---

Durchführung von Rezeptur-optimierung bei	Ifm	Durchführung von MA-Herstellung und Untersuchungen bei	IMP A02-1606	Ifm
---	------------	--	---------------------	------------

BMG dosiert	Masse-%	6.60	lösl. BMG	Masse-%	6.73	6.43
Durchgang	Masse-%		Durchgang	Masse-%		
Prüfsieb	0.09	26.5	Prüfsieb	0.09	30.5	27.5
	2.8	54.1		2.8	57.9	53.5
	5.6	72.8		5.6	76.7	70.4
	8	90.3		8	91.9	87.3
Füllermenge	Masse-%	26.5	Füllermenge	Masse-%	30.5	27.5
Sandmenge	Masse-%	27.6	Sandmenge	Masse-%	27.4	26.0
Splittmenge	Masse-%	45.9	Splittmenge	Masse-%	42.1	46.5
Verhältnis Füller/Bindemittel		4.02	Verhältnis Füller/Bindemittel		4.53	4.28
Untersuchungen an gelieferten Bindemittel		IMP A02-0662	Untersuchungen an rückgewonnenen Bindemittel			
Pen bei 25°C	1/10 mm	26	Pen bei 25°C	1/10 mm	19	23
EP RuK	°C	63.7	EP RuK	°C	74.5	70.2
lp	-	+0.3	lp	-	+1.4	+1.1
dynamische Eindringtiefe			dynamische Eindringtiefe		Pk-1	IMP Ifm
Rohdichte _{MA-PK}	g/cm ³	-	Rohdichte _{MA-PK}	g/cm ³	2.386	- -
HRG _{MA-PK}	Vol.-%	-	HRG _{MA-PK}	Vol.-%	0.8	- -
dyn. ET ₂₅₀₀	mm	-	dyn. ET ₂₅₀₀	mm	0.34	- 1.11
dyn. ZET ₂₅₀₀₋₅₀₀₀	mm	-	dyn. ZET ₂₅₀₀₋₅₀₀₀	mm	0.18	- 0.41

ANHANG E**Ergebnisse der Drehmomentmessungen**

Temperatur °C	füllerreich/ sandreich	füllerarm/ sandarm	füllerreich/ sandarm	füllerarm/ sandreich
180	11,9	11,0	10,6	9,0
210	9,6	9,3	8,9	7,3
240	8,0	7,6	7,3	6,3

Drehmomente in Nm

ANHANG F**Einfluss der Bindemitteldosierung und der Bindemittelsorte**

Bindemittelsorte		B20/30			B50/70		
Bindemittelgehalt dosiert	[Masse-%]	6.5	6.9	7.3	6.5	6.9	7.3
Zusammensetzung des Mischgutes:							
Bindemittelgehalt löslich	[Masse-%]	6.30	6.51	6.75	6.40	6.73	6.98
0.09 mm	[Masse-%]	27.6	26.4	26.5	27.0	27.1	26.3
0.125 mm	[Masse-%]	30.2	28.8	29.2	29.7	29.8	29.1
0.5 mm	[Masse-%]	43.0	40.8	41.5	42.2	42.2	41.5
1 mm	[Masse-%]	47.8	45.4	46.3	47.1	47.2	46.3
2 mm	[Masse-%]	51.4	48.9	50.0	50.9	51.2	50.0
4 mm	[Masse-%]	64.3	61.0	62.6	62.8	63.3	62.0
8 mm	[Masse-%]	87.6	86.6	89.3	86.6	89.6	87.2
11.2 mm	[Masse-%]	99.2	99.1	99.8	98.6	99.5	98.2
Statische Eindringtiefe							
nach 30 Minuten	[mm]	0.80	1.20	1.75	1.10	1.80	2.80
Zunahme 30/60 Min.	[mm]	0.15	0.20	0.30	0.10	0.15	0.25
dynamische Eindringtiefe							
nach 2500 Zyklen	[mm]	0.69	1.49	2.71	2.64	4.22	6.22
Zunahme 2500/5000Zyklen	[mm]	0.23	0.59	1.14	1.09	1.98	2.84

ANHANG G**Statistische Auswertung des Ringversuches**

RR-ISO 5725 Version 1.3
Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 1
15.09.2006

1 Allgemeine Informationen**1.1 Projektname und -leitung**

Projekt: 210827 FA dyn.ETGA
Projektleitung: IMP Bautest AG
Auftraggeber: ASTRA

Ringversuch - Einzelwerte

1.2 Liste der teilnehmenden Prüflaboratorien

Labor	Plz Ort
Technische Universität Braunschweig	Braunschweig
Technische Universität Budapest	Budapest
Eigenosische Material Prüfamt	Dübendorf
Asphaltlabor Arno J. Hinrichsen GmbH & Co.	Schwerin
Institut für Materialprüfung Ifm	Rottweil
Technische Universität Karlsruhe	Karlsruhe
IMP Bautest AG	Oberbuchsitzen
Technische Universität München	München
Tecnotest AG	Rüschlikon
Technische Universität Aachen	Aachen
Nordlabor GmbH	Pinneberg

Aus der Reihenfolge in der Liste können keine Rückschlüsse auf die Nummern im Bericht gezogen werden!

1.3 Liste der zu prüfenden Proben oder Materialien

Probe/Material	Herkunft	Ort	Kennung
Probe 03-01636-001	Aeschlimann AG - Boningen	Aeschlimann AG - Boningen	S1
Probe 03-01664-001	Aeschlimann AG - Boningen	Aeschlimann AG - Boningen	S2

1.4 Liste der Messverfahren

Messverfahren	Norm
Herstellung von Probekörper	TP A-StB, Ausgabe 2003
Vorbereitung von Probekörper	TP A-StB, Ausgabe 2003
Dynamische Eindringtiefe	TP A-StB, Ausgabe 2003

Projektdat: K:\QM-Pendent\MHB 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV\210827 dyn.ETGA\Ringversuch\210827 dyn.ET GA EW.pj

1.5 Zeitlicher Ablauf

Auftragserteilung	Oktober 2003
Entnahme der Proben	IMP Bautest AG
Koordinationsitzung	-
Versand der Proben	04.06.2004
Geplanter Rücklauf der Ergebnisse	23.07.2004
Effektiver Rücklauf der Ergebnisse	19.07.04-23.02.05.
Erste Auswertung der Ergebnisse	05.05.2005
Abschluss weiterer, zusätzlicher Abklärungen	-
Schlussbericht	Bestandteil FA

1.6 Statistische Verfahren nach ISO 5725

Die Auswertung erfolgt gemäss der Norm 5725 "Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen". Diese Norm verwendet zur Überprüfung der Wiederhol- und Vergleichsbedingungen ein grafisches Verfahren nach Mandel und zwei numerische Verfahren den Cochran's und den Grubb's Test.

Als Mass für die Präzision eines standardisierten Messverfahren können sowohl die Standardabweichung unter Wiederholbedingungen s_r und die Standardabweichung unter Vergleichsbedingungen s_R , als auch die Wiederholgrenze r und die Vergleichsgrenze R aus den gesammelten Messwerten bestimmt werden. Dabei geben die Grenzwerte r und R die kritischen Differenzbeträge an, unter denen oder höchstens gleich denen der Betrag der Differenz zweier Einzelmessungen mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit von 95% erwartet werden kann. Die Norm lässt es dem Anwender frei, welche Präzisionsmasse er verwenden möchte. Empfohlen wird aber die Verwendung der Standardabweichungen.

Das vorliegende Auswertungsprogramm ermittelt nur die Wiederholpräzision als Minimum und die Vergleichspräzision als Maximum der Ergebnisstreuung. Die Richtigkeit eines Messverfahrens wird durch das Programm nicht geprüft, da in der Regel ein wahrer Wert oder ein Bezugswert eines Merkmales nicht bekannt ist.

Die statistische Auswertung der Messergebnisse beinhaltet in der Regel folgende 3 Stufen:

- a). Kritische Prüfung der Daten, um Ausreisser und Unregelmässigkeiten bei der Anwendung des Messverfahrens festzustellen und auszuschliessen. Dabei werden die Verfahren nach Mandel, Cochran und Grubb eingesetzt.
- b). Separate Berechnung der Präzisionsmasse und der Mittelwerte für jedes Messniveau
- c). Berechnung der Gesamtpräzision, des generellen Mittels und sofern vorhanden die Bestimmung der Abhängigkeit der Präzision vom Messniveau.

1.6.1 Mandel's k Test

Dieser Test beurteilt die Konsistenz der Messungen innerhalb eines Labors. Dabei wird für jedes Labor und für jedes Messniveau die Vereinbarkeitsprüfgrösse k als Verhältnis der Standardabweichung der Messungen eines Labors zu einem Messniveau und der daraus gemittelten Standardabweichung aller Laboraorien berechnet. Diese Vereinbarkeitsprüfgrössen werden zusammen mit den kritischen Werten bei 95% und 99% Wahrscheinlichkeit als Balken in eine Grafik gezeichnet. Werte die eindeutig über den kritischen Werten liegen, sind genauer zu untersuchen und eventuell auszuschliessen.

Beurteilungskriterien:

- Sind die Werte eines Labors gegenüber den Werten der übrigen Labors extrem hoch, so ist der Grund dafür zu untersuchen. In einem solchen Labor sind die Wiederholmessungen zu ungenau.
- Sind die Werte eines Labors alle sehr klein, so können Rundungsfehler oder eine ungeeignete Messskala dafür verantwortlich sein.

1.6.2 Mandel's h Test

Dieser Test beurteilt die Konsistenz der Messungen zwischen den Labors. Dabei wird für jedes Labor und jedes Messniveau die Vereinbarkeitsprüfgrösse h aus dem Verhältnis der Abweichung der Labormittelwerte und der Standardabweichung der Mittelwerte berechnet. Diese Vereinbarkeitsprüfgrössen h werden zusammen mit den kritischen Werten bei 95% und 99% Wahrscheinlichkeit als Balken in ein Diagramm gezeichnet. Werte die eindeutig über den kritischen Werten liegen, sind genauer zu untersuchen und eventuell auszuschliessen.

Beurteilungskriterien:

- Sind die Werte eines Labors positiv und negativ, so deutet das auf eine grosse Streuung hin.
- Haben die Werte eines Labors ein anderes Vorzeichen als alle übrigen, so ist der Grund dafür zu untersuchen.
- Sind die Werte eines Labors extrem und zeigen eine gewisse Abhängigkeit vom Messniveau, so ist der Grund dafür zu untersuchen.

1.6.3 Cochran's Test

Die Norm ISO 5725 setzt voraus, dass die Messungen innerhalb eines Labors möglichst kleine Streuungen aufweisen. Diese Voraussetzung wird mit dem Cochran's Test überprüft.

Die Testgrösse C wird berechnet aus dem Quotient der grössten Standardabweichung im Quadrat und der Summe aller Standardabweichungen im Quadrat. Der Cochran Test setzt voraus, dass in allen Labors für ein Messniveau die gleiche Anzahl Wiederholungsmessungen durchgeführt worden sind. Die so berechnete Testgrösse C wird nun mit den kritischen Werten bei 95% und 99% Wahrscheinlichkeit verglichen. Aus dem Vergleich können folgende Beurteilungen vorgenommen werden:

- Ist die Testgrösse C kleiner oder gleich des kritischen Wertes bei 95% Wahrscheinlichkeit, dann liegen keine Ausreisser vor. Es können alle Messwerte für die Auswertung verwendet werden.
- Liegt die Testgrösse C zwischen den kritischen Werten bei 95% und 99% Wahrscheinlichkeit, so scheinen die Messungen des Labors nicht korrekt zu sein, bzw. weisen im Vergleich zu den Messungen der anderen Labors eine zu grosse Streuung unter Wiederholbedingungen auf. Diese Werte können unter Vorbehalt für die weitere Auswertung verwendet werden. Es sollte aber der Grund dafür ermittelt werden.
- Die Messungen eines Labors sind als Ausreisser zu bezeichnen, wenn die Testgrösse C grösser als der kritische Wert bei 99% Wahrscheinlichkeit ist. Diese Messwerte sind für die weitere Auswertung auszuschliessen, und der Test ist mit den restlichen Messwerten zu wiederholen.

Auch Messungen mit sehr kleinen Standardabweichungen sollten geprüft werden. Zu kleine Abweichungen

können auch durch eine falsche Ausführung des Messverfahrens verursacht werden.

Wenn sich aus der wiederholten Durchführung des Cochran's Test mehrere Ausreisser ergeben, und diese bei einem gewissen Niveau auftreten, so muss das Ausschliessen nochmals beurteilt werden. Die auftretenden grossen Streuungen könnten in diesem Fall auch durch das Messverfahren selbst verursacht werden.

1.6.4 Grubbs' Test

Mit dem Grubbs' Test werden die Messungen (Mittelwerte) der Labors untereinander verglichen. Wobei der Test sowohl für die Maximal- als auch für die Minimalwerte durchzuführen ist.

Die Testgrössen G werden mit den kritischen Werten bei 95% und 99% Wahrscheinlichkeit verglichen. Die Kriterien für zu grosse Abweichung und für Ausreisser sind die gleichen wie beim Cochran's Test.

Der Grubb's Test wird zuerst auf den grössten Mittelwert angesetzt. Ist dieser ein Ausreisser, so werden die Messwerte ausgeschlossen und der Test für den kleinsten Mittelwert durchgeführt. Wird dabei ein Ausreisser festgestellt, so sind diese Messwerte ebenfalls auszuschliessen. Der Grubb's Test muss dann für den gegenüberliegenden Extremwert (Maximal- oder Minimalwert) ausgeführt werden. Sobald keine Ausreisser mehr auftreten, so ist das Grubb'sche Testverfahren beendet.

Sind gemäss Grubb's Test der Maximal- und der Minimalwert keine Ausreisser, so wird der Grubb's Test auf die zwei grössten Extremwerte und anschliessend auf die zwei kleinsten Extremwerte angesetzt.

1.6.5 Gesamtpräzision

Für die Bestimmung der Gesamtpräzision des Messverfahrens werden zuerst für jedes Messniveau j das generelle Mittel m^j , die Wiederholstandardabweichung s_{rj} und die Vergleichstandardabweichung s_{Rj} berechnet. Besteht keine Abhängigkeit der Präzisionsmasse s_{rj} und s_{Rj} von dem generellen Mittel m^j , so wird die Gesamtpräzision des Messverfahrens als Mittelwert der Präzisionsmasse s_{rj} und s_{Rj} ausgedrückt. Im weiteren dürfen anstelle der Standardabweichungen s_r und s_R auch die Wiederholgrenze r und die Vergleichgrenze R berechnet werden. Zeigt sich eine gewisse Abhängigkeit der Präzisionsmasse s_{rj} und s_{Rj} vom generellen Mittel m^j , so wird die Gesamtpräzision durch die funktionalen Zusammenhänge $s_{rj} = F_n(m^j)$ und $s_{Rj} = F_n(m^j)$ angegeben.

2 Messverfahren: Herstellung von Probekörper

2.1 Datenerhebung

2.1.1 Norm / Messgrößen

Norm: TP A-StB, Ausgabe 2003
Messgrösse: Raumdichte [g/cm³]

2.1.2 Beteiligte Laboratorien

Es haben 11 Laboratorien Messresultate geliefert.

2.1.3 Verwendete Proben oder Materialien

An folgenden 2 Proben oder Materialien wurden die Messungen durchgeführt:
Probe/Material S1
Probe/Material S2

2.1.4 Messwerte

Labor	S1 Raumdichte [g/cm ³]	S2 Raumdichte [g/cm ³]
1	2.386	2.381
1	2.384	2.380
1	2.386	2.375
2	2.393	2.389
2	2.394	2.377
2	2.380	2.373
3	2.421	2.411
3	2.427	2.412
3	2.421	2.419
4	2.394	2.400
4	2.396	2.396
4	2.394	2.397
5	2.400	2.391
5	2.398	2.390
5	2.402	2.388
6	2.390	2.379
6	2.388	2.378
6	2.389	
7	2.385	2.379
7	2.387	2.380
7	2.385	2.380
8	2.387	2.389
8	2.388	2.393
8	2.387	2.387
9	2.402	2.384
9	2.400	2.378
9	2.389	2.385
10	2.381	2.376
10	2.383	2.365
10	2.385	2.370
11	2.380	2.385
11	2.389	2.374
11	2.380	2.380

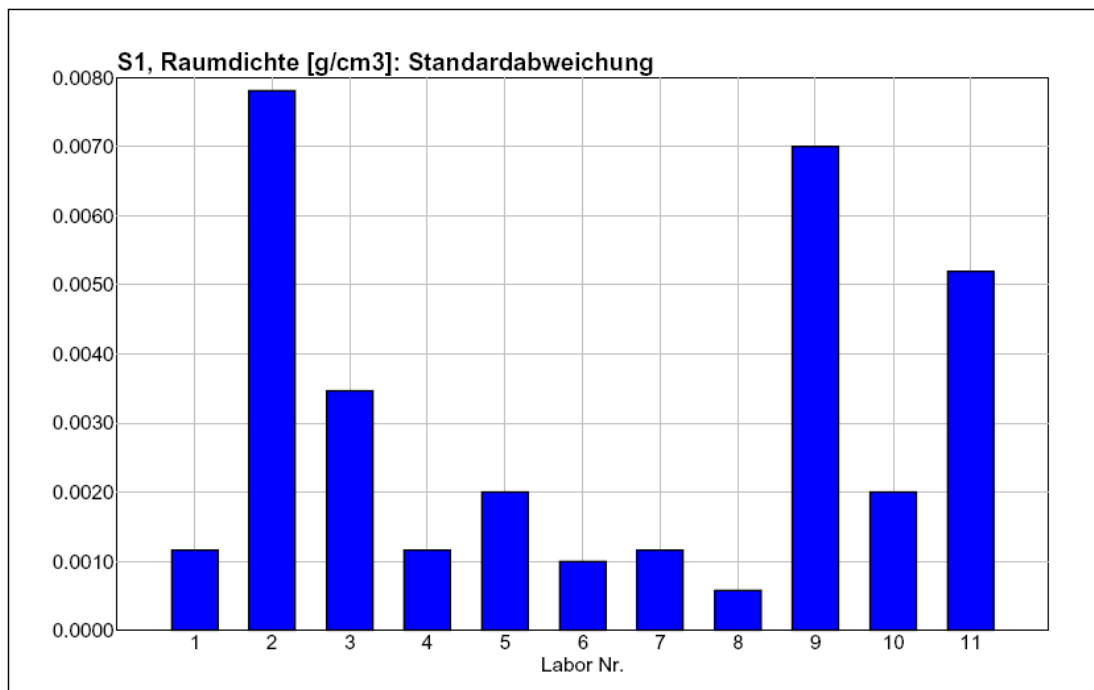
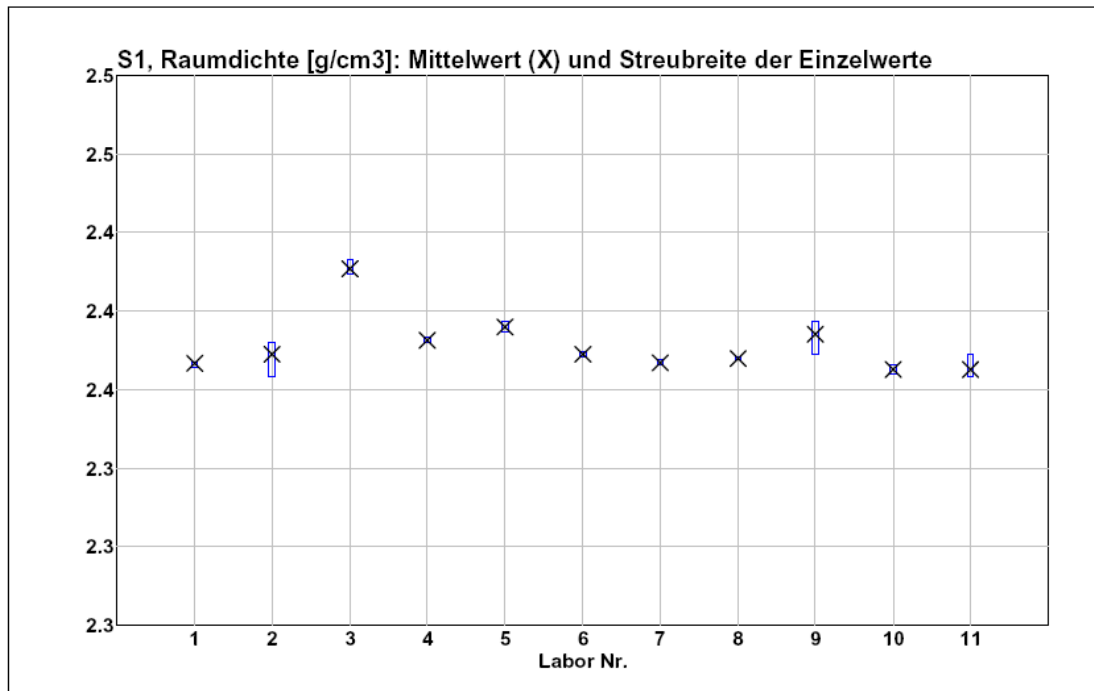
2.2 Statistische Auswertung

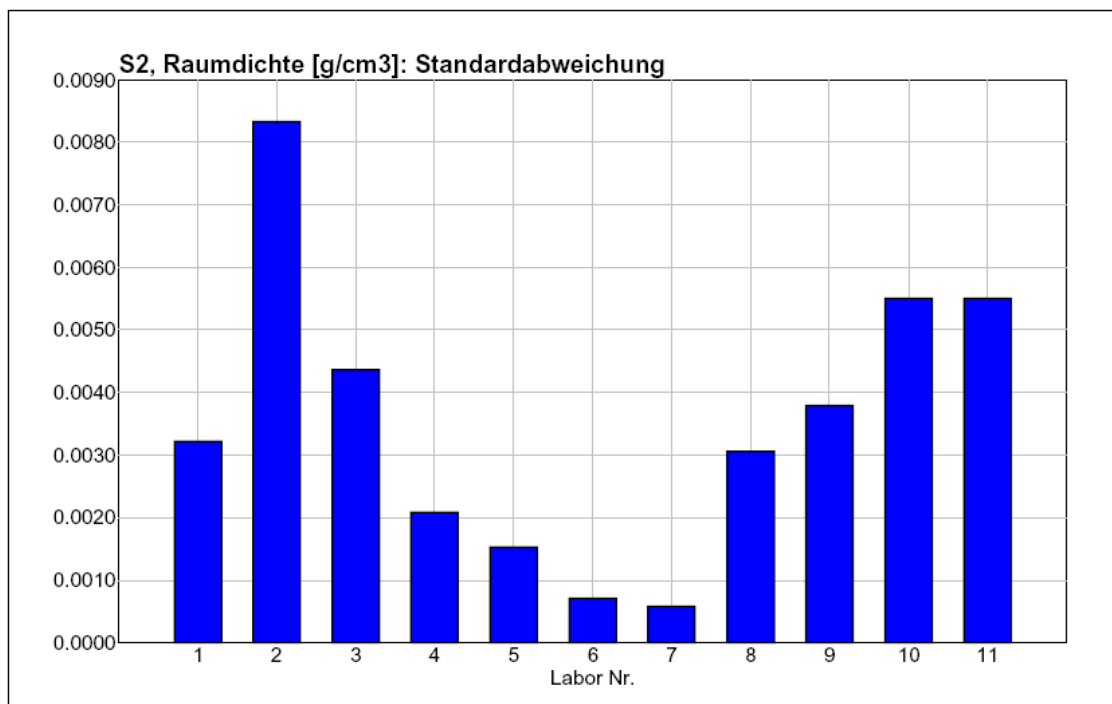
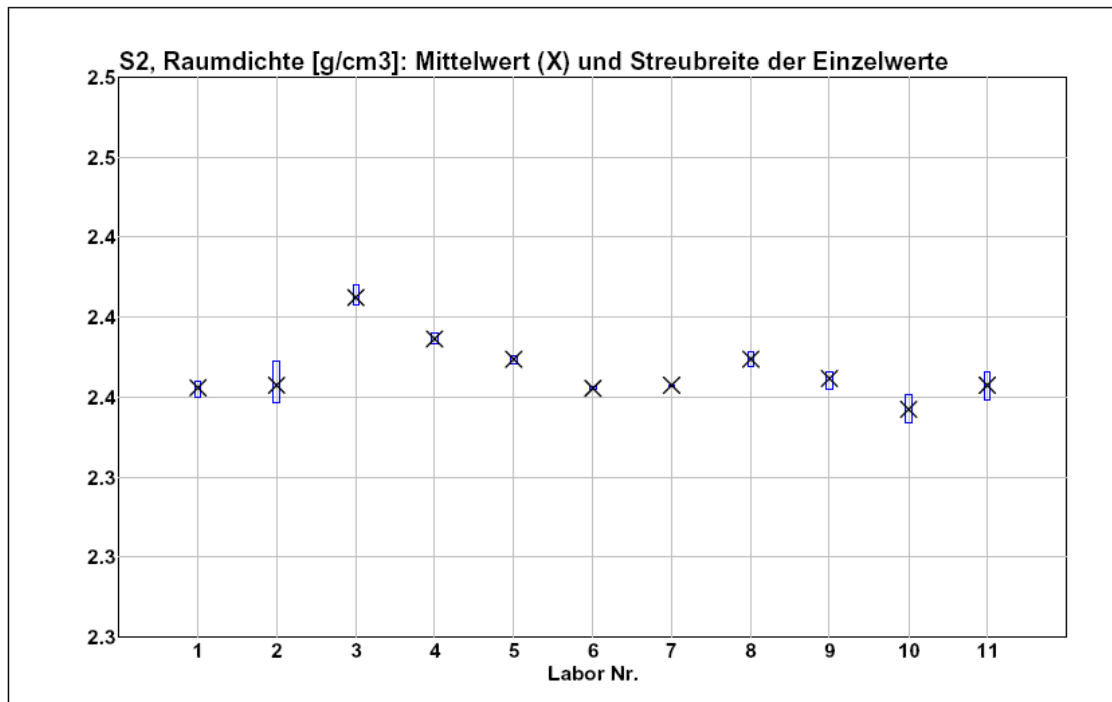
2.2.1 Mittelwerte der Labormessungen

Labor	S1	S2
	Raumdichte [g/cm ³]	Raumdichte [g/cm ³]
1	2.385	2.379
2	2.389	2.380
3	2.423	2.414
4	2.395	2.398
5	2.400	2.390
6	2.389	2.378
7	2.386	2.380
8	2.387	2.390
9	2.397	2.382
10	2.383	2.370
11	2.383	2.380

2.2.2 Standardabweichungen der Labormessungen

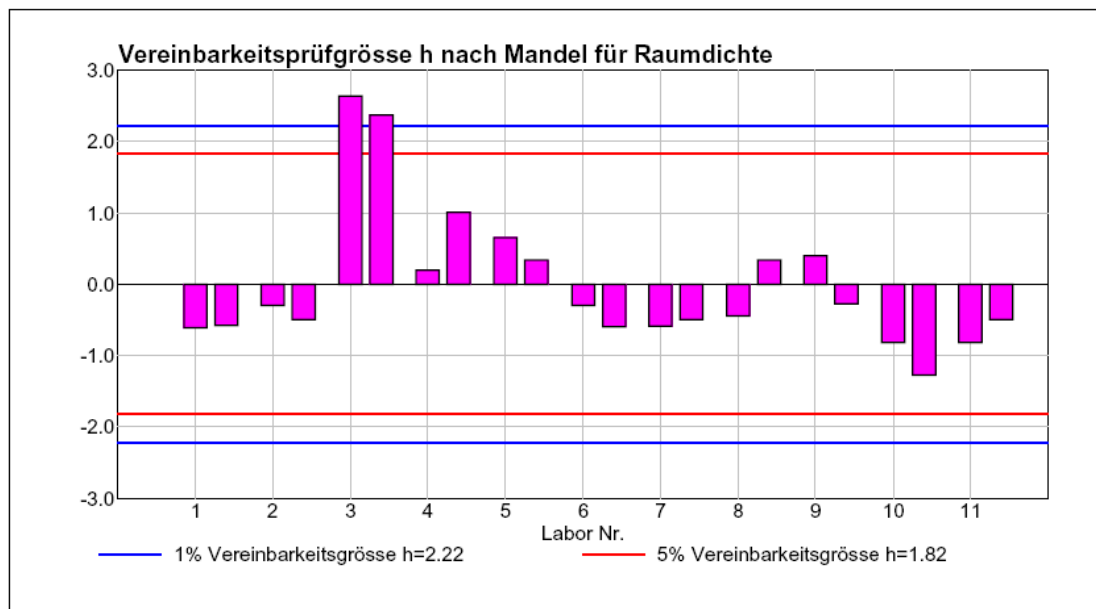
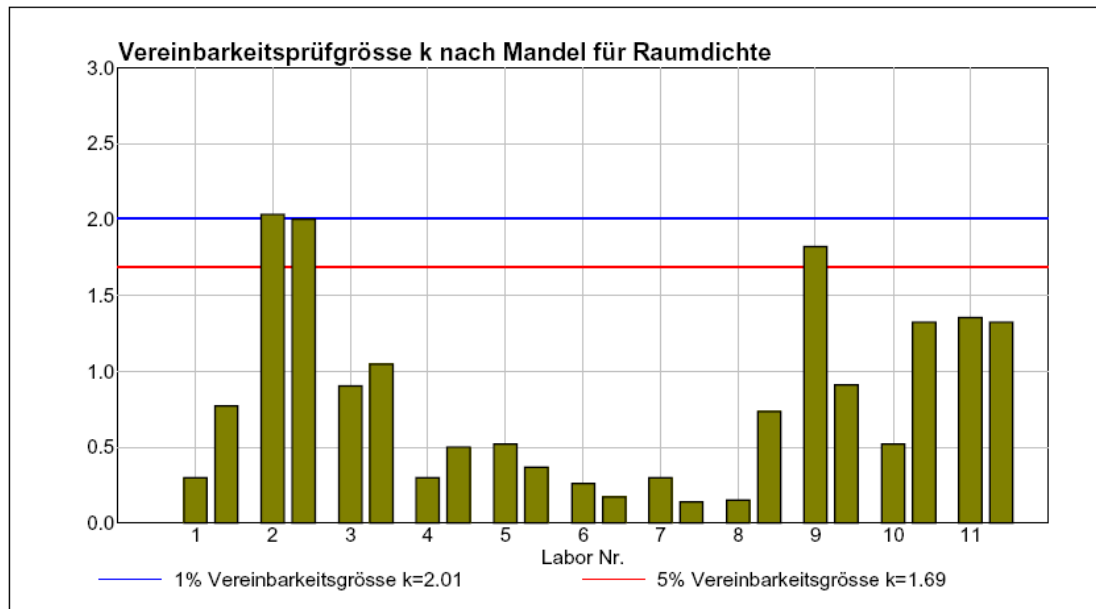
Labor	S1	S2
	Raumdichte [g/cm ³]	Raumdichte [g/cm ³]
1	0.001	0.003
2	0.008	0.008
3	0.003	0.004
4	0.001	0.002
5	0.002	0.002
6	0.001	0.001
7	0.001	0.001
8	0.001	0.003
9	0.007	0.004
10	0.002	0.006
11	0.005	0.006





2.2.3 Statistik nach Mandel

Die Vereinbarkeitsprüfgrösse k dient zur Überprüfung der Konsistenz der Messungen innerhalb der Labors.
Die Vereinbarkeitsprüfgrösse h dient zur Überprüfung der Konsistenz der Messungen zwischen den Labors.



2.2.4 Cochran Test

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Wiederholungsmessungen für den Messwert Raumdichte

Labor	S1	S2
1		
2	0.406	0.404
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

2.2.5 Grubbs Test

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Vergleichsmessungen für den Messwert Raumdichte

Labor	S1	S2
1		
2		
3		
4		0.367
5	0.328	
6		0.626
7		
8		0.367
9	0.328	
10	0.675	0.626
11	0.675	

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

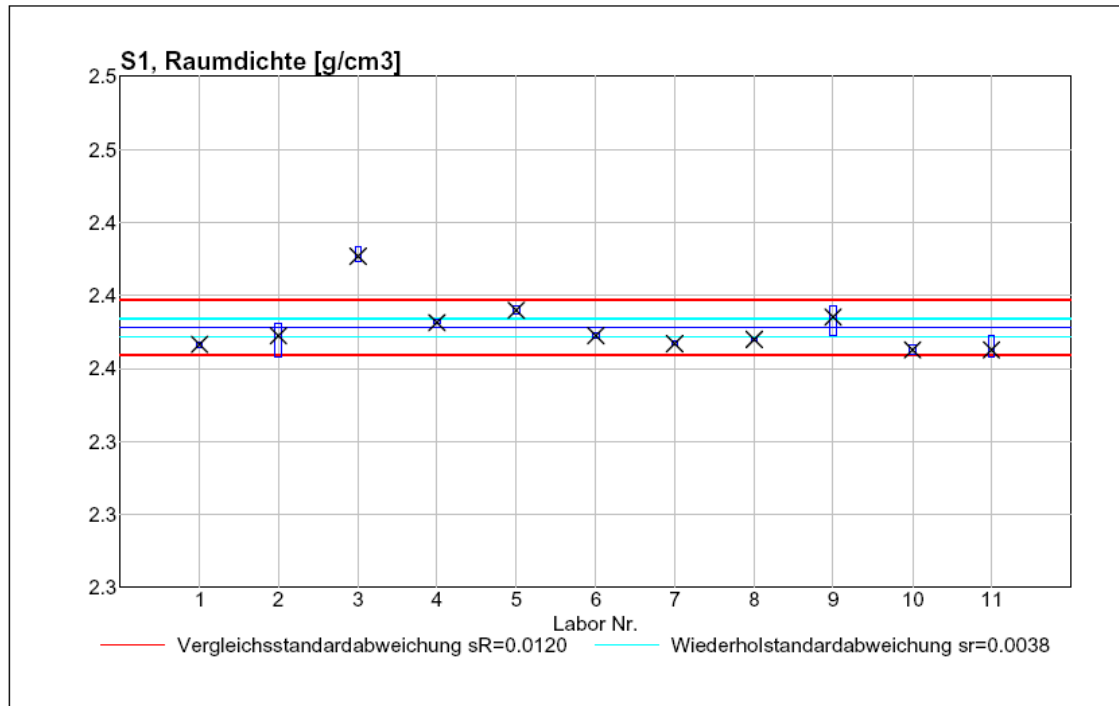
Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

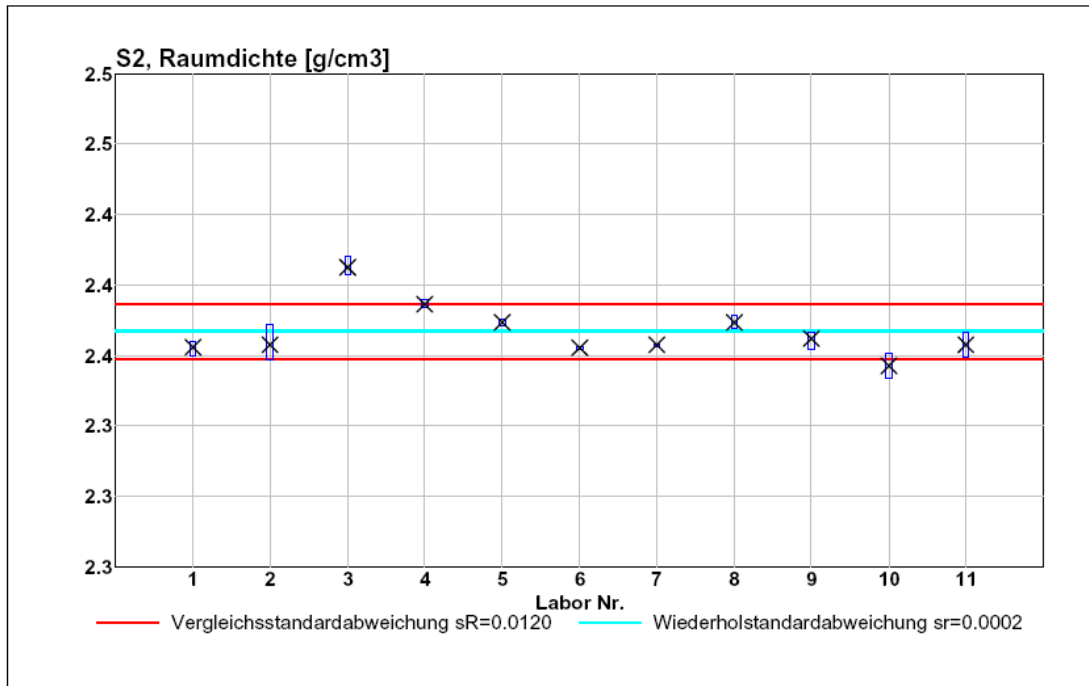
2.2.6 Präzision bezüglich Messniveau

Präzision für den Messwert Raumdichte [g/cm³]

Probe/Material	Anzahl Labors	Generelles Mittel \bar{m}	Wiederholgrenze r	Vergleichgrenze R
S1	11	2.392	0.011	0.033
S2	11	2.386	0.001	0.033

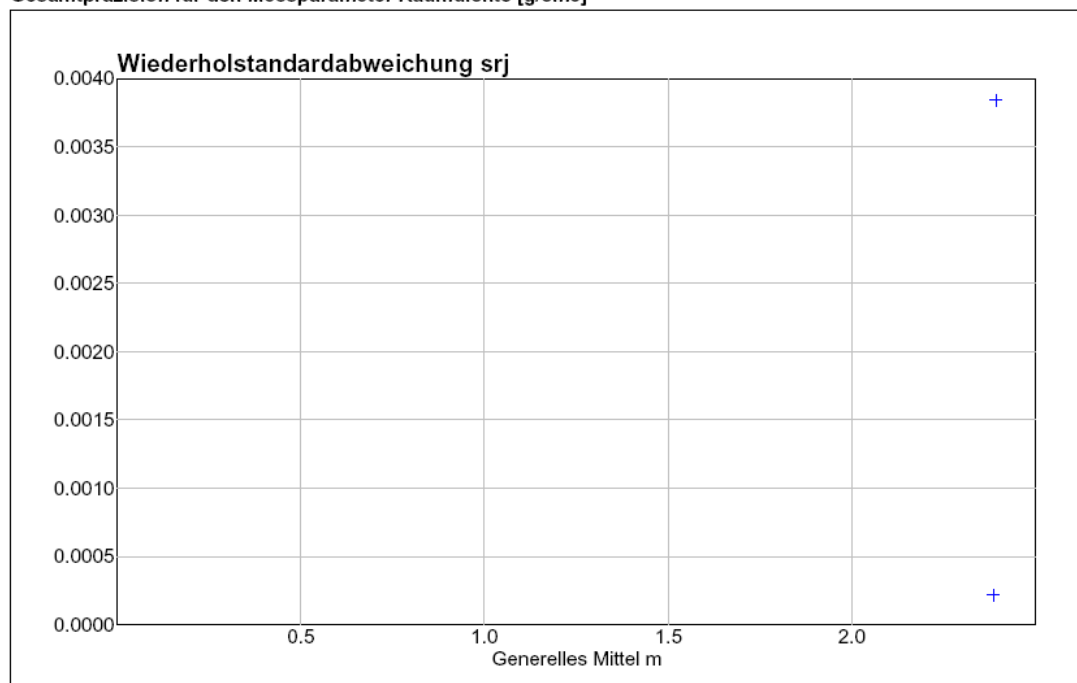
2.2.7 Auswertungsgrafik





2.2.8 Gesamtpräzision

Gesamtpräzision für den Messparameter Raumdichte [g/cm³]



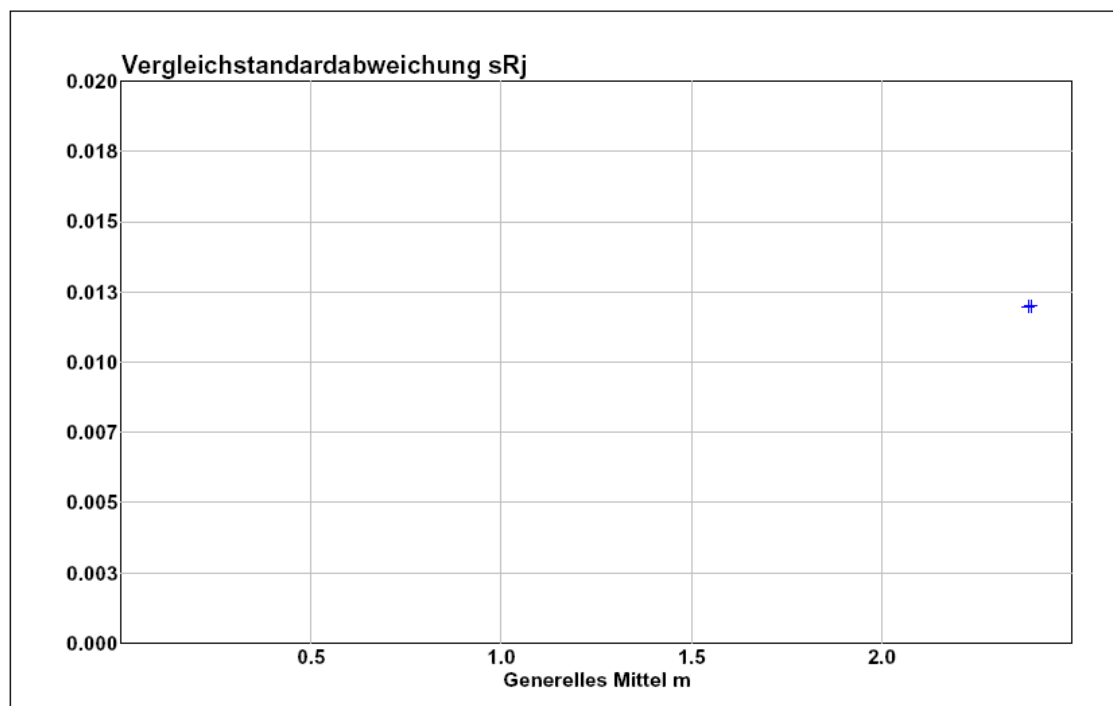
Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Wiederholstandardabweichung des Messverfahrens $s_r = 0.002$

Wiederholgrenze des Messverfahrens $r = 0.006$

RR-ISO 5725 Version 1.3
Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 16
15.09.2006



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Vergleichsstandardabweichung des Messverfahrens sR = 0.012

Vergleichsgrenze des Messverfahrens R = 0.033

Projektdaten: K:\QM-Pendent\MHB 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV\210827 dyn.ETGA\Ringversuch\210827 dyn.ET EW.prj

3 Messverfahren: Vorbereitung von Probekörper

3.1 Datenerhebung

3.1.1 Norm / Messgrößen

Norm: TP A-StB, Ausgabe 2003
Messgrösse: Höhe [mm]

3.1.2 Beteiligte Laboratorien

Es haben 11 Laboratorien Messresultate geliefert.

3.1.3 Verwendete Proben oder Materialien

An folgenden 2 Proben oder Materialien wurden die Messungen durchgeführt:
Probe/Material S1
Probe/Material S2

3.1.4 Messwerte

Labor	S1 Höhe [mm]	S2 Höhe [mm]
1	60.90	60.90
1	60.70	60.80
1	60.20	60.10
2	59.90	60.10
2	59.90	60.00
2	60.10	60.10
3	60.30	60.20
3	60.30	60.20
3	60.20	60.30
4	60.00	59.50
4	60.00	59.90
4	60.00	59.90
5	60.00	60.00
5	60.00	60.00
5	60.00	60.00
6	60.10	60.10
6	60.10	60.10
6	60.10	
7	59.96	59.88
7	60.01	59.89
7	59.89	59.84
8	60.00	60.00
8	60.00	60.00
8	60.00	60.00
9	60.10	60.10
9	60.10	60.10
9	60.10	60.10
10	60.40	60.60
10	61.00	60.90
10	60.80	61.00
11	60.70	60.80
11	60.60	60.80
11	60.70	60.60

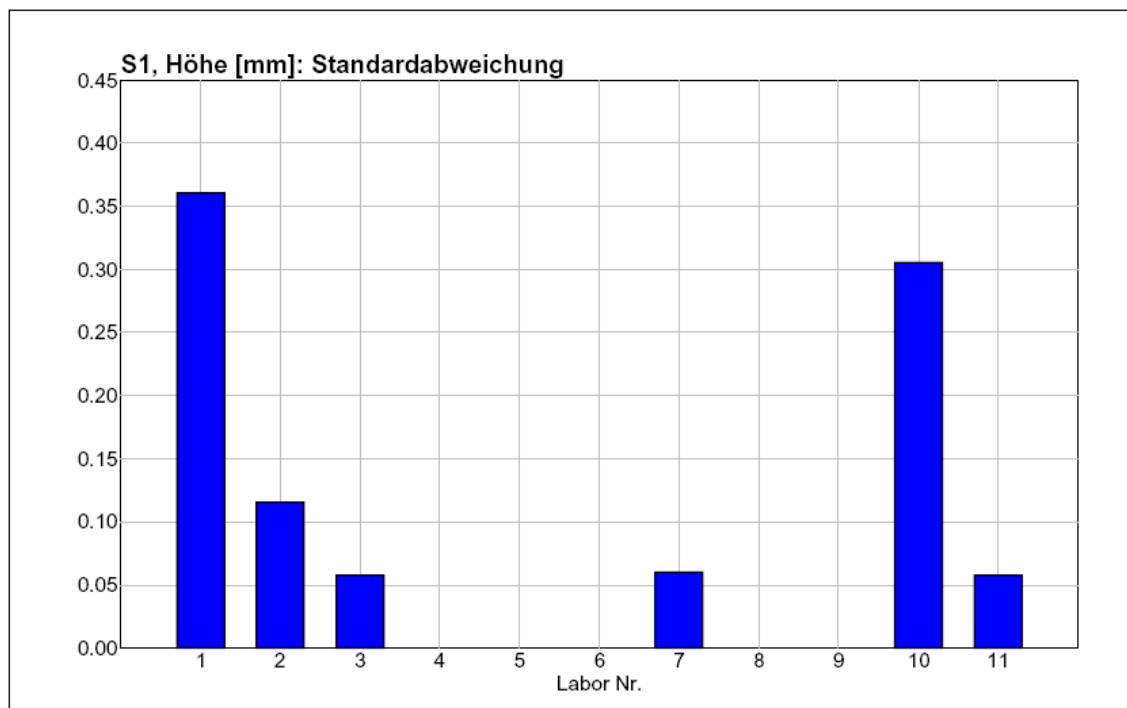
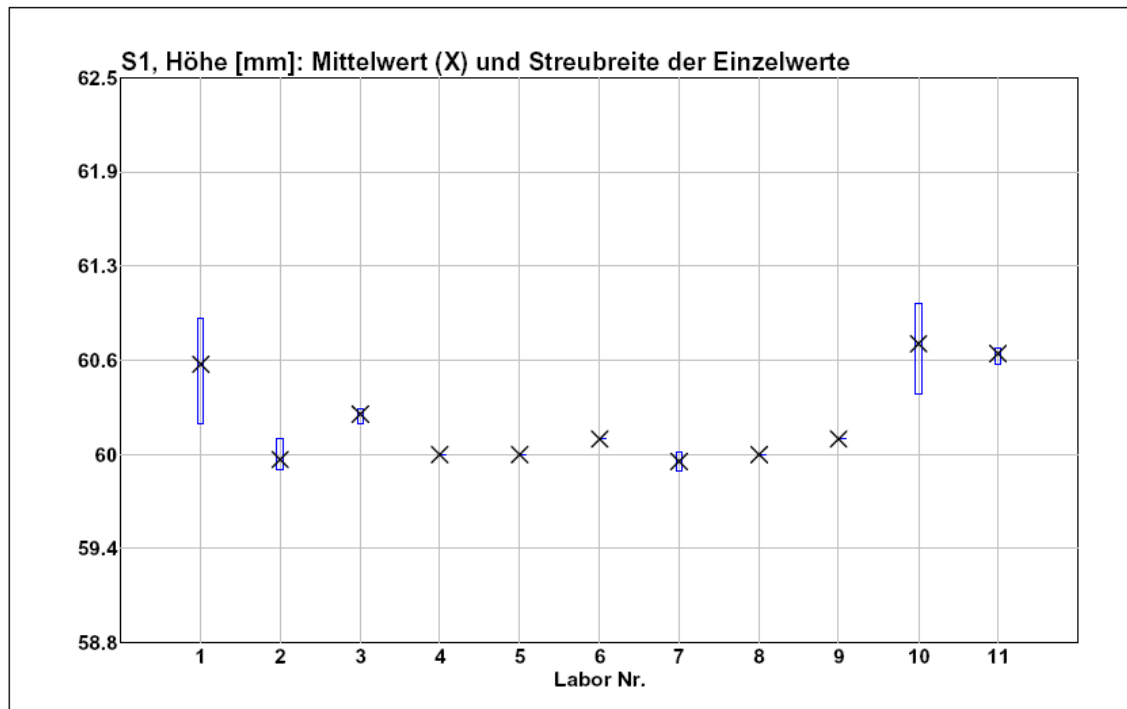
3.2 Statistische Auswertung

3.2.1 Mittelwerte der Labormessungen

Labor	S1 Höhe [mm]	S2 Höhe [mm]
1	60.60	60.60
2	59.97	60.07
3	60.27	60.23
4	60.00	59.77
5	60.00	60.00
6	60.10	60.10
7	59.95	59.87
8	60.00	60.00
9	60.10	60.10
10	60.73	60.83
11	60.67	60.73

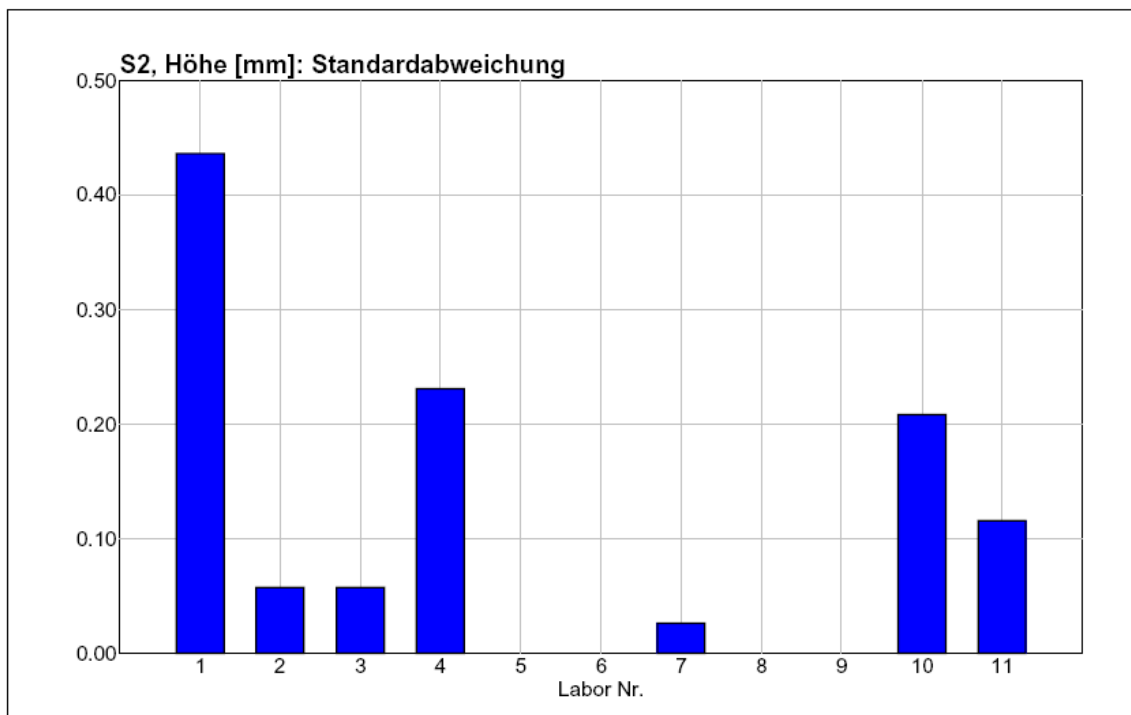
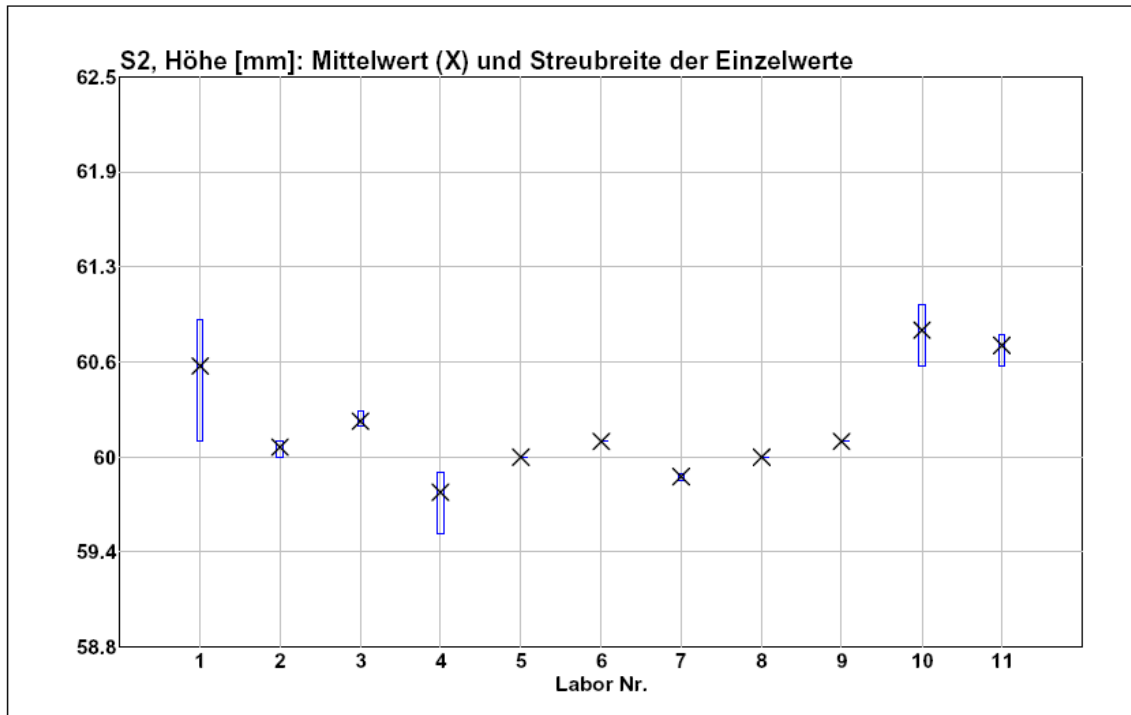
3.2.2 Standardabweichungen der Labormessungen

Labor	S1 Höhe [mm]	S2 Höhe [mm]
1	0.36	0.44
2	0.12	0.06
3	0.06	0.06
4	0.00	0.23
5	0.00	0.00
6	0.00	0.00
7	0.06	0.03
8	0.00	0.00
9	0.00	0.00
10	0.31	0.21
11	0.06	0.12



RR-ISO 5725 Version 1.3
 Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 21
 15.09.2006

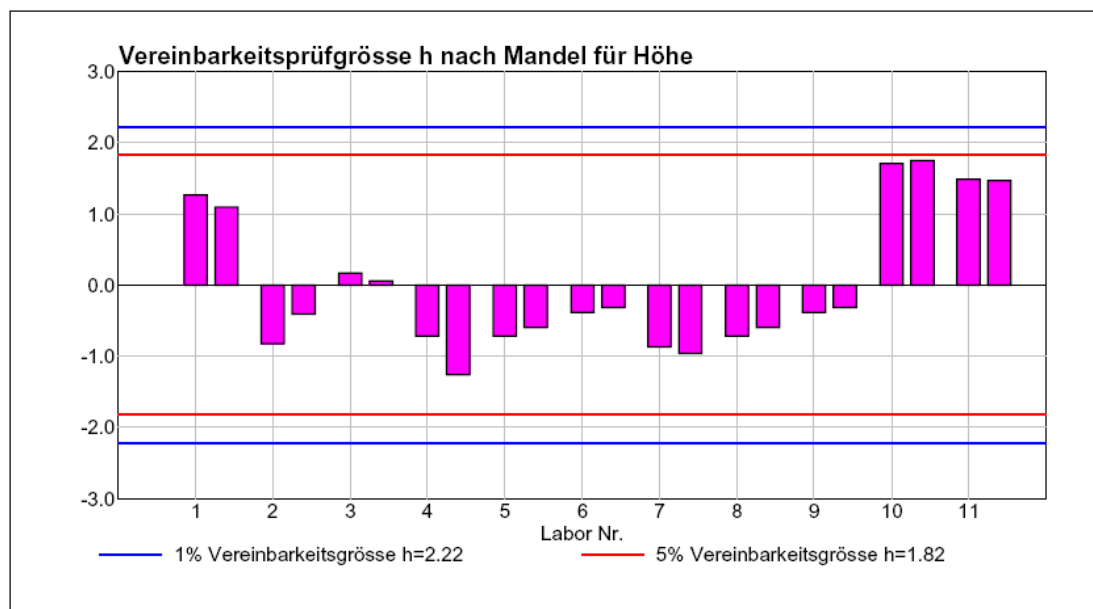
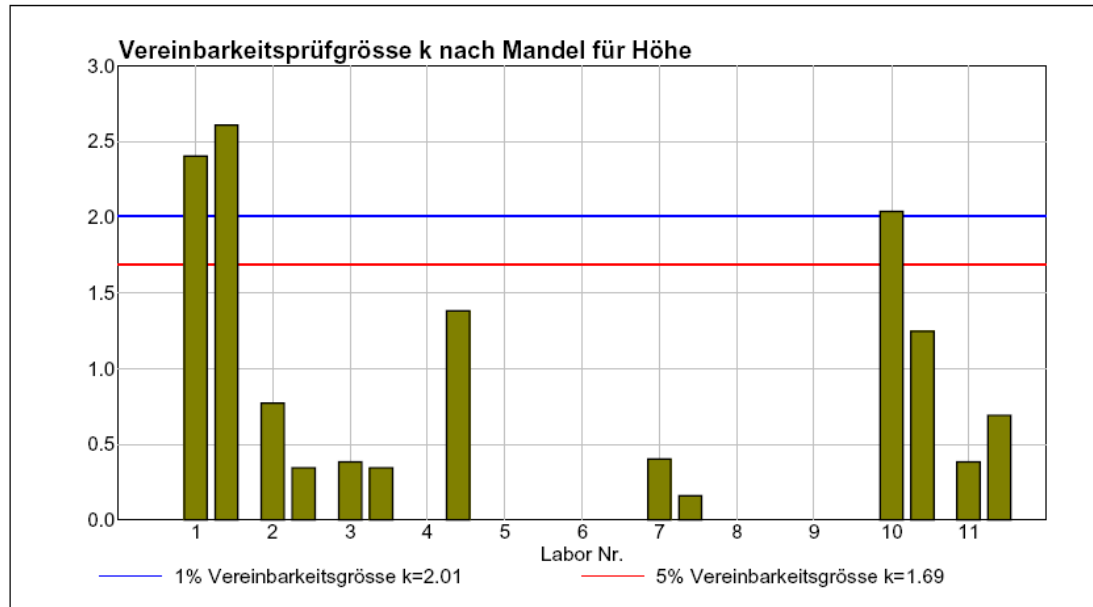


Projektdatei: K:\QM-Pendent\MHE 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV\210827 dyn.ETGA\Ringversuch\210827 dyn.ET EW.prj

3.2.3 Statistik nach Mandel

Die Vereinbarkeitsprüfgrösse k dient zur Überprüfung der Konsistenz der Messungen innerhalb der Labors.

Die Vereinbarkeitsprüfgrösse h dient zur Überprüfung der Konsistenz der Messungen zwischen den Labors.



3.2.4 Cochran Test

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Wiederholungsmessungen für den Messwert Höhe

Labor	S1	S2
1	@	@
2	@	
3		
4		0.454
5		
6		
7	0.353	
8		
9		
10	@	
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Zelle L1 / S1 ist ein Ausreisser

Cochran Testgrösse $C = 0.52639 > 0.50400$ (99% Vertrauensgrenze)

Zelle L10 / S1 ist ein Ausreisser

Cochran Testgrösse $C = 0.79795 > 0.53600$ (99% Vertrauensgrenze)

Zelle L2 / S1 besitzt eine grosse Streuung! Abklärung empfohlen

Cochran Testgrösse $C = 0.56417 > 0.47800$ (95% Vertrauensgrenze)Cochran Testgrösse $C = 0.56417 \leq 0.57300$ (99% Vertrauensgrenze)

Zelle L1 / S2 besitzt eine grosse Streuung! Abklärung empfohlen

Cochran Testgrösse $C = 0.61815 > 0.57000$ (95% Vertrauensgrenze)Cochran Testgrösse $C = 0.61815 \leq 0.68400$ (99% Vertrauensgrenze)

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

3.2.5 Grubbs Test

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Vergleichsmessungen für den Messwert Höhe

Labor	S1	S2
1	@	@
2	@	
3		
4	0.548	0.712
5		
6		
7	0.548	0.712
8		
9		
10	@	0.135
11	0.047 **	0.135

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Gemäss Grubbs Test sind die zwei Maximalwerte der Zellen L3 / S1 und L11 / S1 Ausreisser

Grubbs Testgrösse $G = 0.04680 > 0.05630$ (99% Vertrauensgrenze)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

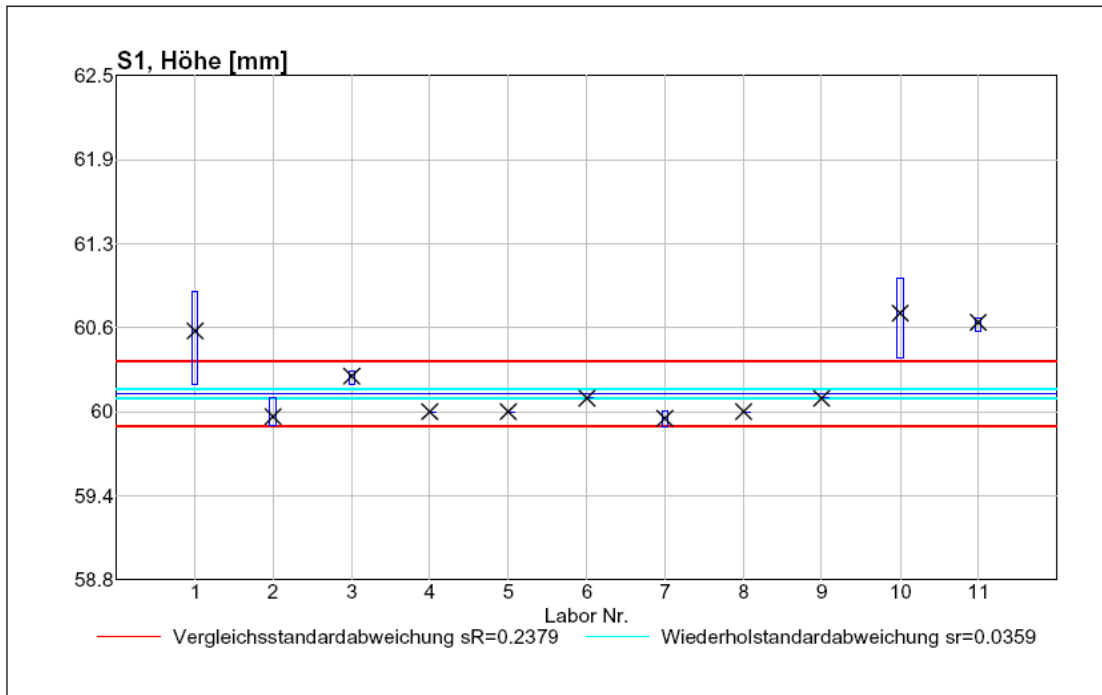
Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

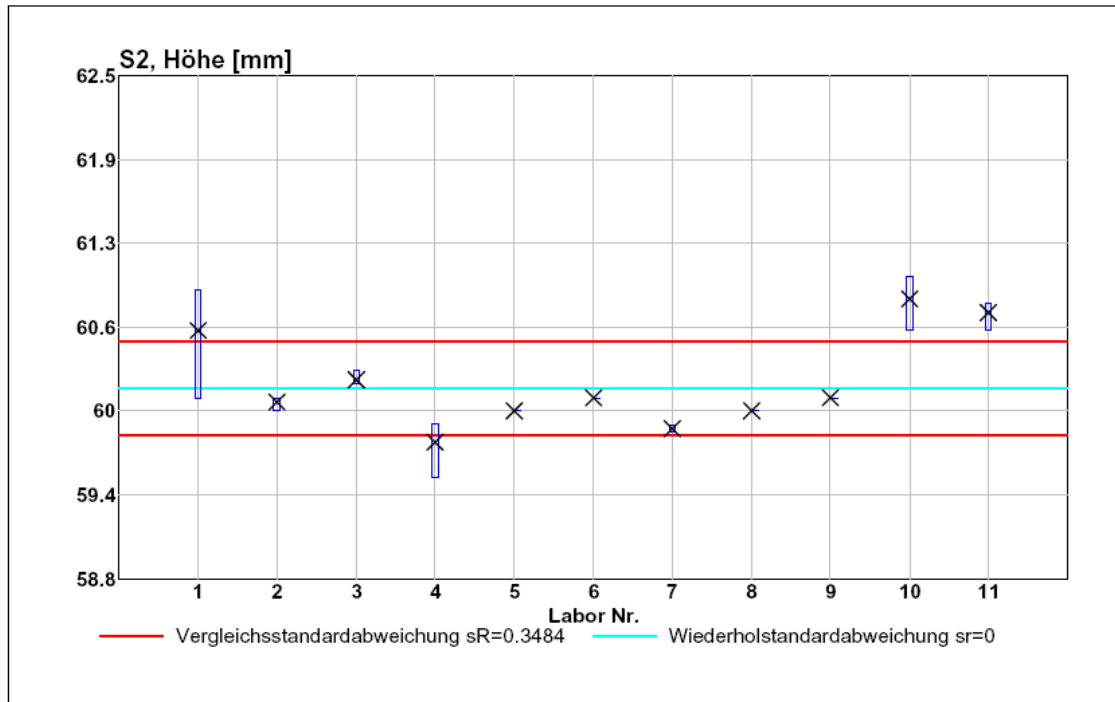
3.2.6 Präzision bezüglich Messniveau

Präzision für den Messwert Höhe [mm]

Probe/Material	Anzahl Labors	Generelles Mittel \bar{m}^{\wedge}	Wiederholgrenze r	Vergleichgrenze R
S1	8	60.136	0.099	0.659
S2	10	60.173	0.000	0.966

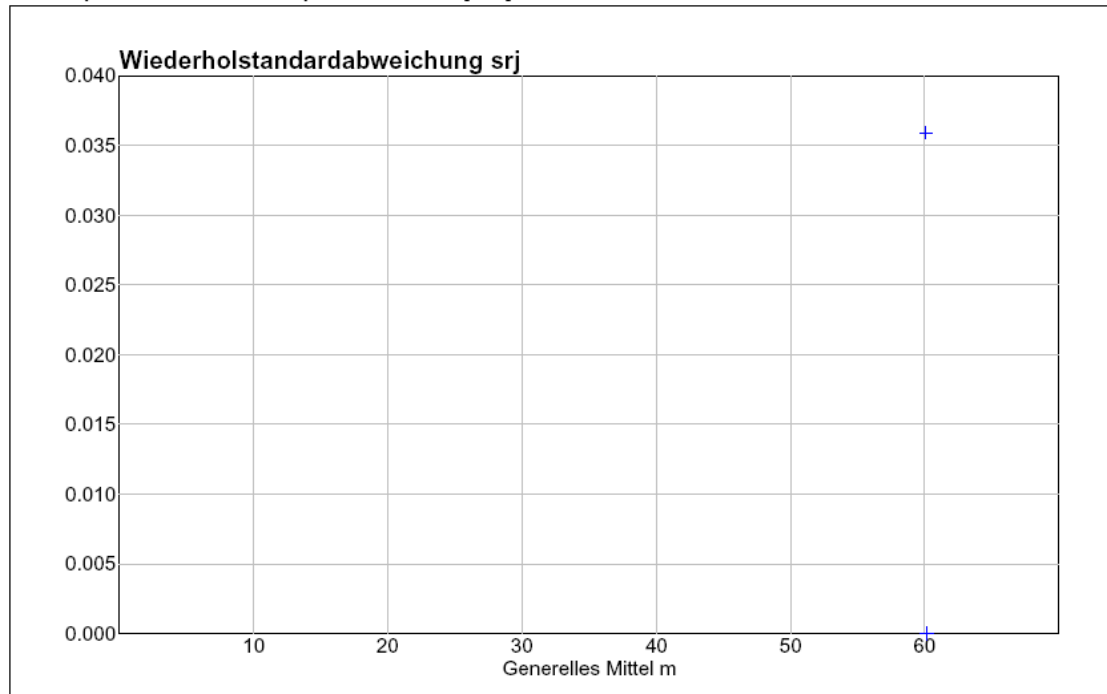
3.2.7 Auswertungsgrafik





3.2.8 Gesamtpräzision

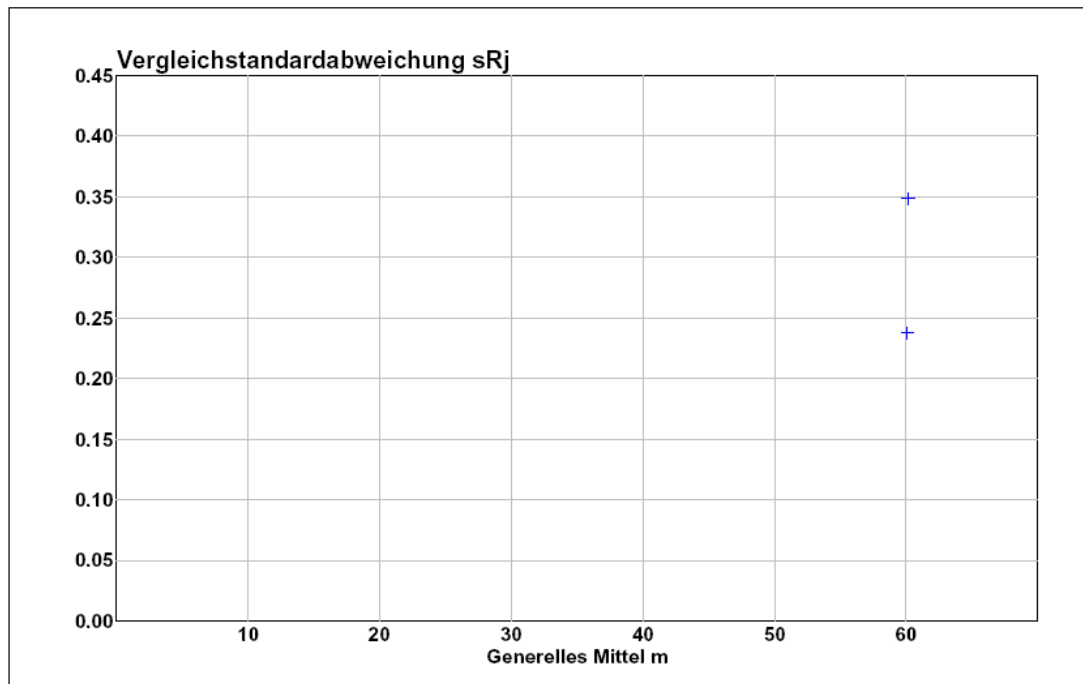
Gesamtpräzision für den Messparameter Höhe [mm]



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Wiederholstandardabweichung des Messverfahrens $s_r = 0.018$

Wiederholgrenze des Messverfahrens $r = 0.050$



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Vergleichsstandardabweichung des Messverfahrens $sR = 0.293$

Vergleichsgrenze des Messverfahrens $R = 0.813$

4 Messverfahren: Dynamische Eindringtiefe

4.1 Datenerhebung

4.1.1 Norm / Messgrößen

Norm: TP A-StB, Ausgabe 2003

Es wurden folgende Messgrößen gemessen:

Dynamische Eindringtiefe nach 2500 Zyklen

Dyn. ETGA 2500n [mm]

Dynamische Eindringtiefe nach 5000 Zyklen

Dyn. ETGA 5000n [mm]

Zunahme von 2500 bis 5000 n

Zun. ETGA [mm]

Regressionskoeffizient a

a [-]

Regressionskoeffizient b

b [-]

4.1.2 Beteiligte Laboratorien

Es haben 11 Laboratorien Messresultate geliefert.

4.1.3 Verwendete Proben oder Materialien

An folgenden 2 Proben oder Materialien wurden die Messungen durchgeführt:

Probe/Material S1

Probe/Material S2

4.1.4 Messwerte

Labor	S1 Dyn. ETGA 2500n [mm]	S1 Dyn. ETGA 5000n [mm]	S1 Zun. ETGA [mm]	S1 a [-]	S1 b [-]	S2 Dyn. ETGA 2500n [mm]	S2 Dyn. ETGA 5000n [mm]	S2 Zun. ETGA [mm]	S2 a [-]
1	1.52	2.01	0.49	0.4627	0.0406	3.85	5.67	1.82	0.5
1	1.20	1.63	0.43	0.4714	0.0301	3.80	5.63	1.83	0.5
1	1.57	2.08	0.51	0.4690	0.0399	4.21	6.30	2.09	0.5
2	1.34	1.74	0.40	0.3770	0.0700	3.51	5.01	1.50	0.5
2	1.67	2.09	0.42	0.3220	0.1340	3.92	5.45	1.53	0.4
2	2.08	2.65	0.57	0.3510	0.1340	3.61	5.05	1.44	0.4
3	0.80	1.07	0.27	0.4021	0.0346				
3	0.92	1.26	0.34	0.4153	0.0363				
3	1.08	1.34	0.26	0.3569	0.0649				
4	2.39	3.25	0.86	0.4469	0.0723	5.22	7.53	2.31	0.5
4	2.45	3.32	0.82	0.4373	0.0801	5.22	7.48	2.26	0.5
4	2.39	3.22	0.83	0.4323	0.0811	5.26	7.45	2.19	0.5
5	1.63	2.16	0.53	0.4053	0.0684	5.04	7.45	2.41	0.5
5	1.69	2.26	0.57	0.4195	0.0636	4.90	7.21	2.31	0.5
5	1.78	2.37	0.59	0.4135	0.0694	5.18	7.62	2.44	0.5
6	1.77	2.52	0.75	0.5093	0.0329	3.05	4.49	1.44	0.5
6	1.81	2.58	0.77	0.5135	0.0325	3.45	5.17	1.72	0.5
6	1.70	2.42	0.72	0.5053	0.0327				
7	1.72	2.35	0.64	0.4541	0.0492	3.67	5.50	1.82	0.5
7	1.88	2.58	0.70	0.4586	0.0519	4.34	6.47	2.13	0.5
7	1.39	1.89	0.50	0.4401	0.0445	3.54	5.34	1.80	0.5
8						8.00	10.00	2.00	
8						8.50	11.00	2.50	
8						7.00	9.50	2.50	
9	2.24	3.00	0.76	0.4235	0.0814	7.51	11.02	3.51	0.5
9	2.15	2.91	0.76	0.4353	0.0715	6.59	9.67	3.08	0.5
9	2.28	3.14	0.86	0.4577	0.0636	6.87	10.11	3.24	0.5
10	2.62	3.13	0.51	0.2942	0.2699	6.01	8.30	2.29	0.4
10	2.43	3.02	0.59	0.3328	0.1824	7.55	10.23	2.68	0.4
10	2.21	2.61	0.40	0.3051	0.2113	5.33	7.18	1.85	0.3
11	1.34	1.92	0.58	0.5220	0.0225	3.73	5.89	2.16	0.5
11	1.77	2.52	0.75	0.5228	0.0294	4.43	7.26	2.83	0.6
11	1.46	2.08	0.62	0.5184	0.0252	4.46	7.13	2.67	0.6

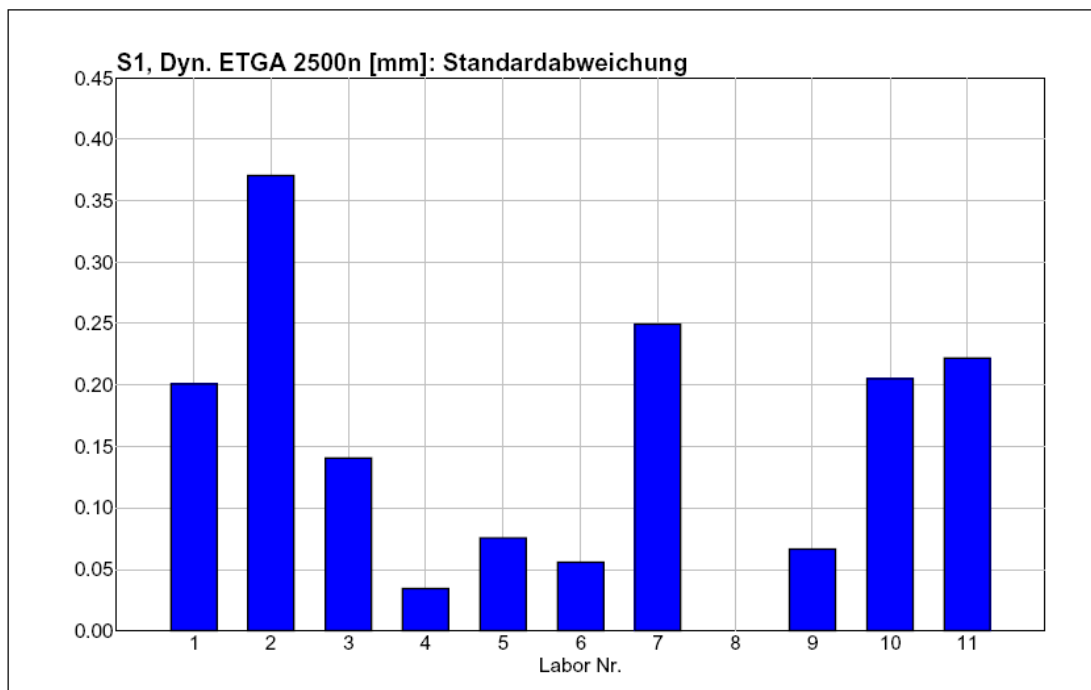
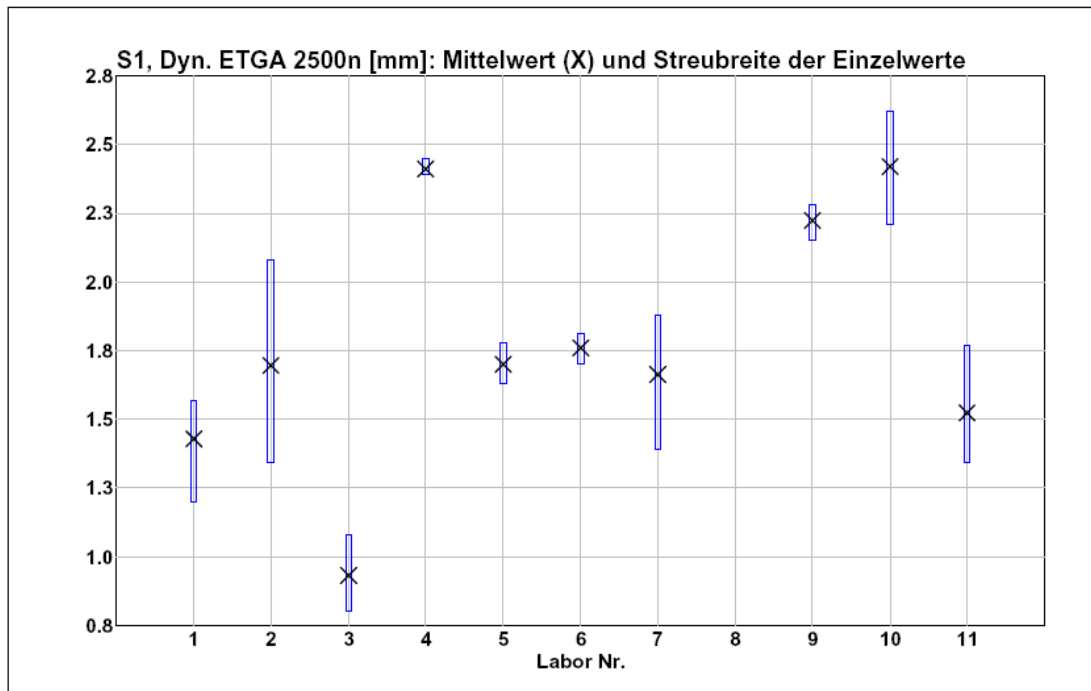
4.2 Statistische Auswertung

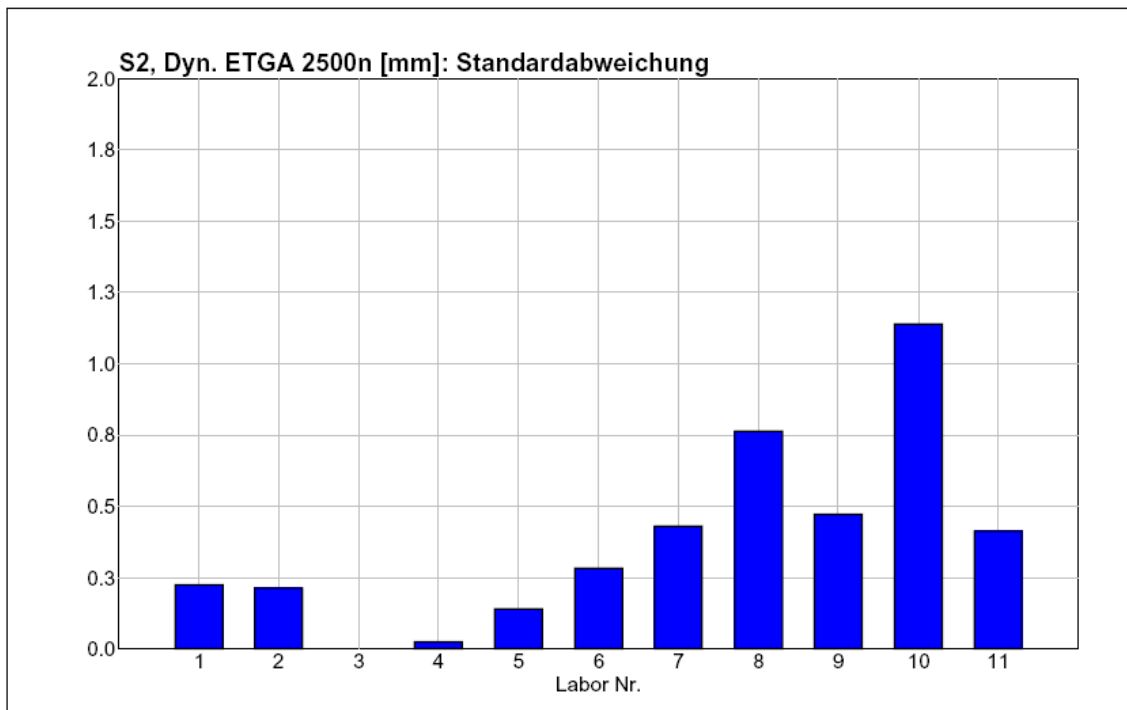
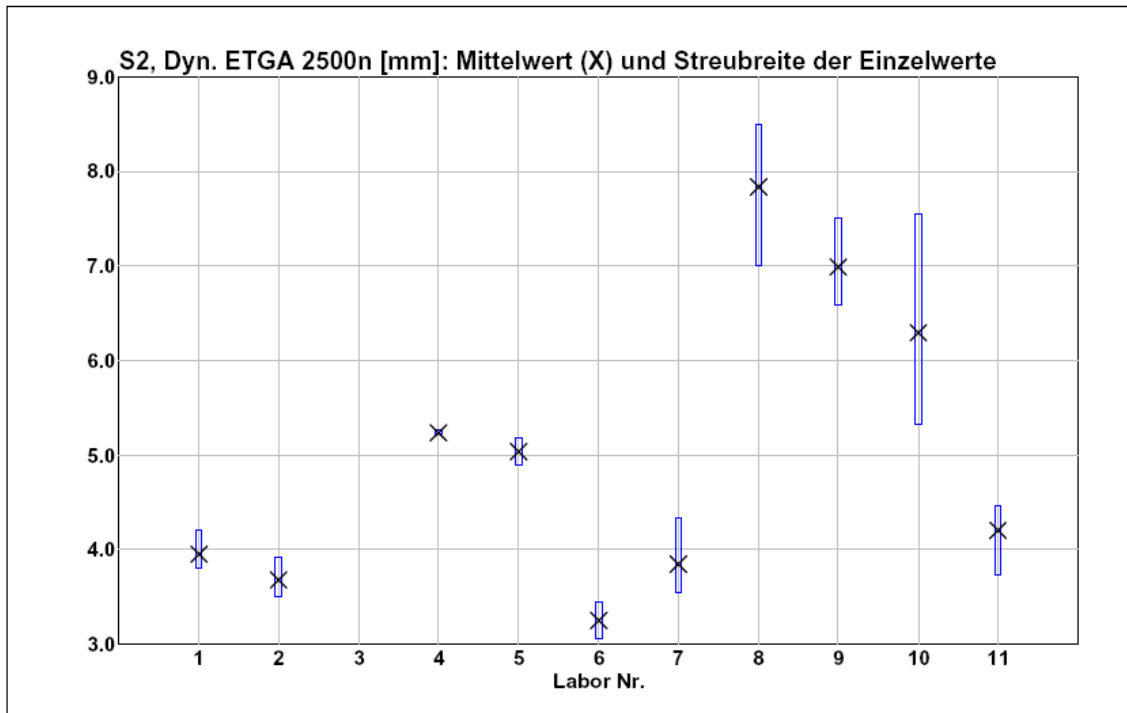
4.2.1 Mittelwerte der Labormessungen

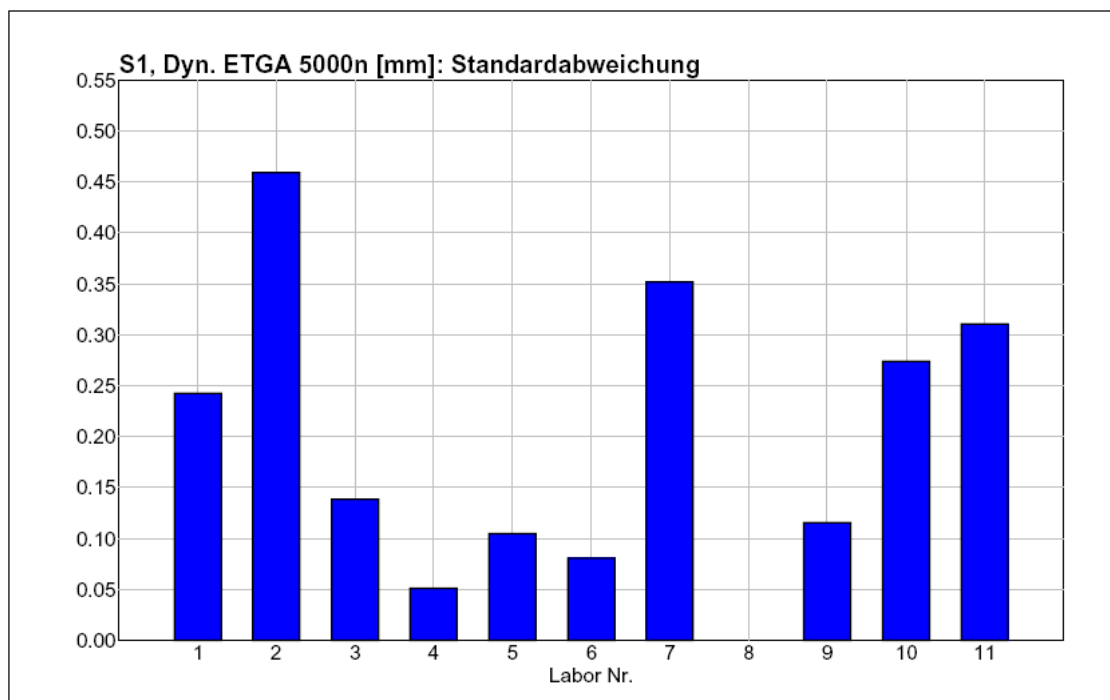
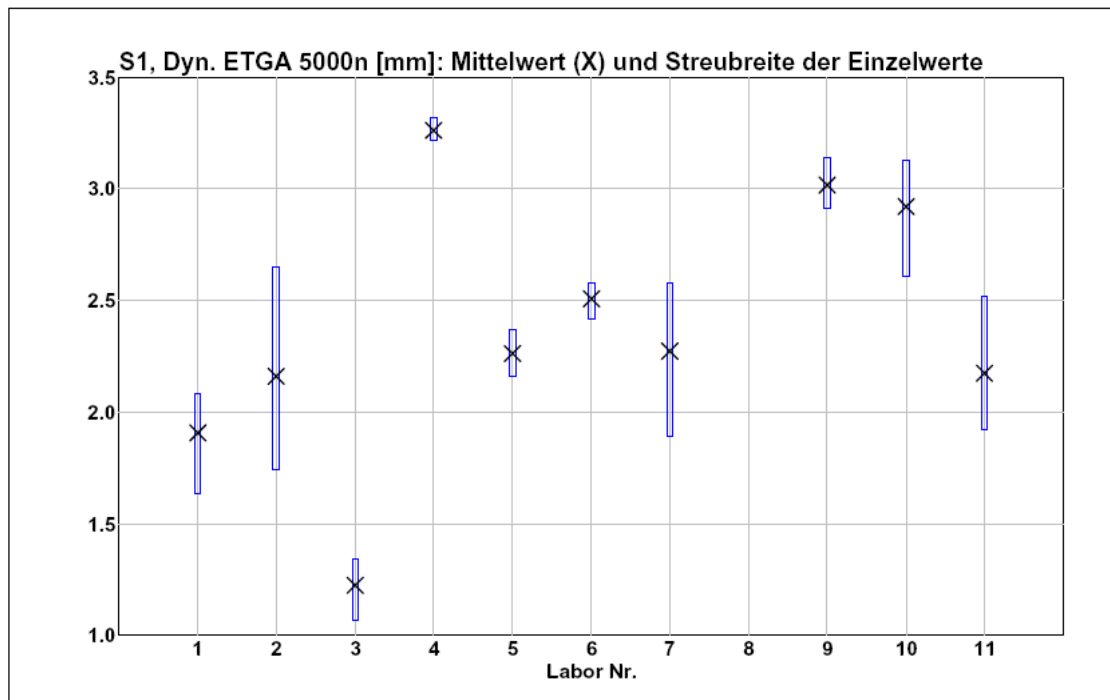
Labor	S1 Dyn. ETGA 2500n [mm]	S1 Dyn. ETGA 5000n [mm]	S1 Zun. ETGA [mm]	S1 a [-]	S1 b [-]	S2 Dyn. ETGA 2500n [mm]	S2 Dyn. ETGA 5000n [mm]	S2 Zun. ETGA [mm]	S2 a [-]
1	1.43	1.91	0.48	0.4677	0.0369	3.95	5.87	1.91	0.5
2	1.70	2.16	0.46	0.3500	0.1127	3.68	5.17	1.49	0.4
3	0.93	1.22	0.29	0.3914	0.0453				
4	2.41	3.26	0.84	0.4388	0.0778	5.23	7.49	2.25	0.5
5	1.70	2.26	0.56	0.4128	0.0671	5.04	7.43	2.39	0.5
6	1.76	2.51	0.75	0.5094	0.0327	3.25	4.83	1.58	0.5
7	1.66	2.27	0.61	0.4509	0.0485	3.85	5.77	1.92	0.5
8						7.83	10.17	2.33	
9	2.22	3.02	0.79	0.4388	0.0722	6.99	10.27	3.28	0.5
10	2.42	2.92	0.50	0.3107	0.2212	6.30	8.57	2.27	0.4
11	1.52	2.17	0.65	0.5211	0.0257	4.21	6.76	2.55	0.6

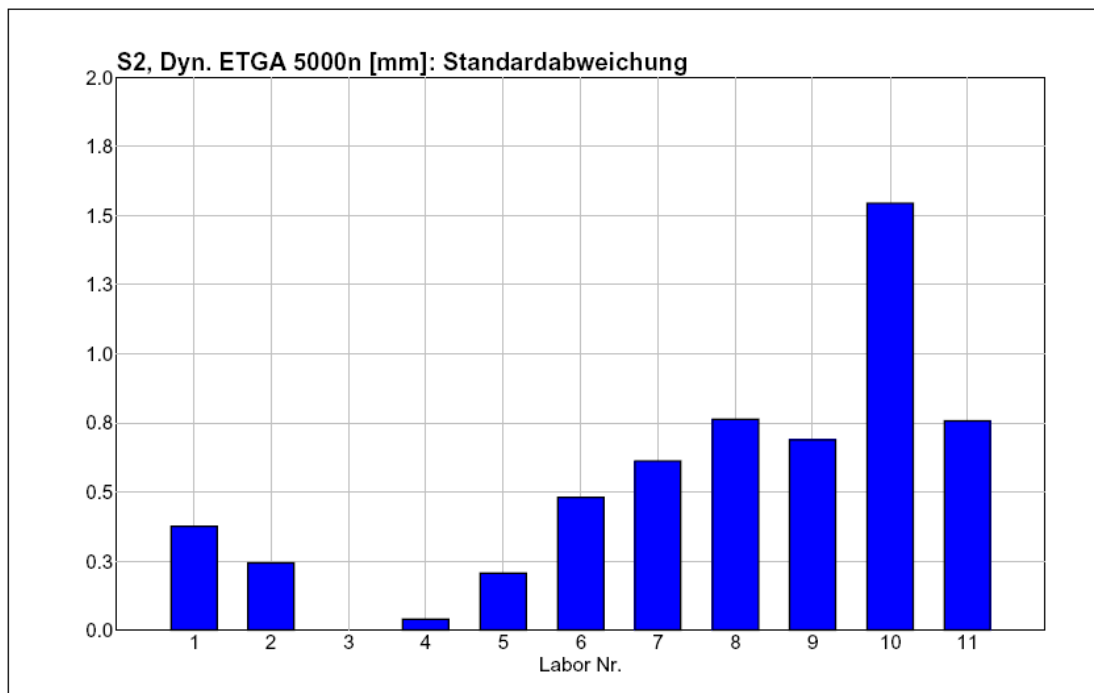
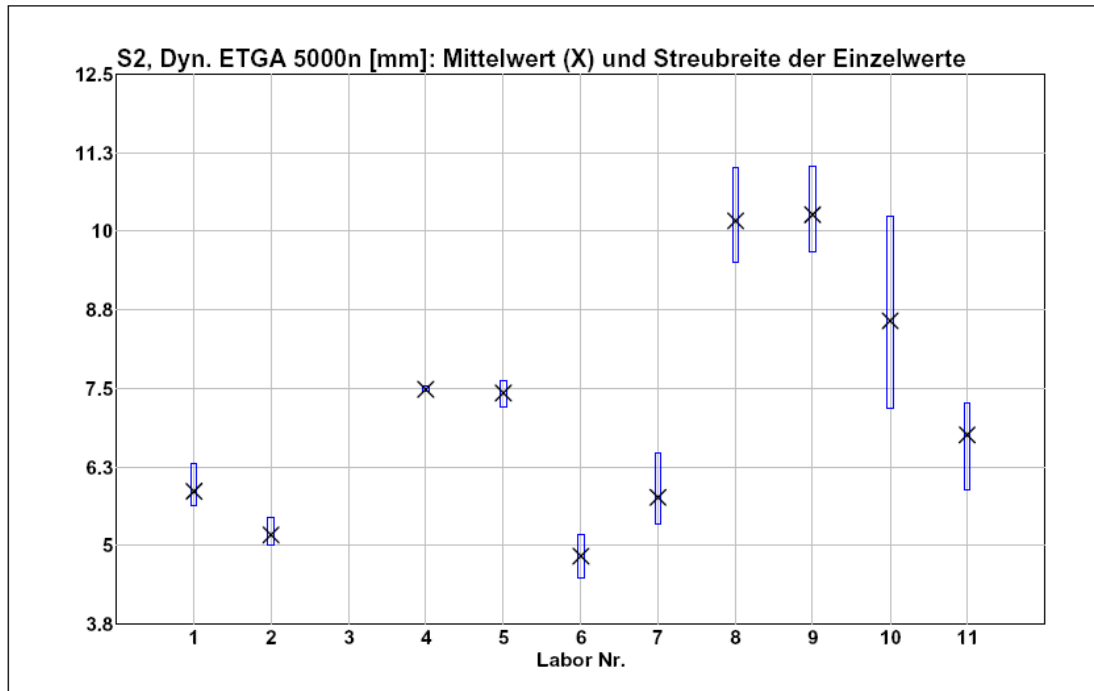
4.2.2 Standardabweichungen der Labormessungen

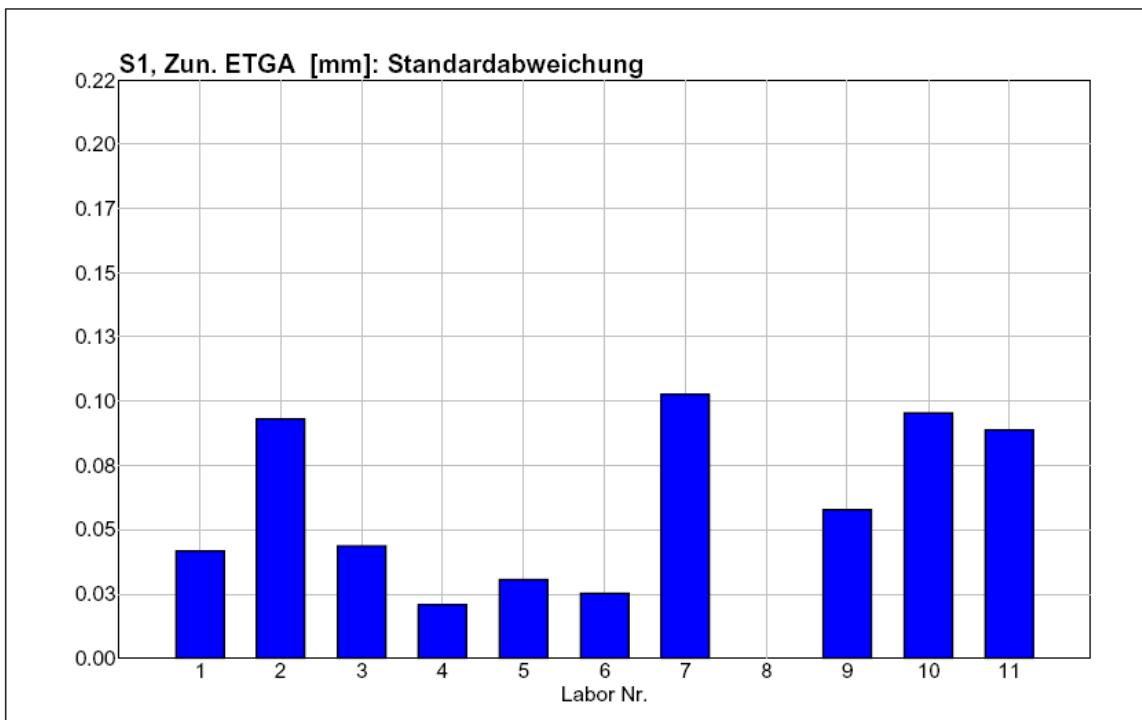
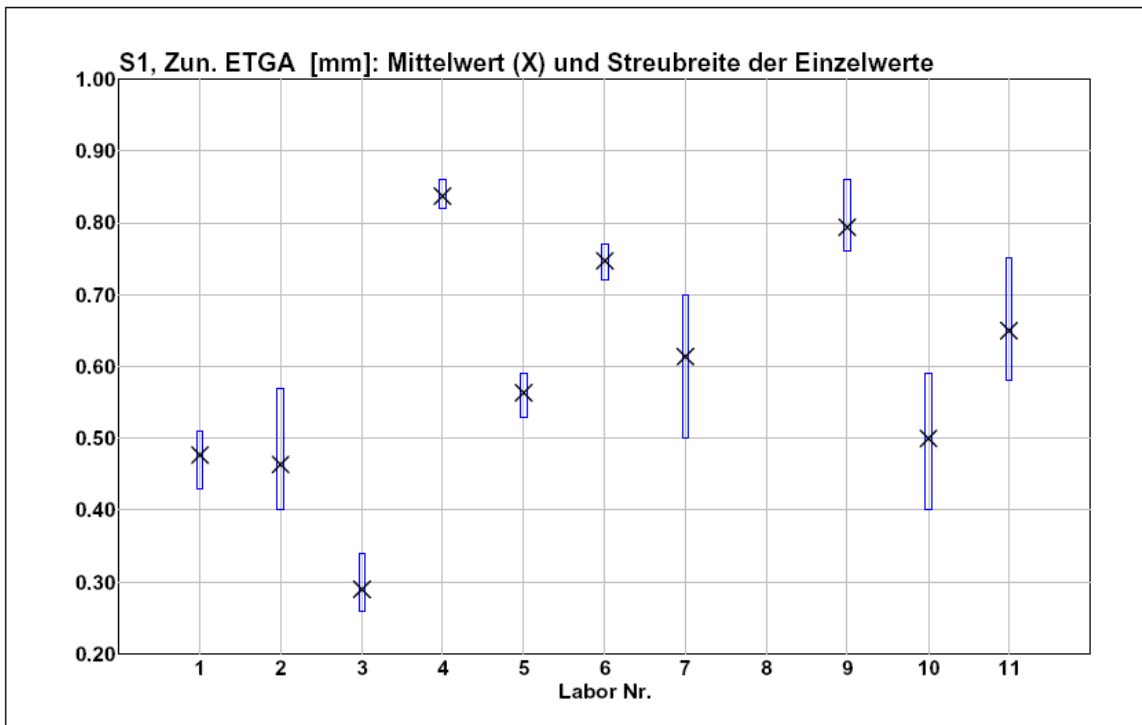
Labor	S1 Dyn. ETGA 2500n [mm]	S1 Dyn. ETGA 5000n [mm]	S1 Zun. ETGA [mm]	S1 a [-]	S1 b [-]	S2 Dyn. ETGA 2500n [mm]	S2 Dyn. ETGA 5000n [mm]	S2 Zun. ETGA [mm]	S2 a [-]
1	0.20	0.24	0.04	0.0045	0.0059	0.22	0.38	0.15	0.0
2	0.37	0.46	0.09	0.0275	0.0370	0.21	0.24	0.05	0.0
3	0.14	0.14	0.04	0.0306	0.0170				
4	0.03	0.05	0.02	0.0074	0.0048	0.02	0.04	0.06	0.0
5	0.08	0.11	0.03	0.0071	0.0031	0.14	0.21	0.07	0.0
6	0.06	0.08	0.03	0.0041	0.0002	0.28	0.48	0.20	0.0
7	0.25	0.35	0.10	0.0096	0.0037	0.43	0.61	0.19	0.0
8						0.76	0.76	0.29	
9	0.07	0.12	0.06	0.0174	0.0089	0.47	0.69	0.22	0.0
10	0.21	0.27	0.10	0.0199	0.0446	1.14	1.54	0.42	0.0
11	0.22	0.31	0.09	0.0023	0.0035	0.41	0.76	0.35	0.0

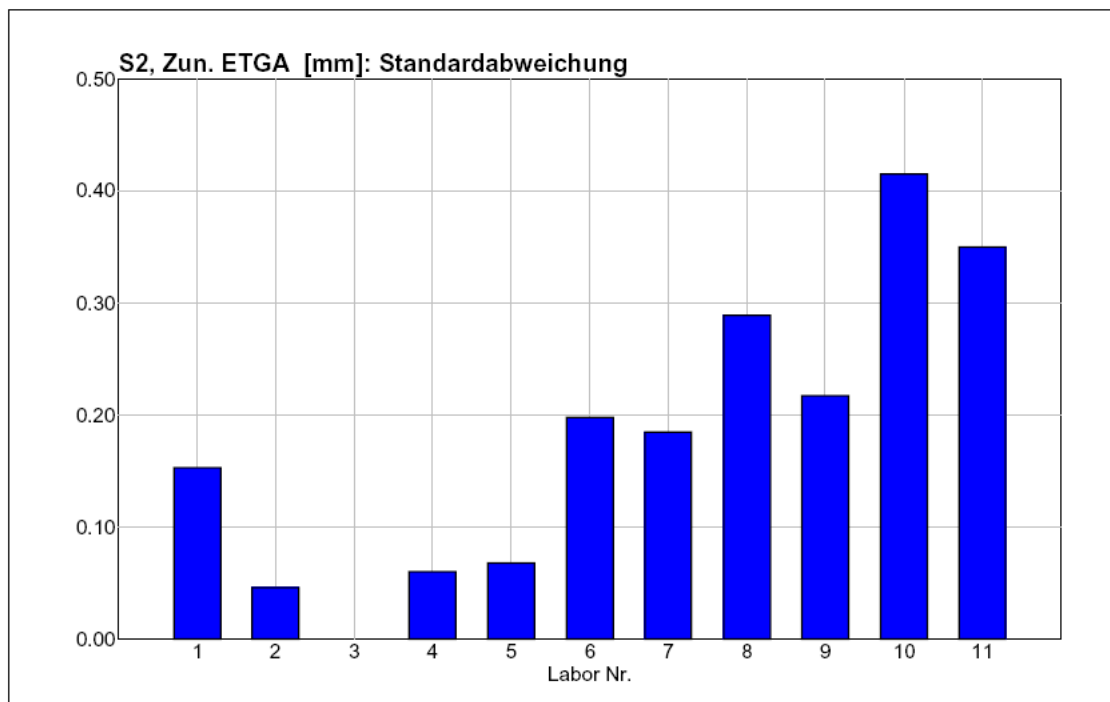
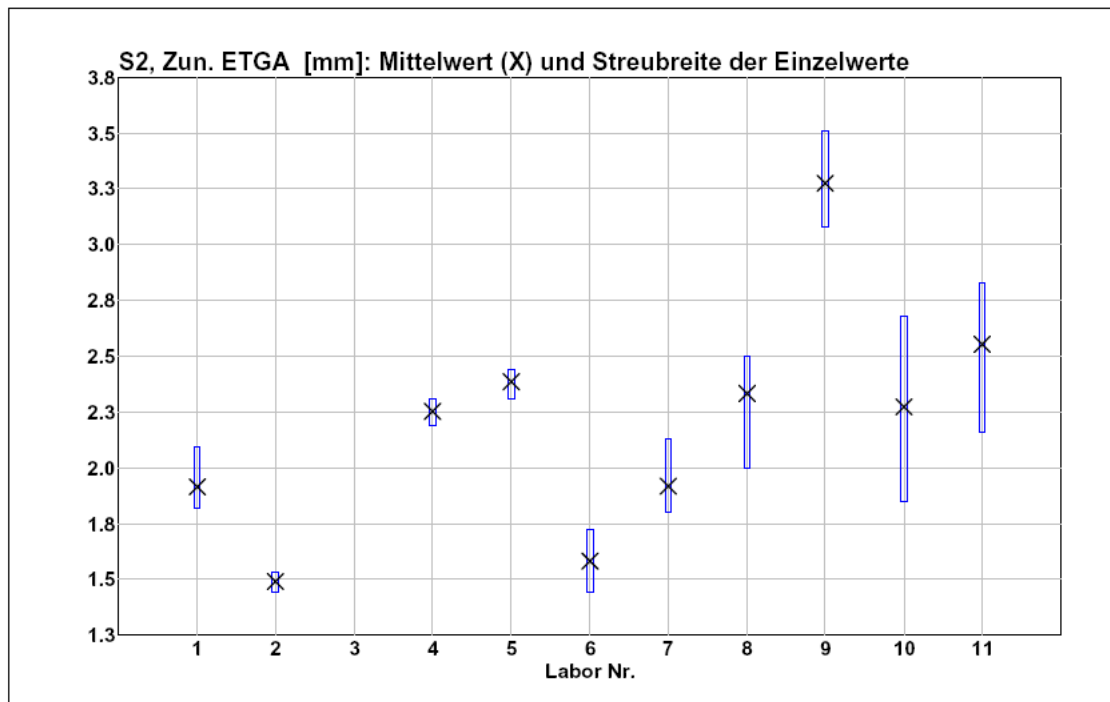


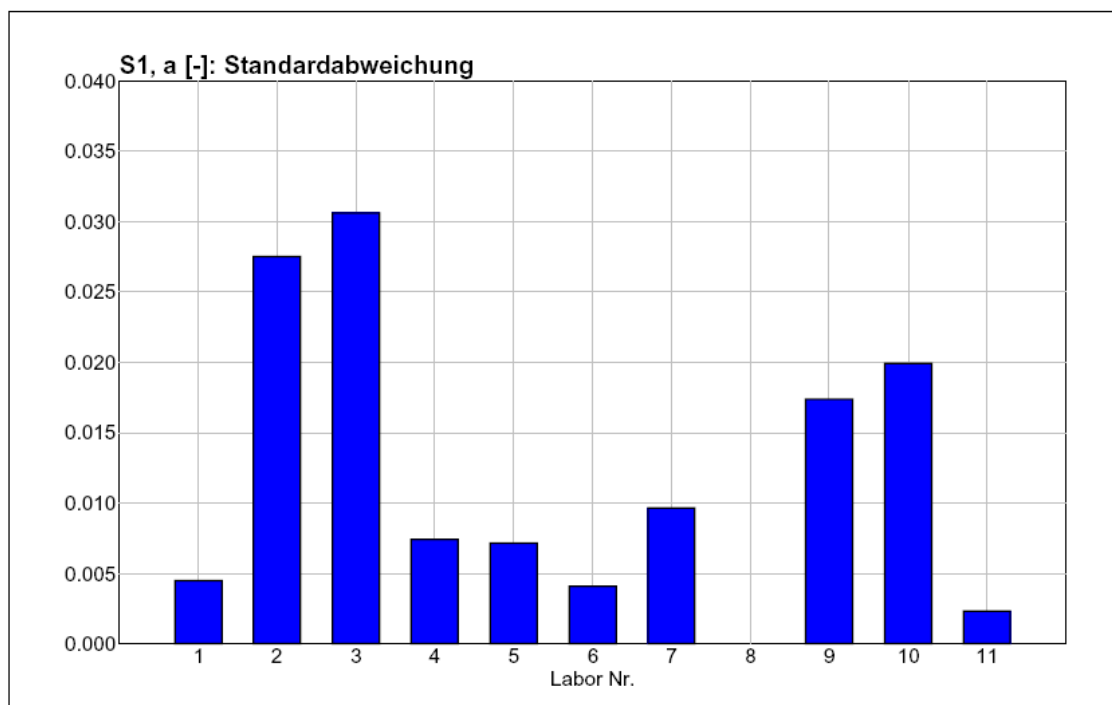
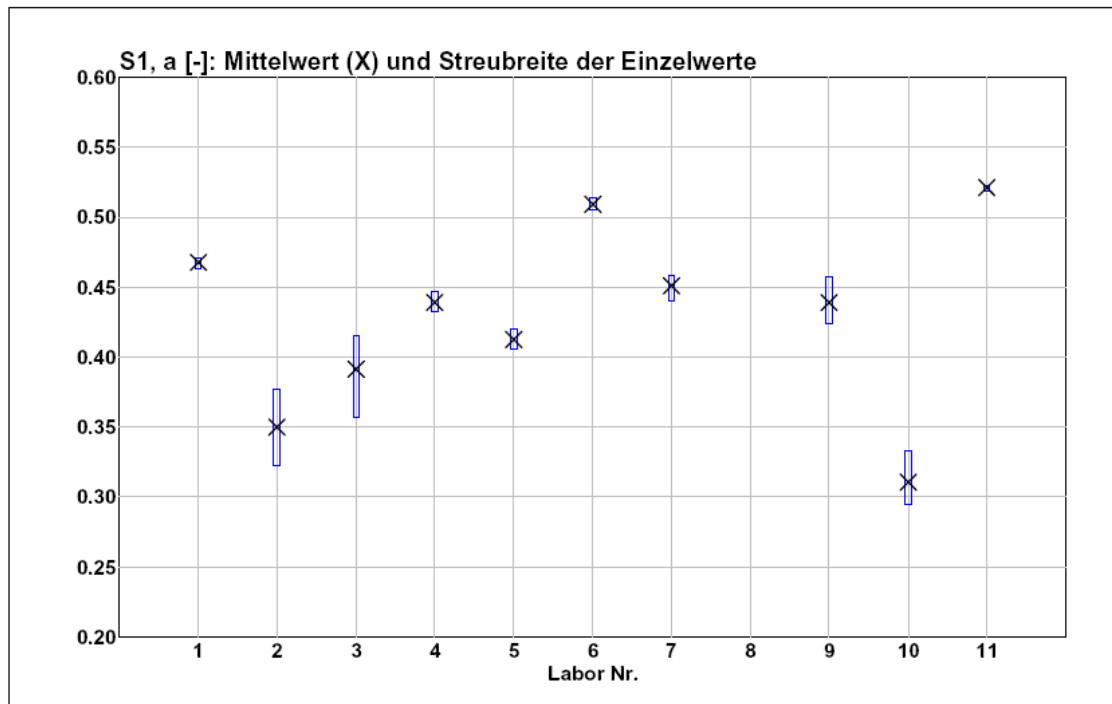


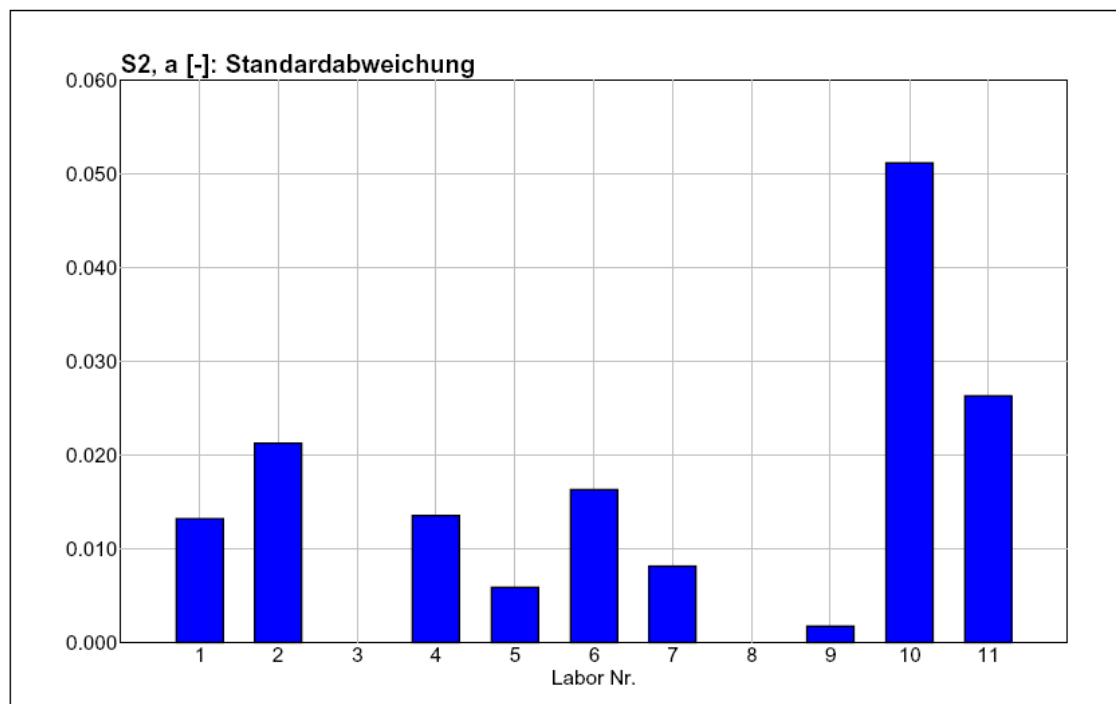
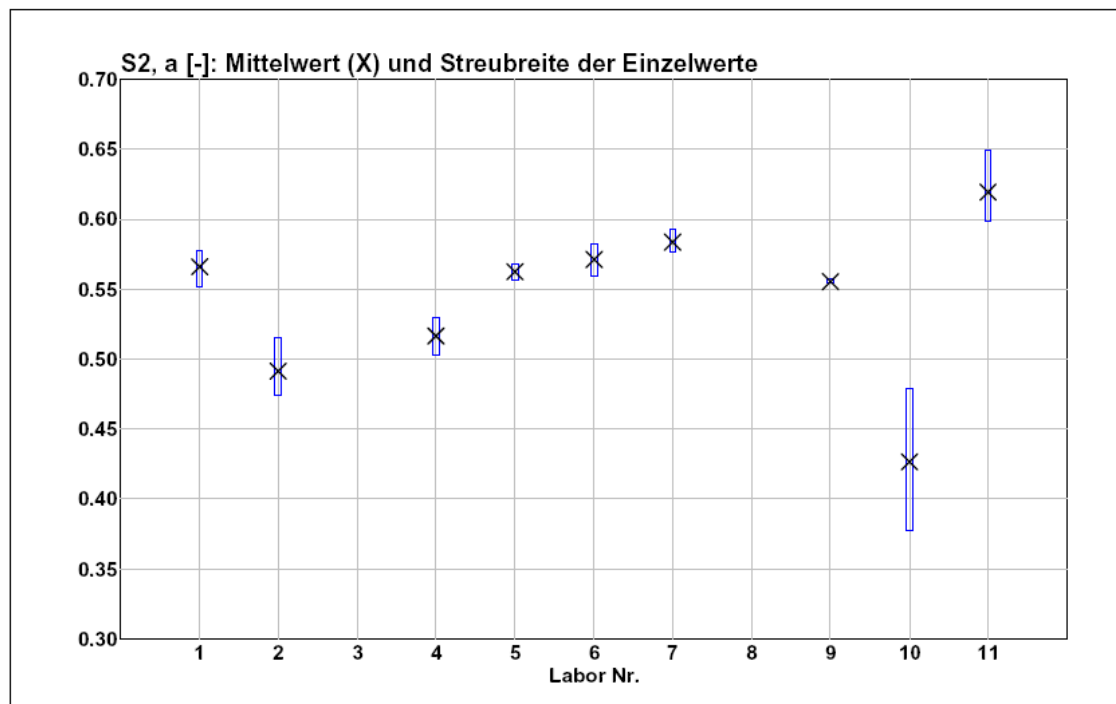






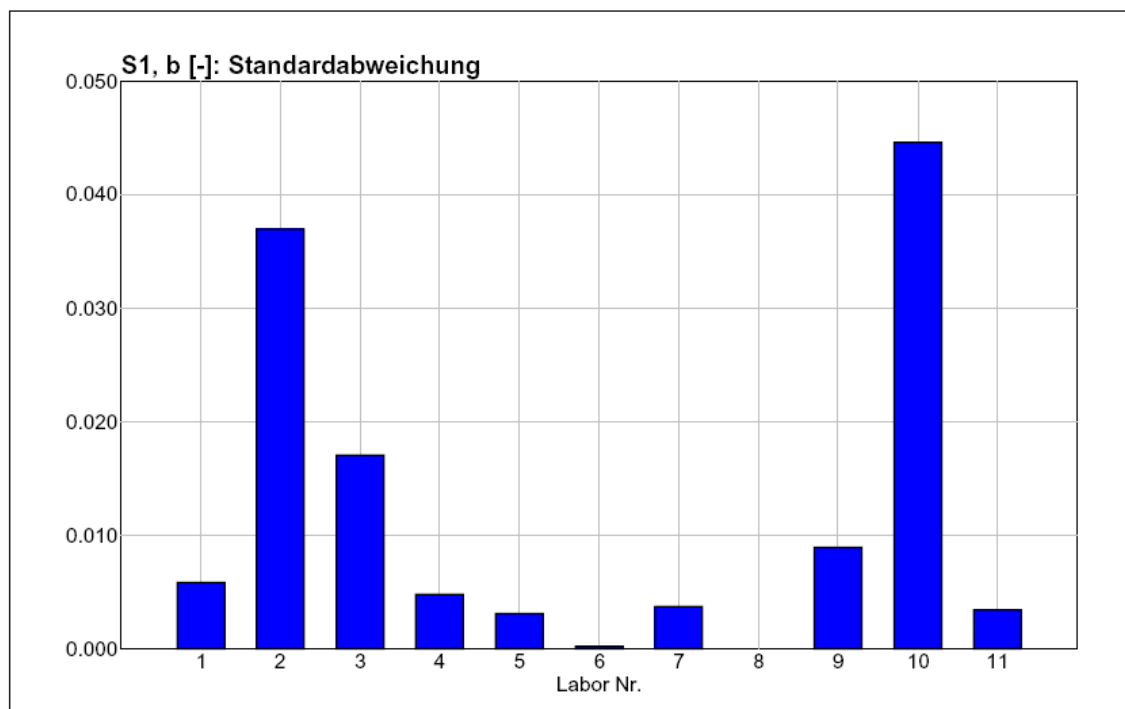
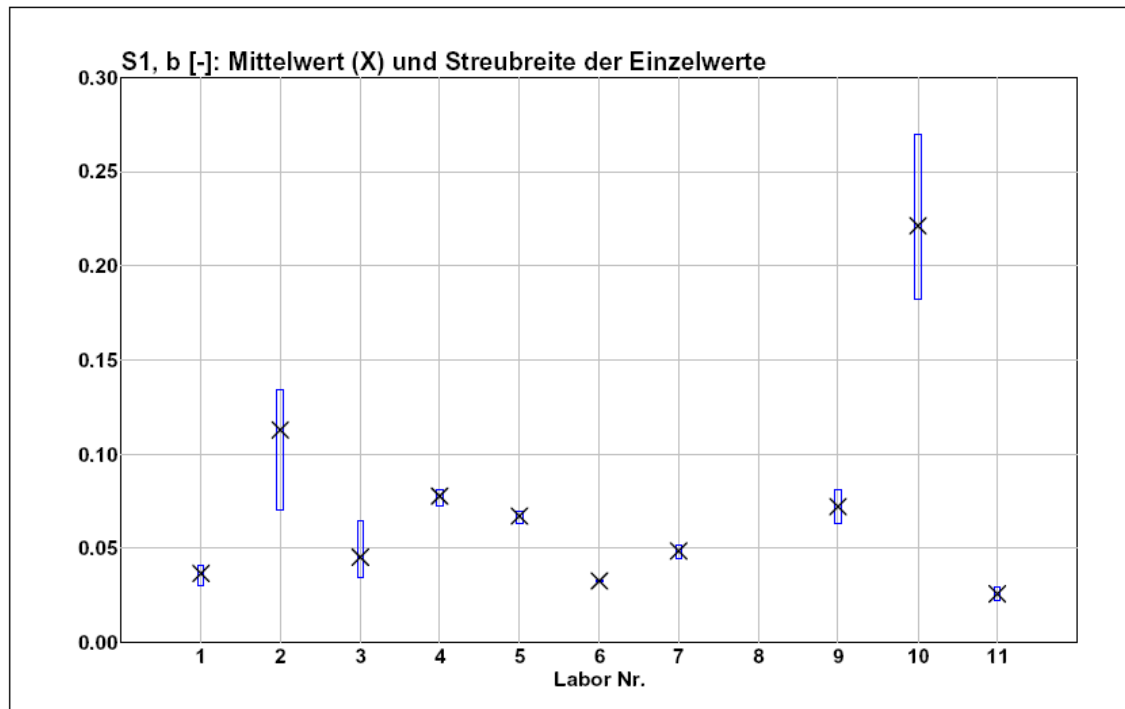




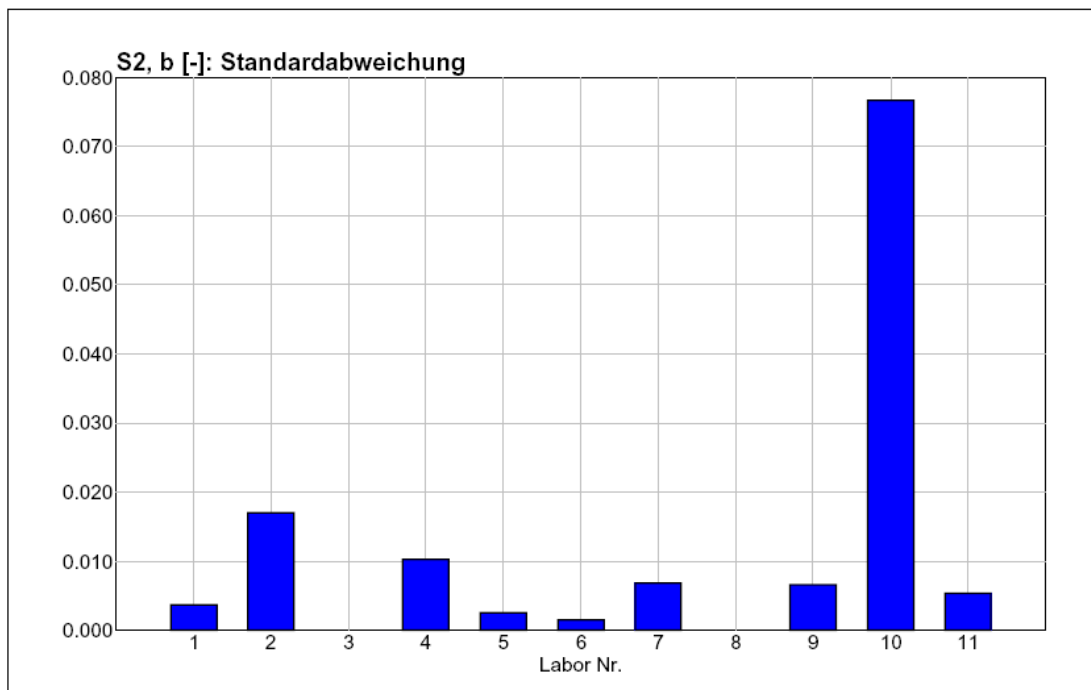
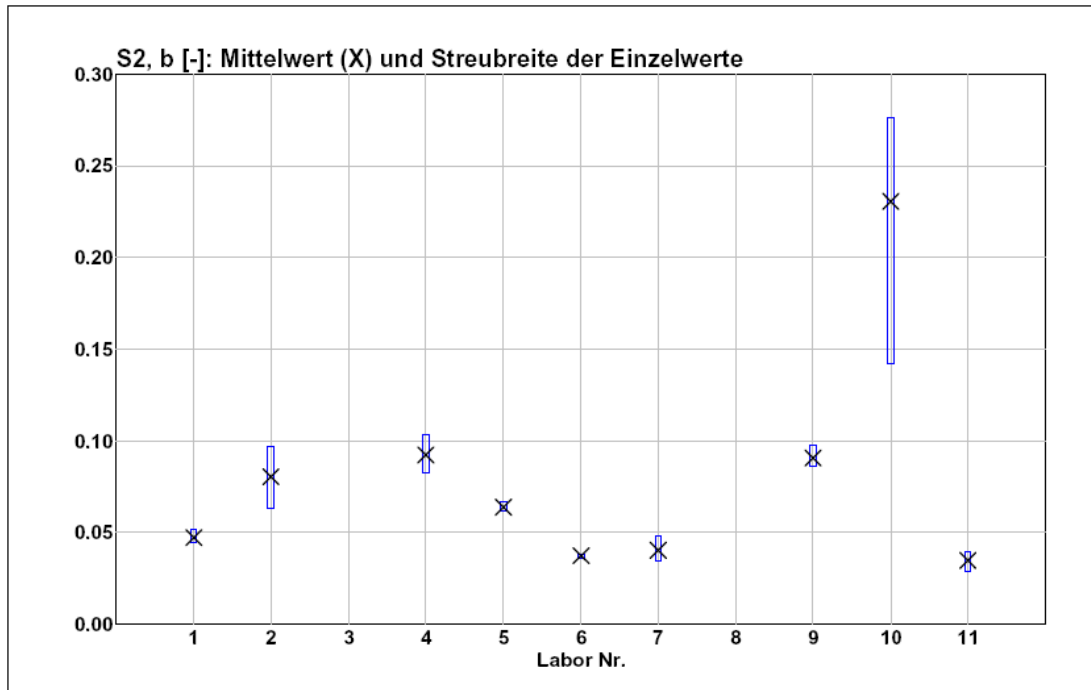


RR-ISO 5725 Version 1.3
 Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 40
 15.09.2006

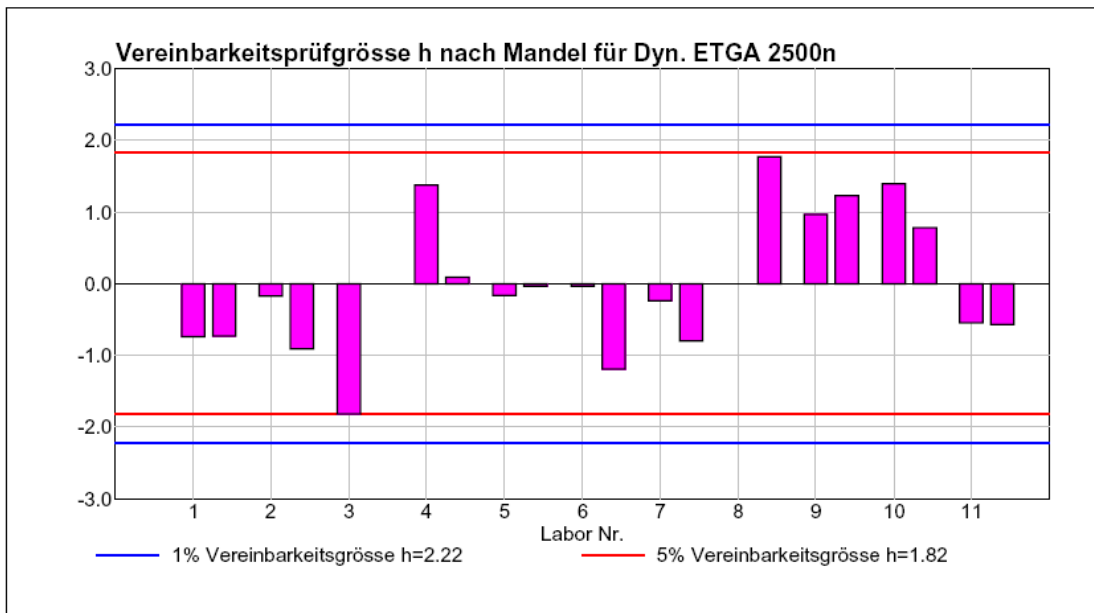
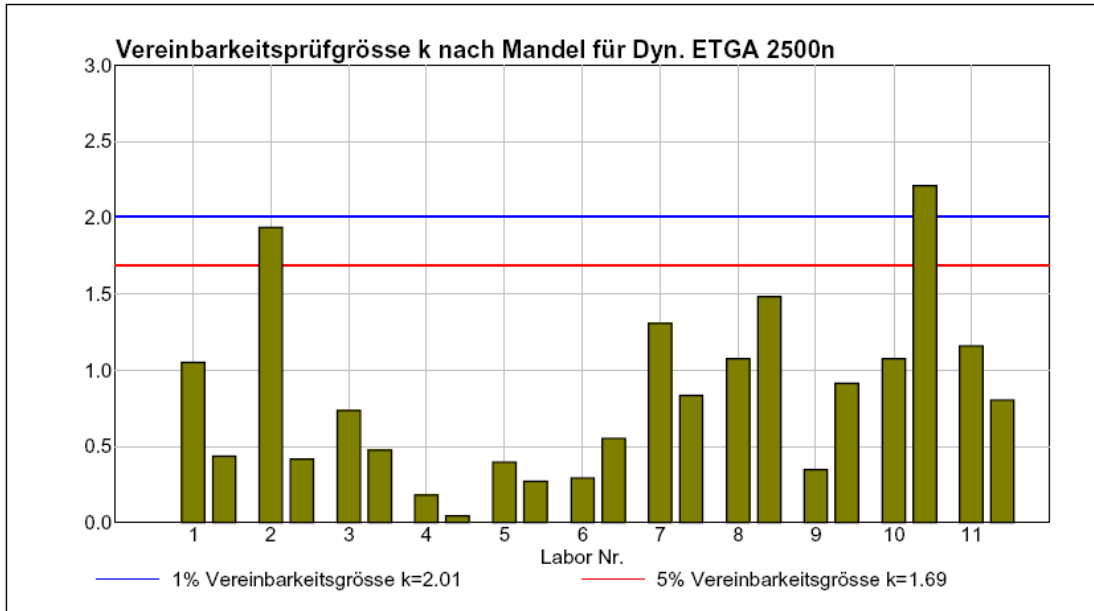


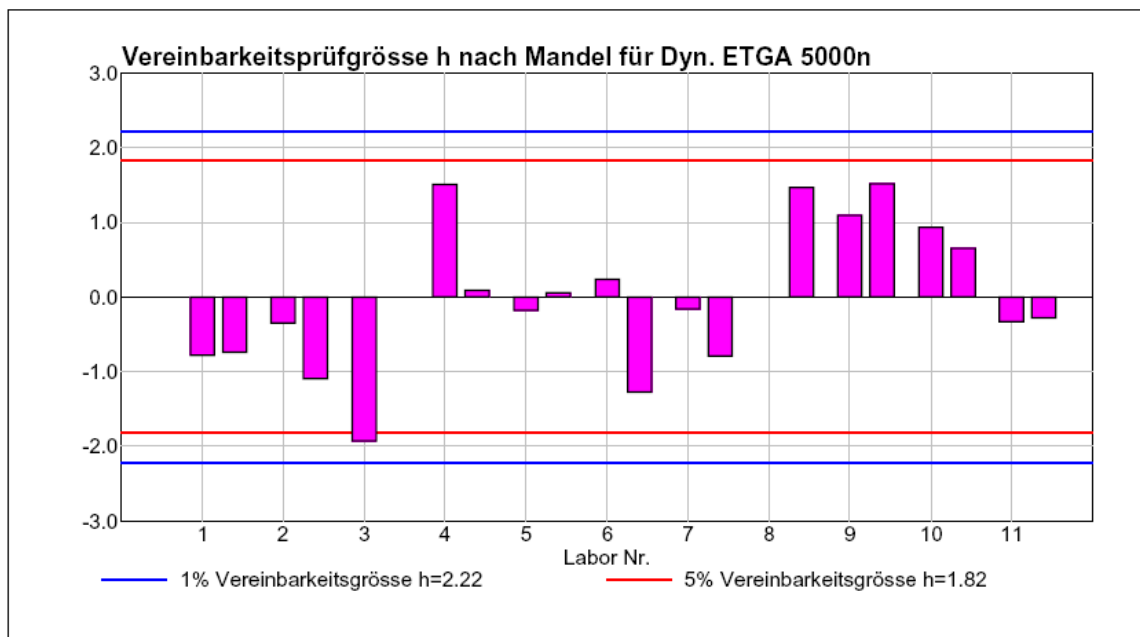
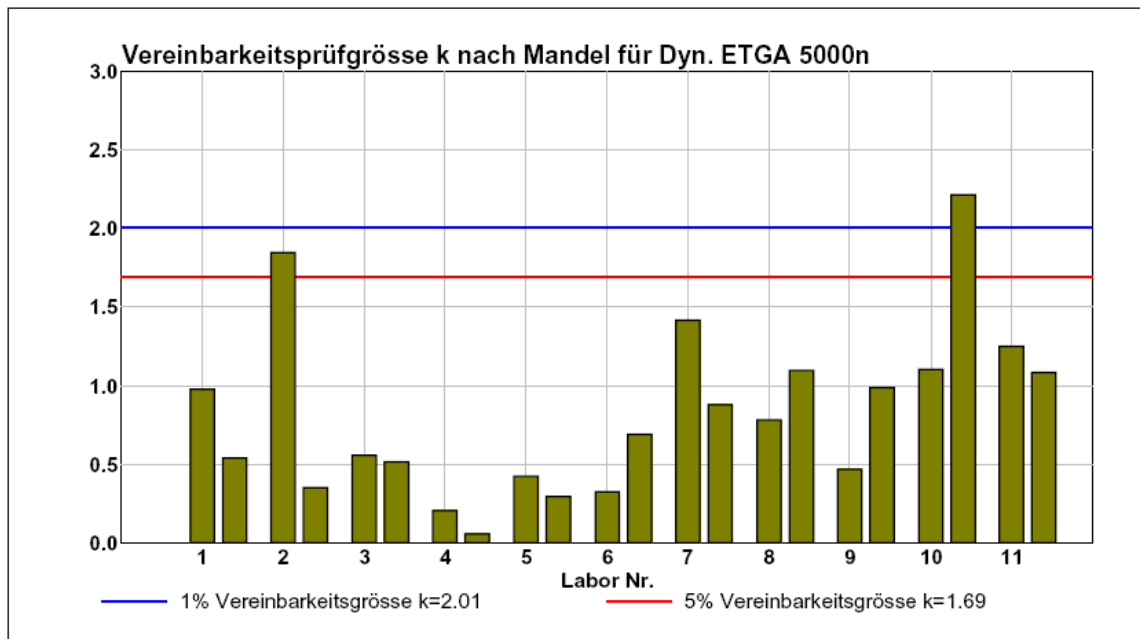
Projektdaten: K:\QM-Pendent\MHE 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV\210827 dynETGA\Ringversuch\210827 dynET EW.prj

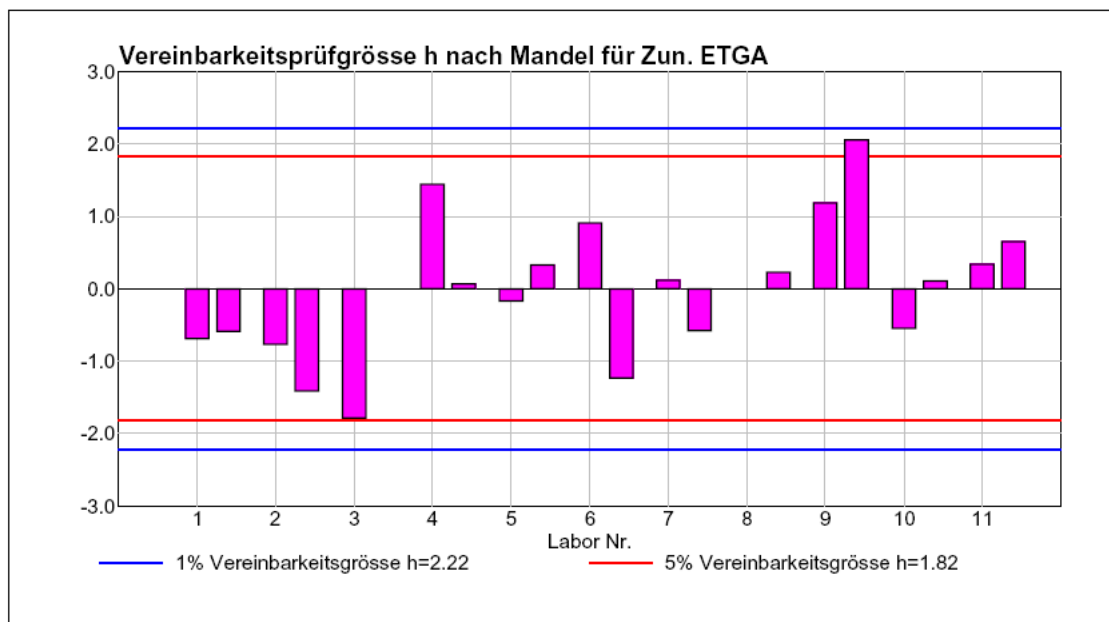
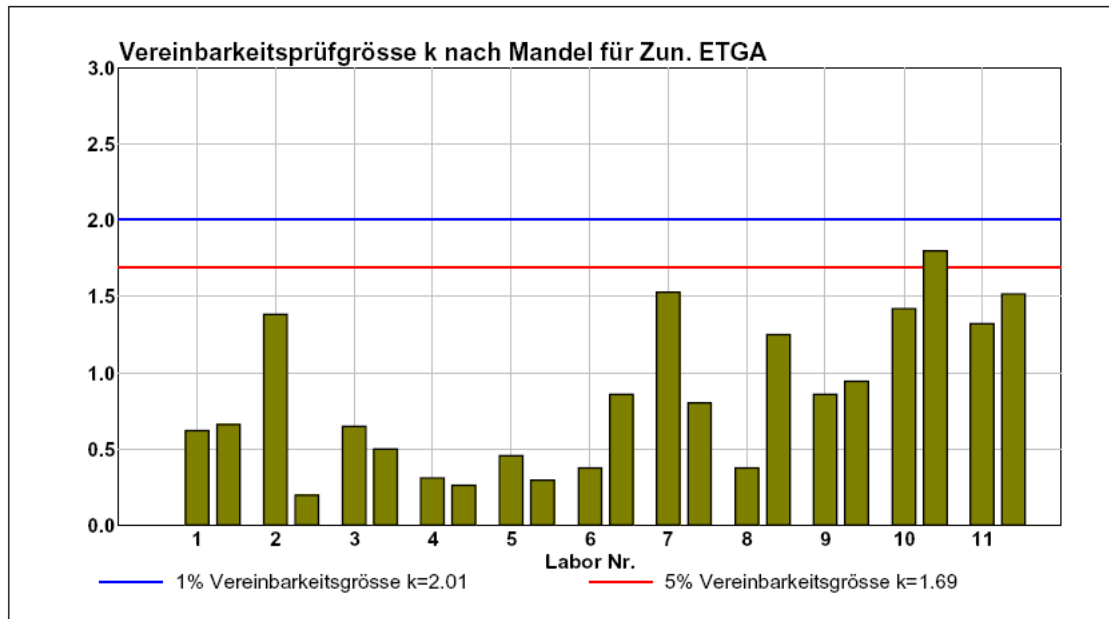


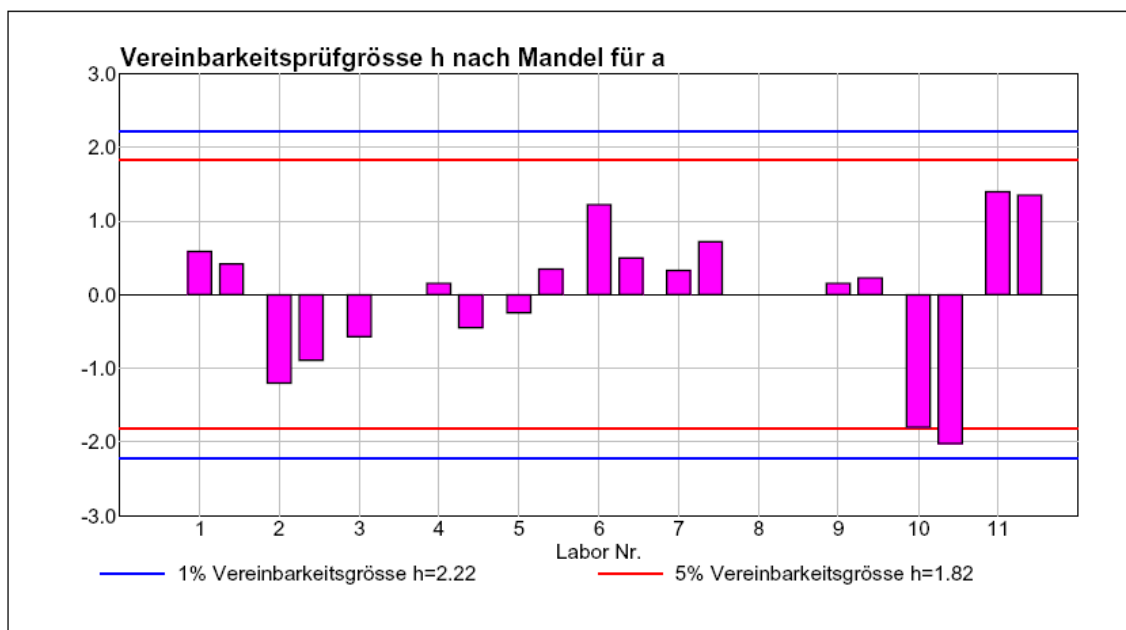
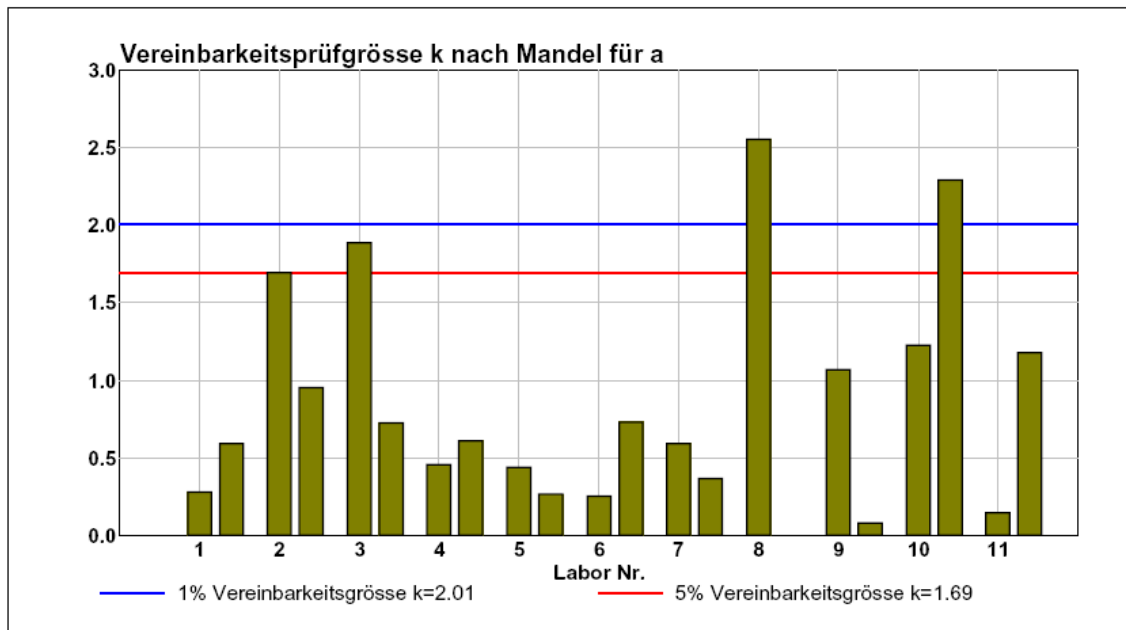
4.2.3 Statistik nach Mandel

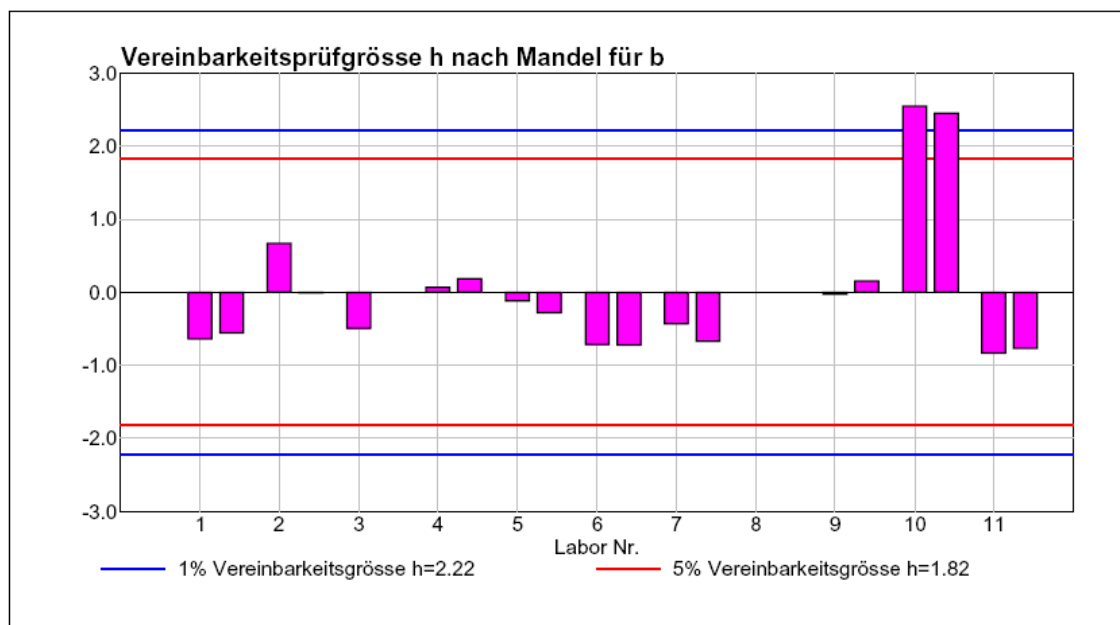
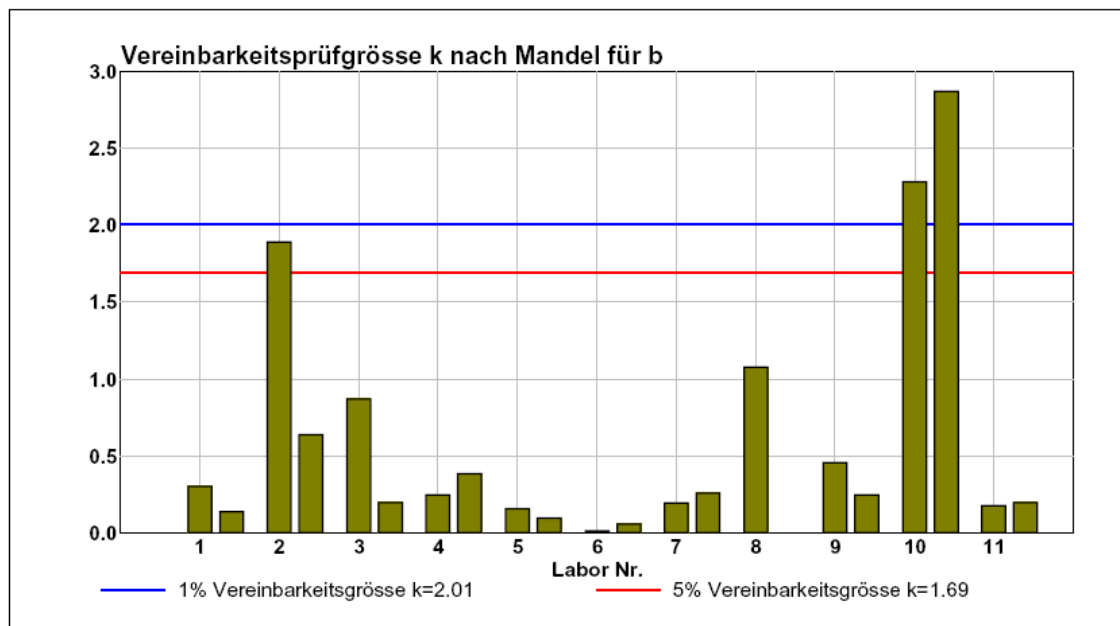
Die Vereinbarkeitsprüfgrösse k dient zur Überprüfung der Konsistenz der Messungen innerhalb der Labors.
Die Vereinbarkeitsprüfgrösse h dient zur Überprüfung der Konsistenz der Messungen zwischen den Labors.











4.2.4 Cochran Test

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Wiederholungsmessungen für den Messwert Dyn. ETGA 2500n

Labor	S1	S2
1		
2	0.376	
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		0.488
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Wiederholungsmessungen für den Messwert Dyn. ETGA 5000n

Labor	S1	S2
1		
2	0.322	
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		0.477
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Wiederholungsmessungen für den Messwert Zun. ETGA

Labor	S1	S2
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7	0.230	
8		
9		
10		0.316
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Wiederholungsmessungen für den Messwert a

Labor	S1	S2
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8	0.394	
9		
10		0.550
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Wiederholungsmessungen für den Messwert b

Labor	S1	S2
1		
2		0.515
3		
4		
5		
6		
7		
8	@	
9		
10	0.467 * @	
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Zelle L10 / S1 besitzt eine grosse Streuung! Abklärung empfohlen
 Cochran Testgrösse $C = 0.46690 > 0.41700$ (95% Vertrauensgrenze)
 Cochran Testgrösse $C = 0.46690 \leq 0.50400$ (99% Vertrauensgrenze)
 Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!
 Zelle L10 / S2 ist ein Ausreisser
 Cochran Testgrösse $C = 0.91268 > 0.71800$ (99% Vertrauensgrenze)
 Zelle L10 / S1 besitzt eine grosse Streuung! Abklärung empfohlen
 Cochran Testgrösse $C = 0.46690 > 0.41700$ (95% Vertrauensgrenze)
 Cochran Testgrösse $C = 0.46690 \leq 0.50400$ (99% Vertrauensgrenze)
 Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!
 Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

4.2.5 Grubbs Test

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Vergleichsmessungen für den Messwert Dyn. ETGA 2500n

Labor	S1	S2
1	0.480	
2		0.711
3	0.480	
4	0.473	
5		
6		0.711
7		
8		0.328
9		0.328
10	0.473	
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Vergleichsmessungen für den Messwert Dyn. ETGA 5000n

Labor	S1	S2
1	0.686	
2		
3	0.686	0.486
4	0.250	
5		
6		0.486
7		
8	0.250	0.490
9		0.490
10		
11		

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Vergleichsmessungen für den Messwert Zun. ETGA

Labor	S1	S2
1		
2	0.647	0.388
3	0.647	0.388
4	0.359	
5		
6		
7		
8	0.359	
9		0.561
10		
11		0.561

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Vergleichsmessungen für den Messwert a

Labor	S1	S2
1		
2		
3		0.247
4		
5		
6	0.684	
7		0.691
8	0.262	
9		
10	0.262	0.247
11	0.684	0.691

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Test für S1 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Bestimmung der Ausreisser bezüglich Vergleichsmessungen für den Messwert b

Labor	S1	S2
1		
2		
3		
4		0.462
5		
6		0.588
7		
8	@	
9		0.462
10	2.544 **	@
11	0.835	0.588

(* grosse Streuung ** Ausreisser @ Resultate verworfen)

Gemäss Grubbs Test für den grössten Wert ist die Zelle L8 / S1 ist ein Ausreisser
Grubbs Testgrösse $G_p = 2.59570 > 2.56400$ (99% Vertrauensgrenze)

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

Gemäss Grubbs Test für den grössten Wert ist die Zelle L10 / S1 ist ein Ausreisser

Grubbs Testgrösse $G_p = 2.54439 > 2.48200$ (99% Vertrauensgrenze)

Test für S2 ausgeführt! Keine weiteren Ausreisser festgestellt!

4.2.6 Präzision bezüglich Messniveau**Präzision für den Messwert Dyn. ETGA 2500n [mm]**

Probe/Material	Anzahl Labors	Generelles Mittel m^{\wedge}	Wiederholgrenze r	Vergleichgrenze R
S1	10	1.776	0.530	1.356
S2	10	5.095	0.248	4.298

Präzision für den Messwert Dyn. ETGA 5000n [mm]

Probe/Material	Anzahl Labors	Generelles Mittel m^{\wedge}	Wiederholgrenze r	Vergleichgrenze R
S1	10	2.371	0.689	1.739
S2	10	7.314	0.421	5.398

Präzision für den Messwert Zun. ETGA [mm]

Probe/Material	Anzahl Labors	Generelles Mittel m^{\wedge}	Wiederholgrenze r	Vergleichgrenze R
S1	10	0.593	0.186	0.494
S2	10	2.219	0.174	1.437

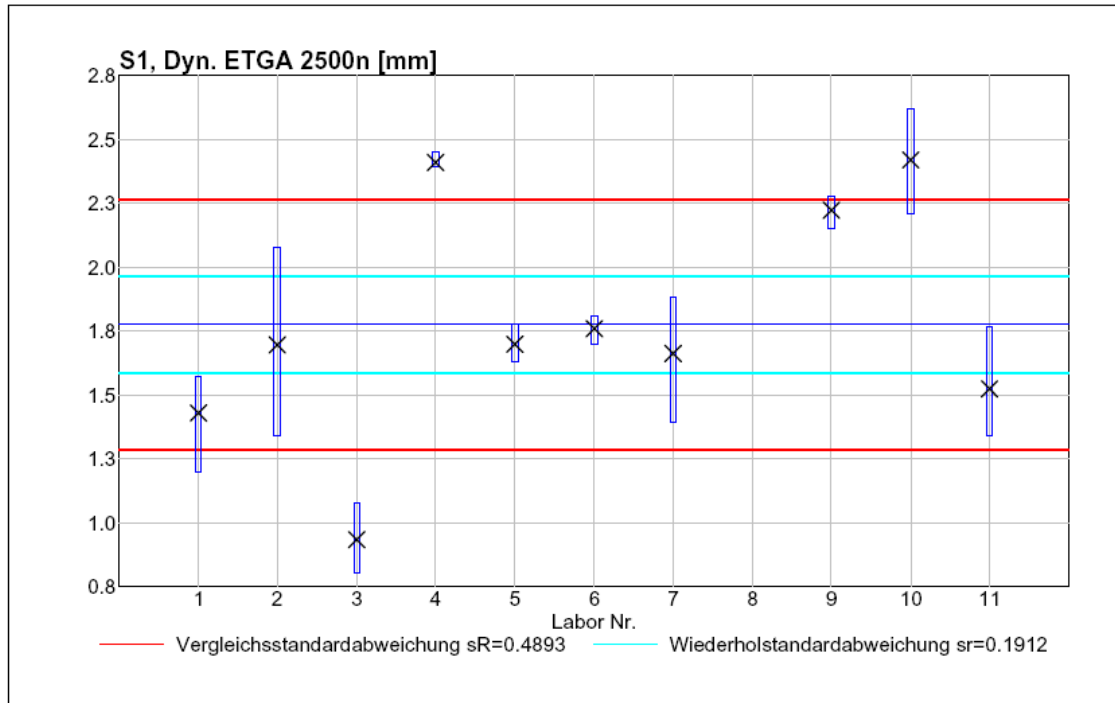
Präzision für den Messwert a [-]

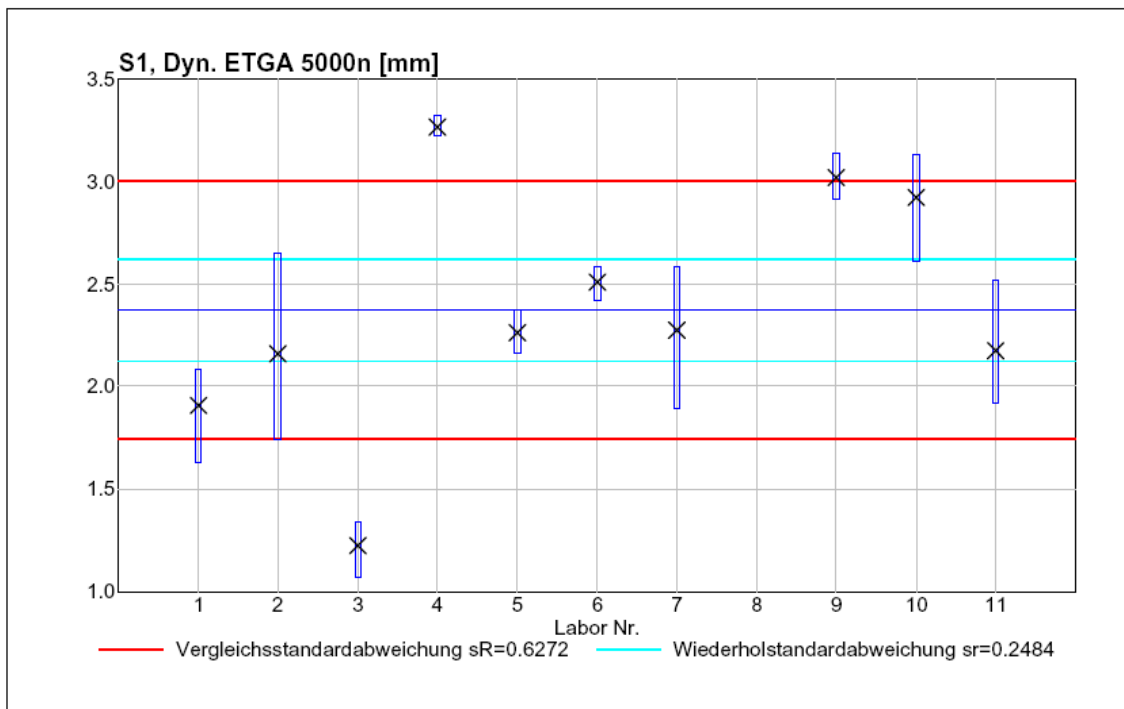
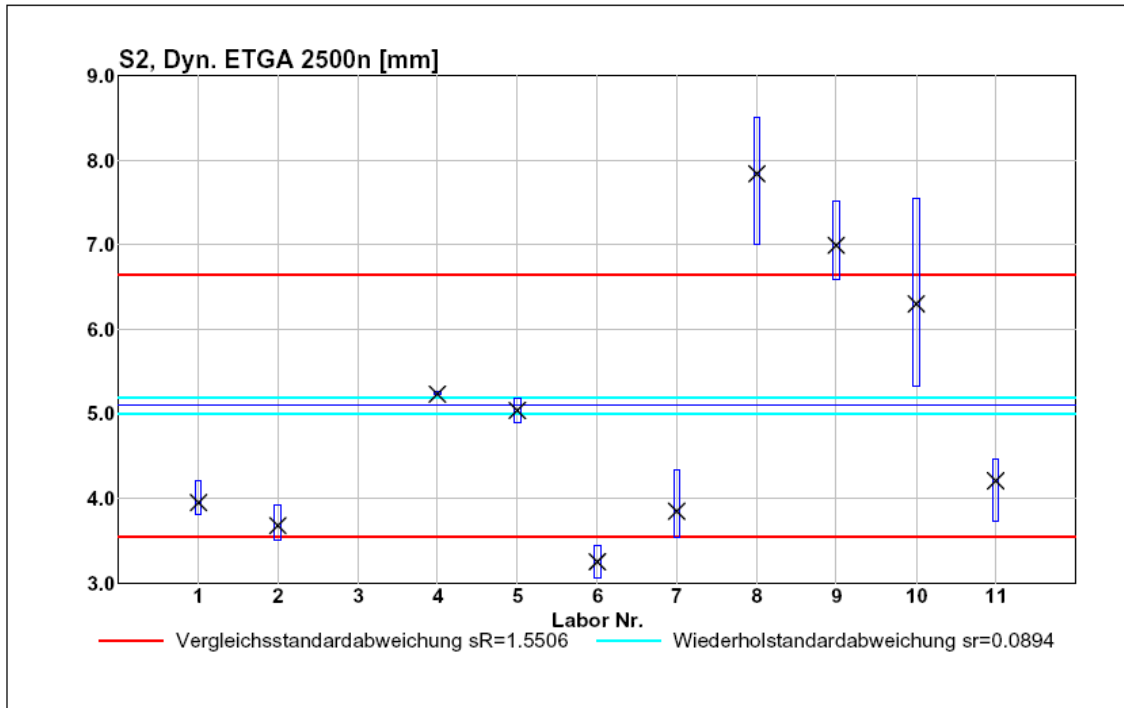
Probe/Material	Anzahl Labors	Generelles Mittel m^{\wedge}	Wiederholgrenze r	Vergleichgrenze R
S1	10	0.429	0.045	0.186
S2	9	0.542	0.015	0.159

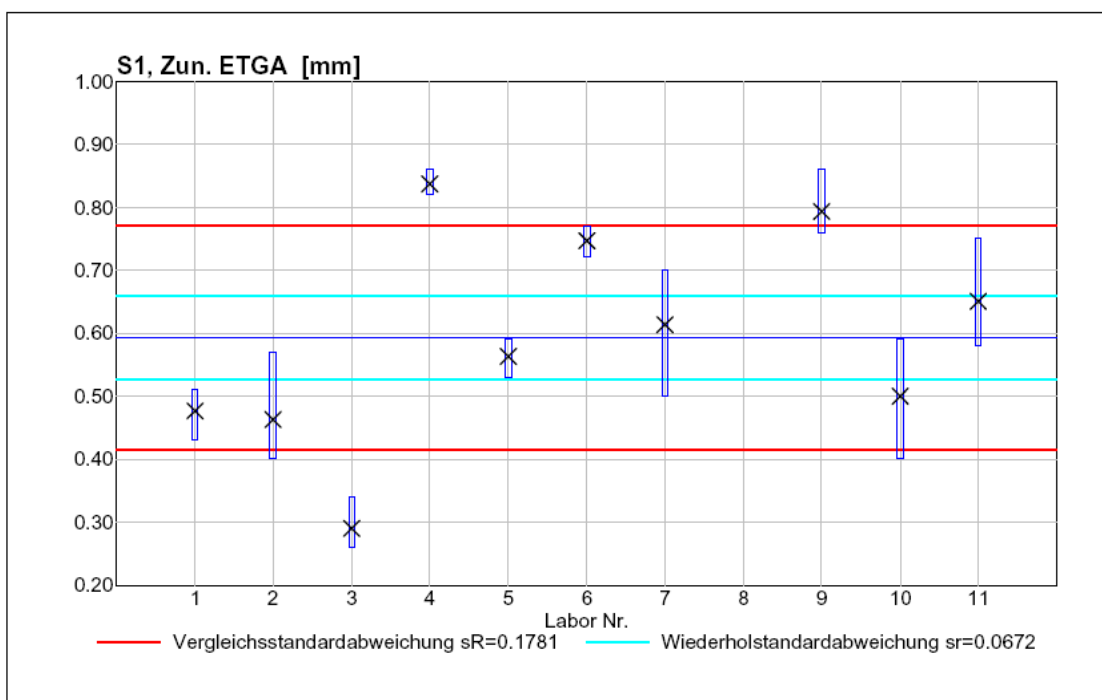
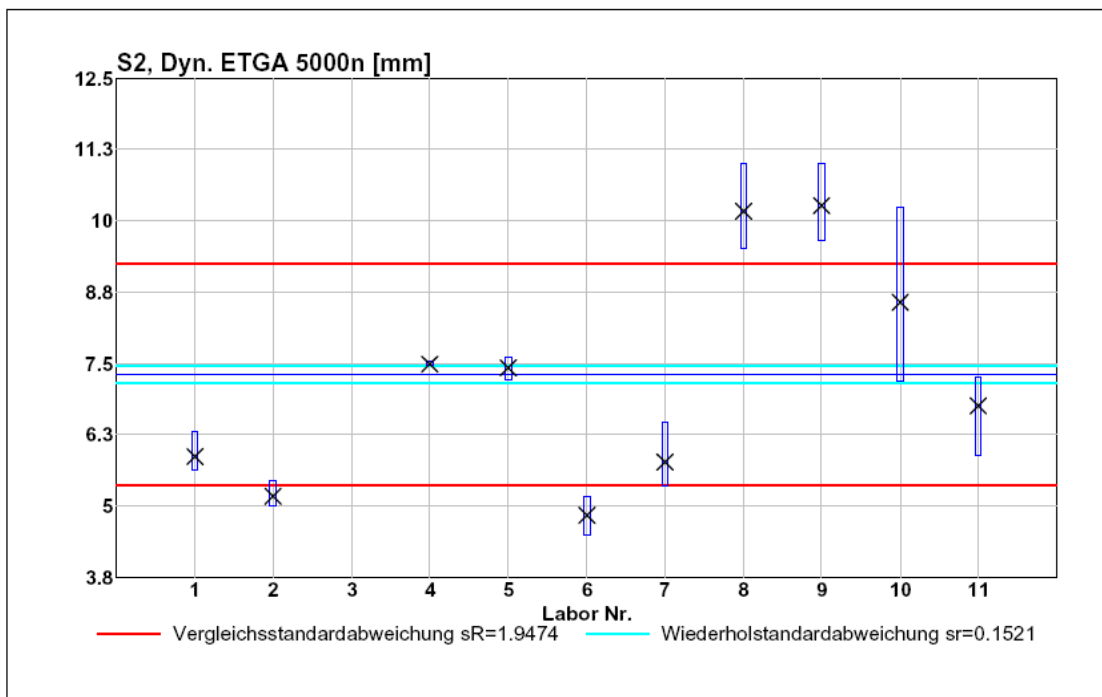
Präzision für den Messwert b [-]

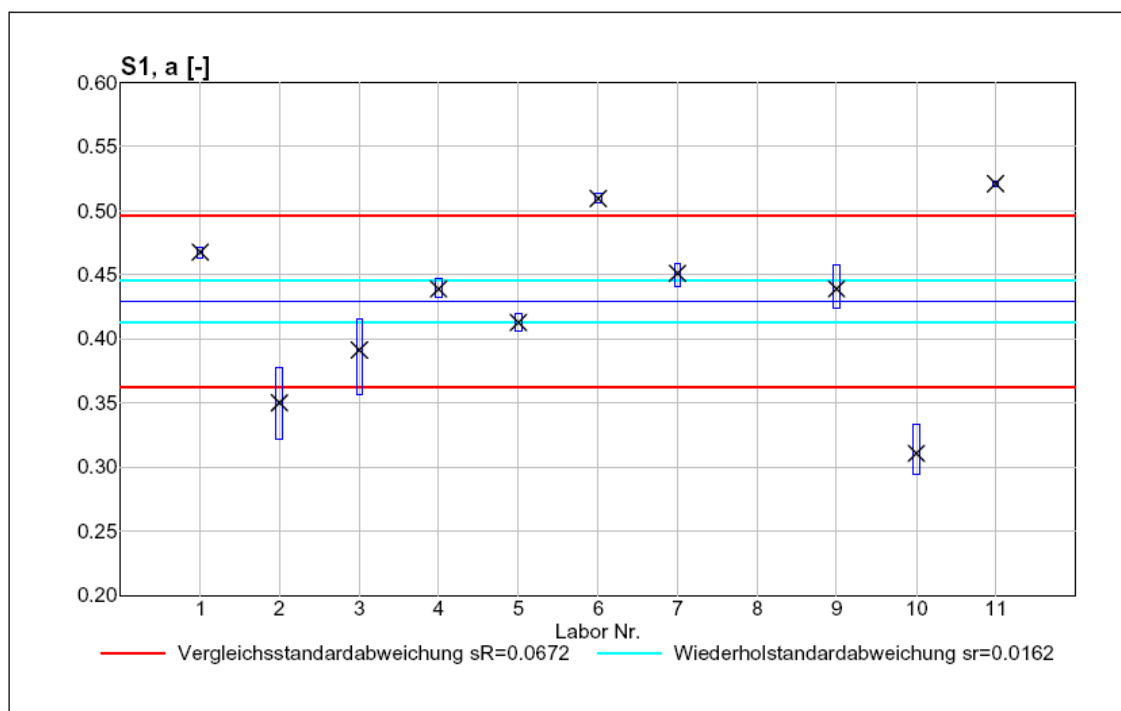
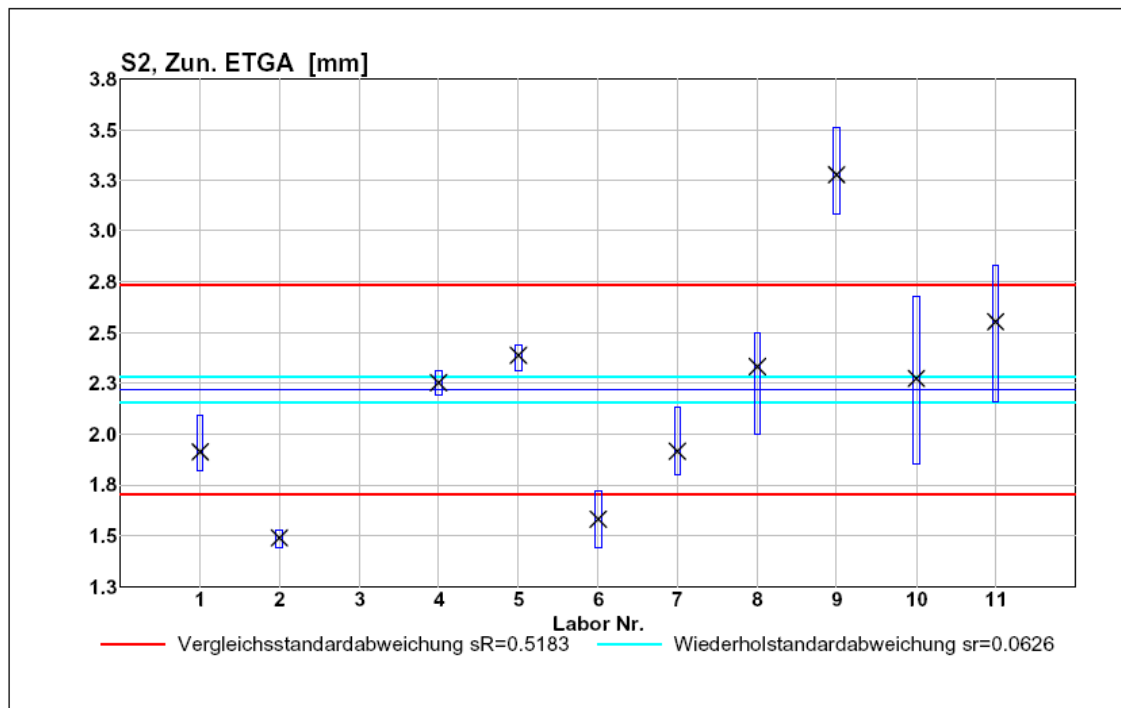
Probe/Material	Anzahl Labors	Generelles Mittel m^{\wedge}	Wiederholgrenze r	Vergleichgrenze R
S1	10	0.074	0.054	0.166
S2	8	0.062	0.001	0.067

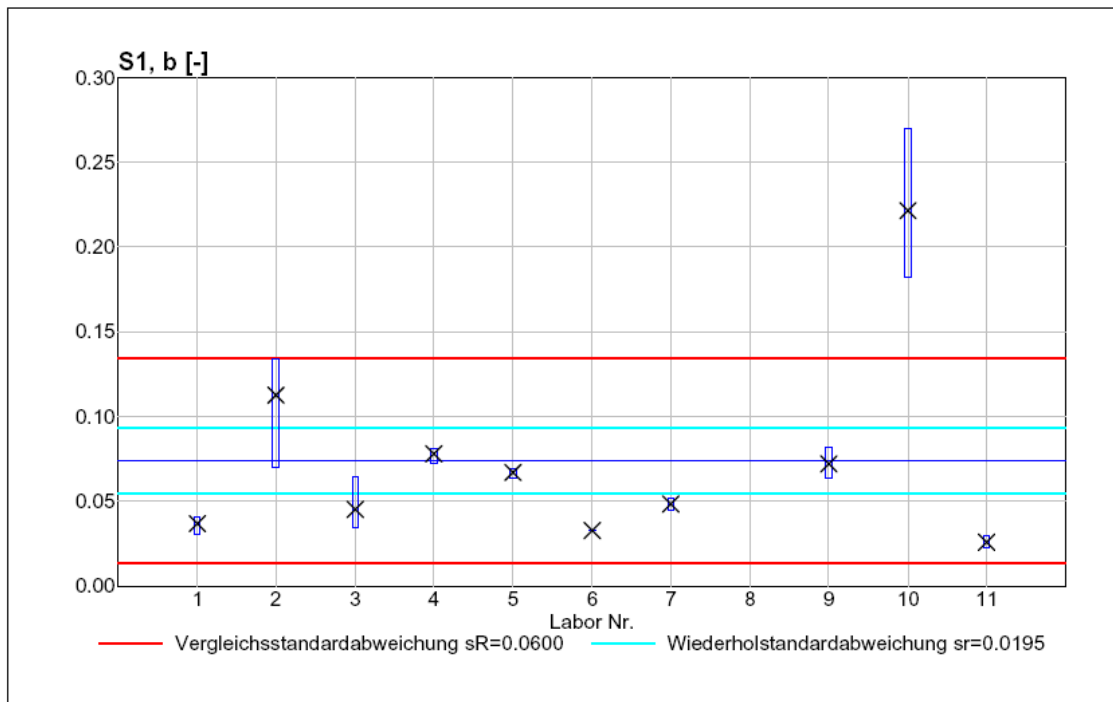
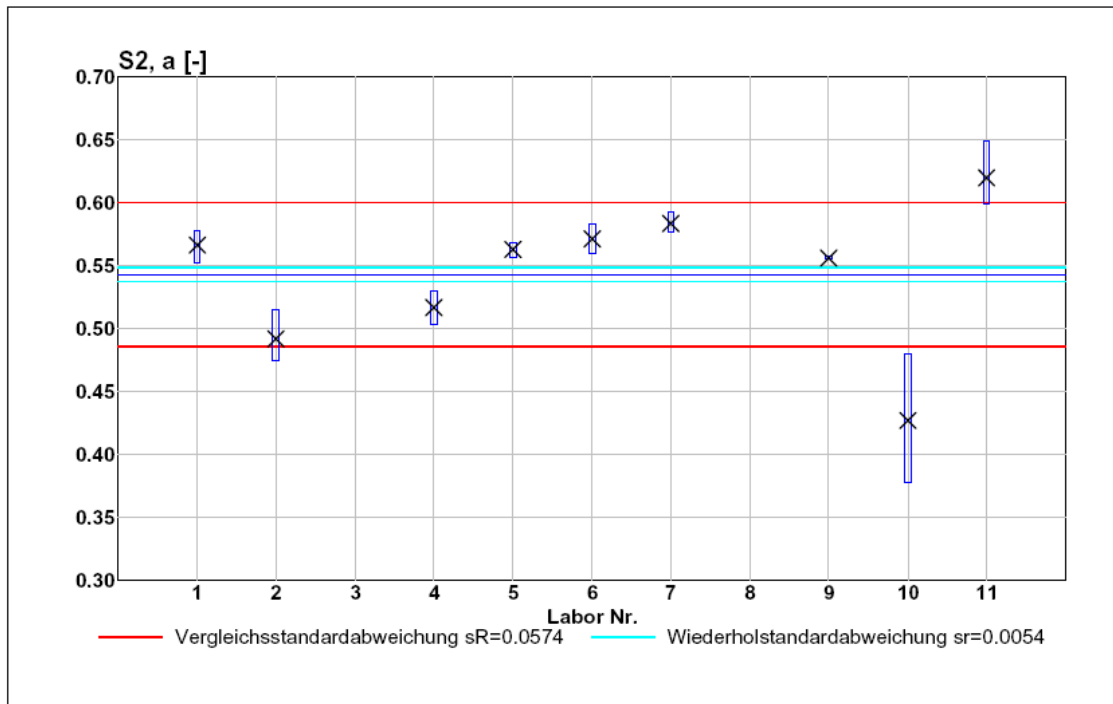
4.2.7 Auswertungsgrafik

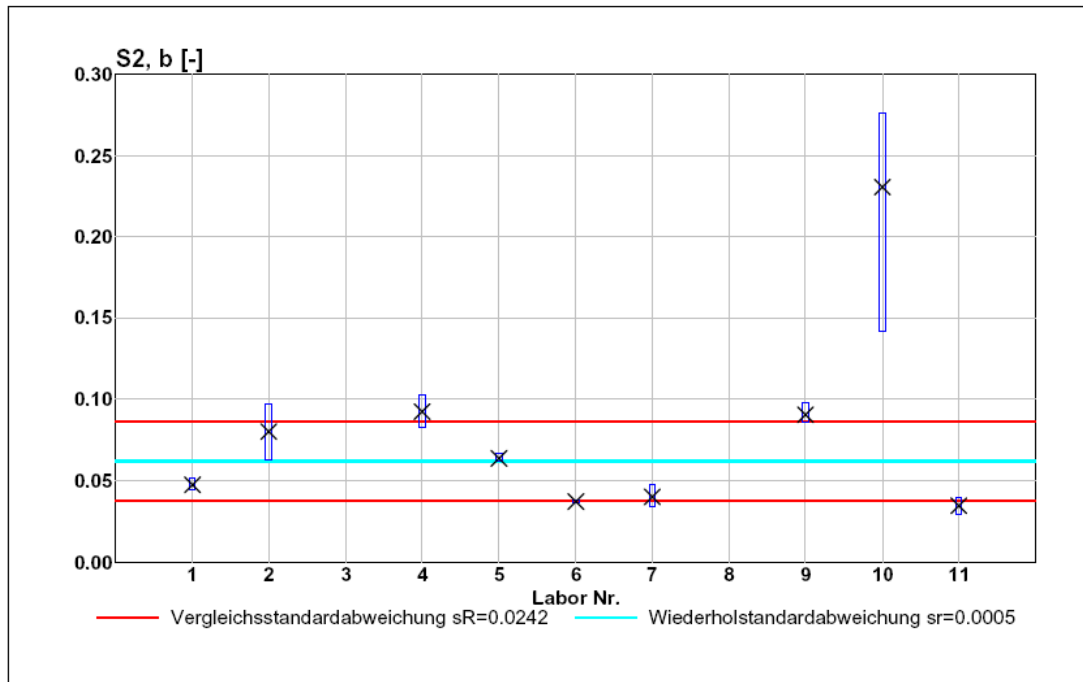






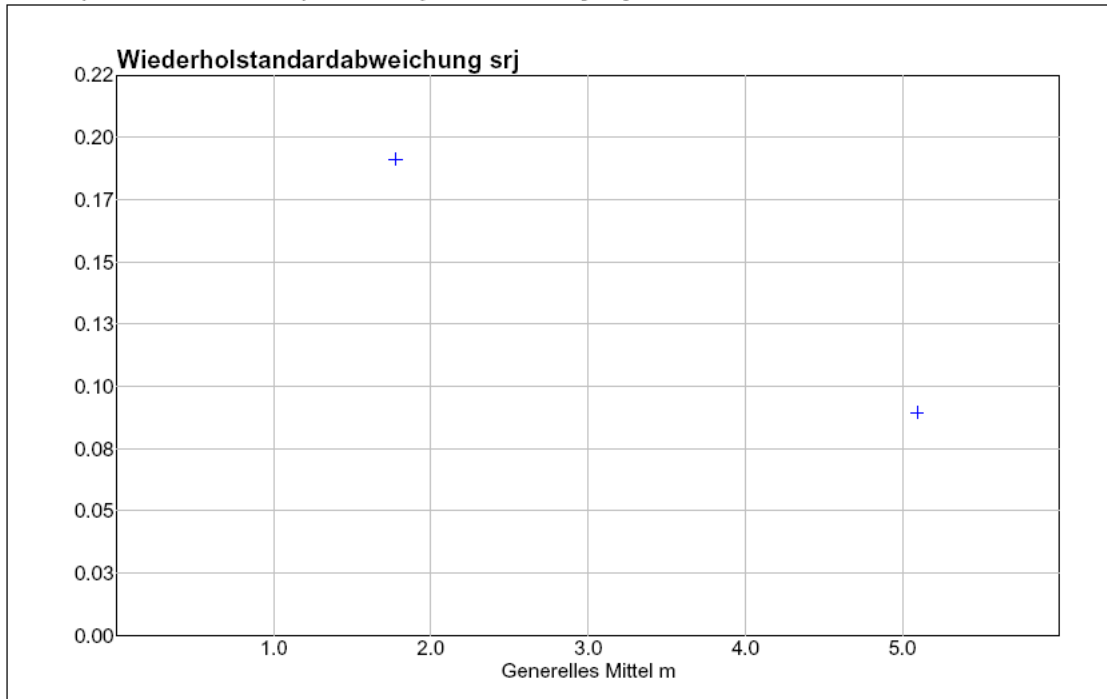






4.2.8 Gesamtpräzision

Gesamtpräzision für den Messparameter Dyn. ETGA 2500n [mm]



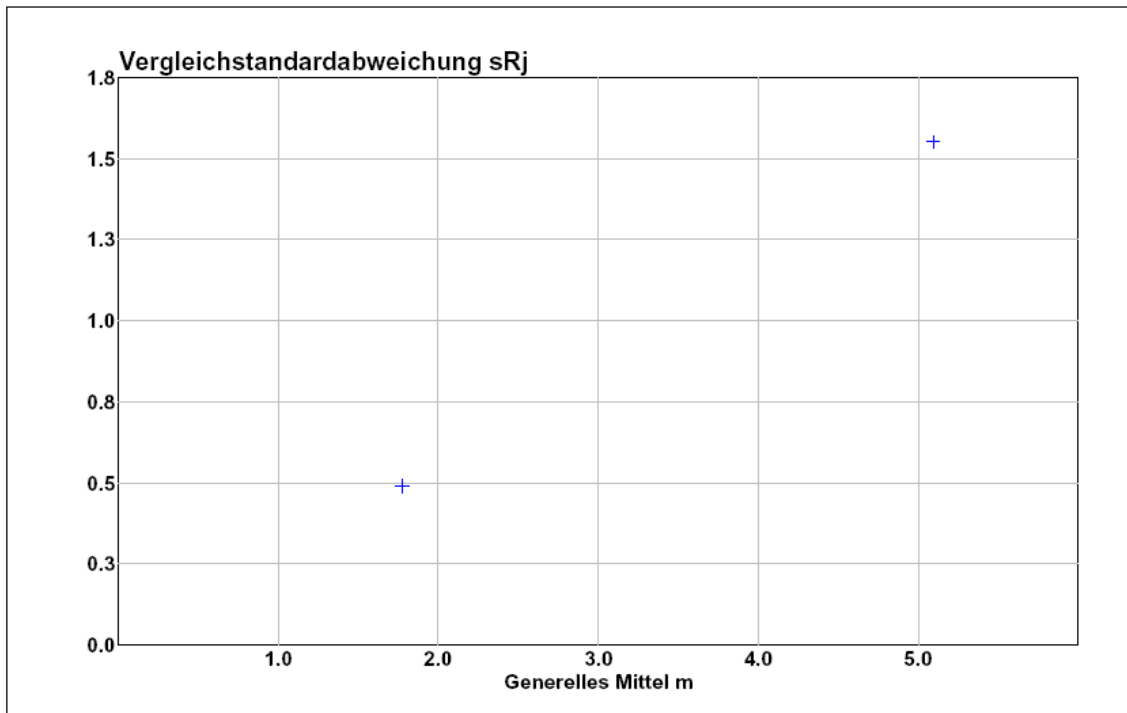
Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Wiederholstandardabweichung des Messverfahrens $s_r = 0.140$

Wiederholgenze des Messverfahrens $r = 0.389$

RR-ISO 5725 Version 1.3
Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 61
15.09.2006



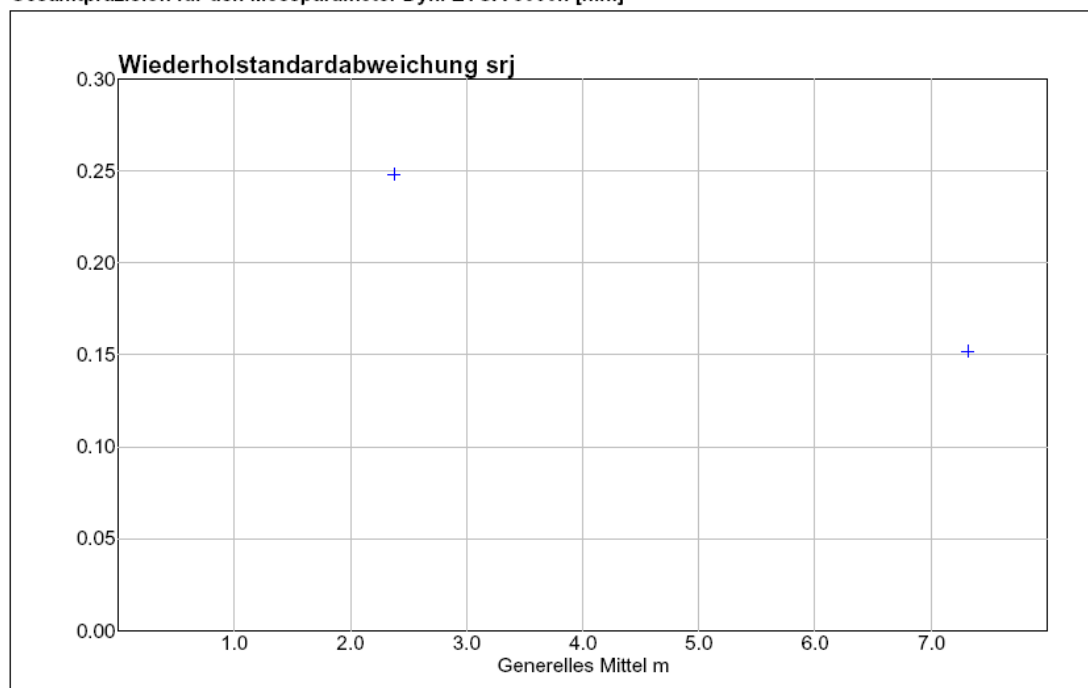
Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Vergleichsstandardabweichung des Messverfahrens $s_R = 1.020$

Vergleichsgrenze des Messverfahrens $R = 2.827$

Projektdatel: K:\QM-Pendent\MHB 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV210827 dynETGA\Ringversuch\210827 dynET EW.prj

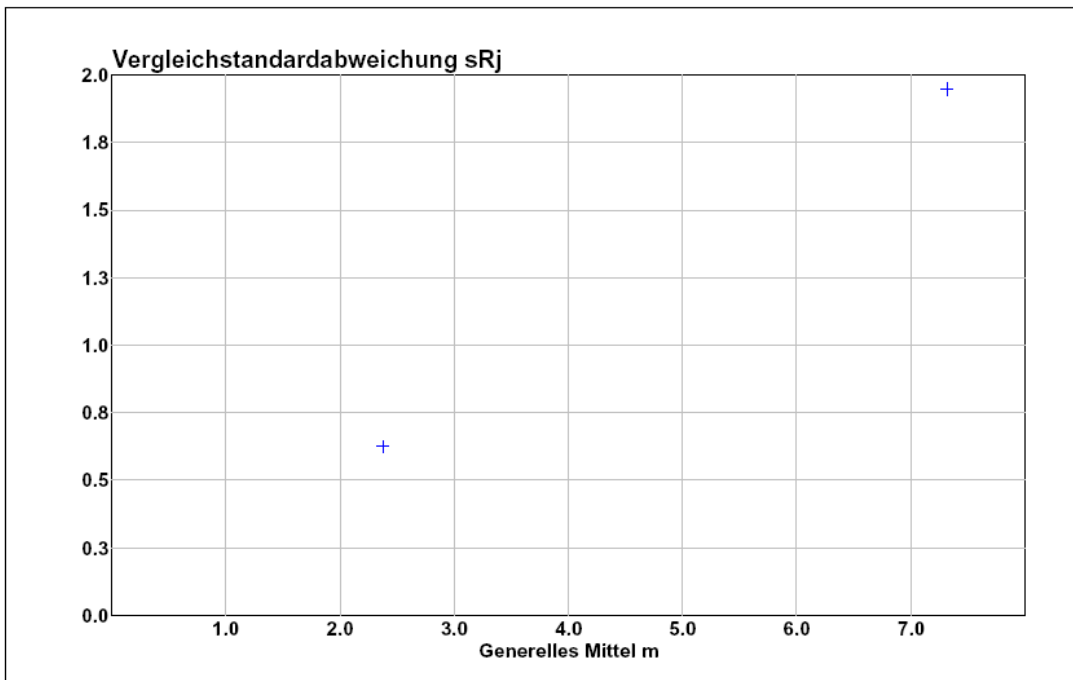
Gesamtpräzision für den Messparameter Dyn. ETGA 5000n [mm]



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Wiederholstandardabweichung des Messverfahrens $s_r = 0.200$

Wiederholgrenze des Messverfahrens $r = 0.555$

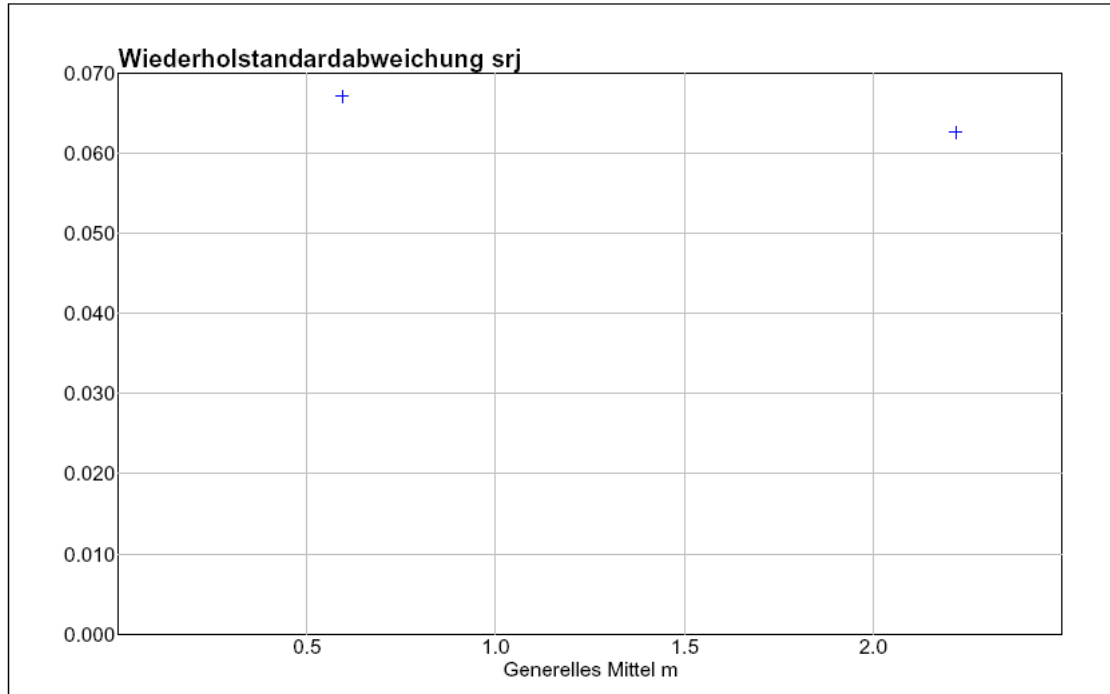


Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Vergleichsstandardabweichung des Messverfahrens $sR = 1.287$

Vergleichsgrenze des Messverfahrens $R = 3.568$

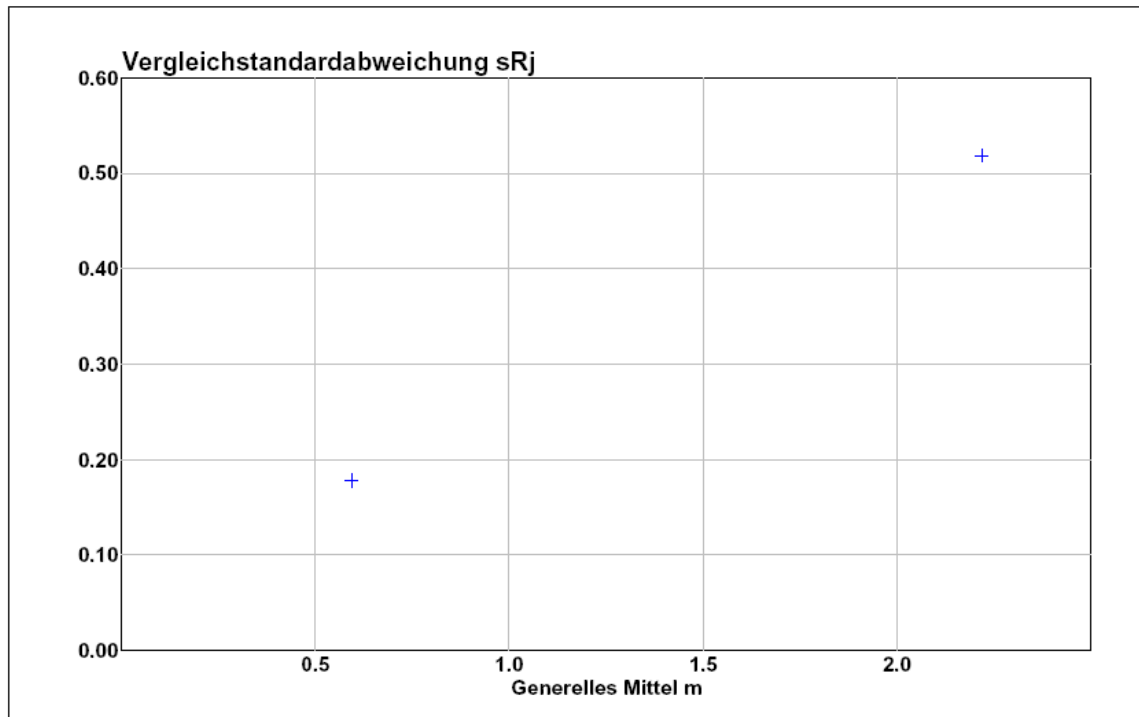
Gesamtpräzision für den Messparameter Zun. ETGA [mm]



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Wiederholstandardabweichung des Messverfahrens $s_r = 0.065$

Wiederholgrenze des Messverfahrens $r = 0.180$

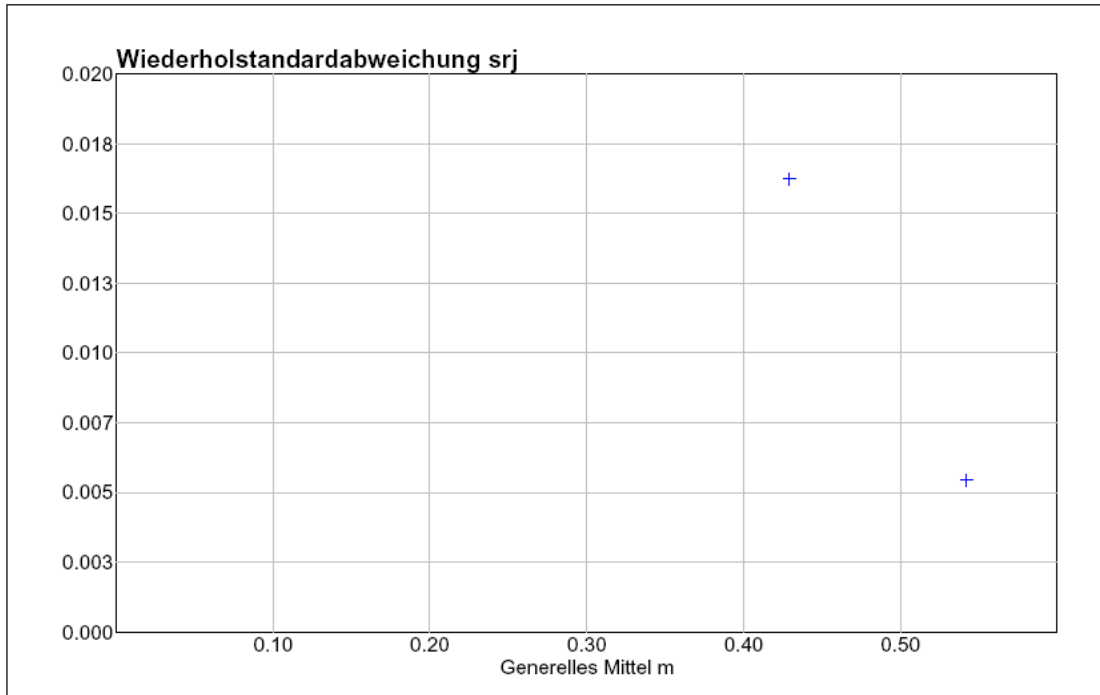


Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Vergleichsstandardabweichung des Messverfahrens $s_R = 0.348$

Vergleichsgrenze des Messverfahrens $R = 0.965$

Gesamtpräzision für den Messparameter a [-]



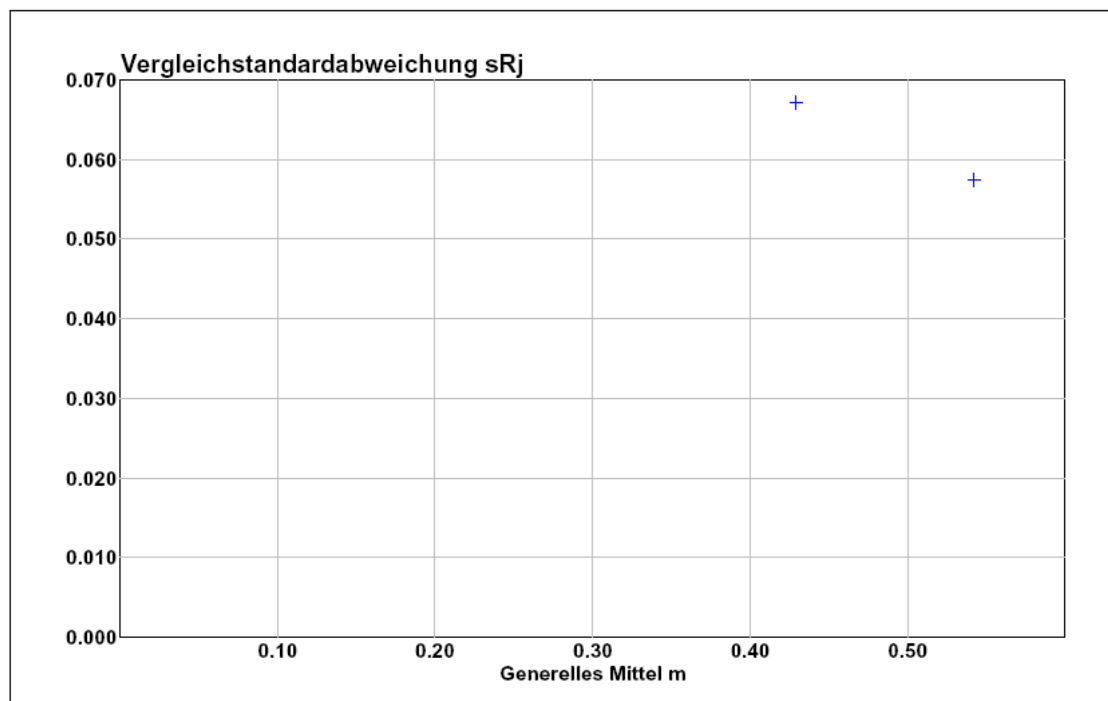
Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Wiederholstandardabweichung des Messverfahrens $s_r = 0.011$

Wiederholgrenze des Messverfahrens $r = 0.030$

RR-ISO 5725 Version 1.3
Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 67
15.09.2006



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Vergleichsstandardabweichung des Messverfahrens sR = 0.062

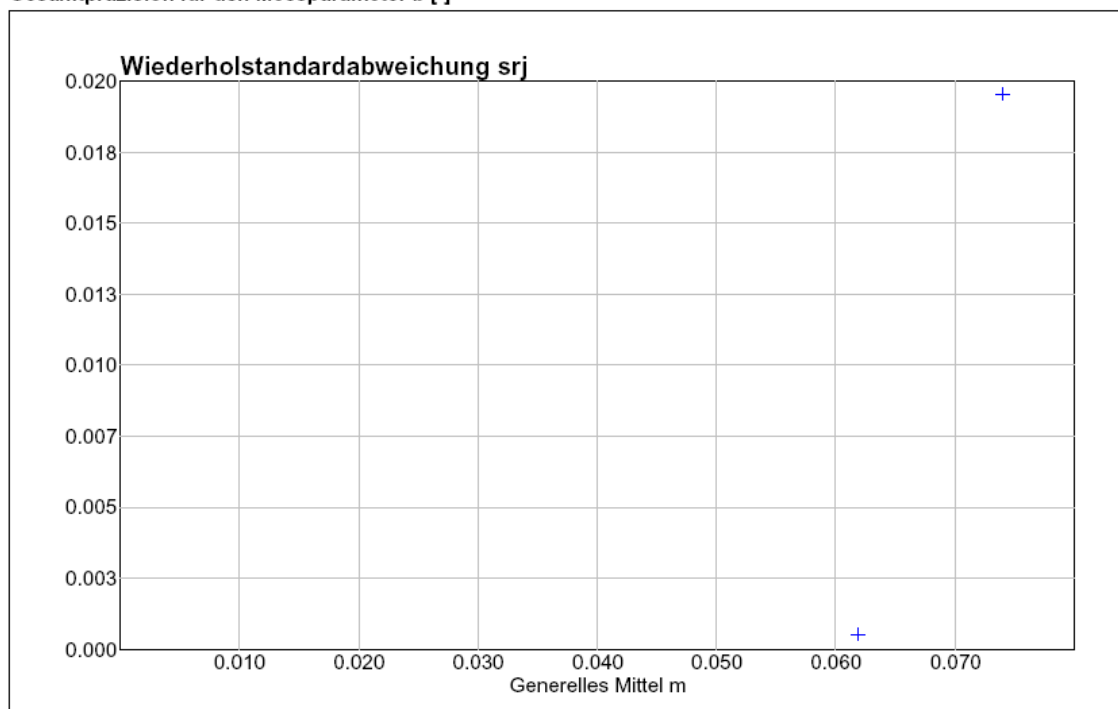
Vergleichsgrenze des Messverfahrens R = 0.173

Projektdatel: K:\QM-Pendent\MHB 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV\210827 dynETGA\Ringversuch\210827 dynET EW.prj

RR-ISO 5725 Version 1.3
Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 68
15.09.2006

Gesamtpräzision für den Messparameter b [-]



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

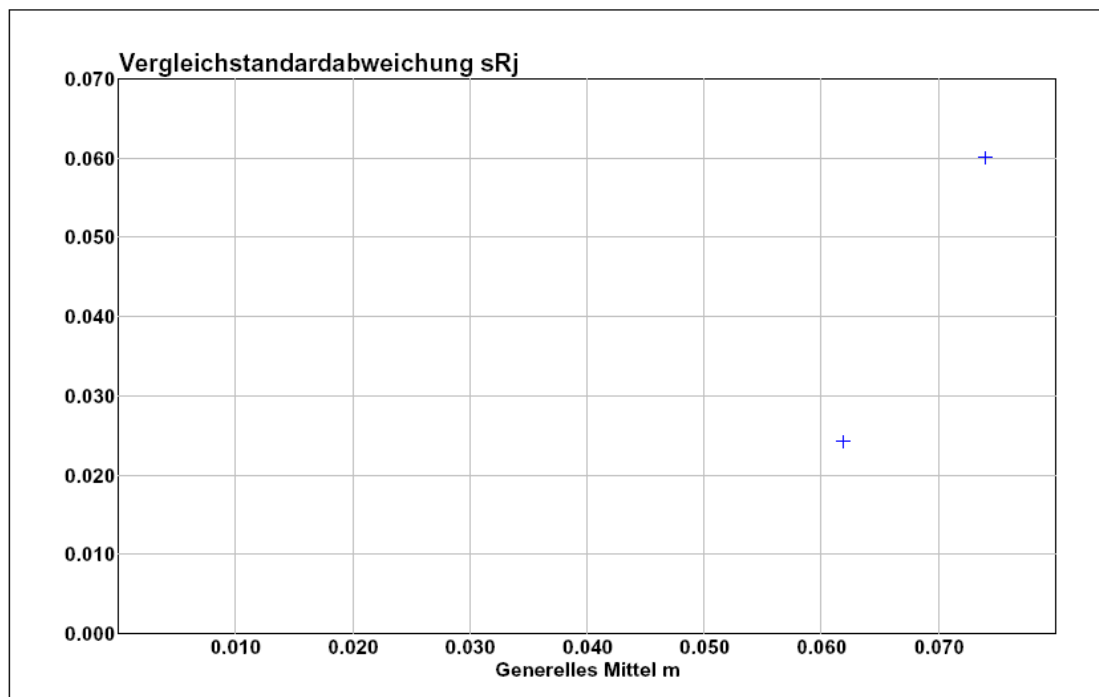
Wiederholstandardabweichung des Messverfahrens $s_r = 0.010$

Wiederholgrenze des Messverfahrens $r = 0.028$

Projektdatel: K:\QM-Pendent\MHB 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV\210827 dynETGA\Ringversuch\210827 dynET EW.prj

RR-ISO 5725 Version 1.3
Vergleichsmessung: 210827 FA dyn.ETGA

Seite: 69
15.09.2006



Kein funktionaler Zusammenhang vorhanden

Vergleichsstandardabweichung des Messverfahrens $sR = 0.042$

Vergleichsgrenze des Messverfahrens $R = 0.117$

Projektdatel: K:\QM-Pendent\MHB 22 pendent Ringversuche\Asphalt RV\210827 dynETGA\Ringversuch\210827 dynET EW.prj

1 Allgemeine Informationen	1
1.1 Projektname und -leitung	1
1.2 Liste der teilnehmenden Prüflaboratorien	1
1.3 Liste der zu prüfenden Proben oder Materialien	1
1.4 Liste der Messverfahren	1
1.5 Zeitlicher Ablauf	2
1.6 Statistische Verfahren nach ISO 5725	2
1.6.1 Mandel's k Test	2
1.6.2 Mandel's h Test	3
1.6.3 Cochran's Test	3
1.6.4 Grubbs' Test	4
1.6.5 Gesamtpräzision	4
2 Messverfahren: Herstellung von Probekörper	5
2.1 Datenerhebung	5
2.1.1 Norm / Messgrößen	5
2.1.2 Beteiligte Laboratorien	5
2.1.3 Verwendete Proben oder Materialien	5
2.1.4 Messwerte	6
2.2 Statistische Auswertung	7
2.2.1 Mittelwerte der Labormessungen	7
2.2.2 Standardabweichungen der Labormessungen	7
2.2.3 Statistik nach Mandel	10
2.2.4 Cochran Test	11
2.2.5 Grubbs Test	12
2.2.6 Präzision bezüglich Messniveau	13
2.2.7 Auswertungsgrafik	13
2.2.8 Gesamtpräzision	15
3 Messverfahren: Vorbereitung von Probekörper	17
3.1 Datenerhebung	17
3.1.1 Norm / Messgrößen	17
3.1.2 Beteiligte Laboratorien	17
3.1.3 Verwendete Proben oder Materialien	17
3.1.4 Messwerte	18
3.2 Statistische Auswertung	19
3.2.1 Mittelwerte der Labormessungen	19
3.2.2 Standardabweichungen der Labormessungen	19
3.2.3 Statistik nach Mandel	22
3.2.4 Cochran Test	23
3.2.5 Grubbs Test	24
3.2.6 Präzision bezüglich Messniveau	25
3.2.7 Auswertungsgrafik	25
3.2.8 Gesamtpräzision	27
4 Messverfahren: Dynamische Eindringtiefe	29
4.1 Datenerhebung	29
4.1.1 Norm / Messgrößen	29
4.1.2 Beteiligte Laboratorien	29
4.1.3 Verwendete Proben oder Materialien	29
4.1.4 Messwerte	30
4.2 Statistische Auswertung	31
4.2.1 Mittelwerte der Labormessungen	31
4.2.2 Standardabweichungen der Labormessungen	31

4.2.3 Statistik nach Mandel	42
4.2.4 Cochran Test	47
4.2.5 Grubbs Test	50
4.2.6 Präzision bezüglich Messniveau	53
4.2.7 Auswertungsgrafik	54
4.2.8 Gesamtpräzision	60

ANHANG H**Auswertung bisheriger Erfahrungen****Einzelwerte der untersuchten Gussasphalte MA 8 S**

Prüfdatum	Probe-Nr.	Dynamische Eindringtiefe	
		Dyn. Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]
15.04.2003	A03-0603	0.66	0.23
18.01.2005	05-00038-003	0.10	0.06
08.04.2005	05-01022-001	0.93	0.41
13.02.2006	06-00291-001	0.98	0.46
22.09.2003	7096	1.71	0.57
08.10.2003	7099	1.89	0.59

Auswertung bisheriger Erfahrungen

Einzelwerte der untersuchten Gussasphalte MA 8 H

Prüfdatum	Probe-Nr.	Dynamische Eindringtiefe	
		Dyn. Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]
22.08.2003	03-00746-002	1.60	0.57
04.12.2003	03-01713-001	1.76	0.61
06.12.2003	03-01713-002	0.94	0.31
10.02.2004	04-00093-001	0.82	0.33
11.02.2004	04-00093-002	0.72	0.30
29.10.2004	04-03292-001	1.52	0.46
03.11.2004	04-03292-002	1.15	0.44
04.04.2005	05-00609-001	0.89	0.29
06.07.2005	05-02583-002	0.43	0.11
21.07.2005	05-02844-001	0.83	0.27
26.07.2005	05-02925-001	2.76	0.92
04.08.2005	05-02985-002	1.77	0.80
18.08.2005	05-03171-002	2.55	1.06
02.09.2005	05-03412-001	2.80	1.14
02.09.2005	05-03414-002	1.20	0.46
14.09.2005	05-03616-001	4.11	1.63
14.09.2005	05-03616-002	2.82	1.09
26.09.2005	05-03751-001	0.86	0.34
13.10.2005	05-04271-001	1.51	0.55
26.10.2005	05-04445-001	1.45	0.66
29.08.2006	06-03915-001	1.30	0.44
07.07.2005	7401	3.12	1.03
30.08.2006	7617	1.63	0.50

Auswertung bisheriger Erfahrungen

Einzelwerte der untersuchten Gussasphalte MA 11 S

Prüfdatum	Probe-Nr.	Dynamische Eindringtiefe	
		Dyn. Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]
10.05.2001	A00-0014	1.70	0.61
14.05.2001	A01-0153	3.35	1.08
30.05.2001	A01-0966	3.10	1.13
03.07.2001	A01-1329	2.50	0.96
05.07.2001	A01-1338	2.44	0.96
11.07.2001	A01-1342	2.08	0.87
07.08.2001	A01-1748	2.68	1.12
13.08.2001	A01-1829	2.16	0.85
13.08.2001	A01-1830	2.22	0.89
21.08.2001	A01-1890	0.81	0.27
11.09.2001	A01-2093	1.53	0.59
31.10.2001	A01-2617	1.22	0.43
06.11.2001	A01-2618	1.02	0.38
05.04.2002	A02-0421	1.32	0.57
11.04.2002	A02-0421	1.90	0.79
12.04.2002	A02-0421	1.79	0.72
30.04.2002	A02-0520	1.09	0.50
30.04.2002	A02-0522	2.55	0.94
15.05.2002	A02-0615	1.91	0.66
29.05.2002	A02-0734	1.42	0.41
14.06.2002	A02-0881	1.56	0.54
03.07.2002	A02-1110	1.89	0.84
03.07.2002	A02-1649	1.29	0.48
09.08.2002	A02-1512	0.68	0.22
04.09.2002	A02-1673	1.75	0.69
11.09.2002	A02-1714	1.36	0.53
13.09.2002	A02-1761	1.85	0.70
26.09.2002	A02-1943	2.72	1.21
28.05.2003	03-00217-003	1.83	0.69
06.06.2003	03-00240-002	1.63	0.59
13.06.2003	03-00240-007	1.21	0.40
18.06.2003	03-00298-002	1.98	0.74
11.09.2003	03-01023-002	2.22	0.83
18.09.2003	03-01032-002	1.13	0.37
29.09.2003	03-01102-007	2.15	0.77
09.10.2003	03-01266-007	1.92	0.74

14.11.2003	03-01545-003	2.09	0.80
18.11.2003	03-01545-011	2.11	0.80
18.11.2003	03-01545-007	2.17	0.79
15.01.2004	04-00020-003	1.89	0.73
20.01.2004	04-00020-007	1.80	0.66
21.01.2004	04-00020-011	1.94	0.75
09.06.2004	04-01619-001	2.22	0.84
11.06.2004	04-01656-003	0.93	0.32
15.06.2004	04-01694-001	2.21	0.91
16.06.2004	04-01704-003	1.15	0.38
21.06.2004	04-01743-001	1.46	0.44
23.06.2004	04-01756-001	1.82	0.72
28.06.2004	04-01818-001	1.23	0.37
28.06.2004	04-01798-001	1.63	0.63
06.07.2004	04-01926-001	1.25	0.49
13.07.2004	04-01995-003	1.33	0.43
16.07.2004	04-02012-001	0.99	0.32
03.08.2004	04-02600-002	1.68	0.56
03.08.2004	04-02227-003	1.18	0.31
13.08.2004	04-02359-002	0.61	0.21
17.08.2004	04-02393-001	0.93	0.34
24.08.2004	04-02465-002	1.30	0.43
24.08.2004	04-02432-005	1.54	0.59
25.08.2004	04-02480-002	0.93	0.37
27.08.2004	04-02478-003	3.24	1.43
07.09.2004	04-02635-004	1.11	0.34
07.09.2004	04-02574-001	0.55	0.17
17.09.2004	04-02612-001	1.82	0.69
19.10.2004	04-03212-001	1.27	0.45
11.04.2005	05-01043-001	1.82	0.61
22.04.2005	05-01251-001	0.69	0.24
05.07.2005	05-02580-001	0.59	0.19
12.08.2005	05-03116-001	0.32	0.11
16.08.2005	05-02965-003	0.84	0.39
16.08.2005	05-02962-003	1.12	0.44
20.09.2005	05-03633-003	3.20	1.55
23.11.2005	05-04770-001	1.51	0.72
28.08.2006	06-03870-002	0.80	0.25
28.08.2006	06-03870-001	1.49	0.52
31.08.2006	06-04024-002	0.93	0.30
31.08.2006	06-04024-001	0.93	0.40
08.11.2006	06-05563-004	0.94	0.33
20.04.2001	5161	1.02	0.31
20.04.2001	5162	1.37	0.48
28.05.2001	5182	2.47	0.85
28.05.2001	5183	1.08	0.35
07.06.2001	5193	0.5	0.13
08.06.2001	5184	1.74	0.55
08.06.2001	5187	2.39	0.82
18.10.2001	5150	3.47	1.3
18.10.2001	5151	2.04	0.74
18.10.2001	5152	2.81	1.02
18.10.2001	5153	2.09	0.71
18.10.2001	5156	2.67	1.20

18.10.2001	5157	2.16	0.76
18.10.2001	5305	2.10	0.72
18.10.2001	5306	2.34	0.81
18.10.2001	5309	2.87	1.03
18.10.2001	5310	2.39	0.85
18.10.2001	5311	2.20	0.80
18.10.2001	5561	1.77	0.63
18.10.2001	5562	1.92	0.66
18.10.2001	5563	1.89	0.62
18.10.2001	5564	2.57	0.85
31.07.2002	5589	2.32	0.84
31.07.2002	5591	2.75	1.01
31.07.2002	5594	2.3	0.79
02.10.2002	5601	1.9	0.62
16.09.2003	7093	1.91	0.56
08.10.2003	7102	1.47	0.47
24.11.2003	7119	1.37	0.48
27.11.2003	7115	2.91	0.88
02.12.2003	7121	1.45	0.49
07.04.2004	7145	2.81	1.11
15.04.2004	7150	2.97	1.03
19.04.2004	7156	0.72	0.21
22.07.2004	7234	1.57	0.54
27.08.2004	7253	2.61	0.91
27.08.2004	7254	1.38	0.41
17.11.2004	7287	0.91	0.26
18.01.2005	7292	1.14	0.32
18.01.2005	7293	1.9	0.62
18.01.2005	7294	1.39	0.45
18.01.2005	7295	2.34	0.78
18.01.2005	7296	2.22	0.76
18.01.2005	7297	1.87	0.65
02.11.2005	7471	1.27	0.43
14.12.2005	7490	1.27	0.42
11.04.2006	7539	2.16	0.71
02.05.2006	7543	1.17	0.38
10.05.2006	7550	2.12	0.75
08.06.2006	7566	2.2	0.76
26.06.2006	7575	1.75	0.59
26.06.2006	7574	1.52	0.42
27.06.2006	7576	0.73	0.23
27.06.2006	7578	1.26	0.4
27.06.2006	7579	1.52	0.46
10.01.2007	7671	0.63	0.17

Auswertung bisheriger Erfahrungen

Einzelwerte der untersuchten Gussasphalte MA 11 H

Prüfdatum	Probe-Nr.	Dynamische Eindringtiefe	
		Dyn. Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]
29.05.2001	A01-0965	2.19	0.79
18.07.2001	A01-1486	0.92	0.31
28.01.2003	A03-0082	2.18	1.00
29.01.2003	A03-0083	2.01	0.82
06.02.2003	A03-0106	0.78	0.32
06.02.2003	A03-0107	1.38	0.55
04.06.2003	03-00253-002	1.39	0.47
29.10.2003	03-01348-002	2.08	0.74
15.12.2003	03-01793-001	1.68	0.78
13.01.2004	03-01840-004	1.31	0.52
05.02.2004	04-00092-001	1.69	0.75
27.05.2004	04-01480-001	1.69	0.65
08.06.2004	04-01606-001	0.68	0.30
21.06.2004	04-01749-001	2.19	0.88
29.06.2004	04-01840-002	1.73	0.60
05.07.2004	04-01893-002	1.38	0.50
05.07.2004	04-01893-004	2.03	0.75
13.07.2004	04-01848-001	0.85	0.27
13.07.2004	04-01989-001	0.71	0.21
21.07.2004	04-02082-003	1.74	0.51
04.08.2004	04-02170-002	2.23	0.88
06.08.2004	04-02170-004	1.79	0.66
18.08.2004	04-02404-003	0.75	0.25
18.08.2004	04-02404-002	0.61	0.21
18.08.2004	04-02404-001	0.58	0.19
19.08.2004	04-02404-004	0.79	0.26
01.09.2004	04-02544-002	0.69	0.20
06.09.2004	04-02598-002	0.43	0.11
20.09.2004	04-02625-003	1.94	0.75
21.09.2004	04-02625-007	2.17	0.81
04.04.2005	05-00609-002	0.40	0.10
12.04.2005	05-00534-002	0.79	0.28
27.04.2005	05-01323-001	1.09	0.41
13.05.2005	05-01452-001	1.69	0.70
17.05.2005	05-01610-001	2.22	0.94
19.05.2005	05-01670-001	2.05	0.75
23.05.2005	05-01670-002	0.29	0.07
23.05.2005	05-01670-003	1.10	0.37

24.05.2005	05-01761-002	1.57	0.72
24.05.2005	05-01761-001	1.69	0.72
24.06.2005	05-02072-005	3.07	1.16
28.06.2005	05-02417-002	0.72	0.20
28.06.2005	05-02417-001	2.33	0.75
29.06.2005	05-02375-001	1.92	0.57
11.07.2005	05-02622-003	1.51	0.68
12.07.2005	05-02622-007	1.66	0.72
14.07.2005	05-02737-001	2.34	1.05
15.07.2005	05-02747-001	0.24	0.05
19.07.2005	05-02791-001	1.14	0.43
22.07.2005	05-02844-002	0.47	0.15
26.07.2005	05-02901-002	1.41	0.49
02.08.2005	05-02985-001	1.08	0.37
12.08.2005	05-03115-001	1.11	0.37
19.08.2005	05-03174-001	1.55	0.76
22.08.2005	05-03174-002	2.16	0.80
23.08.2005	05-03065-001	1.13	0.41
24.08.2005	05-03256-002	1.08	0.40
29.08.2005	05-03308-001	3.99	2.05
08.09.2005	05-03532-001	1.82	0.79
14.09.2005	05-03616-003	1.77	0.68
16.09.2005	05-03660-001	3.03	1.49
16.09.2005	05-03660-002	2.95	1.43
26.09.2005	05-03752-001	0.81	0.28
27.09.2005	05-03780-002	0.77	0.25
27.09.2005	05-03781-004	0.83	0.27
28.09.2005	05-03790-001	0.76	0.31
28.09.2005	05-03789-001	0.80	0.32
04.10.2005	05-04078-001	0.66	0.25
26.10.2005	05-04475-001	1.26	0.44
02.11.2005	05-04572-001	0.94	0.34
02.11.2005	05-04570-001	0.91	0.33
03.11.2005	05-04573-001	0.68	0.30
03.11.2005	05-04568-001	1.00	0.39
06.11.2005	05-04603-001	1.10	0.40
10.11.2005	05-04667-001	0.79	0.34
02.12.2005	05-04914-002	0.10	0.04
02.12.2005	05-04914-001	0.47	0.25
08.12.2005	05-04972-002	0.15	0.11
19.12.2005	05-05109-001	1.03	0.44
04.01.2006	05-05179-001	0.90	0.36
04.01.2006	05-05184-001	0.82	0.35
17.01.2006	06-00023-001	0.68	0.26
17.01.2006	06-00023-002	0.84	0.30
31.03.2006	06-01176-001	3.23	1.56
03.04.2006	06-01176-002	0.78	0.31
04.04.2006	06-01176-003	1.06	0.37
17.07.2006	06-03129-001	0.50	0.13
16.08.2006	06-03696-001	1.13	0.36
16.08.2006	06-03696-002	2.16	0.79
17.08.2006	06-03682-002	1.65	0.62
21.08.2006	06-03821-001	2.60	0.90

22.08.2006	06-03701-002	3.15	1.35
22.08.2006	06-03701-001	3.57	1.50
25.08.2006	06-03701-003	1.78	0.69
25.08.2006	06-03656-004	0.80	0.25
29.08.2006	06-03915-002	1.35	0.49
07.09.2006	06-04183-001	1.37	0.52
08.09.2006	06-04206-001	1.90	0.74
19.09.2005	05-03660-003	2.56	1.17
20.09.2006	06-04569-001	1.88	0.61
20.09.2006	06-04569-002	1.19	0.38
13.10.2006	06-05229-004	1.01	16.17
13.10.2006	06-05229-003	1.77	0.65
13.10.2006	06-05229-002	1.62	0.67
13.10.2006	06-05229-001	1.64	0.62
04.11.2006	06-05681-005	1.12	0.37
04.11.2006	06-05681-004	1.05	0.29
10.07.2007	06-03129-001	0.50	0.13
29.04.2003	7044	2.19	0.71
29.04.2003	7045	2.64	0.89
29.04.2003	7046	2.18	0.74
29.04.2003	7046	1.92	0.63
14.05.2003	7051	1.26	0.45
16.07.2003	7067	2.08	0.71
16.07.2003	7069	2.3	0.81
16.07.2003	7071	1.71	0.57
18.07.2003	7076	2.31	0.74
24.07.2003	7078	2.34	0.82
27.11.2003	7116	2.3	0.8
05.03.2004	7133	2.21	0.78
14.05.2004	7174	0.92	0.26
26.05.2004	7178	1.13	0.35
26.05.2004	7179	1.65	0.55
26.05.2004	7180	1.25	0.39
26.05.2004	7181	1.17	0.47
26.05.2004	7182	1.56	0.51
01.06.2004	7186	1.01	0.32
07.06.2004	7187	1.96	0.63
07.06.2004	7188	2.28	0.78
07.06.2004	7189	2.43	0.82
07.06.2004	7190	2.76	0.99
30.06.2004	7215	0.83	0.23
07.07.2004	7219	1.68	0.43
20.07.2004	7228	1.75	0.61
20.07.2004	7229	0.73	0.21
20.07.2004	7230	1.24	0.43
21.07.2004	7236	0.33	0.09
31.08.2004	7256	0.6	0.16
19.10.2004	7275	2.45	0.8
19.10.2004	7276	2.1	0.72
03.11.2004	7284	1.83	0.63
03.11.2004	7285	2	0.72
03.11.2004	7286	1.52	0.51
28.04.2005	7343	0.81	0.26
28.04.2005	7346	1.5	0.55
28.06.2005	7392	2.26	0.71

15.07.2005	7406	1.19	0.38
21.07.2005	7409	2.88	1.09
21.07.2005	7411	1.74	0.46
26.07.2005	7407	2.63	1
26.07.2005	7408	1.94	0.7
01.08.2005	7416	1.46	0.43
19.10.2005	7457	1.58	0.43
21.12.2005	7494	1.83	0.64
21.12.2005	7495	1.77	0.66
13.01.2006	7496	1.58	0.53
13.01.2006	7497	1.72	0.59
16.01.2006	7498	1.71	0.61
16.01.2006	7499	1.41	0.49
23.01.2006	7500	1.06	0.33
23.01.2006	7501	1.14	0.33
07.02.2006	7502	1.27	0.39
14.02.2006	7504	1.38	0.49
15.03.2006	7514	1.65	0.54
15.03.2006	7515	1.65	0.54
15.03.2006	7516	1.54	0.48
15.03.2006	7517	1.96	0.64
30.03.2006	7525	1.18	0.36
03.04.2006	7527	1.39	0.48
06.04.2006	7530	1.86	0.6
06.04.2006	7531	1.33	0.48
03.05.2006	7546	1.31	0.46
02.06.2006	7558	2.06	0.72
02.06.2006	7559	1.45	0.51
07.06.2006	7565	1.58	0.54
08.06.2006	7563	2.25	0.71
08.06.2006	7569	1.89	0.78
09.06.2006	7568	2.01	0.72
29.06.2006	7582	2.18	0.76
29.06.2006	7583	1.57	0.58
07.07.2006	7588	2.55	0.97
07.07.2006	7589	2.03	0.74
14.07.2006	7593	1.26	0.4
14.07.2006	7580	2.09	0.66
14.07.2006	7590	2.4	0.96
14.08.2006	7607	3.53	1.33
14.08.2006	7608	2.81	1.03
14.08.2006	7609	1.86	0.71
14.08.2006	7610	2.37	0.94
23.08.2006	7615	1.71	0.57
05.09.2006	7622	1.63	0.51
05.09.2006	7623	1.34	0.44
05.09.2006	7624	1.53	0.49
05.09.2006	7625	1.75	0.57
06.09.2006	7626	1.4	0.48
07.09.2006	7627	1.8	0.54
07.09.2006	7628	2.73	0.97
28.09.2006	7634	1.36	0.38
28.09.2006	7635	2.07	0.68
07.11.2006	7652	0.97	0.33
07.11.2006	7653	1.18	0.42
09.11.2006	7646	2.19	0.71

09.11.2006	7647	2.24	0.76
29.11.2006	7661	1.51	0.44
29.11.2006	7662	1.02	0.29
10.01.2007	7671	0.63	0.17
10.01.2007	7672	0.91	0.31
09.02.2007	7674	1.82	0.64
05.03.2007	7678	1.53	0.48
05.03.2007	7679	1.31	0.44
05.03.2007	7680	1.29	0.42
08.03.2007	7681	2.85	0.88
08.03.2007	7682	1.65	0.51
08.03.2007	7683	1.79	0.59
08.03.2007	7684	1.58	0.54
26.03.2007	7685	0.91	0.28
26.03.2007	7686	1.15	0.34
26.03.2007	7687	1.65	0.5
26.03.2007	7688	1.64	0.55
11.04.2007	7690	1.21	0.38

Auswertung bisheriger Erfahrungen

Einzelwerte der untersuchten Gussasphalte MA 16 S

Prüfdatum	Probe-Nr.	Dynamische Eindringtiefe	
		Dyn. Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]
07.06.2001	A01-1036	0.74	0.30
04.07.2001	A01-1337	2.44	1.18
06.07.2001	A01-1339	2.31	0.95
12.07.2001	A01-1341	2.12	0.90
17.07.2001	A01-1392	0.80	0.29
31.07.2001	A01-1586	1.54	0.63
17.08.2001	A01-1831	0.94	0.33
06.09.2001	A01-2011	0.56	0.18
06.09.2001	A01-2012	1.24	0.44
06.09.2001	A01-2013	1.16	0.40
06.09.2001	A01-2050	1.69	0.58
07.09.2001	A01-2051	1.28	0.46
14.09.2001	A01-2229	1.17	0.41
18.09.2001	A01-2248	0.98	0.35
14.11.2001	A01-2750	1.44	0.57
15.05.2002	A02-0624	1.98	0.64
16.05.2002	A02-0611	1.11	0.35
28.05.2002	A02-0733	1.91	0.61
21.05.2003	03-00189-004	1.58	0.55
12.06.2003	03-00240-004	0.85	0.27
17.09.2003	03-01032-001	1.48	0.53
29.09.2003	03-01102-003	1.70	0.58
08.10.2003	03-01266-003	1.53	0.54
03.11.2003	03-01419-004	1.53	0.61
04.11.2003	03-01419-010	1.70	0.61
16.01.2004	04-00019-004	1.70	0.65
20.01.2004	04-00019-010	1.76	0.65
02.06.2004	04-01521-001	3.04	1.35
02.06.2004	04-01521-002	3.52	1.58
15.06.2004	04-01673-002	3.51	1.50
17.06.2004	04-01673-004	2.99	1.16
18.06.2004	04-01673-003	2.96	0.97
03.08.2004	04-02036-002	2.90	1.15
25.08.2004	04-02432-006	1.63	0.58
07.11.2006	06-05563-002	0.94	0.33
20.04.2001	5163	1.12	0.38
20.04.2001	5164	1.31	0.48
28.05.2001	5179	1.52	0.57
28.05.2001	5180	1.43	1.46

30.05.2001	5170	2.51	0.96
30.05.2001	5171	1.77	0.63
07.06.2001	5192	0.31	0.08
08.06.2001	5184	1.67	0.52
08.06.2001	5185	1.42	0.49
18.10.2001	5149	1.92	0.66
18.10.2001	5154	1.92	0.69
18.10.2001	5155	1.68	0.68
18.10.2001	5302	1.98	0.73
18.10.2001	5303	1.54	0.6
18.10.2001	5304	1.56	0.55
18.10.2001	5308	2.04	0.69
18.10.2001	5556	0.79	0.25
18.10.2001	5557	1.39	0.47
18.10.2001	5558	2.43	0.85
16.09.2003	7092	1.11	0.31
16.09.2003	7094	1.12	0.32
08.10.2003	7100	1.7	0.6
24.11.2003	7120	1.36	0.5
02.12.2003	7122	1.08	0.4
07.04.2004	7144	2.76	1.07
19.04.2004	7155	1.76	0.62
19.04.2004	7156	0.72	0.21
30.06.2004	7216	0.9	0.27
22.07.2004	7233	1.43	0.39
09.06.2006	7567	3.75	1.44
30.08.2006	7618	1.08	0.31

Auswertung bisheriger Erfahrungen

Einzelwerte der untersuchten Gussasphalte MA 16 H

Prüfdatum	Probe-Nr.	Dynamische Eindringtiefe	
		Dyn. Eindringtiefe nach 2500 Zyklen [mm]	Zunahme nach weiteren 2500 Zyklen [mm]
17.07.2001	A01-1487	1.33	0.45
11.09.2001	A01-2091	0.50	0.33
11.09.2001	A01-2092	1.07	0.38
05.04.2002	A02-0422	1.09	0.34
10.04.2002	A02-0422	1.12	0.46
11.04.2002	A02-0422	1.12	0.37
13.06.2002	A02-0879	1.21	0.46
14.06.2002	A02-0880	0.92	0.32
10.09.2002	A02-1710	0.82	0.31
12.09.2002	A02-1717	0.91	0.32
07.02.2003	A03-0095	0.98	0.39
07.02.2003	A03-0096	0.98	0.33
14.08.2003	03-00752-001	1.13	0.29
29.10.2003	03-01348-001	1.44	0.50
27.11.2003	03-01636-001	1.89	0.69
14.01.2004	03-01840-001	1.22	0.54
28.05.2004	04-01480-002	0.75	0.29
18.06.2004	04-01673-005	2.23	0.76
29.06.2004	04-01840-001	1.12	0.38
06.07.2004	04-01929-001	0.42	0.14
03.08.2004	04-02036-004	2.21	0.80
05.08.2004	04-02036-005	2.04	0.74
01.09.2004	04-02544-001	0.45	0.14
03.09.2004	04-02598-001	0.72	0.22
08.09.2004	04-02598-003	0.54	0.17
20.09.2004	04-02623-003	1.48	0.54
21.09.2004	04-02623-007	1.60	0.62
11.07.2005	05-02549-007	1.59	0.65
11.07.2005	05-02549-003	1.22	0.51
18.08.2006	06-03682-001	1.15	0.38
23.08.2006	06-03656-001	1.55	0.55
24.08.2006	06-03656-003	0.31	0.07
13.09.2006	06-04225-001	0.96	0.33
14.09.2006	06-04225-002	0.58	0.20
27.09.2006	06-05517-001	1.10	0.39
28.10.2006	06-05681-002	0.44	0.16
28.10.2006	06-05681-001	0.45	0.17
02.11.2006	06-05681-003	1.08	0.39
20.03.2007	07-01063-001	0.62	0.22
15.06.2007	07-02560-001	0.58	0.19
02.10.2002	5602	1.6	0.48

14.05.2003	7052	1.31	0.46
16.07.2003	7066	1.37	0.43
16.07.2003	7068	1.38	0.43
16.07.2003	7070	1	0.32
18.07.2003	7075	1.01	0.37
24.07.2003	7077	1.07	0.33
27.11.2003	7117	1.6	0.57
05.03.2004	7133	1.19	0.39
15.04.2004	7149	1.6	0.48
14.05.2004	7175	0.86	0.26
21.07.2004	7235	0.33	0.09
31.08.2004	7255	0.6	0.16
09.09.2004	7259	0.66	0.21
04.07.2005	7400	1.11	0.36
10.05.2006	7549	1.66	0.58
11.04.2007	7692	0.67	0.22


ANHANG I

Datenblätter der untersuchten Objekte

Auswahl siehe Liste aus DB

ID 165/169

Auftrag-Nr. 210827

OBJEKT- und BAUBESCHRIEB					
Objekt	FU Brüggli SH, Objekt 7				
Ort	Schaffhausen				
Höhe üM	437				
Länge	???				
Fahrspur	???				
Verkehrsbeanspruchung	???				
					
GUSSASPHALT-BESCHRIEB					
Schicht-Nr.	1	2	3	4	GA-Aufbau
IMP-Nr.	03-01793-002	03-01793-001			Abbildung oder text von SN 640490b Tabellen 2 oder 3
Max-Korngrösse	GA 11	GA 8			
Typ	??	??			
Schicht	DS	SS			
Einbaudatum	??	??			
Entnahme	Sep 03	Sep 03			
Bindemittelart	??	??			
Zusätze	??	??			
ALLGEMEINE GUSSASPHALTUNTERSUCHUNGEN					
Schicht-Nr.	1	2	3	4	Bemerkungen
Bindemittelgehalt [M.-%]	6.77	7.03			
Fillermenge [M.-%]	27.1	26.6			
Sandmenge [M.-%]	28.4	30.7			
Splittmenge [M.-%]	44.5	42.7			
EP RuK [°C]	75.8	61.6			
STATISCHE UND DYNAMISCHE EINDRINGTIEFE					
Schicht-Nr.	1	2	3	4	Bemerkungen
stat. ET nach 30Min. [mm]	0.6	??			
Zunahme ET 30/60 Min. [mm]	0.1	??			
dyn. ET nach 2500n [mm]	??	1.67			
Zunahme ET 2500/5000n [mm]	??	0.78			
VERHALTEN					
Schäden	NEIN	JA	Photos		
Datum Feststellung		??			
Oberflächenschäden		ja / nein			
Risse		ja / nein			
Verformungen		ja / nein			
Scann eines Querprofils (4m-Latte) oder Photos					

IMP Baute AG

ANHANG J

Anleitung zur Durchführung der dynamischen Eindringtiefe

Die in der Norm SN 640 441-NA „Gussasphalt – Mischgutanforderungen“ aufgeführte Anleitung zur Durchführung der dynamischen Eindringtiefe wurde mit Hilfe der vorliegenden Forschungsarbeit erstellt. In der Folge sind daher die Kapitel 20, 21 und 22 wiedergegeben.

SN 640 441-NA Nationaler Anhang / Annexe nationale prEN 13108-6

14

**H. Anhang
Dynamischer Eindringversuch mit ebenem
Stempel (ETdyn)**

**H. Annexe
Essai d'indentation dynamique avec
un poinçon à section plane (ETdyn)**

20. Proben und Probenvorbereitung

Die Stahlformen (Innendurchmesser 150 mm ± 1 mm; Höhe ≥ 70 mm) werden im Trockenschrank auf ca. 150 °C erhitzt. Der homogenisierte Gussasphalt wird in zwei Lagen eingestampft und oberflächlich geglättet. Nach dem Erkalten werden die Probekörper ausgeformt und maschinell an beiden Grundflächen orthogonal planparallel nass auf eine Höhe von 60 ± 1 mm geschliffen.

20. Éprouvettes et préparation des éprouvettes

Les moules en acier (diamètre intérieur 150 mm ± 1 mm; hauteur ≥ 70 mm) seront chauffés dans une étuve à environ 150 °C. L'asphalte coulé, préalablement homogénéisé, sera compacté au pilon en deux couches et lissé superficiellement. Après refroidissement, les éprouvettes sont démoulées et les deux faces de base rectifiées par voie humide, à la machine et selon un plan parallèle orthogonal, à une hauteur de 60 ± 1 mm.

21. Versuchsdurchführung

Die Probekörper werden mindestens 2,5 Stunden in der bereits auf Prüftemperatur gebrachten Versuchskammer gelagert und anschliessend in die Belastungseinrichtung zentrisch eingebaut. Der Prüfstempel hat einen Durchmesser von 56,42 mm; dies entspricht einer Fläche von 2500 mm².

Die Prüfung im Luftbad erfolgt unter den in Tabelle 9 dargestellten Bedingungen.

21. Exécution de l'essai

Les éprouvettes seront entreposées, en l'état, dans la chambre d'essai et à la température d'essai, au minimum 2,5 heures et ensuite disposées au centre du dispositif de charge. Le poinçon d'essai a un diamètre de 56,42 mm, ce qui correspond à une surface de 2500 mm².

L'examen dans un bain d'air se fera selon les conditions contenues dans le tableau 9.

Belastung <i>Sollicitation</i>	kN	N/mm ²	Zeit <i>Temps</i> [s]	Temperatur <i>Température</i> [°C]
Maximale Belastung <i>Sollicitation maximale</i>	0,875	0,35	0,2 Impulsdauer/ <i>Durée d'impulsion</i>	50
Belastung während der Lastpause <i>Sollicitation pendant l'interruption de charge</i>	0,20	0,08	1,5 Lastpause / <i>Interruption de charge</i>	

Tab. 9
Prüfungsbedingungen

Tab. 9
Conditions d'essai

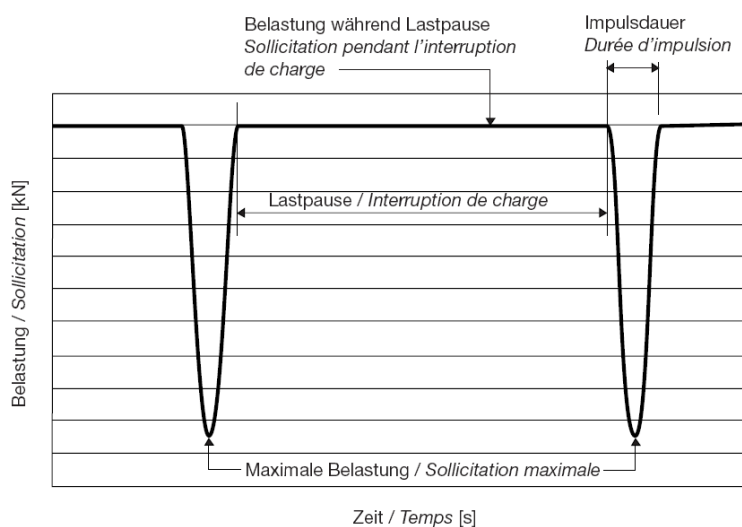


Abb. 5
Haversineförmige Impulse

Fig. 5
Impulsions isolées du type haversine

Die einzelnen Impulse sind haversineförmig gemäss Abbildung 5 aufzubringen. Die Anzahl der Impulse wird gezählt und die Eindringtiefe in Abhängigkeit von der Impulszahl am Ende der Lastpause registriert (ET_{dyn}). Dabei sind die Wertepaare Last und Verformung zeitgleich sowie das Maximum des Lastimpulses zu erfassen und zu speichern.

Der Versuch ist beendet, wenn 5000 Belastungsimpulse erreicht wurden oder eine Eindringtiefe von 5 mm überschritten wird.

22. Auswertung

Als massgebender Wert gilt das arithmetische Mittel aus mindestens zwei Werten. Das Ergebnis wird auf 0,01 mm gerundet. Es wird die dynamische Eindringtiefe ET_{dyn} nach 2500 Zyklen sowie deren Zunahme zwischen 2500 und 5000 Zyklen bestimmt. Muss der Versuch infolge Überschreitung der Eindringtiefe von 5 mm abgebrochen werden, ist ET_{dyn} mit der Funktion $ET_{dyn} = b \times n^a$ hochzurechnen (wobei n die Anzahl Zyklen und a sowie b Koeffizienten der Regression bedeuten).

Les impulsions isolées sont du type haversine selon la figure 5. Le nombre d'impulsions sera comptabilisé et la profondeur d'indentation, en fonction du nombre d'impulsions sera enregistrée à la fin de l'interruption de charge (ET_{dyn}). En même temps, le couple de valeurs charge et déformation simultanées et le maximum des impulsions de charge seront protocolées et enregistrées.

L'essai est terminé lorsque l'on a atteint 5000 impulsions de charge ou lorsque l'indentation dépasse 5 mm.

22. Exploitation

La valeur déterminante est la moyenne arithmétique d'au moins deux valeurs. Le résultat sera arrondi à 0,01 mm. On déterminera non seulement l'indentation dynamique ET_{dyn} après 2500 cycles, mais également l'augmentation entre 2500 et 5000 cycles. Si la profondeur d'indentation dépasse 5 mm, l'essai doit être interrompu et le fluage dynamique ET_{dyn} sera estimé avec la fonction $ET_{dyn} = b \times n^a$ (où n signifie le nombre de cycles et a et b les coefficients de la régression).

ANHANG K**Objektdaten der Beispiele (Kapitel 7.2)**

Beispiel 1:

Strecke		A		
Brücke		Beton		
Anzahl Fahrstreifen		2 pro Richtung		
Längsneigung		3,8 %		
Belagsaufbau		dreischichtig, 4,0 cm MA-DS 0/11 S mit PmB 45 + 2 % TE 3,0 cm MA-TS 0/11 S mit PmB 45 + 2 % TE 3,0 cm MA-SS 0/11 S mit PmB 45 + 2 % TE		
Einbaujahr des Belages		1996		
Beprobung		1996 (Kontrollprüfungen)		
Durchschnittlicher täglicher Verkehr, Anzahl Schwerfahrzeuge		keine Angaben 3 653 pro Werktag		
Art		langsam rollender kanalisierter Verkehr		
Höhe über NN/Klima		750 m, (Höhenlage), gemäßigte Temperaturen, kurze Sonneneinstrahlungsdauer, kalte Winter		
Lufttemperaturen, Monatswerte in °C von 93 bis 98 für Mai bis September				
		Minimum	Maximum	Mittel
Norden	kleinstes	7,8	15,0	10,0
451 m ü NN	größtes	15,9	26,7	20,7
Süden	kleinstes	2,8	11,5	6,5
1442 m ü NN	größtes	10,0	22,0	15,3
Gemessene Spurrinnentiefe ST		1998, Hauptfahrstreifen 5 mm		
Eindringtiefe		Deckschicht	Tragschicht	Schutzschicht
statisch		2,9 mm	2,1 mm	2,0 mm
dynamisch		5,309 mm	3,004 mm	2,896 mm
Zunahme				
statisch		0,4 mm	0,3 mm	0,3 mm
dynamisch		1,796 mm	1,118 mm	1,048 mm
Zusammensetzung		Deckschicht	Tragschicht	Schutzschicht
Bindemittelgehalt, löslich		7,00	6,90	6,80
Erweichungspunkt RuK		62,5	65,0	64,0
Füllergehalt		24,7	27,0	26,2
Sandgehalt		28,4	28,0	27,2
Splittgehalt		46,9	45,0	46,6

Beispiel 2:

Strecke	B				
Brücke	Betonbrücke				
Anzahl Fahrstreifen	2 pro Richtung				
Längsneigung	0 %				
Belagsaufbau	zweischichtig, 3,5 cm MA-DS 0/11 S mit PmB 45 + 2 % TE 4,5 cm MA-SS 0/16 S mit PmB 45 + 2 % TE				
Einbaujahr des Belages	1992 bis 1994				
Beprobung	Kontrollprüfungen 92 bis 94				
Durchschnittlicher täglicher Verkehr, Anzahl Schwerfahrzeuge	16 010 Kfz/Werktag Rtg. Ost 15 980 Kfz/Werktag Rtg. West 1 580 pro Werktag Rtg. Ost 1 440 pro Werktag Rtg. West				
Art	rollender Verkehr				
Höhe über NN/Klima	408 m/heiße Sommer, milde Winter				
Anzahl der Tage mit einer Höchsttemperatur	95	96	97	98	99
25 °C	37	29	39	40	45
über 30 °C	5	1	0	13	2
gemessene Spurrinnentiefe ST	6/96 9 mm (saniert 97), sonst <5 mm		1/2000 0 bis 5 mm		
Eindringtiefe	Deckschicht	Schutzschicht	Deckschicht	Schutzschicht	
statisch	2,3 mm	1,8 mm	3,3 mm	1,5 mm	
dynamisch	2,955 mm	2,371 mm	4,887 mm	2,818 mm	
Zunahme					
statisch	0,4 mm	0,2 mm	0,6 mm	0,2 mm	
dynamisch	1,368 mm	1,010 mm	2,082 mm	0,889 mm	
Zusammensetzung	Deckschicht	Schutzschicht	Deckschicht	Schutzschicht	
Bindemittelgehalt, löslich	6,90	6,70	7,3	6,49	
Erweichungspunkt RuK	62,5	62,0	60,0	65,0	
Füllergehalt	25,9	24,0	25,9	23,8	
Sandgehalt	26,0	18,3	21,4	24,1	
Spittgehalt	48,1	57,7	52,7	52,1	

Beispiel 3:

Strecke	C	
Brücke	Mehrfeld-Stahlbrücke mit orthotroper Platte	
Anzahl Fahrstreifen	3 pro Richtung	
Längsneigung	0 %	
Belagsaufbau	zweischichtig, 3,4 cm MA-DS 0/16 S mit PmB 45 3,7 cm MA-SS 0/11 S mit PmB 45	
Einbaujahr des Belages	1984	
Beprobung	1998	
Durchschnittlicher täglicher Verkehr, Schwerfahrzeuge gesamt Art	111 000 Kfz/Tag 14 159 pro Tag rollender Verkehr	
Höhe über NN/Klima	10 m / milde Sommer, Seeklima	
Anzahl der Tage mit einer Höchsttemperatur	Häufigkeitsverteilung für Mai bis September, Jahre 84 bis 98	
25 °C	19,8 Tage	
über 30 °C	4 Tage	
gemessene Spurrinnentiefe ST	1998 5 mm (inklusive Abrieb), anteilig: DS: 1,5 mm, SS: 3,5 mm	
Eindringtiefe	Deckschicht	Schutzschicht
statisch	1,7 mm	2,4 mm
dynamisch	2,556 mm	5,720 mm
Zunahme		
statisch	0,4 mm	0,5 mm
dynamisch	1,057 mm	2,287 mm
Zusammensetzung	Deckschicht	Schutzschicht
Bindemittelgehalt, löslich	6,55	6,96
Erweichungspunkt RuK	65,0	65,0
Füllergehalt	26,6	26,5
Sandgehalt	22,9	24,7
Splittgehalt	50,5	48,8

Beispiel 4:

Strecke	D			
Brücke	Hängebrücke, Stahl			
Anzahl Fahrstreifen Längsneigung	3 pro Richtung < 1 %			
Belagsaufbau	zweischichtig, 4,0 cm MA-DS 0/11 S mit B 45 + 2 % TE 3,0 cm MA-SS 0/11 S mit B 45 + 2 % TE			
Einbaujahr des Belages Beprobung	1993/1994 9/1999			
Durchschnittlicher täglicher Verkehr, Anzahl Schwerfahrzeuge Art	57 000 Kfz/Tag 6 900 pro Tag rollender Verkehr			
Höhe über NN/Klima Anzahl der Tage mit einer Höchsttemperatur 25 °C über 30 °C	55 m, Rheinebene, sehr hohe Temperaturen 7/8 1994 7/8 1995 38 42 17 19 (meist zusammenhängende Hitzetage)			
Gemessene Spurrinntiefe ST	7/1999, Hauptfahrstreifen, rechte Radrollspur 6/96 8 bis 23 mm, Mittel = 14 mm, Standardabweichung = ± 3 mm 19 mm (Stelle 1) 23 mm (Stelle 2)			
Eindringtiefe statisch dynamisch Zunahme statisch dynamisch	Deckschicht Stelle 1	Schutzschicht Stelle 1	Deckschicht Stelle 2	Schutzschicht Stelle 2
	1,1 mm	1,6 mm	1,1 mm	1,8 mm
	1,830mm	2,895 mm	1,884 mm	3,212 mm
	0,1 mm	0,2 mm	0,1 mm	0,2 mm
	0,723 mm	1,187 mm	0,746 mm	1,325 mm
Zusammensetzung	Deckschicht	Schutzschicht	Deckschicht	Schutzschicht
Bindemittelgehalt, löslich	6,09	6,33	6,17	6,40
Erweichungspunkt RuK	61,5	62,5	61,0	62,0
Füllergehalt	25,3	22,8	24,3	23,3
Sandgehalt	18,3	23,7	21,7	23,5
Splittgehalt	56,4	53,5	54,0	53,2

Beispiel 5:

Strecke	E			
Brücke	Betonbrücke			
Anzahl Fahrstreifen	2 pro Richtung			
Längsneigung	0 %			
Belagsaufbau	dreischichtig, 3,0 cm MA-DS 0/11 3,5 cm MA-TS 0/11 3,5 cm MA-SS 0/11			
Einbaujahr des Belages	1987			
Beprobung	5/92			
Durchschnittlicher täglicher Verkehr, Anzahl Schwerfahrzeuge Art	27 560 Kfz/Werktag 1 660 pro Werktag langsamer bis stehender Verkehr			
Höhe über NN/Klima	408 m / heiße Sommer, milde Winter			
Anzahl der Tage mit einer Höchsttemperatur	1998			
25 °C	40			
über 30 °C	13			
gemessene Spurrinnentiefe ST	5/90 13,8	11/90 18,5	11/91 28,0 mm im Mittel	
Eindringtiefe	Deckschicht	Tragschicht	Schutzschicht	Mittel
statisch	3,2 mm	3,1 mm	3,3 mm	3,2 mm
dynamisch	5,783 mm	6,986 mm	6,976 mm	6,582 mm
Zunahme				
statisch	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
dynamisch	2,477 mm	2,711 mm	2,704 mm	2,631 mm
Zusammensetzung	Deckschicht	Tragschicht	Schutzschicht	arithm. Mittel
Bindemittelgehalt, löslich	7,56	7,41	7,64	7,54
Erweichungspunkt RuK	57,0	56,0	56,0	56,5
Füllergehalt	28,9	29,2	29,1	29,1
Sandgehalt	22,8	24,2	23,5	23,5
Splittgehalt	48,3	46,6	47,4	47,4

Beim Beispiel 5 ist an der Oberseite jeder Gussasphaltlage eine relativ dicke Mörtelansammlung. Die Verformungen in den Radrollspuren wurden deutlich gefördert durch Verschiebungen innerhalb der überfetteten Teilbereiche.

ANHANG L

Material	MA 11 H, Olexobit 45 NV								
Serie Nr.	A	B	C	D	E	F	G	G 1	H
Probe Nr.	6-5438-1	6-5438-2	6-5438-3	6-5438-4	6-5438-5	6-5438-6	6-5438-7	6-5438-9	6-5438-8
Teilen der Proben	06.11.2006	06.11.2006	06.11.2006	06.11.2006	06.11.2006	06.11.2006	06.11.2006	29.11.2006	06.11.2006
Herstellung	07.11.2006	07.11.2006	07.11.2006	07.11.2006	07.11.2006	07.11.2006	08.11.2006	30.11.2006	08.11.2006
Start heizen im Ofen	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00
Start Herstellung	7.00 - 8.00	7.00 - 8.00	7.00 - 8.00	13.00 - 14.00	13.00 - 14.00	13.00 - 14.00	7.00 - 8.00	7.00-8.00	7.00 - 8.00
Abkühlen an Luft bis	10.30	10.30	10.30	16.30	16.30	16.30	10.30	10.30	10.30
Abkühlen in Wasser	11.00	11.00	11.00	17.00	17.00	17.00	11.00	11.00	11.00
Ausformen	11.30	11.30	11.30	17.30	17.30	17.30	11.30	11.30	11.30
Schleifen	12.00	13.00	13.00	18.00	18.00	18.00	12.00	12.00	13.00
Prüfung	07.11.2006	08.11.2006	09.11.2006	10.11.2006	13.11.2006	17.11.2006	28.11.2006	15.12.2006	08.12.2006
Alter Tage	0	1	2	3	6	10	20	15	30
Start Temperier. PK 1	12.30	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Start Prüfung	15.00	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
Ergebnis:									
dyn. ET Wert 1	1.19	1.12	0.95	1.14	0.94	1.05	1.02	0.90	1.13
dyn. ET Wert 2	1.13	1.10	1.13	1.21	0.91	0.98	1.18	0.95	1.09
Mittelwert	1.16	1.11	1.04	1.17	0.93	1.01	1.1	0.95	1.11
Zunahme Wert 1	0.44	0.37	0.39	0.37	0.3	0.35	0.33	0.34	0.40
Zunahme Wert 2	0.38	0.38	0.34	0.41	0.29	0.32	0.43	0.38	0.39
Mittelwert	0.41	0.38	0.37	0.39	0.29	0.33	0.38	0.36	0.40