

UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN
FAKULTÄT FÜR BAUINGENIEUR- UND VERMESSUNGSWESEN

**Laboranalytische Überprüfung der Rezepturtreue bei der
Asphaltherstellung im praktischen Mischanlagenbetrieb**

Andreas Opel

Promotionsausschuss:

Vorsitzender : Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Jacoby

1. Berichterstatter : Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wirth

2. Berichterstatter : Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. Enrico Eustacchio

Tag der mündlichen Prüfung: 28.04.2006

Mit der Promotion erlangter akademischer Grad:

**Doktor der Ingenieurwissenschaften
(Dr.-Ing.)**

Neubiberg, 04.05.2006

Inhalt

1	PROBLEMSTELLUNG	1
2	VORGEHENSWEISE	2
3	PROBENPLAN	5
4	MISCHANLAGE	8
4.1	Beschreibung einer allgemeinen Anlage	8
4.1.1	Mineralstoffe	9
4.1.2	Bitumen	19
4.1.3	Füller	21
4.1.4	Zusätze	23
4.1.5	Asphaltgranulat	24
4.1.6	Mischer	28
4.1.7	Steuerung (Softwareeinsatz)	30
4.2	Besonderheiten der einzelnen Anlagen	36
4.3	Anlagenbetrieb	39
4.3.1	Anlagenbetrieb ohne Siebumgehung	40
4.3.2	Anlagenbetrieb mit Siebumgehung	44
4.4	Verzerrende Einflüsse	45
5	DATEN	51
5.1	Fremddaten	51
5.2	Eigendaten	55
5.2.1	Daten aus den Mischgutproben	55
5.2.2	Daten aus der Siebanlagenuntersuchung	59
6	DATENAUFBEREITUNG	62
6.1	Erforderliche Korrekturrechnung	62
6.2	Statistische Grundlagen für Gegenüberstellungen	66
6.3	Gegenüberstellung Soll/Ist	69

7	AUSWERTUNG	81
7.1	Systematische und zufällige Abweichungen	81
7.2	Varianzanalyse Mischgutsorte/Mischanlage	88
7.3	Vergleich der Mischgutsorten	91
7.3.1	Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat	91
7.3.2	Mischgutsorten mit Asphaltgranulat	95
7.4	Vergleich der Mischanlagen	98
7.5	Chargenprotokolldaten	100
7.6	Eigenüberwachungsprüfungen	104
8	ERGEBNISSE	107
	LITERATURVERZEICHNIS	114
	FORMELZEICHENVERZEICHNIS	111
	TABELLENVERZEICHNIS	118
	BILDVERZEICHNIS	118
	ANLAGEN	122

1 Problemstellung

In Asphaltmischanlagen soll unter praktischen Betriebsbedingungen systematisch untersucht werden, wie genau die durch die Eignungsprüfung vorgegebenen und in der Anlagensteuerung eingestellten Sollwerte der Asphaltrezeptur bei der Mischgutproduktion eingehalten werden können (Prüfung der „Rezepturtreue“). Hierzu sind die systematischen und zufälligen Abweichungen zu quantifizieren.

Weiterhin soll untersucht werden, inwieweit – und in welchen Grenzen – die in modernen Anlagen digital erfassten und aufbereiteten Produktionsdaten (Chargenprotokolle) im Sinne einer verbesserten Produktionssicherheit und als Gütenachweis genutzt werden können.

Außerdem werden durch eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Laboranalysen mit den Daten der routinemäßigen Eigenüberwachungsprüfungen genauere Aussagen über die Repräsentativität der letzteren erwartet.

Des Weiteren ist zu untersuchen welche steuerungs- und anlagentechnische Verbesserungen zur Erreichung einer größeren „Rezepturtreue“ und damit zu einer besseren Mischgutqualität führen.

2 Vorgehensweise

Um aussagekräftige, statistisch abgesicherte Ergebnisse zu erhalten, ist eine ausreichend große Datenbasis notwendig. Grundlage dieser Datenbasis bilden die Ergebnisse, wie Laboruntersuchungen des Mischguts, Chargenprotokollwerte, Rezepturwerte usw., die jeder einzelnen Probe zugeordnet werden können. Die Anforderungen, die an die 264 Einzelproben gestellt werden, und die Aufteilung der Einzelproben auf die verschiedenen, in die Untersuchung einbezogenen Mischanlagen und Mischgutart/-sorten (im Weiteren Mischgutsorte bezeichnet) wird unter Ziffer 3 beschrieben.

Jede Kombination aus Mischanlage und Mischgutsorte bildet einen Datensatz, der aus 11 Einzelproben besteht. Für die Untersuchung stehen insgesamt 24 Datensätze (mit je 11 Einzelproben), die zusammengefasst die Datenbasis bilden, zur Verfügung (siehe Tabelle 2-1).

Jeder Einzelprobe können

- die Ergebnissen der Laboranalyse des Mischguts der Einzelprobe, die im Labor der Universität der Bundeswehr München (im Weiteren UniBwM genannt) untersucht wurden,
- die zu Herstellung des Mischguts in der Steuerung eingestellten Rezepturwerte,
- die durch die Steuerung aufgezeichneten Chargenprotokolldaten und
- die Daten der dazugehörigen Eignungsprüfung zugeordnet werden.

Um die Vergleichbarkeit der Daten sicherzustellen müssen verschiedene Korrekturrechnungen durchgeführt werden (siehe Ziffer 6.1). Anschließend werden für jede Einzelprobe folgende Soll/Ist-Vergleiche durchgeführt:

- Zur Ermittlung der „Rezepturtreue“ werden die Laborwerte (Istwert) den Rezepturwerten (Sollwert) gegenübergestellt.
- Um zu prüfen, inwieweit Chargenprotokolle zur Qualitätssicherung geeignet sind, werden die Laborwerte (Istwert) den Chargenprotokollwerten (Sollwert) gegenübergestellt.
- Die Gegenüberstellung der Rezepturwerte (Sollwert) und Chargenprotokollwerte (Istwert) ist u. a. notwendig, um Aussagen über systematische Abweichungen treffen zu können.

Tabelle 2-1: Zuordnung von Daten und technischen Beschreibungen

Technik	Zuordnung			Datenbasis	
	Werk	Mischgutsorte	Einzelproben-Nr.		
allemeine Beschreibung einer Anlage technische Daten und Beschreibung der speziellen Mischanlage (Werk x)	Werk x	Mischgut x1 (Datensatz x1)	Einzelproben 1 bis 11	je Einzelprobe: Ergebnisse der Laboranalyse (Bindemittelgehalt, Korngrößenverteilung) Rezepturwerte Chargenprotokollwerte Sollwerte der Eignungsprüfung je Mischgutsorte: Für das Mischgut liegen für den gesamten Untersuchungszeitraum die Werte der Eigenüberwachungsprüfungen vor.	
		Mischgut x2 (Datensatz x2)	Einzelproben 1 bis 11	je Einzelprobe: Ergebnisse der Laboranalyse (Bindemittelgehalt, Korngrößenverteilung) Rezepturwerte Chargenprotokollwerte Sollwerte der Eignungsprüfung je Mischgutsorte: Für das Mischgut liegen für den gesamten Untersuchungszeitraum die Werte der Eigenüberwachungsprüfungen vor.	
		
	technische Daten und Beschreibung der speziellen Mischanlage (Werk y)	Werk y	Mischgut y1 (Datensatz y1)	Einzelproben 1 bis 11	je Einzelprobe: Ergebnisse der Laboranalyse (Bindemittelgehalt, Korngrößenverteilung) Rezepturwerte Chargenprotokollwerte Sollwerte der Eignungsprüfung je Mischgutsorte: Für das Mischgut liegen für den gesamten Untersuchungszeitraum die Werte der Eigenüberwachungsprüfungen vor.
			Mischgut y2 (Datensatz y2)	Einzelproben 1 bis 11	je Einzelprobe: Ergebnisse der Laboranalyse (Bindemittelgehalt, Korngrößenverteilung) Rezepturwerte Chargenprotokollwerte Sollwerte der Eignungsprüfung je Mischgutsorte: Für das Mischgut liegen für den gesamten Untersuchungszeitraum die Werte der Eigenüberwachungsprüfungen vor.
		
...	

Zusätzlich zu der berechneten Differenz zwischen Soll- und Istwert je Einzelprobe werden die relativen Fehler und die statistischen Kenwerte, wie Mittelwert, Standardabweichung usw., ermittelt.

Zur Ermittlung der systematischen und zufälligen Abweichungen werden die Gegenüberstellungen Rezeptur-/Laborwert, Chargenprotokoll-/Laborwert und Chargenprotokoll-/Rezepturwert ausgewertet.

Eine allgemeine Anlagenbeschreibung und die Beschreibung der Besonderheiten der in die Untersuchung einbezogenen Mischanlagen (vgl. Tabelle 2-1, gelb hinterlegter Teil) sind notwendig um die Auswirkung von verzerrenden Einflüssen, wie Auslastung der Heißsiebanlage, Einstellungen der Vordoseure usw., auf die Mischgutqualität zu verstehen und somit steuerungs- und anlagentechnischen Verbesserungen ableiten zu können (vgl. Ziffer 4).

Je Datensatz stehen auch die Eigenüberwachungsprüfungen im entsprechenden Untersuchungszeitraum zur Verfügung. So kann beispielhaft an 3 Mischgutsorten der Eigenüberwachungsaufwand überprüft werden.

In Tabelle 2-1 sind alle zur Verfügung stehenden Daten tabellarisch zusammengefasst.

3 Probenplan

Auf einen ausreichenden und statistisch repräsentativen Probenplan wurde großer Wert gelegt. Da für eine korrekte Auswertung, wie bereits oben erwähnt, eine ausreichend große Datenbasis benötigt wird, war im Probenplan des Untersuchungskonzepts, die Anzahl der auswertbaren Mischgutproben auf 264 (4 Mischanlagen mit je 6 Mischgutsorten zu jeweils 11 Proben) festgelegt. Um die geforderte Probenanzahl bei der praktischen Untersuchungsdurchführung mit Sicherheit zu erreichen, musste die Gesamtzahl der tatsächlich genommenen Mischgutproben auf 396 und die Anzahl der Mischanlagen auf 6 erhöht werden. Somit konnten, bei Nichterreichen des geforderten Stichprobenumfangs von 11 Proben je Mischgutsorte und Mischanlage, bei fehlenden Informationen bzw. bei widersprüchlichen Angaben über die Randbedingungen der Probenahme oder bei Proben mit Ergebnissen, die mit nicht herstellungsbedingten Fehlern behaftet waren und das Untersuchungsergebnis verfälscht hätten, die entsprechenden Proben von der Auswertung ausgeschlossen werden. Es wurde darauf geachtet, dass bei diesem Ausschluss die Bedingungen der repräsentativen Probenahme nicht verletzt wurden.

Eine repräsentative Untersuchung kann z. B. nicht an einer x-beliebigen Mischanlage oder an einer x-beliebigen Mischgutsorte durchgeführt werden. Da andererseits in dem Forschungsprojekt – schon aus Budgetgründen – nicht beliebig viele Probenahmen durchgeführt werden konnten, d. h. die Anzahl der Probenvariationen beschränkt werden musste, wurden diejenigen Randbedingungen, die erfahrungsgemäß den größten Einfluss auf „Rezepturtreue“ und Mischgutqualität haben, als Variationsmerkmale eingeführt. Das sind die Mischgutsorte und die Asphaltmischanlage im Sinne der einzelnen ganz speziellen Produktionsstätte.

Die Auswahl der Mischgutsorten und Asphaltmischanlagen erfolgte unter folgenden Gesichtspunkten:

Variationsmerkmal Mischgutsorte

Die Mischgutsorten sollen sich

- im Größtkorn,
- in ihrer Neigung zur Entmischung und
- in den Differenzierungsanforderungen bei der Absiebung

unterscheiden. Für die Untersuchung wurden die Mischgutsorten Splittmastixasphalt

(SMA 0/8 S bzw. SMA 0/11 S), Asphaltbeton (AB 0/8 mit und ohne Asphaltgranulat), Asphaltbinder (ABi 0/22 S) sowie Asphalttragschicht (ATS 0/32 CS mit und ohne Siebumgebung) ausgewählt.

Variationsmerkmal Mischanlage

Grundsätzlich können die Mischanlagen in („kontinuierlich arbeitende“) Durchlauf- und („absatzweise arbeitende“) Chargenmischanlagen unterschieden werden. In diesem Forschungsprojekt werden nur Chargenmischanlagen mit Zwangsmischern untersucht. Mit „Mischanlage“ ist im Weiteren immer eine Chargenmischanlage gemeint.

Um Unterschiede zwischen den einzelnen Mischanlagen, die grundsätzlich dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen, mit untersuchen zu können, wurden sechs verschiedene Mischanlagen für die Probennahme ausgewählt.

Die Mischanlagen werden im Weiteren mit Werk 01 bis Werk 06 bezeichnet. Während der Bearbeitung wurde das Werk 05 aufgrund der geringen Anzahl der verwertbaren Proben – die Mischgutsorten lt. Probenplan wurden dort längere Zeit nicht produziert – von der Auswertung ausgeschlossen. Außerdem mussten in einzelnen Anlagen Mischgutsorten, für die die im Probenplan vorgegebene Stichprobenanzahl aus Produktionsgründen nicht erreicht wurde oder die entsprechenden Unterlagen nur unvollständig beigebracht werden konnten, gestrichen werden. Somit ergibt sich als Grundlage für die Datenbasis der in Tabelle 3-1 wiedergegebene endgültige Probenplan.

Insgesamt stehen somit die ursprünglich vorgesehenen 264 Proben in einer für die Auswertung einwandfreien Form zur Verfügung. Die Aufteilung auf die einzelnen Mischanlagen und Mischgutsorten kann der Tabelle 3-1 entnommen werden.

Über die im Probenplan enthaltenen Untersuchungen hinaus wurde noch eine Sonderprobenahme an den Mineraltaschen vorgenommen: Die Korrektheit der Absiebung, d. h. in welchem Maße die durch die Siebmaschine differenzierten Korngruppen den Sollkorngruppen nach *ZTV Asphalt* entsprechen, beeinflusst die Sieblinie des Mischgutes ganz entscheidend. Deshalb wurde exemplarisch in den Werken 02 und 04 die Siebqualität der Heißabsiebung überprüft. Hierzu wurden Proben aus den Taschen der Korngruppen

0,09/2 mm, 2/5 mm, 5/8 mm, 8/11 mm, 11/16 mm und 16/22 mm entnommen und im Labor UniBwM untersucht. Resultat der Überprüfung wird in Ziffer 5.2.2 erläutert.

Tabelle 3-1: Probenplan und Anzahl der Proben

Mischgutbezeichnung in der Untersuchung	AB 0/8 mit Asphaltgranulat	AB 0/8 ohne Asphaltgranulat	SMA 0/8 S'	SMA 0/11 S ¹	ABi 0/22 S	ATS 0/32 CS ohne Siebung	ATS 0/32 CS mit Siebung	Summe
Sorte	AB 0/8	AB 0/8	SMA 0/8 S	SMA 0/11 S	ABi 0/22 S	ATS 0/32 CS	ATS 0/32 CS	
Asphaltgranulatzugabe	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	
Siebung	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	
Werk 01	11	11	0	11	0	11	11	55
Werk 02	11	0	0	11	0	11	11	44
Werk 03	11	11	11	0	11	11	11	66
Werk 04	11	11	11	0	11	11	0	55
Werk 06 ²	11	11	0	11	0	11	0	44
Summe	55	44	22	33	22	55	33	264
AB Asphaltbeton			SMA Splittmastixasphalt					
ABi Asphaltbinder			ATS Asphalttragschicht					
¹ Da nicht in allen Werken SMA 0/11 S hergestellt wurde, musste zusätzlich SMA 0/8 S mit in den Probenplan aufgenommen werden.								
² Um eine ausreichende Anzahl von Proben je Mischgutsorte zu erhalten, wurde zunächst die Anzahl der in die Untersuchung einbezogenen Werke auf 6 erhöht. Bei der Auswertung wurde dann das Werk 05 wegen der geringen Probenanzahl gestrichen.								

4 Mischanlage

4.1 Beschreibung einer allgemeinen Anlage

Zum besseren Verständnis des Gesamtablaufs der Untersuchung, zur Bewertung verzerrender Einflüsse (siehe Ziffer 4.4) und zur Ableitung steuerungs-/anlagentechnischer Verbesserungen ist eine grobe Kenntnis der maschinentechnischen Wirkungsweise einer Asphaltmischanlage und ihrer Komponenten unerlässlich. Die folgenden Ausführungen beziehen sich sowohl auf die generellen Funktionen als auch auf die Besonderheiten und Abwandlungen, die für eine ganz bestimmte Anlage („Werk“) spezifisch sind.

Die Beschreibung der für diese Untersuchung wichtigsten maschinentechnischen Teile einer Asphaltmischanlage ist nach Funktionseinheiten, die den einzelnen Baustoffkomponenten *Mineralstoffe*, *Bitumen*, *Asphaltgranulat*, *Füller* und *ggf. Zusätze* entsprechen oder *zentrale Funktion* haben, gegliedert (siehe Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Zusammenfassung der funktions-/steuerungstechnischen Einheiten

Mineralstoffe: <ul style="list-style-type: none">- Vordoseure- Trockentrommel und Brenner- Heißelevator und Siebanlage- Mineralstofftaschen- Mineralstoffwaage	Bitumen: <ul style="list-style-type: none">- Bitumentanks- Dosiereinrichtung
Asphaltgranulat: <ul style="list-style-type: none">- Paralleltrommel und Brenner- RC-Waage- Zugabeschurre	Füller und Zusätze: <ul style="list-style-type: none">- Entstaubung- Füllerwaage- Zusätze
Steuerung	
Mischer	

Im Bild 4-1 ist die Asphaltherstellung mit und ohne Zugabemöglichkeit von Asphaltgranulat schematisch dargestellt. Weitere Arten der Asphaltgranulatzugabe werden unter Ziffer 4.1.5 beschrieben. Das Grundprinzip der Asphaltherstellung ist von den Mischanlagenherstellern unabhängig und seit Jahrzehnten unverändert.

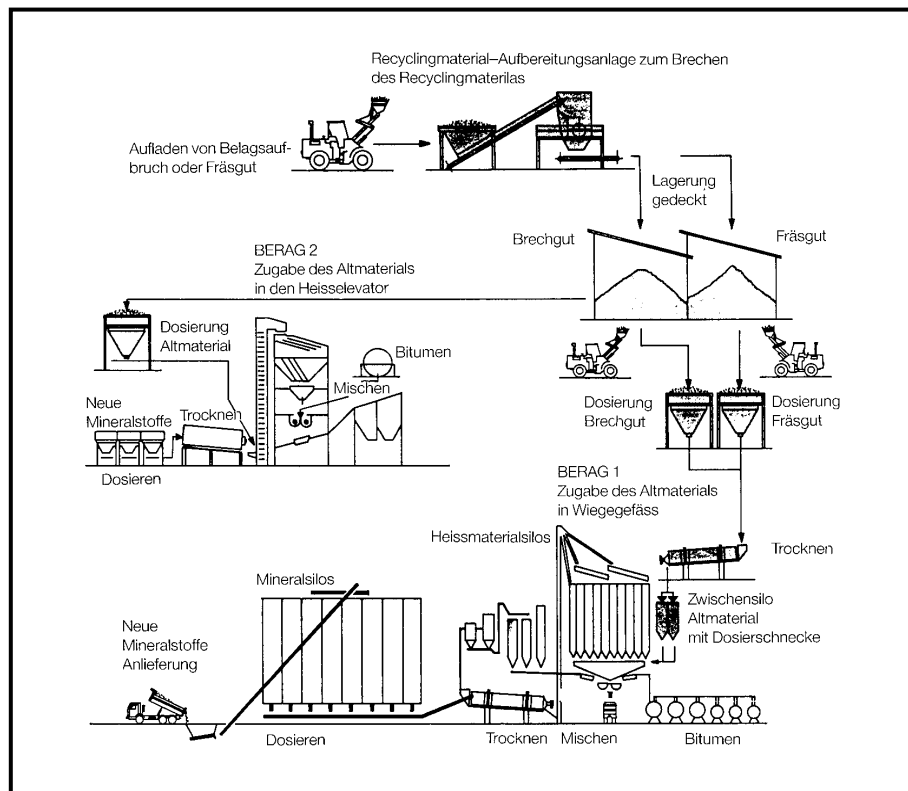


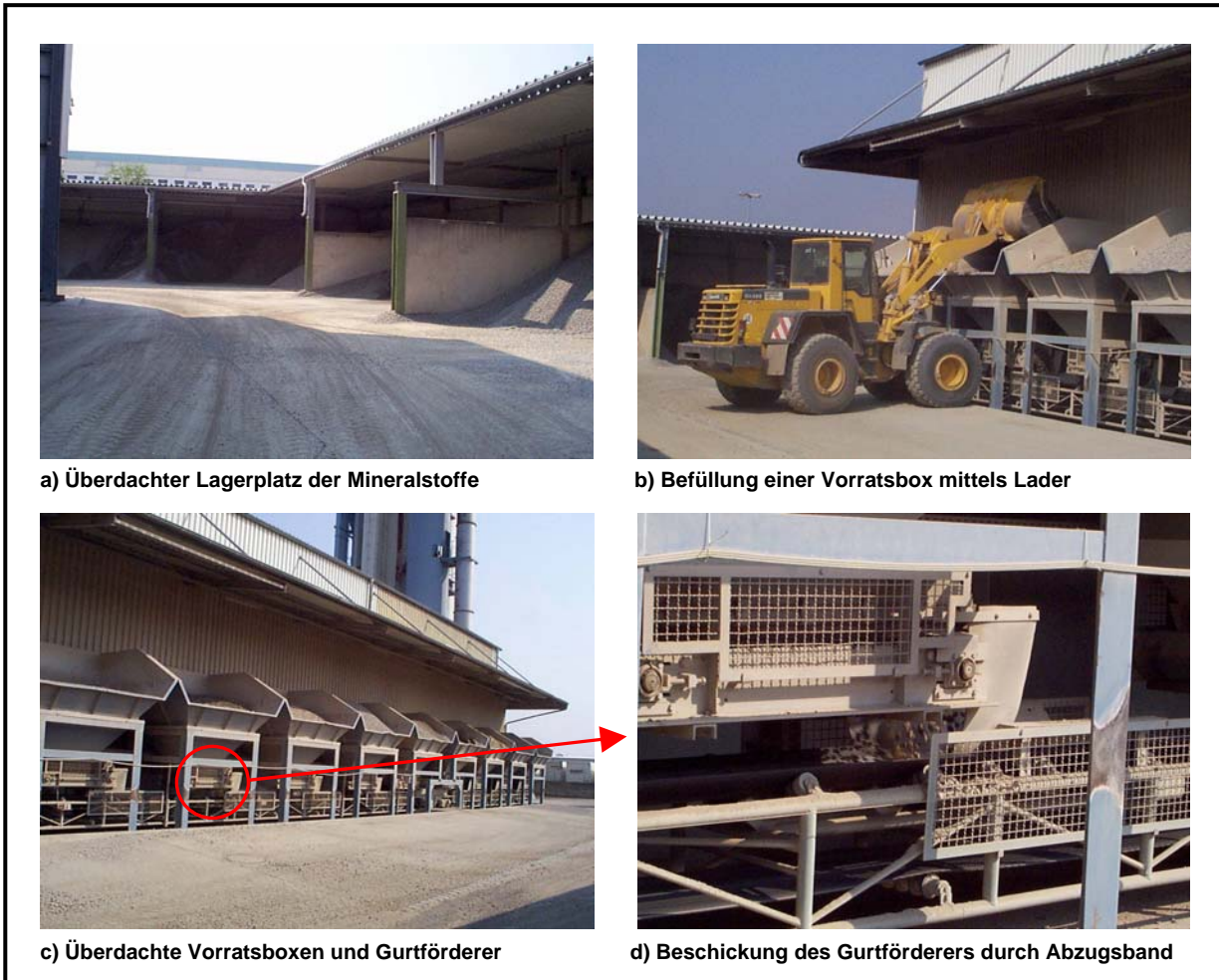
Bild 4-1: Materialfluss-Schema einer Asphaltmischanlage (aus BLUMER)

4.1.1 Mineralstoffe

Die Qualität des jeweiligen Mischguts sowie dessen Gebrauchseigenschaften hängen im Wesentlichen von der Kornzusammensetzung und dem Füller- und Bindemittelgehalt ab. Die Lagerung der Mineralstoffe sollte in überdachten Boxen (siehe Bild 4-2 a) erfolgen. Die Vorteile einer vor Wind und Regen geschützten Lagerung der Mineralstoffe sind eine geringere Schwankung des Wassergehalts, eine daraus resultierende gleichmäßigere Mineralstofftemperatur sowie eine Reduzierung der windbedingten Verluste von Feinbestandteilen. Der Transport der Mineralstoffe vom Lagerplatz zu den Vordoseuren, genauer zu deren Vorratsboxen, erfolgt überwiegend mit Radladern (siehe Bild 4-2 b). Bei der anschließenden Vordosierung (Rohstoffdosierung) werden bereits die Weichen für eine – für das jeweilige Mischgut – optimale Kornzusammensetzung gestellt. Mit Hilfe der Vordosierung können

- Überlastungen der Heißabsiebung (Siebanlage) und die daraus resultierenden Siebfehler vermieden,
- größere Schwankungen bei den Lieferkörnungen, wenn sie bekannt sind, ausgeglichen,

- während der Mischgutproduktion die Füllhöhen der Taschen konstant gehalten sowie
- die für bestimmte Mischgutsorten geforderten, der Rezeptur entsprechenden Verhältnisse Natursand/Brechsand, Schlacke/Hartgestein oder Kies/Edelsplitt eingehalten werden.



a) Überdachter Lagerplatz der Mineralstoffe

b) Befüllung einer Vorratsbox mittels Lader

c) Überdachte Vorratsboxen und Gurtförderer

d) Beschickung des Gurtförderers durch Abzugsband

Bild 4-2: a) bis d) Lager- und Fördermöglichkeiten der Mineralstoffe

Der letztgenannte Punkt, die Einhaltung der genannten Verhältnisse ist die wichtigste Aufgabe und allein durch die Vordosierung steuerbar. Als Vordoseure kommen unterschiedliche kontinuierliche Dosiergeräte zum Einsatz. Die Steuerung dieser Geräte erfolgt entweder volumetrisch (z. B. Abzugsband, Vibrationsrinnen, Stoßaufgeber, Schubbalken) oder gravimetrisch, d. h. gewichtsmäßig (z. B. Bandwaage). Die Einstellungen hängen von den Korngrößen, vom Über- und Unterkornanteil der einzelnen Lieferkörnungen und bei der gravimetrischen Dosierung auch vom Wassergehalt der Mineralstoffe ab. Da der Wassergehalt der Gesteinskörnungen, vor allem wenn diese auf Halde unter freiem Himmel gelagert werden, starken Schwankungen unterliegt, kommt eine gewichtsabhängige Steuerung wegen der damit verbundenen Dosierungsungenauigkeiten selten

(und dann meist nur als Kontrolle) zur Anwendung (STANGE). Die Bilder 4-2 c) und d) zeigen eine mögliche Anordnung überdachter Vorratsboxen mit Abzugsbändern, die einen Gurtförderer beschicken.

Die vordosierten Mineralstoffe werden über Gurtförderer der Eintrageeinrichtung der Trockentrommel zugeführt. Die Beschickung der Trommel erfolgt kontinuierlich mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Die Trocknung der Mineralstoffe erfolgt im Gegenstromprinzip (Mineralstoffstrom entgegengesetzt zum Rauch- bzw. Abgasstrom, siehe Bild 4-3).

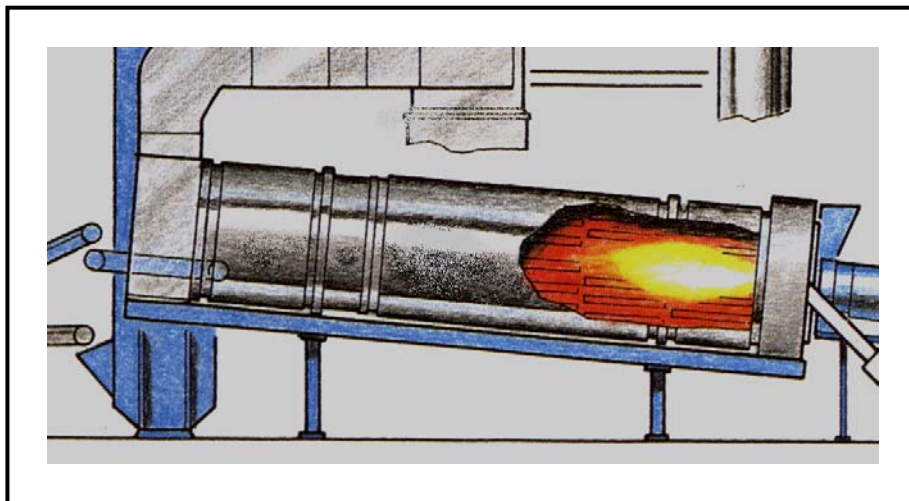


Bild 4-3: Trockentrommel (aus WIBAU)

Dabei durchlaufen die Mineralstoffe auf ihrem Weg durch die Trockentrommel nacheinander die Temperaturbereiche von 100 °C, 600 °C und 1.000 °C. Der Transport der Mineralstoffe wird durch die Längsneigung der Trommel (1,5° – 6°) und speziellen Einbauten ermöglicht (siehe Bild 4-4).

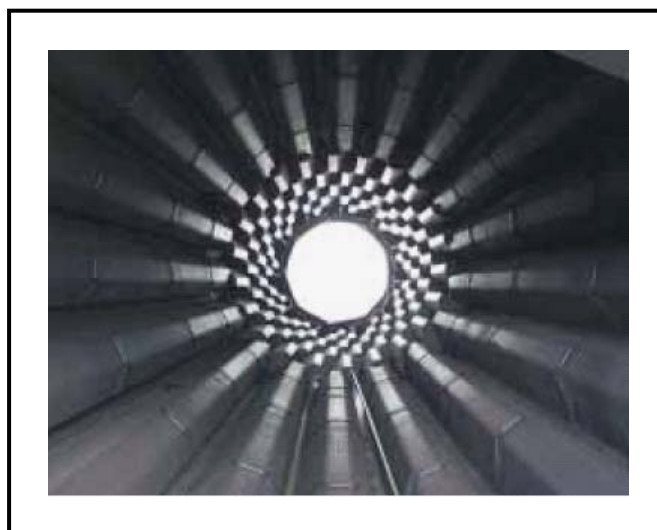


Bild 4-4: Blick in eine Trockentrommel (aus AMMANN, 2004)

Die Mineralstoffe werden an der höherliegenden Seite der Trommel gleichmäßig eingetragen. Auf der gegenüberliegenden, tieferliegenden Seite, wo die Mineralstoffe über einen Ringaustrag die Trommel verlassen, befindet sich der Brenner. Verschiedene „Werkzeuge“ im Trommelinneren unterstützen den Wärmeaustausch zwischen Rauchgas (Verbrennungsgas) und Gesteinskörnung. Die eingebauten Schaufeln sind ihrer Funktion nach unterschiedlich geformt. Am Eintrag der Mineralstoffe sind sie spiralförmig ausgebildet und werden im weiteren Verlauf durch Profilschaufeln, welche die Mineralstoffe auflockern und einen gleichmäßigen „Mineralstoffvorhang“ bilden sollen, abgelöst (ROSENTHAL). Kastenförmige Einbauten im Bereich des Brennraums, die gleichzeitig den Transport der Gesteinskörnungen zum Ringaustrag übernehmen, verhindern, dass die Flamme durch herabfallende Mineralstoffe gestört wird und die Temperatur der Trommelwand zu sehr ansteigt. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trockentrommel ist auf die Temperatur der Brennerflamme, auf die Längsneigung der Trommel, auf die Zusammensetzung und auf den Wassergehalt der Mineralstoffe sowie auf die für den Mischvorgang benötigte Temperatur abgestimmt und beträgt 6 bis 9 U/min.

Die Wärmeübertragung kann nach NOSTITZ-WALLWITZ in drei Zonen eingeteilt werden. Nachdem das Gesteinsgemisch in die Trockentrommel eingetragen und aus dem Bereich des Einlaufs weggeführt wurde, beginnt in der ersten Zone die Wärmeübertragung auf den durch die entsprechenden Einbauten geschaffenen „geschlossenen Materialschleier“. Dies erfolgt durch reine Konvektion. Die Rauchgastemperatur in diesem Bereich liegt zwischen 200 und 600 °C und erwärmt das Gestein auf ca. 80 – 100 °C. Die Abgastemperatur der anschließenden Entstaubung liegt zwischen 80 und 90 °C und darf, um die Filter der Entstaubungsanlage (s. u.) nicht zu zerstören, maximal 120 °C betragen. Außerdem sollte die Temperatur, um eine Kondensation der Rauchgase zu verhindern, 70 °C nicht unterschreiten. In der zweiten Zone wird die Wurfbarkeit immer weiter reduziert, um die Brennerflamme nicht zu stören. Die Gesteinstemperatur beträgt etwa 100 °C, die Abgastemperatur zwischen 600 und 1.000 °C. Der Wärmeübergang erfolgt hier zu etwa gleich großen Anteilen durch Wärmekonvektion und durch Wärmestrahlung der Flamme. In diesem Bereich wird der Großteil der vorhandenen Feuchtigkeit verdampft. Für die Verdampfung selbst werden ca. 50 % der Gesamtenergie benötigt. Der Wärmeübergang in der dritten Zone erfolgt überwiegend durch Strahlung. Die Flammentemperatur beträgt bis zu 1.200 °C und erhöht die Temperatur des Gesteins im Normalfall auf 250 °C – bei ho-

her Asphaltgranulatzugabe in Anlagen ohne Paralleltrommel oder Gussasphaltherstellung bis zu 350 °C.

Nach 3,5 bis 6 Minuten wird das Mineralstoffgemisch mit einer Restfeuchte von 0,5% (Sollwert) am Ende der Trockentrommel ausgetragen. Die staubhaltigen Abgase werden mittels unterdruckerzeugendem Exhaustor aus der Trockentrommel abgesaugt. Aus ihnen werden die enthaltenen Feststoffe, getrennt nach Grobstaub (durch Umlenkabscheider, siehe Bild 4-5) und Rückgewinnungsfüller (z. B. durch Taschenfilter), in der Entstaubungsanlage entfernt. Der zurückgewonnene Grobstaub (>0,09 mm) wird den Mineralstoffen am Heißelevator wieder zugegeben, der Rückgewinnungsfüller in Silos gelagert und teilweise zu einem späteren Zeitpunkt dem Herstellungsprozess wieder zugeführt.

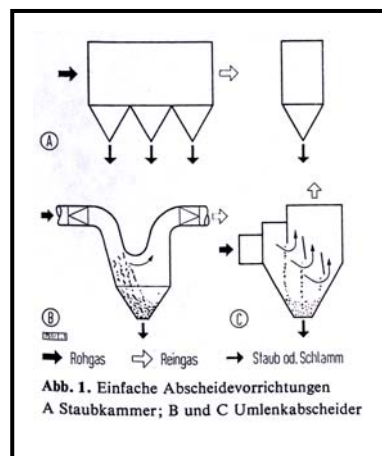


Bild 4-5: Umlenkabscheider
(aus ULLMANN)

Zur Trocknung der Mineralstoffe stehen verschiedene Brennerarten zur Verfügung. In Tabelle 4-2 werden die wichtigsten Brennertypen und deren Unterscheidungsmerkmale, unterteilt nach Energieträgern, zusammengefasst (HUTSCHENREUTHER). Um Verunreinigungen der Gesteinskörnungen durch die Verbrennung zu vermeiden, werden an alle Brenner – unabhängig vom Energieträger und Brennertyp – die gleichen Anforderungen gestellt: Der Brenner muss eine schnelle, vollständige und rückstandsfreie Verbrennung des Energieträgers gewährleisten und darf keinesfalls zu einer Verunreinigung der Mineralstoffe führen. Die im Rauchgas enthaltene Asche wird nicht gesondert abgeschieden, sondern zusammen mit dem Füller verarbeitet.

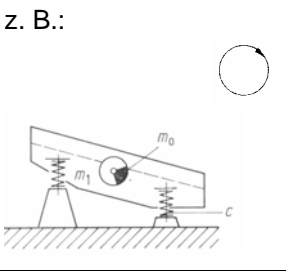
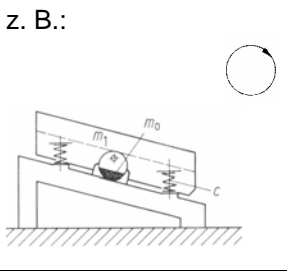
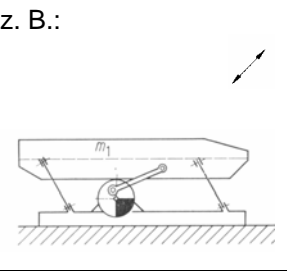
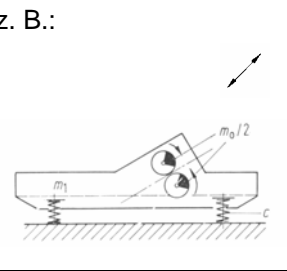
Die getrockneten Mineralstoffe werden mit dem sog. Heißelevator (wärmegeprägtes Becherwerk) über die Siebanlage oder direkt über einen Bypass (Siebumgehung) der sog.

Heißsicherung zugeführt. Die Siebumgebung sollte benutzt werden, wenn die Zusammensetzung des Mischguts allein mit den Vordoseuren so eingestellt werden kann, dass die für das jeweilige Mischgut geforderte Korngrößenverteilung innerhalb der Toleranzen des jeweils gültigen Regelwerkes liegen. Die Heißabsiebung klassifiziert die getrockneten Mineralstoffe nach den Kornklassen (Korngrößen, definiert nach idealisiertem „Korndurchmesser“ d) und nicht nach der unterschiedlichen Bruchflächigkeit der einzelnen Mineralstoffkörner innerhalb der gleichen Korngrößenklasse. In Asphaltmischanlagen kommen zwei Systeme zur Heißabsiebung der Mineralstoffe zum Einsatz: hauptsächlich Kreiswinger- oder Linearschwinger-Siebanlagen. In Tabelle 4-3 sind die unterschiedlichen Arten und deren Varianten, die für Asphaltmischanlagen von besonderer Bedeutung sind, zusammengefasst.

Tabelle 4-2: Eigenschaften verschiedener Energieträger und dazugehöriger Brennerarten (nach HUTSCHENREUTHER)

Energieträger	Bemerkung
Heizöl	- bei Luftzerstäuberbrenner: Heizöl wird mit Luftdruck (140 bar) zerstäubt. - bei Druckzerstäuberbrenner: Heizöl wird durch Eigendruck (40 bar) zerstäubt.
Erdgas	- keine besondere Aufbereitung nötig, der Brenner ist meist ein Kombinationsbrenner Gas/Öl
Flüssiggas	- Verdüsung aus flüssiger Phase heraus (etwa 10 bar) - gasförmige Verbrennung durch Einsatz einer Verdampfungsstation
Festbrennstoffe	- meistens pneumatische Brennstoffentnahme und Förderung zum Brenner - Leistungsregulierung durch volumetrisch arbeitende Dosierschleuse - evtl. Zuschaltung einer Öl-Gas-Stützflamme nötig

Tabelle 4-3: Die wichtigsten Siebanlagenarten für Heißabsiebung (Schemata aus ULLMANN)

Siebanlagen für Heißabsiebung			
kreisförmige Schwingbewegungen „Kreisschwinger“		lineare Schwingbewegungen „Linearschwinger“	
Freischwinger	Excenterschwinger	Freischwinger	Doppelunwuchtschwinger
z. B.: 	z. B.: 	z. B.: 	z. B.: 
m ₀ = Erregermasse; m ₁ = Siebmasse			

Jede Siebanlagenart hat Vor- und Nachteile, die in JUNGHÄNEL (1996) detailliert beschrieben und in Tabelle 4-4 wiedergegeben werden.

Tabelle 4-4: Vor- und Nachteile verschiedener Siebanlagen

Art/System	Vorteile	Nachteile
Kreisschwinger	<ul style="list-style-type: none"> - scharfe Korntrennung - gute Selbstreinigung - Siebbeschleunigung bis zur 4fachen Erdbeschleunigung - hohe Lebensdauer bei harmonischem, sinusförmigem Schwingungsverlauf - Bei Antriebsanordnung im Schwerpunkt der Siebanlage wird gleichmäßige Beschleunigung der Kornelemente in jedem Punkt der Anlage gewährleistet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund der Heißabsiebung sind bei Antriebsanordnung im Schwerpunkt weitere technische Maßnahmen notwendig, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • zusätzliche Kühlung der Siebanlage • spezielles Heißlagerfett - Temperaturabhängige Verschiebungen der Lager und Wellen müssen berücksichtigt werden.
Linearschwinger	<ul style="list-style-type: none"> - Anordnung der Antriebselemente nicht in Schwerpunkt und somit außerhalb der direkten Wärmeeinwirkung (Strahlung, Kontakt der Mineralstoffe) - keine zusätzliche Kühlung der Antriebselemente 	<ul style="list-style-type: none"> - Verdoppelung der Antriebe, z. B. Doppelnwucht, führt zwangsläufig zu höheren Kosten. - Bei splittigem Mineral ist die Trennschärfe und der Selbstreinigungseffekt schlechter als bei Kreisschwingern. - Um vergleichbare Trennschärfe und Reinigungseffekt wie Kreisschwinger zu erzielen, ist eine 5fache Erdbeschleunigung der Kornelemente notwendig => hohe Belastung der Anlagenteile.

Für Heißsiebanlagen werden vorzugsweise Siebböden mit Quadratmaschung verwendet, die im Gegensatz zu Lang-, Breit- oder Schlitzmaschen für jedes Siebgut nutzbar sind. Die Maschenweiten weichen von den im Straßenbau üblichen Lochweiten (Maschenweiten der Laborsiebböden) der Kornklassen nach oben ab, um nicht nur eine möglichst große Menge an Mineralstoffen in der zur Verfügung stehenden Zeit absieben zu können (siehe Tabelle 4-5), sondern bei den technischen scharfen Absiebungen liegt die präparative Trenngrenze d_{50} und die analytische Trenngrenze d_a üblicherweise unterhalb der lichten Maschenweite l . Zum besseren Verständnis werden die präparative Trenngrenze und die analytische Trenngrenze anhand des Bildes 4-6 kurz erläutert. Als präparative Trenngrenze bezeichnet man den Abszissenwert des Schnittpunktes der Verteilungsdichtekurven des Fein- und Grobguts, mit anderen Worten, die präparative Trenngrenze ist der Merkmalswert, der zu gleichen Teilen im Grob- und Feingut vorhanden ist. Im Gegensatz dazu ist die analytische Trenngrenze der Merkmalswert, bei dem Gleichheit zwischen den Fehlausträgen des Fein- und Grobguts besteht, d. h. die Fehlaustragsflächen links und rechts von d_a sind gleichgroß.

In der Praxis liegt das Verhältnis Korndurchmesser zu Maschenweite (d/l) für Quadratmaschinen zwischen 0,8 und 0,9.

Tabelle 4-5: Maschenweiten der verwendeten Siebböden

Maschenweite l [mm]	Korndurchmesser d [mm]	Kornklasse [mm]	d/l [-]
3,15	2	0/2	0,63
6,3	5	2/5	0,794
9 oder 10,0 (je nach Werk)	8	5/8	0,889 oder 0,800
12,5	11	8/11	0,880
18,0 oder 19 (je nach Werk)	16	11/16	0,889 oder 0,842
26,5 (nicht in allen Werken)	22	16/22	0,830
35	32	22/32	0,914

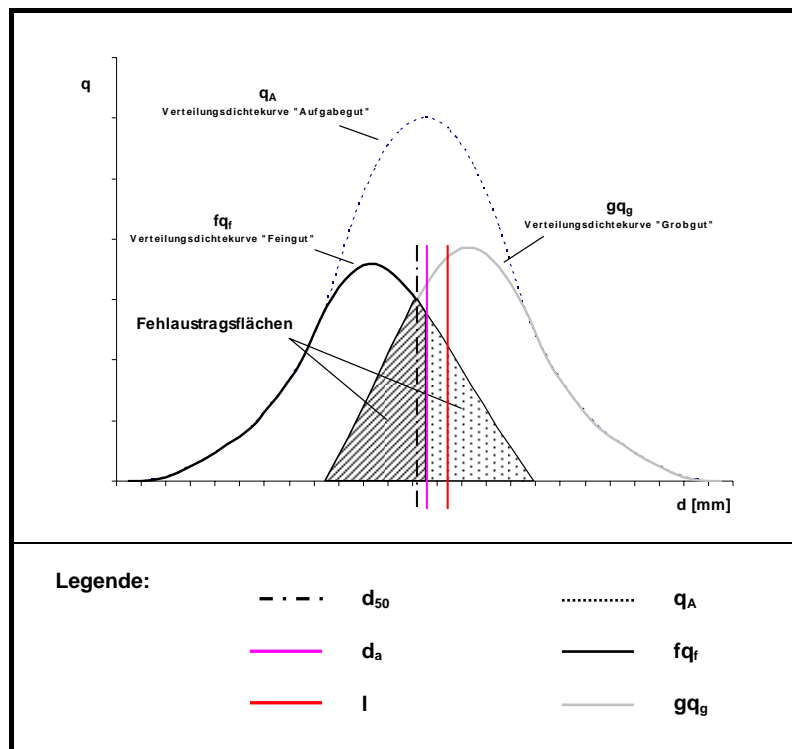


Bild 4-6: Verteilungsdichtekurven und Fehlaustragsflächen

Die Größe der Maschenweite l ist vom Neigungswinkel des Siebbodens (β), vom Abwurfinkel (α), von der Frequenz (f), Amplitude (a) und Schwingbewegung (Kreis- oder Linearbewegung) abhängig (siehe Bild 4-7). Vorausgesetzt die einzelnen Mineralstoffkomponenten werden nach den Vorgaben der Rezeptur richtig eingewogen, ist die Qualität der Heißabsiebung für die optimale Kornzusammensetzung des Mischgutes entscheidend.

Die Schichthöhe des Siebgutes über den Sieben beeinflusst im Wesentlichen die Siebgüte. Die Güte der Absiebung wird, unter der Voraussetzung einer technisch einwandfreien Siebanlage, v. a. von

- der Aufgabemenge des Siebgutes pro Zeiteinheit („Schütthöhe“),
 - der Frequenz und der Amplitude der Schwingbewegung,
 - der Neigung der Siebböden,
 - der Ausbildung der Siebböden,
 - der Größe der Siebfläche im Verhältnis zur Aufgabemenge sowie
 - den Eigenschaften der abzusiebenden Mineralstoffe
- beeinflusst.

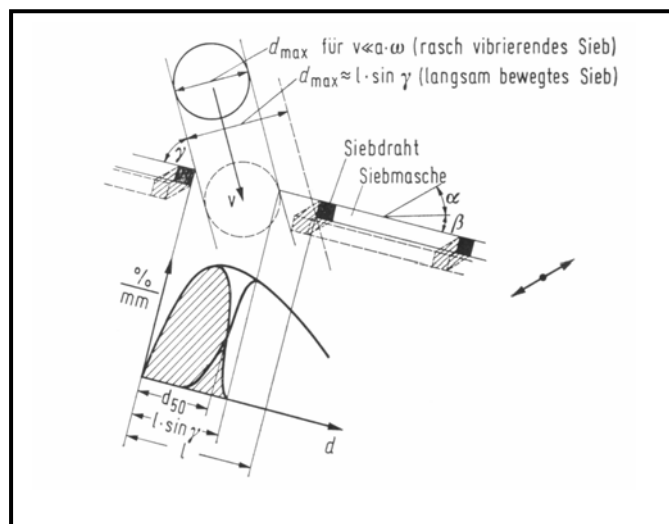


Bild 4-7: Zusammenhang zwischen Frequenz, Amplitude, Bahnbewegung und Maschenweite (aus ULLMANN)

Das Siebgut sollte der Anlage kontinuierlich zugeführt werden. Dabei sollte die Schichthöhe in der Aufgabezone der einzelnen Siebbeläge das drei- bis fünffache der Maschenweite der entsprechenden Siebbespannung nicht überschreiten. Je größer die Siebfläche ist und je schneller sich das Siebgut aufgrund des dynamischen Verhaltens der Siebmaschine über die gesamte Fläche verteilen kann, desto geringer wird die Schütthöhe. Mit abnehmender Schütthöhe steigt auch die Siebgüte. Bei zu hoher Schicht über dem Siebdeck ist die Bewegungsfreiheit der Kornelemente so begrenzt, dass gar nicht alle Körner den Siebboden erreichen und somit der eigentliche Siebprozess „Vergleich Korngröße/Maschenweite“ nicht in jedem Fall erfolgt. Das Ergebnis ist eine unzureichende Siebgüte.

Andererseits sollte die Schütthöhe nicht zu gering sein, da durch eine starke Beaufschlagung die Siebböden eher von sog. Klemmkörnern (Korngröße $0,8 < d/l \leq 1$) befreit werden und die Absiebung durch die mechanischen Impulse der groben Körner unterstützt wird.

Da die Korngrößenverteilung der meisten Mischgutsorten einen großen Anteil der Gesteinskörnung Sand aufweist und Sand somit zur Herstellung in großen Mengen benötigt wird, muss bei der Absiebung der Mineralstoffe v. a. eine Überlastung des Siebbodens der Maschenweite 3,15 mm verhindert werden. Die maßgebende Größe für die Dimensionierung neuer Siebanlagen ist somit die abzusiebende Sandmenge. Bei bestehenden Anlagen sollte, wenn möglich, die Steuerung eine Überlastung des o. g. Siebbodens ausschließen.

Das prozentuale Verhältnis zwischen durchgesiebttem und absiebbarem Gut in der Aufgabemenge bezeichnet man als „Siebgütegrad“ (JUNGHÄNEL, 1996). Er ist definiert als der Quotient aus der Masse einer Kornklasse, die durch die Siebung erhalten wurde (Siebdurchgang) und der tatsächlichen Masse der entsprechenden Körnung im Aufgabegut.

$$n_G = \frac{D_n}{A_n} * 100 \quad \text{(Gleichung 4-1)}$$

Dabei bedeuten:

n_G	Siebgütegrad [%]
D_n	durchgesiebttes, durch die Siebung abgetrenntes Gut [t]
A_n	in der Aufgabemenge enthaltenes, absiebbares Gut [t]

Nach JUNGHÄNEL (1996) liegt der Siebgütegrad in Asphaltmischanlagen im Mittel zwischen 85 % und 96 %.

Nach Trocknung und Heißabsiebung werden die Mineralstoffe nach Korngruppen getrennt in sog. Taschen (Heißsilierungs- oder Mineraltaschen) zwischengelagert. Damit die Mineralstoffe nicht abkühlen, sind diese Taschen wärme gedämmt. Die Zwischenlagerung

ermöglicht eine kontinuierliche Trocknung der Mineralstoffe sowie eine gleich bleibende Auslastung der Siebanlage. Eine Überlastung der Siebmaschine kann somit verhindert werden, wenn die gegenseitige Bemessungsabstimmung der Anlagenkomponenten korrekt geplant und ausgeführt wurde. Die Mischgutaufbereitung kann unabhängig von der anschließenden Verwiegung und dem Mischprozess erfolgen. Sollte im laufenden Betrieb der Anlage eine Störung auftreten, dienen die Taschen als Puffer.

Jede Tasche ist am trichterförmig ausgebildeten Boden (Auslauf) mit einem Verschluss (Klappe), der zur Dosierung benötigt wird, ausgestattet. Die Verwiegung der Mineralstoffe erfolgt über trichterartige Behälter, die meist auf drei Wägezellen gelagert sind. Die Wägezellen können als Druck- oder Zugmessdosen ausgeführt sein.

4.1.2 Bitumen

Das Bitumen wird in beheizten, stehenden oder liegenden Zylindertanks mit einem Fassungsvermögen von 26 t bis weit über 100 t gelagert (siehe Bild 4-8). Der Transport des



Bild 4-8: Lagerung von Bitumen in stehenden und liegenden Zylindertanks

Bindemittels erfolgt grundsätzlich durch Pumpen. Zum Erreichen der Pumpfähigkeit benötigt das Bitumen je nach seiner Härte eine Temperatur, die deutlich über der Außentemperatur liegt. Die Lagertemperatur des Bitumens soll ca. 160 °C betragen. Zur Temperierung stehen zwei verschiedene Heizsysteme zur Verfügung: Thermalöl und elektrische Beheizung. Die Vor- und Nachteile des jeweiligen Systems sind in Tabelle 4-6 zusammengefasst. Die Leistung des Heizsystems sollte so groß sein, dass im Notfall bzw. nach

der Winterpause das Aufheizen des Bitumens auf die Lagertemperatur in einer angemessenen Zeitspanne möglich ist. Es wird angestrebt den Füllstand am Ende des Produktionsjahres soweit wie möglich zu senken, damit nach der Winterpause möglichst viel neues, heißes Bitumen eingefüllt werden kann und somit der Energiebedarf für das Aufheizen auf ein Minimum reduziert wird.

Tabelle 4-6: Heizsysteme für Bitumentanks (nach HUTSCHENREUTHER)

Heizsystem	Vorteile	Nachteile
<i>Thermalöl</i>	<ul style="list-style-type: none"> - preiswerte Energieerzeugung - kaum Leistungsbegrenzung - kein Überhitzen über eingestellte Temperatur möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - max. Lagertemperatur 180 °C - hohe Investitions- u. Installationskosten - jährliche Druckproben - jährliche Thermalöluntersuchung - bei unsachgemäßem Betrieb – Ver-crackungsneigung beim Bitumen - DIN 4754 kommt zur Anwendung.¹
<i>Elektrische Beheizung</i>	<ul style="list-style-type: none"> - guter Wirkungsgrad in allen Leistungsbereichen - geringere Betriebskosten als bei Thermalölheizung - sehr gleichmäßige Erwärmung - sehr gute Regelung und Kontrolle - DIN 4754 kommt nicht zur Anwendung.¹ - theoretisch alle benötigten Lagerungstemperaturen realisierbar 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Energiekosten bei Vollaufheizung - Leistung durch Stromanschlussmöglichkeiten begrenzt - Standort ist abhängig von der Stromversorgung

Bei der Bindemitteldosierung werden folgende zwei Arten unterschieden:

- Die *volumetrische Dosierung* wird über ein Zählwerk gesteuert. Nach Erreichen der vorher eingestellten Menge wird der Zufluss unterbrochen. Die in der Rezeptur in Kilogramm angegebene Bindemittelmenge muss über die temperaturabhängige Bindemitteldichte in Liter umgerechnet werden (HUTSCHENREUTHER). Eine Untersuchung der üblichen Umrechnungspraxis hat ergeben, dass hier erhebliche Ist-Abweichungen des Bindemittelgehalts auftreten können (HOPPE). Als Grund sind die Differenzen zwischen den anerkannten Tabellen und den tatsächlich festgestellten Dichten der Bitumensorten verschiedener Lieferanten zu nennen.

¹ DIN 4754: „Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern, sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung“.

- Die heute übliche *gravimetrische*, d. h. gewichtsmäßige *Dosierung* erfolgt über eine beheizbare Waage. Eine Umrechnung ist nicht erforderlich und Umrechnungsungenauigkeiten sind somit ausgeschlossen.

Bei der gravimetrischen Dosierung werden drei Arten der Entleerung der Waage unterschieden: die Entleerung der Bindemittelwaage über Pumpen mit/ohne Pumpensumpf oder über Bodenentleerung durch Schwerkraft. Das flüssige Bitumen wird bei der volumetrischen Dosierung direkt und bei der gravimetrischen nach Verwiegung über Einspritzdüsen den verwogenen, im Mischer befindlichen Mineralstoffen zugeführt. Auf das Einspritzen des Bindemittels wird jedoch meistens verzichtet, da der Mischprozess ausreicht, um das Bindemittel gleichmäßig zu verteilen und die Mineralstoffe mit Bitumen zu umhüllen.

4.1.3 Füller

Unter Füller versteht man das Gesteinsmehl $< 0,09$ mm ohne Überkorn. Bei der Lieferkörnung „Füller“ kann ein Überkornanteil vorhanden sein. Gemäß *TL Min* wird nach Eigenfüller, Fremdfüller und Rückgewinnungsfüller unterschieden.

Eigenfüller

Als Eigenfüller wird der in einer Gesteinskörnung (insbesondere in der Sandkörnung) enthaltene Füller bezeichnet.

Fremdfüller

Fremdfüller ist der gezielt hergestellte oder bei der Herstellung von Gesteinskörnungen anfallende Füller.

Rückgewinnungsfüller

Füller, der bei der Trocknung der Mineralstoffe bzw. bei der Entstaubung des Rauchgases zurück gewonnen wird. Den bei der Entstaubung des Rauchgases anfallenden „Eigenfüller“ der getrockneten Gesteinskörnungen nennt man Rückgewinnungsfüller.

Folgende stoffliche Eigenschaften sind von Bedeutung:

Durch die Zugabe von Füller wird die Steifigkeit des bituminösen Mörtels erhöht. Das Füller-Bitumen-Verhältnis, bei dem der Erweichungspunkt Ring und Kugel im Gegensatz zum reinen Bitumen 20 °C höher ist, wird als Stabilisierungsindex bezeichnet und gilt als Maßstab für die versteifende Wirkung des Füllers.

Die Füller werden getrennt nach Rückgewinnungs- (Eigen-) und Fremdfüller in Silos gelagert. Die Lagerung kann in mehreren tiefgestellten Einzelsilos oder in einem Siloturm (siehe Bild 4-9) erfolgen.



Bild 4-9: Füllerlagerung in tiefgestellten Einzelsilos oder Füllersiloturm

Der Füller wird durch Schnecken gefördert. Die Rückgewinnungs- (Eigen-) und Fremdfüller werden mit Hilfe einer Füllerwaage separat verwogen, um das Verhältnis von Eigen- zu Fremdfüller konstant zu halten. Ein konstantes Verhältnis sowie eine genaue Verwiegung sind sehr wichtig, da sich beide Füllerarten bzgl. Bindemittelbedarf und versteifender Wirkung unterschiedlich verhalten. Der Grund liegt in den unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der einzelnen Füllerarten. Beispielsweise geht Kalksteinmehl, im Gegensatz zu Quarzmehl, aufgrund einer größeren Anzahl von Kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} und Fe^{2+}) eine festere Verbindung mit dem Bitumen ein. Außerdem ist bei Kalkstein die kapillare Aufnahme von Bitumen größer als bei Quarzgestein (FELLER). Die wesentliche Aufgabe des bituminösen Mörtels, ein Gemisch aus Bitumen und Füller, besteht darin, die groben Gesteinskörnungen miteinander zu verkleben und die Hohlräume des Korngerüsts im Asphalt zu füllen.

Nach der Verwiegung wird der Füller als letzte Baustoffkomponente dem Mischprozess zugegeben. Der Füller wird dem Mischer zugegeben. Eine falsche Reihenfolge kann zu Inhomogenität im Mischgut führen (siehe Ziffer 4.1.7).

4.1.4 Zusätze

Dem Mischgut werden je nach Sorte und Anforderung verschiedene Zusätze, wie stabilisierende Cellulosefasern, frosthemmendes Granulat, Farbpigmente, Polymere, organische oder mineralische Zusatzstoffe, beigemischt.

Stabilisierende Zusätze

Aufgrund der geringen spezifischen Oberfläche des Mineralstoffgemischs bei Splittmastixasphalt (Ausfallkörnung) sind stabilisierende Zusätze, die als Bindemittelträger dienen, notwendig. Diese Zusätze sollen das Abfließen des Bitumens von den Mineralstoffen und das Entmischen des Mischguts beim Herstellen, Lagern, Transportieren und Einbauen verhindern (DAV, 2000).

Frosthemmendes Granulat, Farbpigmente, temperaturreduzierende Zusätze

Die Zugabe dieser Zusätze erfolgt nur dann, wenn an das Mischgut oder an die eingebaute Schicht bestimmte Anforderungen gestellt oder besondere Eigenschaften gefordert werden.

Die Zusätze werden je nach Lieferform (lose, in „Big Bags“ oder Paketform) und Art (fest oder flüssig) unterschiedlich gelagert. Mögliche Fördereinrichtungen sind Förderventilatoren, Pumpen und Förderschnecken. Die Dosierung erfolgt mittels Zellenrad (siehe Bild 4-10), Waage oder dergleichen.

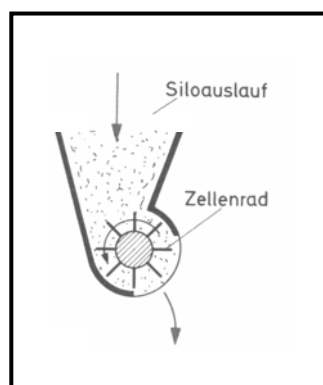


Bild 4-10: Zellenradschleuse
(aus HEMMING)

4.1.5 Asphaltgranulat

Asphalt ist wegen seiner thermoplastischen Eigenschaften für die Wiederverwertung besonders geeignet. Der Ausbauasphalt, Oberbegriff für Fräsasphalt und Aufbruchasphalt (siehe Bild 4-11), sollte vorrangig auf „höchster Wertschöpfungsstufe“, d. h. zur Produktion eines möglichst hochwertigen (gleichwertigen) Baustoffgemischs, verwendet werden. Im Weiteren wird der Begriff „Recyclingmaterial“ (abgekürzt „RC-Material“) verwendet. Unter „Recyclingmaterial“ wird Asphaltgranulat verstanden.

Das Bindemittel ist ein wesentliches Kriterium für die Art der Wiederverwertung. Bei teerhaltigem Bindemittel sind, im Gegensatz zu Bitumen, meist nur Wiederverwendungen geringer Wertschöpfungsstufen möglich. Für teerhaltige Ausbaustoffe kommen derzeit nur Kaltbauweisen in Frage, wobei diese Bindemittel so umhüllt werden, dass die Schadstoffe nicht mehr mobilisiert, z. B. eluiert, d. h. ausgewaschen, werden können. Für die Herstellung von Mischgutsorten mit Recyclingmaterial (RC-Material) kommt folglich nur Asphaltgranulat mit bituminösem, pech(teer)freiem Bindemittel zum Einsatz. Die Zugabemöglichkeiten von Asphaltgranulat zum Asphaltmischgut und dessen Wertschöpfungsstufen sind in Tabelle 4-7 zusammengefasst. Die Zugabe des Recyclingmaterials in den Mischprozess kann in verschiedenen Varianten erfolgen. In den Bildern 4-1 und 4-12 sind die von der Art der Erwärmung abhängigen Zugabevarianten dargestellt.

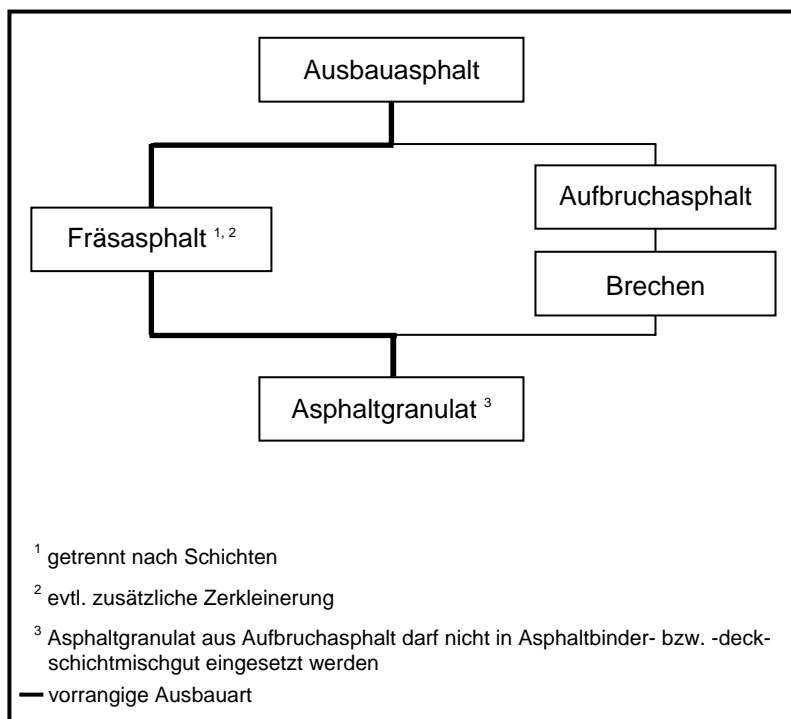


Bild 4-11: Ausbauasphalt

Tabelle 4-7: Zugabemöglichkeit von Asphaltgranulat zu Asphaltmischgut (aus M VAG)

Asphaltgranulat aus	Zugabemöglichkeit zu Mischgut für					
	Gussasphalt	Walzasphalt-deckschicht	Asphaltbinder-schicht	Asphalttrag-schicht	Asphalttrag-deck-schicht	Asphaltfundations-schicht
Gussasphalt	++	○	○	○	○	○
Walzasphaltdeckschicht	-	++ ¹⁾	++	+	+	+
Deck- ²⁾ und Binderschicht	-	-	++	+	+	+
Binderschicht	-	-	++	+	+	+
Trag- oder Tragdeckschicht	-	-	-	++	○	+
Foundationsschicht	-	-	-	○	-	++

++ vorrangig (höchste Wertschöpfungsstufe)
 + möglich, aber ohne volle Ausnutzung der technischen Eigenschaften und der Wirtschaftlichkeit
 ○ bedingt möglich nach besonderer Prüfung
 - nicht möglich
 1) in der Regel nur für Asphaltbetonmischgut
 2) kein Gussasphalt

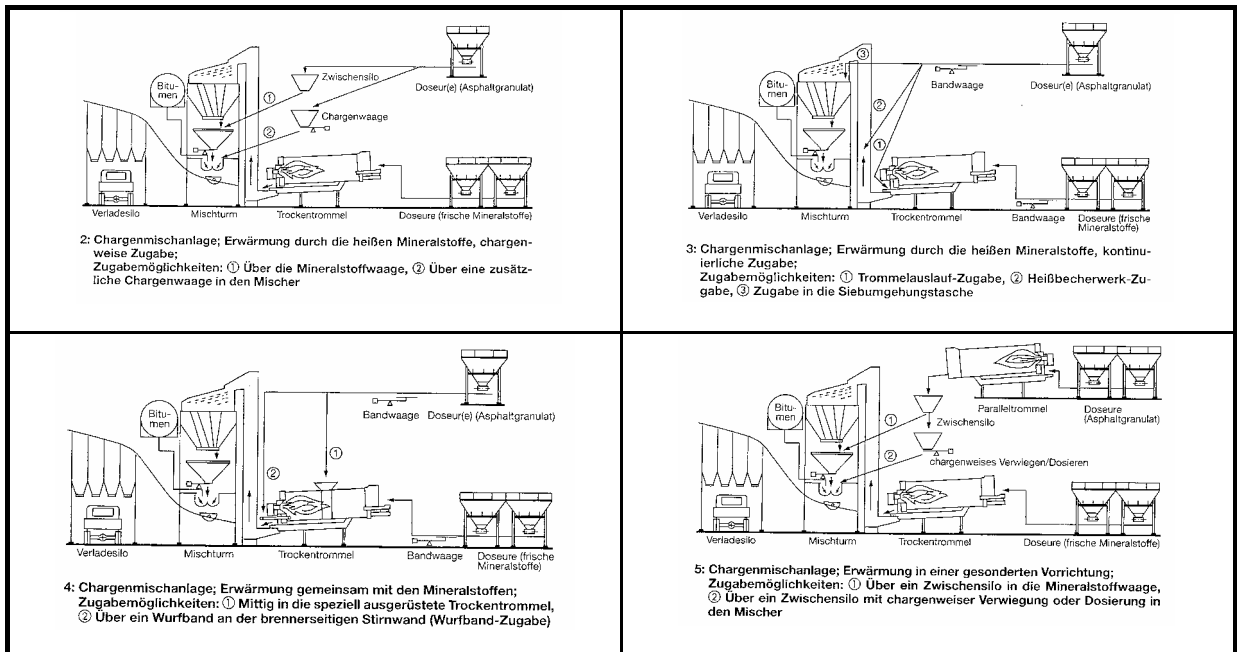


Bild 4-12: Möglichkeiten der Asphaltgranulatzugabe (aus M VAG)

Nach *M VAG* kann die Erwärmung des Asphaltgranulats theoretisch auf drei Arten erfolgen:

- durch die heißen Mineralstoffe („indirekte Erwärmung“, chargenweise oder kontinuierliche Zugabe),
- gemeinsam mit den Mineralstoffen in einer speziell ausgerüsteten Trockentrommel (kontinuierliche Zugabe) oder
- in einer gesonderten Vorrichtung, der sog. „Paralleltrommel“ (chargenweise Zugabe).

Die früher vorgenommene Unterscheidung zwischen „Kalt-“ und „Heißzugabe“ ist nicht bei allen derzeit angewandten Verfahren der Asphaltwiederverwendung in Mischanlagen eindeutig zu treffen (*M VAG*).

In fast allen Asphaltmischanlagen ist die Erwärmung des Asphaltgranulats durch die heißen Mineralstoffe möglich.

Erfolgt die Zugabe des Asphaltgranulats kontinuierlich in den Mineralstoffstrom (Heißbecherwerk-Zugabe, Trommelauslauf-Zugabe, Zugabe über Siebumgehungstasche = Bypass), so wird die Zugabemenge über eine Bandwaage ermittelt. Bei diesem Verfahren erfolgt die Vordosierung des nach Korngrößen getrennt gelagerten Asphaltgranulats beispielsweise mittels Abzugsband. Im Gegensatz dazu wird das Asphaltgranulat bei einer Zugabe über die Mineralstoffwaage oder über eine zusätzliche Waage chargenweise verwogen.

Ein Nachteil der Kaltzugabe ist, dass die Erwärmung des Asphaltgranulats durch die heißen Mineralstoffe überwiegend im Mischer und in Abhängigkeit von der Zugabeart in der Mineralstoffwaage erfolgt. Der Wasserdampf, der aufgrund des feuchten Asphaltgranulats schlagartig entsteht, muss über spezielle Vorrichtungen (Absaugvorrichtungen, Überdruckklappen) v. a. aus der Mineralstoffwaage und aus dem Mischer abgeführt werden. Das Absaugen des Wasserdampfes, der auch Staub und feinste Bitumentropfen enthält, ist besonders wichtig, da sein Niederschlag an Zugabeschürren, Bypassstaschen, Siebanlage usw. zu Verkrustungen führt, die nur mit großem Aufwand wieder entfernt werden können.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen kontinuierlicher und chargenweiser Zugabe besteht darin, dass die neu zugegebenen Mineralstoffe bei kontinuierlicher Zugabe nicht abgesiebt werden können.

Um die vorgegebene Mischguttemperatur zu erreichen, müssen die Mineralstofftemperaturen je nach Menge und Wassergehalt des Asphaltgranulats erhöht werden. Das neue Bitumen wird erst in den Mischer gegeben, nachdem die neuen Mineralstoffe mit dem Asphaltgranulat vorgemischt worden sind, um eine Verhärtung des neuen Bindemittels zu verhindern.

Die beiden anderen Verfahren der Recyclingzugabe, Erwärmung zusammen mit den Mineralstoffen oder in einer gesonderten Vorrichtung (z. B. Paralleltrommel), haben den Vorteil, dass die im Asphaltgranulat vorhandene Feuchtigkeit überwiegend schon vor dem Mischprozess und nicht erst beim Verwiegen und beim Mischen durch die heißen Mineralstoffe verdampft wird. Bei der Erwärmung des Asphaltgranulats in einer Paralleltrommel können somit auch größere Anteile an Asphaltgranulat zugegeben werden.

Ein weiterer Effekt dieses Verfahrens ist die Homogenisierung des Granulats. Die Vordosierung des Asphaltgranulats erfolgt, wie bei den Mineralstoffen, mit Hilfe eines Abzugsbandes. Über Gurtförderer erreicht das Asphaltgranulat vor dem eigentlichen Mischprozess die im Gleichstromprinzip durchlaufende Paralleltrommel, die sich besonders für temperaturempfindliche Güter, wie Asphaltgranulat, eignet. Anschließend wird das bis zu ca. 150 °C erwärmte Asphaltgranulat im Silo gelagert und chargenweise mit einer separaten Waage oder zusammen mit den Mineralstoffen in der Mineralstoffwaage verwogen.

Ähnlich wie in der Trockentrommel für Mineralstoffe sorgen spezielle Werkzeuge in der Anfangszone der Paralleltrommel dafür, dass das Granulat an der Wandung der Trommel anliegt und zur Endzone hin ein gleichmäßiger Materialschleier gebildet wird. Um eine Oxidation oder thermische Zersetzung bzw. Schädigung (z. B. Versprödung) des Bitumens zu verhindern, wird der Sauerstoffgehalt minimiert und die Temperatur der Verbrennungsgase auf maximal 600 °C begrenzt (STEVIN).

Die maximale Höhe der Zugabemenge des Asphaltgranulats ist in länderspezifischen Vorschriften geregelt. Beispielsweise ist in Bayern in den „Zusätzlichen Technischen Ver-

tragsbedingungen für die Verwertung von Asphaltgranulat im Straßenbau in Bayern“ (ZTV VAG By02) die Höchstgrenze folgendermaßen festgelegt:

Die zulässige Zugabemenge in M.-% ist die aus

- verfahrensbedingter maximaler Zugabemenge,
 - Mengengrenzung durch Erweichungspunkt RuK sowie
 - Begrenzung durch die Gleichmäßigkeit des Asphaltgranulats
- resultierende niedrigste Zugabemenge.

In Tabelle 4-8 sind die verfahrensbedingten maximalen Zugabemengen zusammengestellt. Die Begrenzung durch Erweichungspunkt RuK wird gemäß Abschnitt 4.2.5 des Merkblatts für Eignungsprüfungen an Asphalt als EP_{Rech} ermittelt. Die maximal mögliche Zugabemenge aufgrund der Gleichmäßigkeit des Granulats erfolgt nach M VAG Anhang 1.

Tabelle 4-8: Verfahrensbedingte maximale Zugabemengen (aus ZTV VAG By02)

Mischanlagentyp	maximale Zugabemenge [M.-%] ¹	
	Erwärmung	
	1 durch die heißen bzw. gemeinsam mit den Gesteinskörnungen	2 in gesonderter Vorrichtung
Chargenmischanlagen C	30 (AB, ABi, TDS)	50 (AB, ABi, TDS)
	40 (ATS, AFS-H)	80 (ATS)
		100 (AFS-H)
Durchlaufmischanlagen D	50 (ATS, AFS-H)	80 (ATS)
	Anm.: nur gemeinsam mit den Gesteinskörnungen	100 (AFS-H)

AB Asphaltbetondeckschicht TDS Tragdeckschicht
 ABi Asphaltbinder AFS-H Asphaltfundationsschicht im Heißeinbau
 ATS Asphalttragschicht

¹ Die Asphaltmischanlagen müssen für die Zugabemengen immissionsschutzrechtlich genehmigt sein.

4.1.6 Mischer

Zum Mischen des Mischguts stehen verschiedene Anlagentypen (Mischertypen) in Kombination mit unterschiedlichen Mischverfahren (Betriebsweisen) zur Verfügung. Neben der Unterscheidung nach den Mischertypen Freifall- und Zwangsmischer werden nach dem Mischbetrieb ein kontinuierliches und ein diskontinuierliches Verfahren unterschied-

den. Während im diskontinuierlichen Betrieb überwiegend Doppelwellen-Zwangsmischer (siehe Bild 4-13) eingesetzt werden, können im kontinuierlichen Mischbetrieb sowohl Freifall- als auch Zwangsmischer genutzt werden. In Europa überwiegt der diskontinuierliche Mischprozess und somit der Doppelwellen-Zwangsmischer.



Bild 4-13: Mischer (aus AMMANN, 2003)

Die Aufgabe des Mixers liegt darin, die einzelnen Baustoffkomponenten der Asphaltmischung möglichst homogen zu durchmischen. Hauptaufgabe ist die gleichmäßige Verteilung des Bitumens, so dass ausnahmslos jedes einzelne Mineralstoffkorn vollständig von einem Bindemittelfilm umhüllt ist; denn Bindemittel-Fehlstellen wären in der fertig eingebauten Asphaltenschicht klassische „Keimstellen“ für Schadensprozesse.

Die Mischerleistung wird im Wesentlichen von folgenden Größen beeinflusst:

- Mischervolumen,
- Taktzeit (= Füllzeit des Mixers + Mischzeit + Entleerungszeit),
- Mischgutsorte,
- Füllermenge,
- Eigenschaften der Mineralstoffe,
- Drehzahl des Rührwerks,
- Anzahl der Mischarme.

Die Auslastung des stets ununterbrochen laufenden Mixers sollte während der Produktion zwischen 80 und 90 % des vom Anlagenhersteller vorgegebenen maximalen Nutzinhalts (Mischerkapazität) betragen. Um eine gute Durchmischung des Mischguts zu erreichen darf eine minimale Füllung des Mixers, deren Größe von Mischer zu Mischer variiert, nicht unterschritten werden.

4.1.7 Steuerung (Softwareeinsatz)

Die Steuerungen der Asphaltmischanlagen sind herstellerabhängig und unterscheiden sich teilweise wesentlich. Denkbar sind Kombinationen aus älteren Steuerpulten und Rechnerunterstützung (Teilautomatisierung) bis hin zu vollautomatisierter Steuerung. Es werden hier nur die wichtigsten Zusammenhänge einer teil- bzw. vollautomatisierten Steuerung, die in allen Steuerungen grundsätzlich wiederkehren, erläutert.

Steuerungsparameter sind jene variablen, frei einstellbaren Größen des Mischprozesses, die letztlich einen bestimmungsgemäßen (also den vom Anlagenhersteller vorgesehenen optimalen) Betrieb ermöglichen und eine qualitativ hochwertige Mischgutherstellung gewährleisten. Diese Parameter müssen vorab in der Steuerung der Mischanlage vom Mischmeister festgelegt werden. Grob lassen sich die Parameter in zwei Gruppen einteilen: Eine Gruppe beinhaltet alle „rezepturunabhängigen“ Parameter, die zur Überwachung und Kontrolle des bestimmungsgemäßen Betriebs, z. B. zum Prüfen maximaler Zeitspannen, maximaler Gewichtsabweichungen oder Parameter zur Brennerregelung dienen. Eine weitere Gruppe bilden die „rezepturabhängigen“ Parameter. Der Mischmeister kann theoretisch alle Steuerungsparameter verändern.

Zunächst zu den wichtigsten **rezepturunabhängigen Parametern**, also den allgemeinen Einstellungen, die einen optimalen, bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage gewährleisten sollen.

Befüllzeit

Hierbei handelt es sich um die maximal zulässige Zeitdauer, die für die Verwiegung einer Stoffkomponente zum Erreichen des Sollgewichts zur Verfügung gestellt wird. Wird die Befüllzeit, z. B. wegen einer nicht schließenden Klappe oder einer leeren Mineralstofftasche, überschritten, so bekommt der Mischmeister eine entsprechende Fehlermeldung auf dem Bildschirm angezeigt.

Entleerzeit

Mit der Entleerzeit wird die maximale Zeitspanne vorgegeben, innerhalb der die eingewogenen Baustoffe in den Mischer abgelassen werden und das Leergewicht (Tara) erreicht werden muss. Wird die Zeit überschritten, so erfolgt eine Fehlermeldung. Tara bedeutet hier Wägebühler-eigengewicht plus Gewicht evtl. an ihm festgebakener Reststoffe aus

vorhergehenden Wägeprozessen, so dass man besser von „aktueller Tara“ sprechen sollte. Die „aktuelle Tara“ der Waage wird durch die Steuerung nach jeder Einstellung neu ermittelt, da es immer wieder vorkommt, dass vereinzelt Reststoffe festbacken, was zu einer Fehleinwaage führen kann. Dabei darf ein vorgegebenes maximales Leergewicht der Waage nicht überschritten werden. Ein plötzliches Lösen dieser Reststoffe, das zu einer falschen Mischgutzusammensetzung führen kann, wird durch die Steuerung weder erkannt noch ausgeglichen.

Beruhigungszeit

Die zur Beruhigung der Waage, die aufgrund der Materialauf- oder -abgabe in Schwingung gerät, zur Verfügung gestellte Zeitspanne heißt Beruhigungszeit. Die Steuerung übernimmt das Istgewicht der Einwaage erst nach Ablauf der vorgegebenen Beruhigungszeit. Die in der Praxis eingestellte Beruhigungszeit reicht meist nicht für eine vollständige Beruhigung der Waage aus.

Korrektur- und Maximalabweichung

Die möglichen Istwerte der tatsächlichen Einwaage liegen zwischen der Korrekturabweichung (untere Grenze) und der Maximalabweichung (obere Grenze). Einwaagen unterhalb der Korrekturabweichung führen zu einer automatischen Nachverwiegung, die Überschreitung der Maximalabweichung zu einer Fehlermeldung. In der Steuerung der Anlage kann definiert werden, ob ein Verwiegefehler einen Produktionsstopp auslöst oder die Anlage automatisch weiterläuft.

Minimale und maximale Füllung des Mischers

In der Steuerung muss die minimale und maximale Füllung des Mischers angegeben werden, die sich nach der Größe des Mischers (je nach Mischanlage unterschiedlich) richtet. Die Untergrenze, die in der Regel über 500 kg liegt, ist notwendig, um eine gute Durchmischung des Asphaltmischguts zu erreichen. Die Größenangabe des maximalen Mischervolumens wird zur Berechnung der im Normalfall von der Steuerungs-Software verwendeten Chargengröße („maximale Chargengröße“) benötigt.

Volumetrische Bindemitteldosierung

Erfolgt die Dosierung des Bindemittels volumetrisch, z. B. über einen Ringkolbenzähler, so ist die temperaturabhängige Bindemitteldichte zu berücksichtigen. Die Menge wird mit

Hilfe von Impulsen des Ringkolbenzählers und der gemessenen Temperatur (Dichtekorrektur) ermittelt. Zur Kontrolle der volumetrischen Bindemitteldosierung stehen Überwachungszeiten, wie Beruhigungszeit und Eindüszeit (vgl. Entleerzeit) zur Verfügung.

Brennerregelung

Die Temperatur der Mineralstoffe beeinflusst im Wesentlichen die spätere Einbau- und Verdichtungstemperatur. Für diese Untersuchung ist die Temperatur von untergeordneter Bedeutung, da die Mischguttemperaturen nur bzgl. der maximal zulässigen Herstellungstemperatur überprüft werden können und keinen Rückschluss auf die tatsächliche Einbau- und Verdichtungstemperatur zulassen.

Aus diesem Grund wird auf eine ausführliche Beschreibung der Brennerregelung verzichtet. Es werden lediglich die wichtigsten Einflussgrößen aufgezählt:

- Durchlaufzeit der Mineralstoffe bzw. des Asphaltgranulats,
- vorgegebene Endtemperatur der Mineralstoffe bzw. des Asphaltgranulats,
- maximale Rauchgastemperatur (wegen Brandgefahr der Filtertücher in der Entstaubungsanlage bei zu hohen Temperaturen),
- minimale Rauchgastemperatur (zur Kondensationsvermeidung bei zu geringen Temperaturen).

Chargengröße

Die Chargengröße bezieht sich auf die maximale Größe der Charge und wird in Prozentanteilen der maximalen Mischerfüllung angegeben. In der Praxis beträgt die Obergrenze meist 80 bis 90 % des vom Anlagenhersteller angegebenen maximalen Nutzinhalts des Mixers. Eine Aufgabe der Steuerungs-Software ist es, bei einer Gesamtproduktionsmenge einer Mischgutsorte (z. B. für ein Baulos) die Zerlegung in die einzelnen Chargen zu ermitteln. Die Steuerung berechnet die benötigte Chargenanzahl. Dabei wird der überwiegende Teil der notwendigen Mischungen mit der größtmöglichen Chargengröße produziert und nur bei der oder den letzten Chargen die noch herzustellende Restmischgutmenge so aufgeteilt, dass die Minimalfüllung nicht unterschritten wird.

Eine weitere Gruppe sind die **rezepturabhängigen Parameter**.

Bei diesen Parametern handelt es sich um spezielle Parameter, deren Einstellwerte teilweise durch eine Eignungsprüfung ermittelt werden müssen. Zusätzlich zu den Rezeptur-

namen und einer ausführlichen Beschreibung der Rezeptur sind weitere Parameter festzulegen. Im Folgenden werden die wichtigsten für die Mischgutrezeptur notwendigen Eingaben beschrieben.

Nachmischzeit

Die Nachmischzeit ist die Zeitspanne, in welcher der Mischer, nachdem die Abgabe aller Komponenten in den Mischer abgeschlossen ist, weiterarbeitet. Es handelt sich um die Zeitspanne zwischen dem Abschluss der Abgabe der Baustoffkomponenten in den Mischer und dem Beginn der Entleerung des Mixers, also im Grunde die „eigentliche“ Mischzeit, während der sich alle Komponenten im Mischer befinden. Die Homogenität des Mischguts ist im Wesentlichen von der eingestellten Nachmischzeit abhängig. Die Dauer kann vom Mischmeister in der Rezeptur oder während des Betriebes geändert werden.

Entleerungszeit für Mischer und Verladekübel

Hierbei handelt es sich um die Zeit, in der die Klappe des Mixers bzw. des Verladekübels voll geöffnet sein soll. Wie die Nachmischzeit kann die Entleerungszeit während des Betriebes jederzeit geändert werden.

Zusammenstellung der Korngruppen

Eine der wichtigsten Angaben in der Rezeptur ist die Mineralstoffzusammensetzung des gewünschten Mischguts aus den einzelnen Korngruppen, die in den Mineraltaschen gelagert werden. Wichtig ist hier v. a., dass in den Taschen auch tatsächlich die richtigen Korngruppen vorliegen. Die erforderliche Zusammensetzung wird durch Eignungsprüfung und Laboranalysen ermittelt und kann während des Betriebes mittelfristig aufgrund der Ergebnisse der vorgeschriebenen Eigenüberwachungsprüfungen optimiert werden. Des Weiteren ist zu definieren, ob das Mischgut mit oder ohne Siebumgehung hergestellt werden soll. Bei der Herstellungsvariante mit Siebumgehung ist die Korngrößenverteilung v. a. von der richtigen Einstellung der Vordoseure (s. u.) abhängig. Die Reihenfolge der Einwaage der Mineralstoffkomponenten wird ausschließlich in der eingestellten Rezeptur festgelegt.

Füller

Wie bei der Zusammensetzung der Korngruppen wird in der Rezeptur der Anteil des Füllers angegeben. Außerdem werden Entleerungszeitpunkte sowie Entleerungsverzögerungen der Füllerklappen angegeben.

Reihenfolge der Entleerung

Mit Hilfe der Entleerungsverzögerung wird die richtige Reihenfolge der Abgabe der Baustoffkomponenten gewährleistet. Die Entleerungsverzögerung regelt die Komponentenreihenfolge, die wiederum zusammen mit einer ausreichenden Nachmischzeit die Homogenität des Mischguts beeinflusst. Eine falsche Reihenfolge bei der Zugabe der Komponenten kann zu Inhomogenität im Mischgut oder zu Qualitätsverlusten führen. Würde z. B. bei Mischgutsorten mit Asphaltgranulat erst das neue Bitumen und anschließend das Granulat zugeführt, so würde das neue Bindemittel aufgrund der im Vergleich zu den Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat höheren Mineralstofftemperaturen überhitzt und somit dauerhaft geschädigt. Eine falsche Reihenfolge kann auch zur Inhomogenität im Mischgut und schlechten Umhüllung der Mineralstoffe führen; würde z. B. die Füllierzugabe vor der Bindemittelzugabe erfolgen, so würde dies zur Klumpenbildung, also Inhomogenität im Mischgut und zu einer schlechten Umhüllung der Mineralstoffe führen. All dies sind Mängel, die auch durch eine Verlängerung der Nachmischzeit nicht gänzlich ausgeglichen werden können. Der Mischmeister kann u. a. die Entleerungsverzögerung jederzeit, auch während des Betriebs, ändern.

Bindemittel

Hier werden die Sortenbezeichnung, die Wahl des Bitumentanks sowie die Menge bzw. der Anteil des Bindemittels gemäß Rezeptur vorgegeben.

Asphaltgranulat

Die Festlegung der Parameter für die Asphaltgranulatzugabe hängt von der Art der Zugabe ab. Wird das Asphaltgranulat im kalten Zustand zugegeben und nur durch die Mineralstoffe erwärmt, so ist die Mineralstofftemperatur, unabhängig vom Ort der Zugabe (im Mischer oder am Heißelevator), zu erhöhen. Wird das Asphaltgranulat in einer Paralleltrommel erwärmt, so sind in der Steuerung verschiedene Parameter wie Zugabemengen der Paralleltrommel, Temperatur des Asphaltgranulats am Trommelauslauf zu definieren.

Mineralstofftemperatur

Sofern die Brennerregelung nicht unabhängig von der Steuerung erfolgt, kann in der Rezeptur die gewünschte Trockentrommelauslauftemperatur angegeben werden.

Einstellung der Vordoseure

Im Allgemeinen muss jeder Vordoseur in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Stoffkomponenten eingestellt werden. Hierbei sind Daten und Werte bzgl. Mischgutsorte, Bezeichnung der Komponente, Doseurnummer, minimale und maximale Doseurleistung, Doseursteuerung sowie Toleranzen, z. B. Zeitüberwachung, Grenzwertüberwachung, anzugeben. Die Einstellung der Vordoseure erfolgt mit Hilfe von sog. Kennlinien. Das sind Diagramme, in denen der Zusammenhang zwischen der Regelungsspannung für den Abzugsbandantrieb [V] und der Abzugsleistung [t/h] für jede Mineralstoffkörnung/-art dargestellt sind. Die materialabhängigen Kennlinien werden im praktischen Versuch ermittelt. Je nach Automatisierungsgrad können auch weitere Einstellungen notwendig sein.

Die Steuerung ermöglicht eine Produktvorwahl und das Führen einer Auftragsliste, die durch den Mischmeister einzugeben ist. Sofern vom Mischmeister gewünscht, arbeitet die Steuerung die Auftragsliste automatisch nacheinander ab. Tritt während des Betriebs eine Fehlermeldung auf, so können im Allgemeinen drei verschiedene Stufen („Schweregrade“) unterschieden werden. Bei der ersten Stufe handelt es sich um Meldungen, die auf eine Störung im Betrieb – lediglich als Information – hinweisen. Der Mischmeister *kann*, unabhängig davon, ob er Gegenmaßnahmen einleitet oder nicht, den Hinweis akzeptieren, d. h. zur Kenntnis nehmen. Fehlermeldungen der Stufe zwei enthalten zusätzlich eine Aufforderung an den Mischmeister Gegenmaßnahmen einzuleiten, da sich die Anlage nicht im bestimmungsgemäßen Betrieb befindet; diese Fehlermeldungen *müssen* akzeptiert werden. Eine automatische Abschaltung der Anlage erfolgt nicht. Eine Abschaltung der Anlage erfolgt jedoch bei Meldungen der Stufe drei, da in diesem Fall bei weiterem Betrieb die Anlage bzw. Anlagenteile beschädigt würden, z. B. bei Anstieg der Rauchgastemperatur auf über 120 °C bestünde die Gefahr, dass die Filtertücher der Rauchgasentstaubung abbrennen. Primäres Ziel der automatischen Abschaltung ist es, gravierende Störungen im Betrieb oder die Zerstörung einzelner Anlagenteile zu vermeiden, nicht jedoch einer eventuellen Verschlechterung der Qualität der Mischgutzusammensetzung vorzubeugen.

Je nach Steuerungsprogramm werden die Fehlermeldungen mit Zeitangaben nachprüfbar in sog. Meldeprotokollen bzw. Fehlerlisten gespeichert und stehen somit jederzeit für eine Auswertung zur Verfügung. Außerdem können je nach Hersteller aus den gespeicherten Prozessdaten verschiedene standardisierte Protokolle, z. B. Chargenprotokoll, Trendgrafiken, Statistiken, erstellt und ausgedruckt werden.

Bei vollautomatisierten Mischanlagen können weitere Einstellungen notwendig sein. Bei diesen Anlagen werden alle gewonnenen Daten überprüft, ausgewertet und nach einer komplexen Steuerungslogik zur selbständigen Optimierung des Mischanlagenbetriebes verwendet. Mögliche Verknüpfungen und Auswertungen sind z. B.

- Kopplung Vordosierung – Füllhöhen in den Taschen,
- Brennerregelung in Abhängigkeit der Eintragsmenge, die wiederum von der Vordoseursteuerung abhängt,
- Nachkalkulation aller weiteren Mineralstoffkomponenten aufgrund der Einwaage der Sandkörnung bzw. der Mineralstoffeinwaage mit dem größten Anteil (bei der Bindemitteldosierung wird dies bereits durchgeführt),
- Massenstromüberprüfung.

Unabhängig von dem Ergebnis, inwieweit die durch eine vollautomatische Steuerung gewonnenen Daten die Grundlage für die Qualitätssicherung bieten, ist zu prüfen, ob diese Steuerungen, die einen bestimmungsgemäßen Betrieb garantieren sollen, zu einer wesentlichen Verbesserung der Mischgutqualität führen.

4.2 Besonderheiten der einzelnen Anlagen

Nach der allgemeinen Beschreibung der wichtigsten maschinentechnischen Anlagenkomponenten werden im Folgenden die Besonderheiten und wesentlichen Unterschiede der in die Untersuchung einbezogenen Asphaltmischanlagen beschrieben. Weitere technische Details der einzelnen Werke können der Anlage I 1 entnommen werden.

Lagerung und Vordosierung der Mineralstoffe

Die Lagerung der Mineralstoffe erfolgt in den Werken 01, 02 und 04 auf Halden unter freiem Himmel. Im Werk 03 werden die Mineralstoffe in überdachten Boxen deponiert. Beim Werk 06 entfällt die Mineralstofflagerung, da die nicht überdachten Vorratsbehälter der Vordoseure direkt vom benachbarten Mineralstofflieferanten mittels Förderband beschickt

werden. Eine Lagerung der Mineralstoffe beim Lieferanten entfällt, da dieser die notwendigen Mengen nach dem aktuellen Bedarf herstellt.

Die kontinuierliche Dosierung der einzelnen Korngruppen erfolgt in allen in die Untersuchung einbezogenen Asphaltmischanlagen volumetrisch über ein Abzugsband unter den Vorratsbehältern der Vordoseure. Die Menge einer Kornfraktion wird über die Geschwindigkeit des Abzugsbandes bei gegebener Größe der Auslauföffnung gesteuert.

Da in den Werken ausschließlich gebrochene Mineralstoffe eingesetzt werden, kann das erforderliche Verhältnis Natursand/Brechsand in jedem Fall als eingehalten gelten.

Trockentrommel und Brennertyp

Alle in diese Untersuchung einbezogenen Mischanlagen haben den unter Ziffer 4.1 beschriebenen Aufbau der Trockentrommel und den entsprechenden Trocknungsvorgang. Der Neigungswinkel der Trockentrommel variiert von Anlage zu Anlage zwischen $2,0^\circ$ im Werk 06 und $3,5^\circ$ im Werk 02 und 04. Die Befeuerung der Trockentrommel erfolgt ausschließlich mit Öl/Gas- oder Öl/Kohlestaubbrenner. Als Energieträger wird überwiegend Gas eingesetzt.

Heißabsiebung

In allen Anlagen kommen Linearschwinger mit geneigten Siebböden zum Einsatz. Die Absiebung erfolgt jeweils 6fach mit 10 Siebböden unterschiedlicher Maschenweiten (siehe Bild 4-14). Die Amplitude beträgt bei allen Anlagen 6,3 mm und die Frequenz ca. 20 Hz. Weder Amplitude noch Frequenz sind veränderbar, beide Kenngrößen sind fest eingestellt.

Bindemittel

Für die Heißlagerung des Bitumens dienen je Werk drei bis vier stehende oder liegende Zylindertanks mit einem Tankvolumen von 50.000 bis 60.000 l. Die heute übliche gravimetrische Bindemitteldosierung kommt bei allen untersuchten Anlagen zur Anwendung. Die Austragung erfolgt in den Werken 01 bis 04 über Bodenentleerung mittels Pumpe, im Werk 06 über Bodenentleerung mittels Schwerkraft und in keinem Werk über Abpumpen mittels einer zweiten Pumpe (Saugpumpe) aus Waagen mit Pumpensumpf. Das flüssige

Bitumen wird nach der Verwiegung über ein großes Fallrohr oder über Pumpen den verwogenen, sich inzwischen im Mischer befindlichen Mineralstoffen zugegeben. Die evtl. bei Anlagenerrichtung/-inbetriebnahme vorhandenen Einspritzdüsen wurden inzwischen in allen Werken abmontiert.

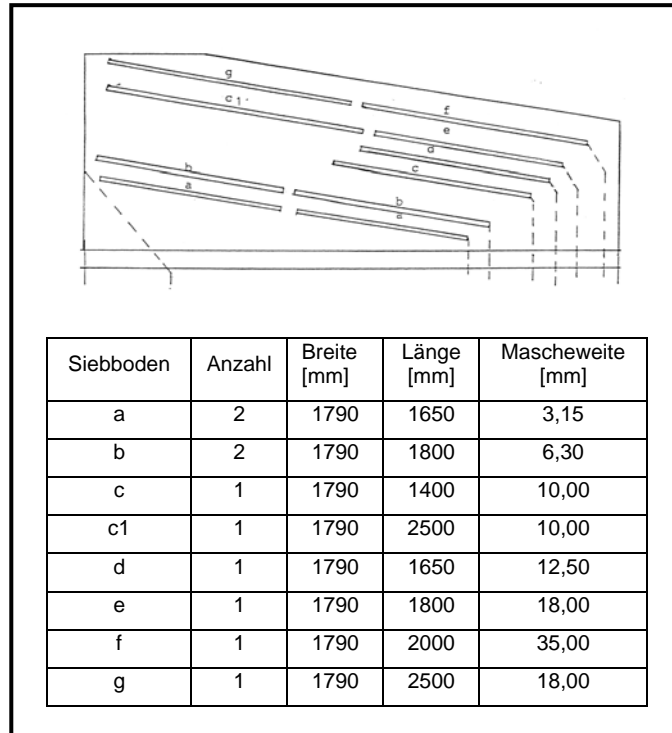


Bild 4-14: Schema einer 6fachen Absiebung mit 10 Siebböden

Asphaltgranulat

In Tabelle 4-9 sind die für die Untersuchung hergestellten Mischgutsorten mit dem jeweiligen Asphaltgranulatanteil aufgelistet. Standardmäßig werden bei den untersuchten Anlagen die vorgehaltenen Asphaltgranulatgrößen 0/8 mm und 0/22 mm verarbeitet. Der Ausbauasphalt wird überwiegend an der Asphaltmischanlage mit einer mobilen Brecheranlage gebrochen, abgesiebt und anschließend wettergeschützt gelagert.

Tabelle 4-9: Anteile an Asphaltgranulat [M.-%]

Mischgutsorte	Werk				
	01	02	03	04	06
AB 0/8 mit Asphaltgranulat	25	15 25	15	30 35 40	15 25 30
ATS 0/32 CS	50	50	25	60	35 40

Die Werke 01, 02 und 04 sind mit einer Paralleltrommel ausgerüstet und können deswegen einen höheren Anteil an Asphaltgranulat zumischen (vgl. Ziffer 4.1.5). Die Erwärmung des Asphaltgranulats durch die heißen Mineralstoffe ist in allen Werken möglich. Die Verwiegung des Asphaltgranulats erfolgt in den Werken ohne Paralleltrommel über eine Bandwaage und in den Werken mit Paralleltrommel über eine Asphaltgranulatwaage. Die Zugabe erfolgt in beiden Fällen über Zugabeschurre direkt in den Mischer.

Mischer

Für die Untersuchung wurden Anlagen mit Zwangsmischern und einem tatsächlichen Nutzinhalt von 2.700 bis 3.000 kg ausgewählt. Aus mischtechnischen Gründen ist der Nutzinhalt des Mixers auch nach unten begrenzt (siehe Ziffer 4.1.6). Die technischen Daten der einzelnen Mischer wie minimaler und maximaler Nutzinhalt, Mischer- und Antriebsleistung sind in der Anlage I 1 zusammengefasst.

4.3 Anlagenbetrieb

Wie bereits oben beschrieben, dient die Heißsilierung als „Pufferspeicher“ für die, nach Kornklassen differenzierten, abgesiebten Mineralstoffe. Aufgrund dieses Pufferspeichers können die Lagerung, die Trocknung, die Heißabsiebung der Mineralstoffe und der Verwiege-/Mischprozess weitgehend unabhängig voneinander betrieben werden. Im Weiteren wird zwischen der Bereitstellung und evtl. notwendigen Aufbereitungen der Komponenten (Phase 1) und Wiege- und Mischprozess (Phase 2) unterschieden.

Tabelle 4-10: Anlagenbetrieb

Anlagenbetrieb	
Phase 1: Aufbereitung Bereitstellung und/oder Aufbereitung der Komponenten	Phase 2: Wiege-/Mischprozess Verwiegen und Mischen der Baustoffkomponenten und Lagerung des fertigen Mischguts

Beide Phasen werden wiederum in zwei Teilphasen, *ohne* oder *mit* Siebumgehung (Phase 1a, 2a bzw. 1b, 2b), aufgeteilt. Bei der Zugabe von Asphaltgranulat wird nur die Möglichkeit „Zugabe im Mischer“ betrachtet. Andere Möglichkeiten, wie „Zugabe am Heißelevator“ (siehe Bild 4-1) oder „Gemeinsame Verwiegung mit den ungebrauchten Mineralstoffen“, die in den untersuchten Anlagen nicht zu Anwendung kommen, werden nicht erläutert.

4.3.1 Anlagenbetrieb ohne Siebumgehung

Bereitstellung und evtl. notwendige Aufbereitung der Komponenten (Phase 1a)

Vordosierung der Mineralstoffe

Die Vordosierung kann theoretisch so eingestellt werden, dass der Entmischungstendenz in der Anlaufphase und während der Entleerung der Trockentrommel entgegengewirkt wird. Die stattfindende Entmischung von Fein- und Grobgut in der Trockentrommel beruht auf mechanischen Gegebenheiten und wird durch das Gegenstromprinzip des Trocknungsprozesses (vgl. Ziffer 4.1) verstärkt. Die Vordosierung wird zweckmäßigerweise so gesteuert, dass die Beschickung des Gurtförderers mit der kleinsten Korngröße beginnt und anschließend zeitversetzt die größeren Korngruppen zugegeben werden. Beim Abschalten der Vordosierung sollte dies in umgekehrter Reihenfolge erfolgen. In der Praxis wird dies meist nicht berücksichtigt.

Welche Korngruppen vordosiert werden, ist von der Kornzusammensetzung der Mischgutsorte abhängig. Die Mengenanteile der verschiedenen Korngrößen, die u. a. von der gewählten Mischgutsorte sowie auch von den Unter- und Überkornanteilen der Korngruppen abhängen, werden über die Geschwindigkeit des Abzugsbandes und die Größe der Auslauföffnung von der Steuerung der Anlage reguliert. Die Einstellungen der Vordoseure können durch den Mischmeister jederzeit verändert werden. Falsch eingestellte Vordoseure führen nicht automatisch zu falscher Kornzusammensetzung des Mischguts, da die Heißabsiebung die falsche Vordosierung unter der Voraussetzung, dass die Siebanlage nicht überlastet wird und alle für die Mischgutsorte notwendigen Korngrößen im Mineralstoffstrom vorhanden sind, korrigiert. Unter der Bedingung, dass sich die Zusammensetzung der Lieferkörnungen nicht ändert, dass also jede Vordoseurbeschickung in sich homogen ist, kann ein instationärer Füllhöhenstand in einer einzelnen Mineralstofftasche als Indikator für einen falsch eingestellten Vordoseurabzug gewertet werden, d. h. die Füllhöhenstände verändern sich von Charge zu Charge entsprechend den Fehleinstellungen der Vordoseurabzugbänder.

Trocknung der Mineralstoffe

Die Trocknung der Mineralstoffe erfolgt automatisch, lediglich die Größe des Stoffstroms (Mineralstoffstroms) und die Endtemperatur der Mineralstoffe werden vom Mischmeister

variiert. Die Neigung der Trockentrommel ist durch die Steuerung nicht bzw. in einzelnen Werken nicht mehr veränderbar. Die vorgegebene, rezepturabhängige Temperatur die in der Anlagensteuerung hinterlegt ist, wird nach Bedarf verändert. Beispielsweise stellt der Mischmeister üblicherweise eine höhere Brennerleistung ein, um die Temperatur der Mineralstoffe etwas zu erhöhen, wenn das Mischgut für den Handeinbau bestimmt ist. Mischgut, das für den Einbau mit Fertiger bestimmt ist, wird im Gegensatz dazu mit den in der Rezeptur vorgegebenen Temperaturen hergestellt. Die gemäß *ZTV Asphalt* minimalen und maximalen Misch- sowie Verarbeitungstemperaturen müssen jedoch immer eingehalten werden.

Aufbereitung und Lagerung der Mineralstoffe (Heißabsiebung, Heißsilierung)

Die Trennschärfequalität der Absiebung hat, v. a. bei Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat, einen wesentlichen Einfluss auf die Korngrößenverteilung des fertigen Mischguts. Der Einfluss der Zusammensetzung der ungebrauchten Mineralstoffe nimmt mit steigender Asphaltgranulatzugabemenge ab. Die Neigung der Siebe wird beim Aufbau der Anlage vorgegeben und kann durch die Steuerung nicht verändert werden. Außerdem werden weitere Grundeinstellungen, wie Frequenz, Amplitude usw., vor Inbetriebnahme auf das Siebgut abgestimmt um eine optimale Trennschärfe zu erreichen. Der ordnungsgemäße Zustand der Siebböden wird in der Regel nur in den Wintermonaten überprüft. Kleinere während der Betriebssaison auftretende Schäden an den Siebböden, die zu Fehlabsiebungen in geringem Umfang führen, werden normalerweise nicht erkannt. In diesem Fall wird der Mischmeister unbewusst über eine Veränderung der Parameter versuchen gegenzusteuern. Im Gegensatz dazu führen größere Siebbödenschäden, bei sonst bestimmungsgemäßigem Betrieb, zu einer Instationärität der Taschenfüllhöhen, die auch mit Hilfe der Steuerung nicht bereinigt werden können.

Aufbereitung des Asphaltgranulats

Verfügt die Mischanlage über eine Paralleltrommel, so wird das Asphaltgranulat vor der Zugabe in den Mischer erwärmt (vgl. Ziffer 4.1.5). Die beiden Parameter, Solltemperatur des Asphaltgranulats und Zugabemenge, sind in der Rezeptur hinterlegt und können durch den Mischmeister jederzeit verändert werden. Ob sich durch eine Erhöhung der Asphaltgranulatzugabemenge die Qualität des Mischguts verändert, ist im Wesentlichen von der Homogenität des zugegebenen Asphaltgranulats abhängig.

Weitere Komponenten

Die anderen Komponenten, wie Bitumen, Zusatzstoffe und Fremdfüller, können dem Mischprozess ohne Aufbereitung zugegeben werden.

Wiege- und Mischprozess (Phase 2a)

Verwiegung und Zugabe der einzelnen Komponenten in den Mischer

Die „Steuerungstoleranzen“ werden nicht für jede Mischgutsorte neu eingestellt oder in der Rezeptur hinterlegt, sondern sind in der Steuerung als Grundparameter fixiert. Die in der Praxis üblichen Toleranzen liegen zwischen 3 und 5 %.

Die in der Steuerung hinterlegten maximalen Toleranzen, die theoretisch für jede Rezeptur vorgegeben werden könnten, sind ausschlaggebend für die richtige Zusammensetzung des Mischguts. Die Möglichkeit die Grundparameter des Wiege- und Mischprozesses zu variieren, besteht immer. Sie werden in der Praxis jedoch nur in Ausnahmefällen verändert.

Mineralstoffe

Die Reihenfolge der Mineralstoffeinwaagen beginnt meist mit der Korngruppe mit dem größten Gewichtsanteil. Jede Korngruppe wird einzeln verwogen. Die Dosierung kann in Grob- und Feindosierung unterteilt werden. Bei der Grobdosierung bleibt der Verschluss (Klappe) bis zum Erreichen des sog. Vorhaltegewichts ganz geöffnet. Das Vorhaltegewicht ist von der einzuwiegenden Menge abhängig und wird für jede Mischgutsorte durch den Mischmeister festgelegt. Die Vorgaben werden in der Rezeptur und somit in der Steuerung der Anlage gespeichert. Ist das Vorhaltegewicht erreicht, wird die Verschlussöffnung reduziert und die Feindosierung beginnt. Die Öffnungsweite für die Feindosierung ist von der Korngröße und den Korneigenschaften (rund/gebrosen/spießig) abhängig. Die Einstellungen der Feindosierung (Öffnungsweite) werden ebenso wie die der Grobdosierung in der Steuerung hinterlegt. Es ist auch eine einfachere Dosiertechnik möglich, die nicht zwischen Grob- und Feindosierung unterscheidet. In diesem Fall stehen insgesamt nur zwei Klappenstellungen zur Auswahl: „Klappe ganz geöffnet“ oder „Klappe geschlossen“.

In beiden Fällen kann die sog. Freifallkomponente zur Freifallkompensation der Steuerung eingestellt werden. Unter der Freifallkomponente versteht man die Masse der Mate-

rialsäule zwischen Klappe und Mineralstoffwaage, die zum Zeitpunkt „Klappe geschlossen“ vorhanden ist. Die Freifallkompensation berücksichtigt, dass die Freifallkomponente zum o. g. Zeitpunkt noch nicht verwogen ist und noch nach der Klappenschließung auf die Waage fällt. Die Größe der Freifallkomponente ist v. a. von der Füllhöhe der Mineralstofftasche abhängig. Die Steuerung berücksichtigt diese Freifallkomponente, d. h. die Klappe muss etwas früher, vor Erreichen des Sollgewichts, geschlossen werden. Die richtige Einstellung der Freifallkompensation wird normalerweise empirisch abgeschätzt oder bei vollautomatischer Anlagensteuerung automatisch ermittelt. In diesem Fall kann die Genauigkeit der Einwaage der Mineralstoffkomponente optimiert werden, indem aus dem vorangegangenen Wägeprozess die Größe der Freifallkomponente ermittelt und bei der folgenden Verwiegung berücksichtigt wird.

Da die Waage infolge der Beschickung schwingt, sollte zwischen den Wägevorgängen der einzelnen Mineralstoffkomponenten die Waage im Interesse einer genauen Wägung immer zum Stillstand kommen. Die hierfür zur Verfügung gestellte Zeit wird wie erläutert als „Beruhigungszeit“ bezeichnet und kann vom Mischmeister verändert werden. In der Praxis wird aber nicht durch Beobachtung der Waage deren vollständiger Stillstand abgewartet, sondern eine betriebswirtschaftlich optimale Beruhigungszeit vorgegeben. Die Beruhigungszeit, die in der Praxis eine Sekunde beträgt, wird in der Steuerung rezepturabhängig hinterlegt. Erst nach Ablauf dieser Zeit lässt die Steuerung die Verwiegung der nächsten Komponente zu. Aufgrund der Schwingungen und Vibrationen der Wägezellenaufhängung und der gesamten Konstruktion kommt die Waage theoretisch erst nach einer unendlichen Zeit, praktisch nach einer sehr langen Zeitspanne zum vollkommenen Stillstand, was sich bei alten Anlagen an der sich ständig ändernden digitalen Anzeige der Steuerung erkennen lässt. Bei neuen Mischanlagen werden diese Schwingungen durch ein Filtermodul in der Steuerung unterdrückt und nicht angezeigt. Für die vorliegende Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die aufgrund der Einwaage erzeugten Schwingungen innerhalb der Beruhigungszeit soweit abklingen, dass die verbleibenden Fehleinwägungen vernachlässigbar gering bleiben.

Der gesamte Wägevorgang ist so zu optimieren, dass in kürzester Zeit alle eingewogenen Korngruppen – mit Ausnahme des Füllers, da dieser erst im Mischer zugegeben wird – die genauestmögliche („rezepturgetreueste“) Korngrößenverteilung ergeben. Eine – theoretisch mögliche – manuelle Nachdosierung der einzelnen Korngruppen durch den

Mischmeister erfolgt nur in Ausnahmefällen, z. B. wenn eine Mineraltasche aufgrund Unachtsamkeit des Mischmeisters „leergefahren“ worden ist und diese gefüllt werden muss, um die Nachdosierung durchführen zu können.

Bitumen, Füller und Zusätze

Für die Verwiegung des Bitumens, des Füllers und der Zusätze stehen separate Wägevorrichtungen zur Verfügung. Die Dosierung aller Komponenten erfolgt parallel (vgl. Bild 5-1). Theoretisch ist eine Nachdosierung aller Komponenten möglich. Die möglichen Nachdosierungsmengen sind jedoch durch das Mischervolumen begrenzt. In der Praxis werden jedoch nur die Füller- und die Bitumeneinwaagen, welche die Qualität des Mischguts wesentlich beeinflussen, an die tatsächliche Mineralstoffeinwaage angepasst („proportionale Verzerrung“ der Rezeptur).

Mischprozess

Nach der Dosierung der Einzelkomponenten werden diese dem Mischer in der Reihenfolge Mineralstoffe, Asphaltgranulat, evtl. Zusatzstoffe, Bindemittel und Füller zugegeben. Das „Rührwerk“ im Mischer läuft ununterbrochen. Die Misch- und die Nachmischzeit, die in der Rezeptur festgelegt sind, können durch den Mischmeister während der laufenden Produktion jederzeit verändert werden.

Nach Ablauf der Gesamtmischzeit wird der Mischer unten geöffnet und der Mischerinhalt (Charge) fällt in den Verladekübel (Aufzugkübel). Der Verladekübel transportiert die Mischgutcharge in das durch den Mischmeister über die Steuerung festgelegte Verladesilo.

4.3.2 Anlagenbetrieb mit Siebumgehung

Der Anlagenbetrieb mit Siebumgehung unterscheidet sich nicht wesentlich von der Betriebsart ohne Siebumgehung. Es werden im Weiteren nur die wesentlichen Abweichungen näher erläutert.

Bereitstellung und evtl. notwendige Aufbereitung der Komponenten (Phase 1b)

Beide Betriebsarten unterscheiden sich nur dadurch, dass die Mineralstoffe nicht abgeseibt werden. In der Praxis wird die Anlage zunächst mit Heißabsiebung der Mineralstoffe betrieben (vgl. Ziffer 4.3.1). Besonderes Augenmerk richtet der Mischmeister dabei auf

die Füllhöhe der einzelnen Taschen der Heißsilierung. Theoretisch variiert der Mischmeister die Einstellungen der Vordosierung so lange, bis die Füllhöhe in den einzelnen Taschen konstant bleibt und sich in allen Taschen ein stationärer Zustand einstellt. Ist dieser Zustand erreicht, kann davon ausgegangen werden, dass die Einstellungen der Vordosierung und die daraus resultierenden Korngruppenanteile in der Summe der gewünschten Kornzusammensetzung entsprechen. Bei Mischgutsorten, die mit Siebumgehung gemischt werden, wirken sich falsch eingestellte Vordoseure sofort auf die Sieblinie der Mineralstoffe aus und können zu einer nicht den Anforderungen entsprechenden Kornzusammensetzung führen.

Ist der stationäre Zustand erreicht, so kann die Siebanlage mittels Bypass (Siebumgehung) umgangen werden. Theoretisch könnte so jede Mischgutsorte gemischt werden, vorausgesetzt die Zusammensetzung der Lieferkörnungen bleibt unverändert (homogene Vordoseurinhalt). Die wesentlichen Vorteile sind: Schonung der Heißsiebanlage sowie Reduzierung der Verwiegezeit auf ein Minimum, da nur noch ein Wiegevorgang notwendig ist.

Die vordosierten Mineralstoffe werden ohne Absiebung in einer besonders großen Mineralstofftasche gelagert.

Wiege- und Mischprozess (Phase 2b)

In diesem Fall muss nur einmal verwogen werden. Die Verwiegung kann, da keine Beruhigungszeiten zu berücksichtigen sind, in kürzester Zeit erfolgen. Die Verwiegung der anderen Komponenten, die Zugabe aller Komponenten in den Mischer und das Mischen erfolgt in gleicher Weise wie beim Betrieb ohne Siebumgehung.

4.4 Verzerrende Einflüsse

Sinn dieser Untersuchung ist es, die Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Werten nicht nur statistisch zu quantifizieren, sondern auch ihren möglichen Gründen nachzugehen, um ggf. entsprechende Abhilfemaßnahmen gegen systematische Abweichungen entwickeln zu können. Dazu ist zunächst eine systematische Betrachtung der möglichen Einflussgrößen, die eine Abweichung von den eingestellten Rezepturen bewirken können, vorzunehmen.

Mit Hilfe einer Einflussmatrix (siehe Bild 4-15) soll ermittelt werden, inwieweit verschiedene Faktoren (z. B. Wetter, Vorhandensein einer Paralleltrommel) die Anlagensteuerung, Verwiegung, Dosierung usw. überhaupt beeinflussen können. Die Analyse beschränkt sich auf die wichtigsten Einflussfaktoren. Nicht berücksichtigt werden z. B. die Einflüsse von Abgastemperatur, Brennerregelung, Mischmeister. Die Größe des betrachteten Einflusses wird vierstufig ordinal skaliert (0: kein Einfluss; 1: geringer Einfluss; 2: mittlerer Einfluss; 3: großer Einfluss). Sachlogisch von vornherein ausschließbare Einfluss-Wirkungs-Kombinationen, wie ein Einfluss der Zusammensetzung des Asphaltgranulats auf die Qualität der Heißabsiebung, sind mit X gekennzeichnet.

Die anschließenden Erläuterungen und Bewertungen der Einflussfaktoren beruhen auf einer theoretischen Analyse der Asphaltmischanlage und des Mischgutproduktionsprozesses, wie unter Ziffer 4.1 ff. beschrieben. In der Betriebspraxis werden einige Einflussfaktoren kaum oder überhaupt nicht berücksichtigt.

Einflussfaktor *Wetter*

Zu unterscheiden ist, ob die Mineralstoffe sowie das Asphaltgranulat überdacht oder nicht überdacht gelagert werden. Nach *M VAG* ist das Asphaltgranulat gegen Feuchtigkeitsaufnahme zu schützen. In der Praxis sind die Schutzeinrichtungen jedoch teilweise unzureichend. Bei ungeschützter Lagerung der Mineralstoffe und des Asphaltgranulats spielen die Wetterverhältnisse eine größere Rolle, da der Wassergehalt der Stoffe stärker schwankt. Außerdem ergeben sich geringere Temperaturschwankungen sowie ein geringerer Feinkornaustrag durch Wind.

Zur Trocknung der Mineralstoffe mit hohem Feuchtigkeitsgehalt wird mehr Energie benötigt und außerdem muss die Steuerung der Trockentrommel angepasst werden, damit der angestrebte Restwassergehalt von maximal 0,5 % eingehalten wird.

Bei der Zugabe von Asphaltgranulat sind zwei Fälle zu unterscheiden.

Asphaltgranulatzugabe ohne Paralleltrommel

Bei der Zugabe des Asphaltgranulats ohne vorherige Erwärmung bzw. Trocknung müssen die Mineralstofftemperaturen erhöht werden, um die Mischtemperaturen gemäß den Regelwerken einzuhalten. Wird nun Asphaltgranulat mit einem hohen Wassergehalt zugegeben, so müsste dieser ermittelt, die Einstellung der Waagen angepasst sowie die

Temperatur der Mineralstoffe entsprechend erhöht werden. Zusätzlich ist, im Vergleich zum Einsatz von trockenem Asphaltgranulat, ein größerer Energiebedarf notwendig.

Asphaltgranulatzugabe mit Paralleltrommel

Bei einem höheren Wassergehalt des Asphaltgranulats ist zur Erwärmung und Trocknung des Materials ein größerer Energiebedarf erforderlich. Da die Verwiegung des Materials nach der Erwärmung erfolgt, muss die Einstellung der Waage nicht verändert werden.

Auswirkung auf ...	Einflussfaktor														
	WETTER, MINERALSTOFFE UND GRANULAT ÜBERDACHT	WETTER, MINERALSTOFFE UND GRANULAT NICHT ÜBERDACHT	ASPHALTGRANULATZUGABE OHNE PARALLELTROMMEL	ASPHALTGRANULATZUGABE MIT PARALLELTROMMEL	ALTER DER MISCHANLAGE	ASPHALTMISCHGUTSORTE (ZUSAMMENSETZUNG)	VORDOSIERUNG DER MINERALSTOFFE	AUSLASTUNG DER HEISSIEBANLAGE	GENAUIGKEIT DER MINERALSTOFFWAAGE	GENAUIGKEIT DER FÜLLERWAAGE	GENAUIGKEIT DER BINDEMTELWAAGE	GENAUIGKEIT DER ASPHALTGRANULATWAAGE	GENAUIGKEIT DER WAAGE FÜR ZUSATZSTOFFE	MISCHDAUER	ZUSAMMENSETZUNG / QUALITÄT DES ASPHALTGRANULATS
ENERGIEVERBRAUCH	3	3	3	3	2	2	X	X	X	X	X	X	X	1	X
ASPHALTGRANULATZUGABEMENGE	1	3	3	3	X	3	3	X	X	X	X	X	X	1	3
NATUR-/BRECHSANDVERHÄLTNIS	X	X	X	X	X	2	3	X	X	X	X	X	X	X	X
QUALITÄT DES ASPHALTMISCHGUTS	1	2	2	1	0	X	2	3	3	3	3	3	3	1	3
HEISSABSIEBUNG	X	X	X	X	X	1	1	3	X	X	X	X	X	X	X
KORNGRÖSSENVERTEILUNG	0	0	0	0	0	3	2	3	3	3	0	3	3	0	3
BINDEMTELGEHALT	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	1	0	0	0
FÜLLERGEHALT	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	2
VORDOSIERUNG DER MINERALSTOFFE	0	0	0	0	0	2	X	1	0	0	0	0	0	0	2
Bewertungstufen: 0 kein Einfluss 1 geringer Einfluss 2 mittlerer Einfluss 3 großer Einfluss X Kombination irrelevant															

Bild 4-15: Einflussmatrix

Einflussfaktor *Asphaltgranulatzugabe*

Bereits beim Einflussfaktor Wetter ist die Lagerungsart des Asphaltgranulats berücksichtigt. Unabhängig davon sind die Kornzusammensetzung und die Zugabemenge der ungebrauchten Mineralstoffe auf die Asphaltgranulatzusammensetzung abzustimmen. Praktische Erfahrungen zeigen, dass die geforderten Kornzusammensetzungen und der erforderliche Bindemittelgehalt problemlos eingehalten werden können.

Einflussfaktor *Alter der Mischanlage*

Vorausgesetzt, dass die Mischanlage dem Stand der Technik entspricht und regelmäßig gewartet wird, hat ihr Alter keinen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Mischgutzusammensetzung.

Einflussfaktor *Mischgutsorte*

Die Einstellungen aller wichtigen Anlagenteile richten sich nach der produzierten Mischgutsorte. Die herzustellende Mischgutsorte beeinflusst viele Größen: angefangen bei der Vordosierung der Mineralstoffe über Temperatur der Trockentrommel, alle Wiegeeinrichtungen (Füller, Mineralstoffe, Bitumen, gegebenenfalls Zusätze, Asphaltgranulat) und ggf. die Regelung der Asphaltgranulatzugabe bis hin zu Mischdauer und Nachmischzeit. Die wesentliche Unterscheidungsgröße ist somit die Asphaltmischgutsorte. Die Qualität des Mischguts ist – um nur einige wichtige Aspekte zu nennen – von der Qualität der Ausgangsstoffe, Genauigkeit der Bindemittelzugabe, Mischguttemperatur, Zusammensetzung der Korngrößenverteilung, die wiederum von den Genauigkeit der Verwiegung und der Güte der Heißabsiebung beeinflusst wird, abhängig.

Unter der Voraussetzung, dass alle Anlagenteile in einem ordnungsgemäßen Zustand sind, ist, um die höchstmögliche Qualität („Rezepturtreue“) zu erreichen, für jede Mischgutsorte die aktuelle, optimale Anlageneinstellung zu ermitteln und den sich ändernden Bedingungen anzupassen. Diese Anpassung erfolgt iterativ im laufenden Betrieb aufgrund der Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfungen. Werden bei den Eigenüberwachungsprüfungen oder den „Anlagenwerten“ (Abgastemperatur der Trockentrommel, Lagertemperatur der Bindemittel usw.) unzulässige Abweichungen festgestellt, so wird die Rezeptur oder die Steuerung der Anlage entsprechend angepasst, um weiterhin die größtmögliche Mischgutqualität zu erreichen. Die notwendigen Korrekturen („Trimmen“) werden eingestellt und bis zur nächsten Eigenüberwachungsprüfung beibehalten.

Einflussfaktor Vordosierung

Die wichtigste Aufgabe der Vordoseure ist, wie oben beschrieben, die Einhaltung des richtigen Natursand/Brechsandverhältnisses. Der Einfluss der Vordosierung auf dieses Verhältnis ist sehr groß.

Des Weiteren sind zwei Betriebsfälle zu unterscheiden: Nutzung der Heißabsiebung oder Umgehung der Absiebung (Bypass). Bei Nutzung der Heißabsiebung ist die Vordosierung so zu steuern, dass sich während der Mischgutproduktion nach Möglichkeit ein stationärer Füllhöhenstand der Mineraltaschen einstellt, zumindest die Taschen weder überlaufen noch leerlaufen und im schlimmsten Fall die entsprechende Kornklasse im Mischgut fehlen würde.

Bei Nutzung der Siebumgehung kann, wie gesagt, nur mit Hilfe der Vordoseure die richtige Korngrößenverteilung erreicht werden. Der richtigen Einstellung der Vordosierung kommt dann eine zentrale Bedeutung für die optimale Kornzusammensetzung zu.

Einflussfaktor Auslastung der Heißsiebanlage

Die Siebqualität wird im Wesentlichen von der Schütthöhe der Mineralstoffe über dem Siebboden beeinflusst. Bei einer Überlastung der Siebanlage (zu große Schütthöhe) sinkt die Siebqualität (Wahrscheinlichkeit der Fehlabsiebung wächst), die Güte der Kornzusammensetzung verschlechtert sich und der Feinanteil im Grobgut steigt im Vergleich zu nicht überlasteten Siebanlagen an.

Einflussfaktor Waagen (Mineralstoff-, Bitumen-, Füller-, Zusatz-, Asphaltgranulatwaage)

Von der Genauigkeit der Waagen wird die richtige, rezepturkonforme Zusammensetzung des Mischguts wesentlich beeinflusst. Deshalb sollten die Waagen in denjenigen regelmäßigen Abständen, die in der europäischen Normung vorgesehen sind, kalibriert werden.

Einflussfaktor Mischdauer

Die Mischdauer beeinflusst weder Bindemittelgehalt noch Korngrößenverteilung – unter der Voraussetzung, dass die Mineralstoffe durch den Mischvorgang nicht zerkleinert wer-

den. Die Mischdauer muss so gewählt werden, dass das Bitumen im Mischgut gleichmäßig verteilt wird, d. h. alle Mineralstoffe gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt werden.

5 Daten

Im Folgenden wird zwischen „Fremddaten“ und „Eigendaten“ unterschieden. Fremddaten sind die von anderen Stellen übernommenen, in anderen Zusammenhängen erfassten und angefallenen Daten. Eigendaten sind die speziell für die vorliegende Untersuchung, z. B. in eigenen Laboranalysen, ermittelte Daten und daraus berechnete Folgegrößen.

5.1 Fremddaten

Eignungsprüfungsdaten

Die Eignungsprüfung dient dem Nachweis der Eignung der Baustoffe und der Baustoffgemische für den vorgesehenen Verwendungszweck entsprechend den Anforderungen des Bauvertrages und der Optimierung der Mischgut-„Rezeptur“. Ändern sich Art und Eigenschaft der Baustoffe und der Baustoffgemische oder die Einbaubedingungen, oder ist das Prüfzeugnis älter als zwei Jahre, so muss die Eignung erneut nachgewiesen werden. Die Eignungsprüfung ist von einer nach *RAP Stra* (Richtlinie für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau) anerkannten Prüfstelle durchzuführen.

Rezepturdaten

Die sog. Rezepturen der unterschiedlichen Mischgutsorten werden aus den entsprechenden Eignungsprüfungen ermittelt und im laufenden Betrieb mit Hilfe der Untersuchungsergebnisse der Eigenüberwachung erforderlichenfalls angepasst.

Eigenüberwachungsprüfung („Werkslabordaten“)

Die Eigenüberwachungsprüfungen dienen dem Nachweis, dass die Anforderungen, wie Bindemittelgehalt, Füller-, Sand-, Splittanteile, Hohlraumgehalt usw., gemäß Eignungsprüfung eingehalten sind. Die Prüfergebnisse der Eigenüberwachung, die in der Regel im werkseigenen Labor der Asphaltmischanlage durchgeführt wird, müssen den Vorgaben der Eignungsprüfung entsprechen bzw. dürfen nur innerhalb festgelegter Toleranzen davon abweichen. Die Toleranzen sind in den für das jeweilige Mischgut relevanten Vorschriften² festgesetzt. In Tabelle 5-1 sind auszugsweise in Abhängigkeit von der Mischgutsorte die Toleranzen für den Bindemittelgehalt der Einzelproben und den Mittelwert

² Für Asphaltbinder, Asphaltbeton, Splittmastixasphalt, Tragdeckschicht-Mischgut, Gussasphalt und Asphaltmastix gelten die Toleranzen der *ZTV Asphalt*; für Tragschichten die der *ZTV T*.

aus 9 bis 19 Proben wiedergegeben. Alle weiteren Toleranzen für Bindemittelgehalt und Sand-, Splitt- und Fülleranteile können in den *ZTV Asphalt* und den *ZTV T* nachgelesen werden. Zeichnet sich aufgrund der Auswertung der Eigenüberwachungsprüfungen ab, dass die Toleranzen im weiteren Betrieb nicht mehr eingehalten werden können oder wurden diese bereits überschritten, so ist die Rezeptur entsprechend zu ändern. Dieser „Überwachungsregelkreis“ soll eine gleich bleibende, innerhalb der Toleranzen liegende Mischgutmindestqualität sicherstellen.

Art und Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen sind in den *TLG Asphalt* festgelegt.

Tabelle 5-1: Toleranzbereich des Bindemittelgehalts für Einzelwerte und arithmetisches Mittel

Mischgutsorte	ZTV	Toleranz [M.-%] (max. Abweichungen von den Vorgaben der Eignungsprüfung)	
		Werte der Einzelprobe	arithmetisches Mittel aus 9 bis 19 Proben
AB 0/8	<i>Asphalt</i>	±0,50	±0,30
SMA 0/8 S	<i>Asphalt</i>	±0,50	±0,30
SMA 0/11 S	<i>Asphalt</i>	±0,50	±0,30
ABi 0/22 S	<i>Asphalt</i>	±0,50	±0,30
ATS 0/32 CS	<i>T</i>	±0,60	±0,35

Chargenprotokolldaten

Im Chargenprotokoll (Beispiele siehe Anlage I 2) werden die für eine Charge wichtigen Kennwerte, wie:

- Rezeptur (=Sollwert) [kg]
- Datum
- Uhrzeit
- Gewichtsangabe (Istwert) des Bindemittels, der einzelnen Korngruppen und ggf. der Zusätze [kg]
- Mischguttemperatur [°C]
- Chargengröße [kg]
- Auslastung der Anlage [t/h]
- Kunde
- Auftragsnummer

tabellarisch zusammengefasst. Die Datenliste des Chargenprotokolls ist abhängig vom Mischanlagenhersteller.

Die Aussagekraft des Chargeprotokolls ist beschränkt und wird anhand der Gewichtsangaben kurz erläutert. Die dokumentierten Gewichtsangaben geben nur an, dass aus der Mineraltasche x die Masse y [kg] abgezogen und eingewogen wurde. Über den Inhalt der Tasche ist im Chargenprotokoll naturgemäß nichts ausgesagt. Vorausgesetzt der Tascheninhalt stimmt mit der einzuwiegenden Korngruppe überein, fehlen Angaben bezüglich der Massenanteile [M.-%] an Über- und Unterkorn infolge Heißabsiebung. Somit lassen z. B. die Gewichtsangaben des Chargenprotokolls bezüglich der einzelnen Korngruppen keine Rückschlüsse auf die Richtigkeit der Korngrößenverteilung zu.

Die in den Chargenprotokollen gewonnenen Daten sind somit nicht unmittelbar als Qualitätsnachweise geeignet. Die Protokolldaten können, sofern sie durch die Asphalthersteller ausgewertet und entsprechend interpretiert werden, aber zur Lenkung der Produktion im Rahmen der Qualitätssicherung herangezogen werden (DAV, 1999). Die hierzu notwendigen Angaben und eine mögliche Auswertung der Daten wird unter Ziffer 7.5 beschrieben.

Die Angaben zur Auslastung der Anlage [t/h] sind theoretische Werte und geben nicht die tatsächliche Auslastung an. Es handelt sich hier um eine aus den Zeitangaben für eine einzelne Charge auf eine Stunde (Dosierdauer, Mischzeit, Nachmischzeit usw.) hochgerechnete fiktive Auslastung.

Die Anlagenleistung ist im Wesentlichen von der Verwiegedauer für die einzelnen Komponenten, der Dauer für die Entleerung in den Mischer, der Mischzeit und/oder von der Fahrzeit des Verladekübels für den Transport des Mischguts zum Verladesilo abhängig. Bei weit entfernten Verladesilos kann die Transportdauer zum Verladesilo die Mischdauer überschreiten und somit für die Anlagenleistungsfähigkeit bestimmend sein.

Des Weiteren werden je nach Asphaltmischanlagenhersteller Rezepturänderungen sowie die Art des Betriebszustandes (mit oder ohne automatischer Steuerung) aufgezeichnet.

Jeder für diese Untersuchung gezogenen Mischgutprobe, die der einzelnen Charge entnommen wird, wurden in einer Datenbank die Angaben des entsprechenden Chargenprotokolls zugeordnet.

Die Chargenprotokolle des Werks 06 enthalten zusätzlich zu den o. g. Informationen Angaben über die zeitliche Abfolge der Verwiegung der Baustoffkomponenten, den Beginn der „Baustoffkomponenten-Zugabe“ in den Mischer, die Gesamtdauer der Charge usw. Die zeitliche Abfolge zweier Chargen wird in Bild 5-1 dargestellt.

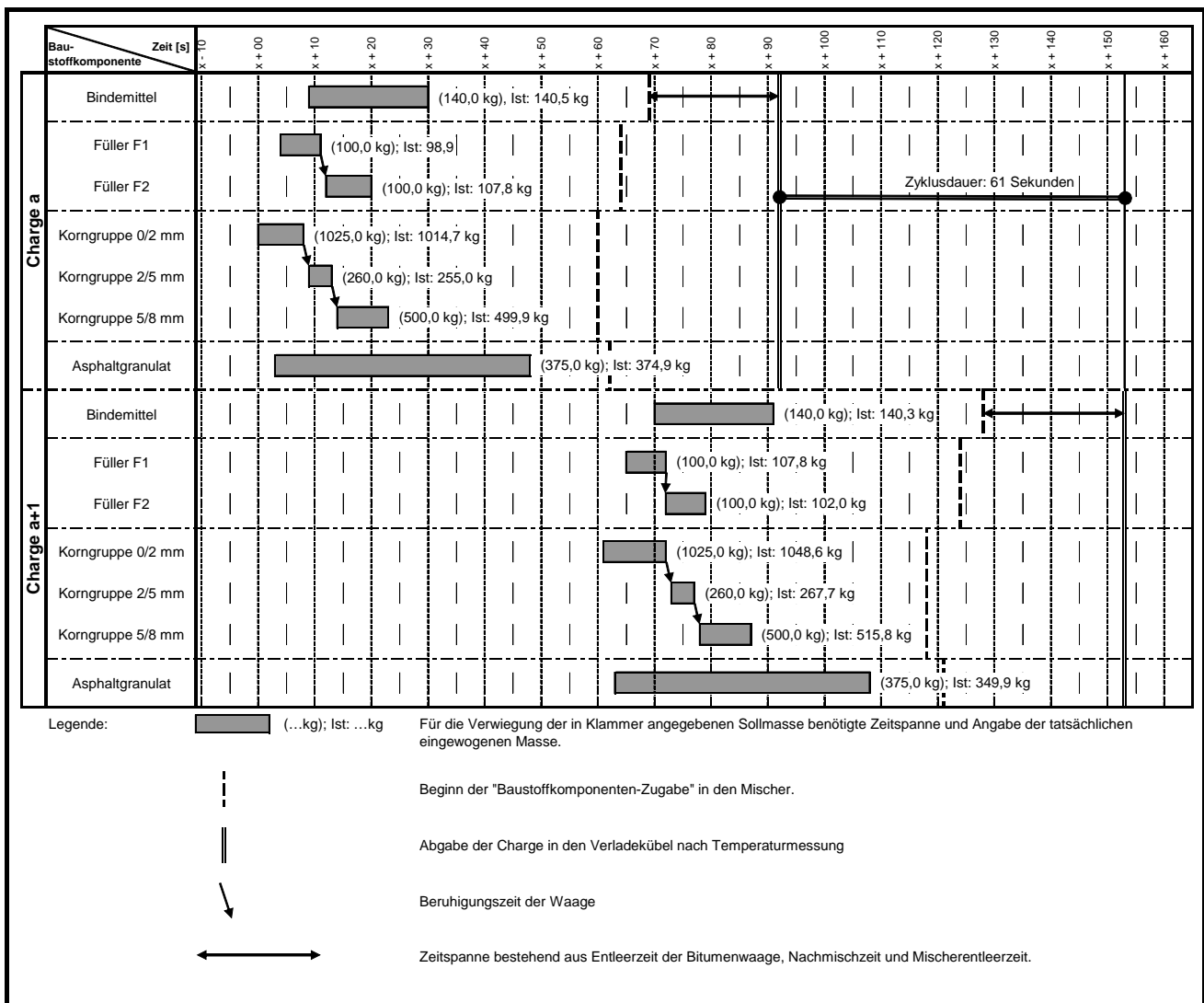


Bild 5-1: Zeitliche Abfolge zweier Chargen

Asphaltgranulatanalyse

Für die Auswertung (Ziffer 7) konnte auf die vom Betreiber zur Verfügung gestellten Ergebnisse der gemäß ZTV VAG BY02 durchzuführenden Asphaltgranulatanalysen zurückgegriffen werden. Die Ergebnisse umfassen u. a. die der Eignungsprüfung und der Aus-

wertung zugrunde gelegten Bindemittelgehalte und die Korngrößenverteilungen sowie die aus den Einzelwerten gebildeten Mittelwerte. Die Asphaltgranulat-/Fräsgutanalysen sind in Anlage I 3 zusammengefasst.

5.2 Eigendaten

5.2.1 Daten aus den Mischgutproben

Bedingungen der Probenahme

Da eine stets gleichartige und sachgerechte Probenahme die Voraussetzung für einwandfreie und unverfälschte Untersuchungsergebnisse ist, erstellte das Labor UniBwM eine Verfahrens- sowie eine Arbeitsanweisung, die in Anlage I 4 abgedruckt sind. Darin wird das gesamte Probenahmeverfahren, von der Entnahme des Mischguts aus dem Mischer bis zur Beschriftung der Blechbehälter, detailliert beschrieben.

In dieser Untersuchung wurde, da die Proben chargenweise und möglichst nahe am Mischer bzw. im Materialstrom nach dem Mischerauslauf erfolgen sollte, von dem gemäß DIN 1996, Blatt 2 geforderten Ort der Probenahme abgewichen.

Die Entnahme des Mischguts erfolgte, je nach Mischanlage, an verschiedenen Orten. In Bild 5-2 sind die verschiedenen Entnahmestellen des Mischguts über leeren Mischgutsilo oder direkt unter dem Mischer, abgebildet.

Laboranalyse

Bestimmung des Bindemittelgehalts gemäß DIN 1996 Teil 6

Unter dem Bindemittelgehalt eines Asphalts versteht man den Anteil an *löslichem* und *unlöslichem* Bindemittel bezogen auf die wasserfreie Probe. Der Gesamtbindemittelgehalt entspricht somit der Summe des löslichen und des unlöslichen Anteils.

$$B = B_{lös} + B_{unl} \quad \text{(Gleichung 5-1)}$$

Dabei bedeuten:

- | | |
|-----------|---|
| B | Gesamtbindemittelgehalt [M.-%] |
| $B_{lös}$ | Gehalt an löslichem Bindemittel nach Differenz- oder Rückgewinnungsverfahren [M.-%] |
| B_{unl} | Gehalt an unlöslichem Bindemittel [M.-%] |



Bild 5-2: Entnahmemöglichkeiten; oben: aus dem Mischgutsilo, unten: direkt aus dem Mischer

Das lösliche Bindemittel kann mittels Kaltextraktion oder Heißextraktion und anschließendem Differenz- oder Rückgewinnungsverfahren ermittelt werden.

Der Bindemittelgehalt der Proben wurde für diese Untersuchung mit der Kaltextraktion, die im Gegensatz zur Heißextraktion weniger Zeit in Anspruch nimmt, in Kombination mit dem Differenzverfahren bestimmt. Bei der Kaltextraktion wird das bitumenhaltige Bindemittel mit kaltem oder erwärmtem Lösemittel, wie Trichlorethen (Trichlorethylen) oder Toluol, herausgelöst und anschließend der „lösliche Bindemittelgehalt“ nach dem Differenzverfahren berechnet. Der „lösliche Bindemittelgehalt“ errechnet sich somit aus der Differenz zwischen der Mischguteinwaage und dem extrahierten, bis zur Massenkonstanz getrockneten Mineralstoff.

$$B_{\text{lös},D} = \frac{m_{E,0} - m_{A,M}}{m_{E,0}} \times 100$$

(Gleichung 5-2)

Mit:

$$m_{E,0} = m_E \times \frac{100}{100 + \omega(H_2O)} \quad \text{(Gleichung 5-3)}$$

Dabei bedeuten:

$B_{lös,D}$ Gehalt an löslichem Bindemittel nach dem Differenzverfahren [M.-%]

$m_{A,M}$ Masse der rückgewonnenen Mineralstoffe [g]

$m_{E,0}$ um den Wassergehalt berichtigte Einwaage der Messprobe [g]

m_E Einwaage der Messprobe [g]

$\omega(H_2O)$ Wassergehalt der Asphaltprobe [M.-%] (siehe DIN 1996 Teil 5)

Im Labor UniBwM wurde die Extraktion mit Hilfe einer automatischen Extraktionsanlage durchgeführt. Da weitere Untersuchungen des Bindemittels nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind, konnte zurück gewonnenes Lösemittel verwendet werden.

Der Gehalt an unlöslichem Bindemittel kann gemäß DIN 1996 Teil 6 entweder nach Anhang C experimentell bestimmt oder durch Erfahrungswerte ermittelt werden. Die Erfahrungswerte sind in Abhängigkeit vom Füllergehalt wie folgt, auf 0,01% gerundet, zu berechnen.

$$B_{unl} = 0,013F + 0,1 < 0,6\% \quad \text{(Gleichung 5-4)}$$

Dabei bedeuten:

B_{unl} Gehalt an unlöslichem Bindemittel [M.-%]

F Gehalt an Füller (< 0,09 mm) der Mineralstoffe [M.-%]

Auf die Erläuterung der experimentellen Bestimmung des unlöslichen Bindemittelgehalts wird verzichtet, da sie nicht zur Anwendung kam.

Bestimmung der Korngrößenverteilung von aus Asphalt extrahierten Mineralstoffen gemäß DIN 1996 Teil 14

Unter der Korngrößenverteilung (Kornzusammensetzung) versteht man die nach Kornklassen aufgegliederte Zusammensetzung der Körnungen. Eine anschauliche Darstellung ist die sog. „Sieblinie“, das ist in den Worten der mathematischen Statistik „die relative Summenhäufigkeit der Siebrückstände“ oder die „Verteilungssummenkurve“.

Die nach der Extraktion des Bitumens nach DIN 1996 Teil 6 anfallenden und bis zur Massenkonstanz getrockneten Mineralstoffe werden mit Hilfe einer Laborsiebmaschine sowie anschließender Handsiebung analysiert. Es werden die Siebrückstände der Kornklassen gemäß Tabelle 5-2 bestimmt. Die Kornklassen werden anschließend in Prozent der Summe der Auswaagen, einschließlich der beim Zentrifugieren abgeschiedenen und gegebenenfalls in den Filterhülsen verbliebenen Mineralstoffen, berechnet und als Sieblinie dargestellt.

Tabelle 5-2: Kornklassen

Kornklassen			
<	0,09	mm	
0,09	bis 0,25	mm	
0,25	bis 0,71	mm	
0,71	bis 2	mm	
2	bis 5	mm	
5	bis 8	mm	
8	bis 11,2	mm	
11,2	bis 16	mm	
16	bis 22,4	mm	
22,4	bis 31,5	mm	
31,5	bis 45	mm	

Bei den Mischgutsorten Splittmastixasphalt (SMA) 0/11 S sowie SMA 0/8 S ist zusätzlich der Anteil zugegebener Faserstoffe zu berücksichtigen. Da im Labor eine genaue Ermittlung des Faserstoffgehalts nicht möglich ist und davon ausgegangen werden kann, dass alle Faserstoffe im Füller enthalten sind, werden bei der Auswertung des SMA 0/11 S und SMA 0/8 S, um vergleichbare Kenngrößen zu erhalten, die Faserstoffe und der Füller als eine Einheit betrachtet (siehe Ziffer 6.1).

In RENKEN wurde festgestellt, dass der Wert des Füllergehalts von der Extraktionsart beeinflusst wird. Bei Automaten-Extraktion wurde in allen Untersuchungen ein größerer Füllergehalt als bei Heißextraktion gefunden. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass der Füllergehalt durch Automaten-Extraktion präziser bestimmbar ist. Bei der Sandkörnung wurde bei Automaten-Extraktion ein kleinerer Gehalt als bei Heißextraktion festgestellt, und zwar bei Splittmastixasphalt in fünf von sechs Fällen und bei Asphaltbinder in zwei von sechs Fällen.

Zur Bestimmung des Füllergehalts und der Korngrößenverteilung wird in dieser Untersuchung das genauere Verfahren, die Extraktion mittels Automaten, angewandt.

Die Ergebnisse der o. g. Analysen wurden für jede Mischgutprobe in einem Formblatt gemäß Anlage I 5 aufgezeichnet.

5.2.2 Daten aus der Siebanlagenuntersuchung

Bedingungen der Probenahme

Im Rahmen der Untersuchung wurden aus den Taschen (vgl. Ziffer 4.1.1) der Werke 02 und 04 Mineralstoffproben entnommen.

Laboranalyse

Bei der Siebanalyse wurden die in Bild 5-3 dargestellten Anteile an Sollkörnung sowie Unter- und Überkorn ermittelt. Bei der folgenden Auswertung wurde eine optimale Siebanlageneinstellung (Neigungswinkel, Frequenz, Amplitude usw.) vorausgesetzt.

Betrachtet man das Überkorn der einzelnen Korngruppen, so fällt auf, dass die größeren Korngruppen geringere und die kleineren Gruppen größere Überkornanteile besitzen. Aufgrund der geringen Probenzahl, der fehlenden Überprüfungsmöglichkeiten der einzelnen Siebböden und der nicht vorhandenen Angaben bezüglich der Siebauslastung kommen mehrere Gründe infrage. Als Begründung sind

- schlechte Differenzierbarkeit der Lieferkörnungen aufgrund der Kornform,
 - Verwendung von defekten oder stark abgenutzten Siebböden und
 - die Möglichkeit, dass die verwendeten Maschenweiten der Siebböden größer als die üblichen Betriebssiebgröße sind,
- denkbar.

Die Unterkornanteile sind, verglichen mit den Überkornanteilen, relativ klein und liegen zwischen 1 und 12 %. Eine Ausnahme bildet das Werk 04 mit einem großen Anteil an Unterkorn bei den Korngruppen 11/16 mm sowie 16/22 mm. Die Gründe für die großen Abweichungen sind vielfältig und können – wie bereits oben erwähnt – aufgrund fehlender Informationen nicht eindeutig definiert werden. Die Größe des Unterkornanteils wird theoretisch von den Faktoren

- schlechte siebtechnische Differenzierbarkeit der Lieferkörnungen,
 - Überlastung der Siebanlage,
 - falsch gewählte Betriebssiebmaschenweite
- beeinflusst.

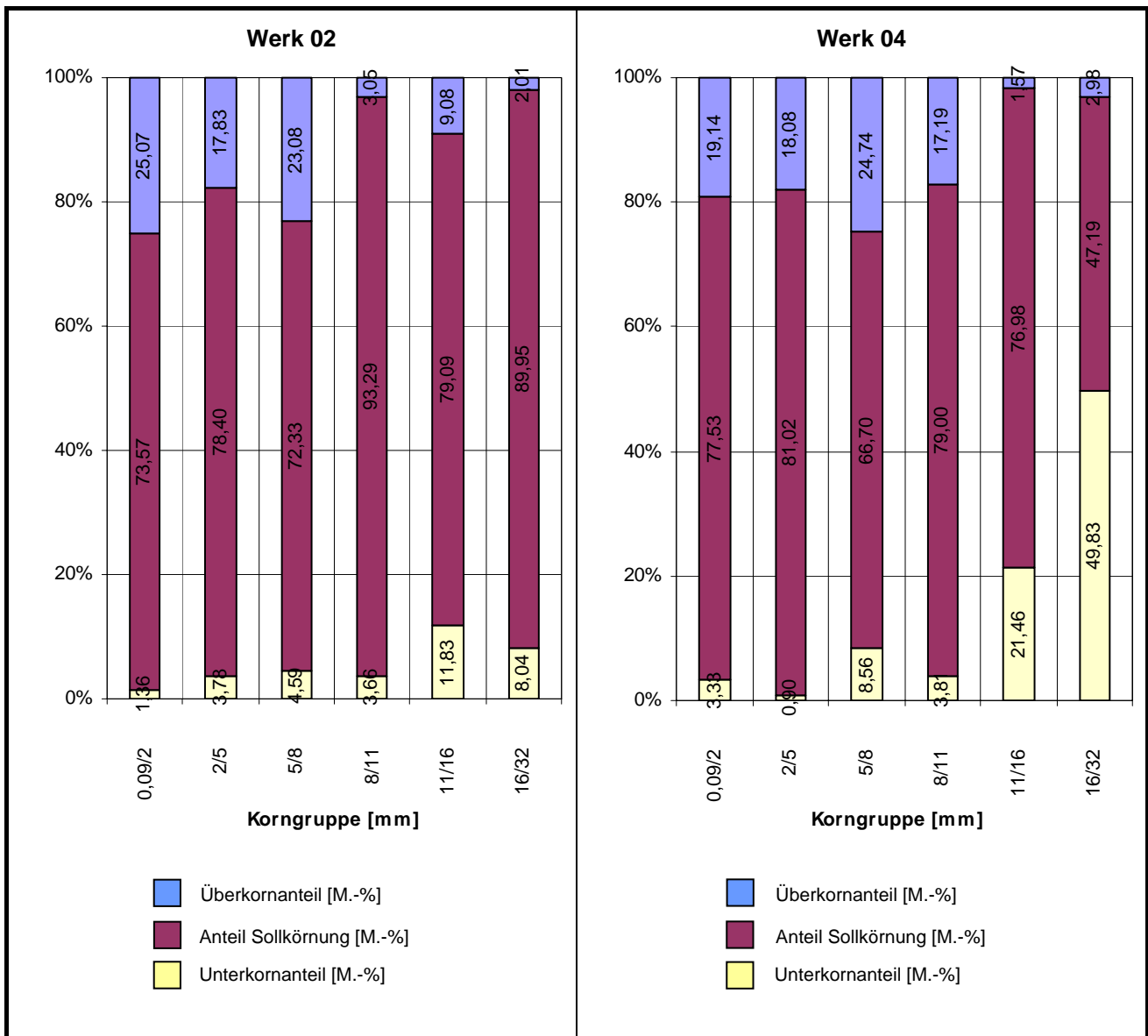


Bild 5-3: Gegenüberstellung der Anteile Soll-/Unter-/Überkorn zweier Heißsiebanlagen

In diesem Fall können die großen Abweichungen am wahrscheinlichsten mit einer Überlastung der Heißsiebanlage erklärt werden, da die verwendeten Maschenweiten den üblichen Betriebssiebgrößen (siehe Tabelle 4-5 und Bild 4-14) entsprechen und die Lieferkörnungen leicht in die einzelnen Kornklassen getrennt werden können.

Weitere Einzelheiten über Heißsiebanlagen wie Siebanlagenarten, Vor- und Nachteile der Siebsysteme, Einflussfaktoren auf die Siebqualität wurden unter Ziffer 4.1.1 erläutert.

6 Datenaufbereitung

6.1 Erforderliche Korrekturrechnung

Unlösliches Bindemittel und vorhandene Siebverluste

Mit Hilfe einer Korrekturrechnung werden die Fehler „unlöslicher Bindemittelgehalt“ und der durch die Analysesiebung übliche „Siebverlust“, ausgeglichen. Hierzu werden zunächst die Korrekturfaktoren für den unlöslichen Bindemittelgehalt und den Siebverlust berechnet.

Korrekturfaktor – Anteil unlöslicher Bitumen

$$k_{L,B} = \frac{100}{100 + B_{L,unl}} \quad \text{(Gleichung 6-1)}$$

Korrekturfaktor – Anteil Siebverluste

$$k_{L,M} = \frac{m_{L,A,M}}{m_{L,A,M} - v_{L,M}} \quad \text{(Gleichung 6-2)}$$

Anschließend werden die im Labor UniBwM ermittelten Massen je Kornklasse mit den Korrekturfaktoren Anteil unlöslicher Bitumen ($k_{L,B}$) und Anteil Siebverlust ($k_{L,M}$) multipliziert und die Fehler somit auf alle Korngruppen proportional zu deren Masse aufgeteilt.

$$m_{L,k,i} = m_{L,i} \times k_{L,M} \times k_{L,B} \quad \text{(Gleichung 6-3)}$$

Die Neuberechnung der M.-% je Kornklasse erfolgt nach Gleichung 6-4.

$$M_{L,k,i} = \frac{m_{L,k,i}}{\sum m_{L,k,i}} \quad \text{(Gleichung 6-4)}$$

Die um den Anteil *unlöslicher Bitumen* und Anteil *Siebverlust* bereinigten Laborwerte werden im Weiteren als *korrigierter Laborwert* bezeichnet.

Die Bedeutung der einzelnen Formelzeichen ist im Formelzeichenverzeichnis (s. u.) erklärt. Zum besseren Verständnis werden nur die in den Gleichungen verwendeten Indizes erläutert. Der Index * steht im Weiteren für Chargenprotokollwert (C) oder Rezepturwert (R).

Faserstoffe

Bei den Mischgutsorten SMA 0/11 S sowie SMA 0/8 S ist zusätzlich der Faserstoffanteil zu berücksichtigen. Da im Labor eine genaue Ermittlung des Faserstoffanteils nicht möglich ist und davon ausgegangen werden kann, dass alle Faserstoffe im Füller enthalten sind, werden, um vergleichbare Kenngrößen zu erhalten, bei der Auswertung des SMA 0/11 S und SMA 0/8 S die Faserstoffanteile dem Füller zugeordnet. Um die Rezepturwerte und Chargenprotokollwerte mit den korrigierten Laborwerten vergleichen zu können, müssen die Rezepturwerte bzw. Chargenprotokollwerte für Füller (f*) und Faserstoff (z*) summiert werden.

$$f_{*,Z} = f_* + z_*$$

(Gleichung 6-5)

Der Index Z bedeutet inkl. Faserstoffe.

Asphaltgranulat

Die Untersuchung von Asphaltmischgut mit Asphaltgranulat liefert nur dann demjenigen ohne Asphaltgranulat vergleichbar aussagekräftige Ergebnisse, wenn eine entsprechende Korrekturrechnung vorgeschaltet wird.

Die korrigierten Laborwerte Bindemittelgehalt (B_L) und Anteil der Mineralstoffsumme (M_L) können mit dem aus den Angaben der Chargenprotokolle und Rezeptur berechneten Bindemittelgehalt (B_C bzw. B_R) und dem Anteil Mineralstoffsumme (M_C bzw. M_R) nur verglichen werden, wenn der dem Mischgut zugegebene Asphaltgranulatanteil rechnerisch in seine Bestandteile – Bindemittel und Mineralstoffe – zerlegt und vor der Berechnung der Masseanteile (B_C, M_C bzw. B_R, M_R) zu den neu hinzugefügten Ausgangsstoffen addiert wird.

Die beiden o. g. Bestandteile des Asphaltgranulats wurden unter folgenden Homogenitätsannahmen berechnet:

- Der in der Eignungsprüfung vorausgesetzte Wert des Bindemittelgehalts des Asphaltgranulats wird näherungsweise als konstanter Wert betrachtet.
- Die den verschiedenen Eignungsprüfungen zugrunde liegenden Kornzusammensetzungen des Asphaltgranulats ändern sich nicht.

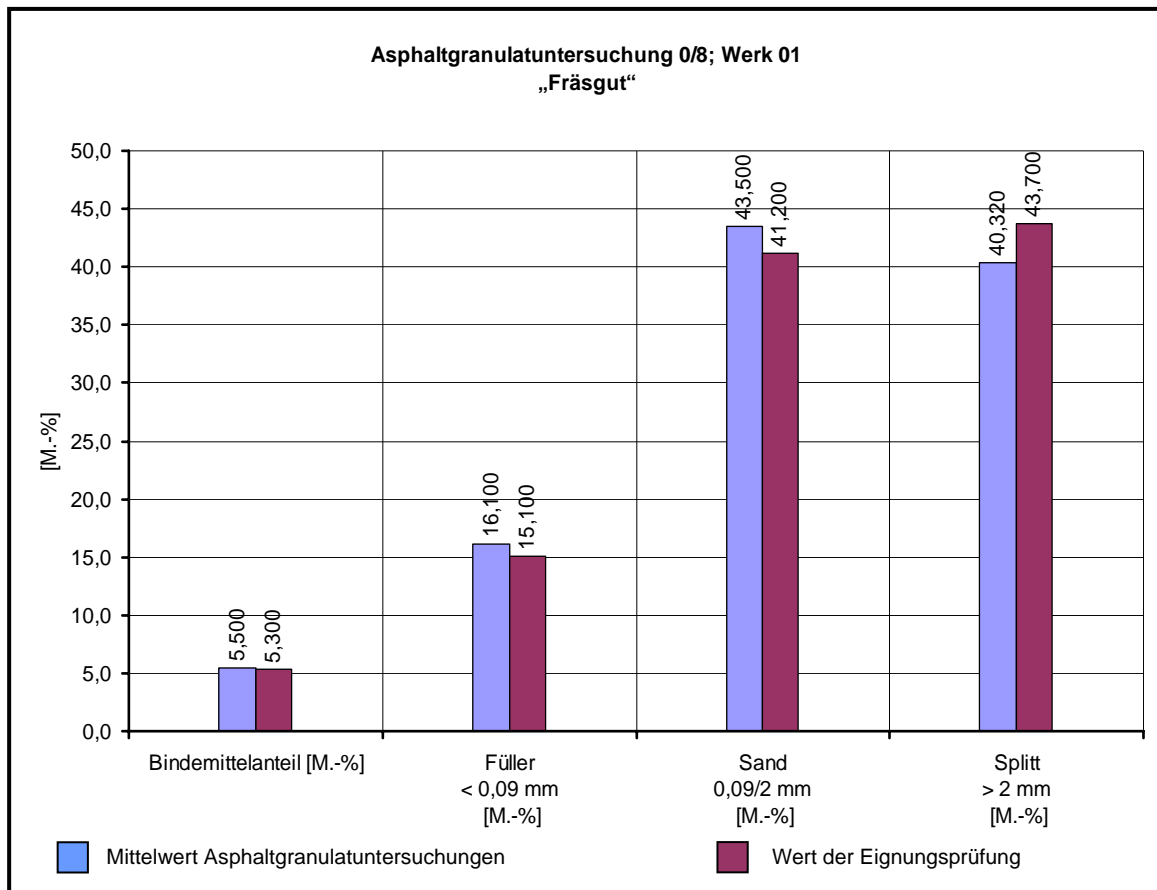


Bild 6-1: Gegenüberstellung: Mittelwerte der Asphaltgranulatuntersuchungen und Werte der Eignungsprüfung

Ein Vergleich der in den Eignungsprüfungen verwendeten Kenngrößen des Asphaltgranulats mit den Mittelwerten der Kenngrößen der Asphaltgranulatuntersuchungen zeigt, dass diese Annahmen durchaus berechtigt sind. Der der Eignungsprüfung zugrunde liegende Bindemittelgehalt entspricht teilweise den Durchschnittswerten der Asphaltgranulatuntersuchungen bzw. liegt zumindest im Bereich der Standardabweichungen. In Bild 6-1 werden beispielhaft die Ergebnisse der Asphaltgranulatuntersuchungen für das Fräsgut 0/8 des Werks 01 wiedergegeben und den der Eignungsprüfung zugrunde gelegten Werten gegenübergestellt. Alle anderen Untersuchungsergebnisse sind in Anlage I 3 tabellarisch zusammengefasst. Die Abweichungen für die Bestandteile Füller, Sand- und Splittkörnungen spielen hier keine Rolle, da bei der Untersuchung nur die Summe der Mineralstoffe und nicht die einzelnen Kornfraktionen verglichen werden. Das heißt, eine Gegenüberstellung der Siebanalysen des Labors UniBwM mit den Einwaagen des Chargenprotokolls

bzw. mit den Vorgaben der Rezeptur könnte zwar durchgeführt werden, würde aber wegen der fehlenden Angaben in Bezug auf die Über- und Unterkorngrößen der einzelnen Kornklassen des neu zugeführten Mineralstoffs keine aussagekräftigen Ergebnisse liefern.

Somit können die aus dem Asphaltgranulat resultierenden Anteile des Bindemittels ($b_{*,RC}$) und des Mineralstoffs ($m_{*,RC}$) mit den Gleichungen 6-6 und 6-7 ermittelt werden.

$$b_{*,RC} = a_* \times \frac{B_{EP,RC}}{100} \quad \text{(Gleichung 6-6)}$$

$$m_{*,RC} = \sum_{i=1}^n m_{*,RC,i} = a_* - b_{*,RC} \quad \text{(Gleichung 6-7)}$$

Mit:

$$m_{*,RC,i} = (a_* - b_{*,RC}) \times \frac{M_{EP,RC,i}}{100} \quad \text{(Gleichung 6-8)}$$

Die so errechneten Bindemittel- und Mineralstoffgrößen des Asphaltgranulats können nun zu den neu eingewogenen Ausgangsstoffen addiert werden (siehe Gleichung 6-9 und 6-10).

$$b_{*,G} = b_{*,RC} + b_{*,N} \quad \text{(Gleichung 6-9)}$$

$$m_{*,G} = m_{*,RC} + m_{*,N} \quad \text{(Gleichung 6-10)}$$

Dabei bedeuten die Indizes:

EP	Angaben der Eignungsprüfung
i	Laufindex über die Kornklassen
N	Neu zugegebene Komponenten
RC	Anteile aus Asphaltgranulat

Anschließend werden die Gesamtbitumenmenge ($b_{*,G}$) und die Gesamtmineralstoffmenge ($m_{*,G}$) durch die Gesamtcharge bzw. Summe der Rezepturwerte dividiert, mit 100 multipliziert.

liziert und können nun im Sinne vergleichbarer Größen den korrigierten Laborwerten (nicht Sieblinie!) gegenübergestellt werden.

6.2 Statistische Grundlagen für Gegenüberstellungen

Einzelprobe, Teil- und Gesamtstichprobe

Das Hauptunterscheidungsmerkmal dieser Untersuchung ist die Mischgutsorte. Zusätzlich wird nach verschiedenen Werken (Mischanlagen), in denen das Mischgut produziert wird, unterschieden. Statistisch ausgedrückt, können die für eine Mischgutsorte je Werk gezogenen 11 Einzelproben als Teilstichprobe (Stichprobenumfang $n = 11$) und die Teilstichproben für alle Werke zusammen als Gesamtstichprobe für diese Mischgutsorte (geschichtete Stichprobe) betrachtet werden.

Zufälliger und systematischer Fehler

Nach dem zentralen Grenzwertsatz der mathematischen Statistik geht mit wachsender Probenzahl der „zufällige Fehler“ im Mittel gegen Null, während der systematische Fehler, wie schon der Name sagt, eine gerichtete Abweichung ist, von der man Größenordnung und Vorzeichen quantifizieren kann. Der systematische Fehler kann mit dem Mittelwert des relativen Fehlers abgeschätzt werden.

Eine Korrekturmöglichkeit besteht nur beim systematischen Fehler.

Arithmetisches Mittel

Für die ermittelten Einzelwerte (n Einzelproben) der verschiedenen Messreihen wird zunächst das arithmetische Mittel \bar{x} bestimmt, welches sich aus den Einzelwerten x_i und dem Umfang der Messreihe n berechnet.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

(Gleichung 6-11)

Varianz, Standardabweichung und Variationskoeffizient

Zur weiteren Beschreibung der empirischen Verteilung werden weitere statistische Streumaße herangezogen.

Die Varianz s^2 ist ein Maß für die Abweichung des zufälligen Einzelwerts einer Probe vom Erwartungswert einer zugrunde liegenden Zufallsvariablen und wird nach Gleichung 6-12 berechnet.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{(Gleichung 6-12)}$$

Da die Varianz eine andere Einheit als die Daten besitzt, verwendet man meist die Standardabweichung s („zufälliger Fehler“), die als Quadratwurzel der Varianz definiert ist.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{(Gleichung 6-13)}$$

Um die Streuungen der verschiedenen Messreihen zu vergleichen, wird der aus dem Quotienten von Standardabweichung s und arithmetischem Mittel \bar{x} gebildete Variationskoeffizient v bestimmt. In dieser Untersuchung wird der Variationskoeffizient v in Prozent angegeben.

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad \text{(Gleichung 6-14)}$$

Wahrer und relativer Fehler

Zur Auswertung der Daten wurden die „wahren“ und relativen Fehler berechnet.

Der „wahre Fehler“ D ist als Differenz zwischen Ist- und Sollwert definiert:

$$D = m - w \quad \text{(Gleichung 6-15)}$$

Dabei bedeuten:

- m Näherungswert, Istwert
- w wahrer Wert, Sollwert

Der relative Fehler rF wird folgendermaßen berechnet:

$$rF = \frac{D}{w}$$

(Gleichung 6-16)

Multipliziert man die Größe rF gemäß Gleichung 6-16 mit 100, so ergibt dies den relativen Fehler in Prozent, wie er in der Auswertung benutzt wird.

Die Berechnung der statistischen Größen *Mittelwert*, *Varianz* und *Standardabweichung* ist nur beim relativen Fehler sinnvoll, da nur hier die Einflüsse unterschiedlicher Rezepturen innerhalb der Teilstichprobe und die unterschiedlichen Rezepturen der Mischgutsorten eliminiert werden.

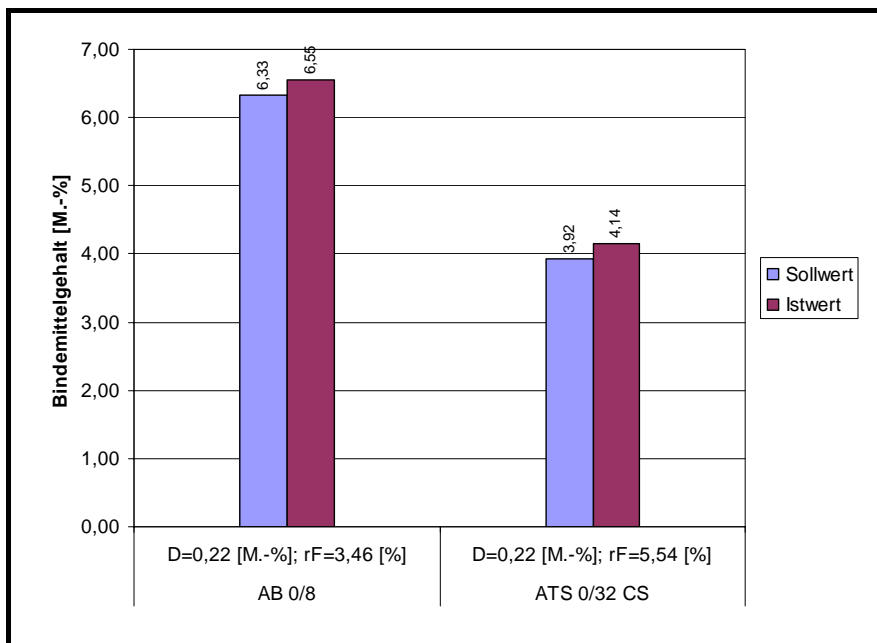


Bild 6-2: „Wahrer“ und relativer Fehler

In Bild 6-2 sind hierzu beispielhaft für die Mischgutsorte SMA 0/8 S und ATS 0/32 CS des Werks 03 jeweils der Sollwert (Rezepturvorgabe) dem Istwert (Laborwert) des Bindemittelgehalts gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung der Differenzen D („wahre Fehler“) und der relativen Fehler verdeutlicht, dass die Differenzen in bestimmten Fällen nicht zur Auswertung, z. B. Ermittlung der „Rezepturtreue“ geeignet sind. Unterschiedliche Sollvorgaben führen auch bei sonst gleichgroßen Differenzbeträgen zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Berechnung des relativen Fehlers. Das Hauptziel dieser Untersuchung, die Ermittlung der „Rezepturtreue“ im praktischen Mischanlagenbetrieb, ist somit nur durch den Vergleich des relativen Fehlers möglich.

Varianzanalyse

Unter Ziffer 3 wurde als Variationsmerkmal die Mischgutsorte und die Mischanlage angeführt. Die Varianzanalyse dient nun dem Nachweis welches Variationsmerkmal die „Rezepturtreue“ am stärksten beeinflusst. Die Varianzanalyse prüft ob die Nullhypothese, „alle Stichproben-Mittelwerte sind gleich“, an- oder abzulehnen ist. Auf eine Beschreibung der einzelnen Verfahrensschritte und die Berechnung der Kennzahlen einer zweifachen Varianzanalyse wird verzichtet, da nicht das Verfahren sondern nur die Ergebnisse von Bedeutung sind. Die Berechnungsschritte, die notwendigen Formeln und die Erläuterungen werden in BORTZ ausführlich beschrieben.

6.3 Gegenüberstellung Soll/Ist

Das Auswerteverfahren wird zum besseren Verständnis anhand der in den Anlagen II bis V aufbereiteten Daten, notwendigen Berechnungen und dargestellten Diagrammen erläutert.

Die Aufbereitung der in Ziffer 5 beschriebenen Eigen- und Fremddaten, die sofern notwendig mit den in Ziffer 6.1 beschriebenen Korrekturen versehen wurden, kann in 3 Abschnitte (A, B und C) gegliedert werden.

Abschnitt A (Anlage II und III)

Im Abschnitt A wird zunächst ein umfassender Vergleich der maßgebenden Größen aus den Einzelproben („Einzelwerte“) vorgenommen. Dabei werden die Massenanteile, *Anteil Mineralstoffsumme* und *Bindemittelgehalt*, aus der Rezeptureinstellung und aus dem Chargenprotokoll (M_R , B_R und M_C , B_C) als Sollwerte den korrigierten Laborwerten (M_L und B_L) als Istwert gegenübergestellt. Die Einbeziehung des Chargenprotokollwerts dient in erster Linie der Klärung der Untersuchungsfragestellung, ob die Daten des Chargenprotokolls zur Gütesicherung bei der Asphaltherstellung und zur Produktionsüberwachung grundsätzlich geeignet sind (siehe Abschnitt B). Vorgenommen wird dieser Vergleich entweder durch einfache Gegenüberstellung der Absolutwerte, durch Differenzbildung („wahrer Fehler“) oder durch Ermittlung des relativen Fehlers. Als Sonderfall ist noch ein Sieblinienvergleich angefügt.

Die Gegenüberstellung Soll/Ist für Mischgut ohne Asphaltgranulat ist in Bild 6-3 und mit Asphaltgranulat in Bild 6-4 schematisch dargestellt.

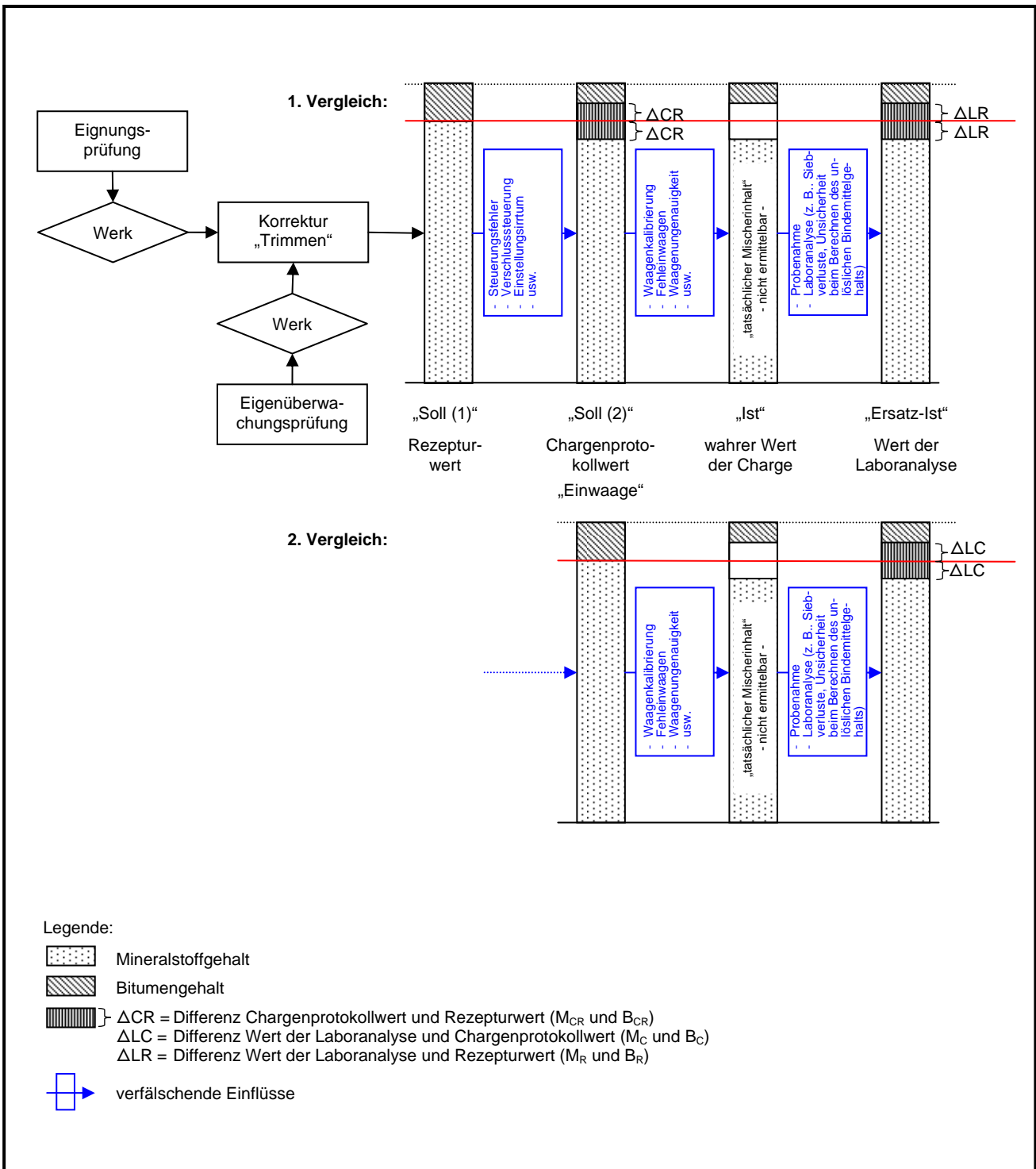
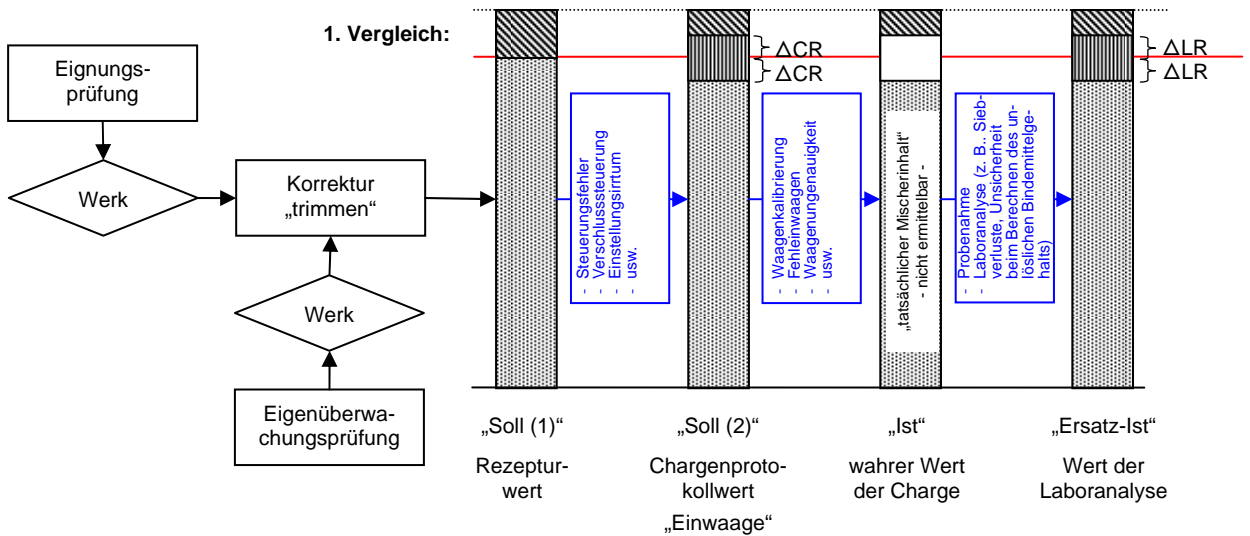
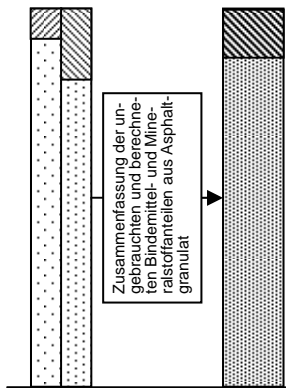
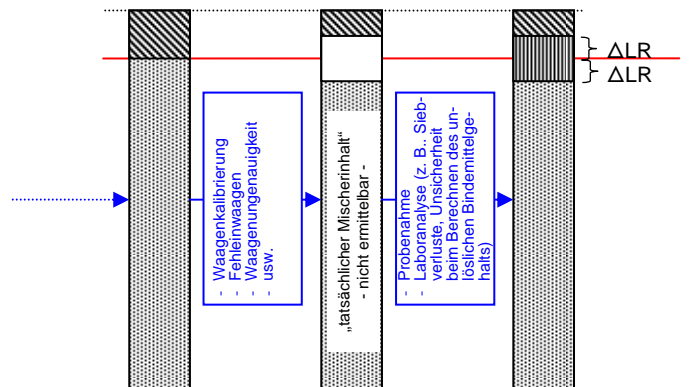


Bild 6-3: Vergleichsschema Soll/Ist ohne Asphaltgranulat (schematisch)

Zusammenfassung der neuen ungebrauchten Baustoffkomponenten und den berechneten Bindemittel- und Mineralstoffgehalt aus Asphaltgranulat:



2. Vergleich:



Legende:

- Mineralstoffgehalt (ungebraucht)
- Bitumengehalt (ungebraucht)
- Mineralstoffgehalt (aus Asphaltgranulat berechnet)
- Bitumengehalt (aus Asphaltgranulat berechnet)
- Mineralstoffgehalt (ungebraucht + aus Asphaltgranulat berechnet)
- Bitumengehalt (ungebraucht + aus Asphaltgranulat berechnet)
- } ΔCR = Differenz Chargenprotokollwert und Rezepturwert (M_{CR} und B_{CR})
- } ΔLC = Differenz Wert der Laboranalyse und Chargenprotokollwert (M_C und B_C)
- } ΔLR = Differenz Wert der Laboranalyse und Rezepturwert (M_R und B_R)

verfälschende Einflüsse

Bild 6-4: Vergleichsschema Soll/Ist mit Asphaltgranulat (schematisch)

In der Anlage II ist – mit Ausnahme der Sieblieniendarstellungen – für jede Teilstichprobe ein eigenes Säulendiagramm angelegt, das sowohl die Vergleichsangaben für jede der 11 Einzelproben als auch – in den geeigneten Diagrammfällen – die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Teilstichprobe insgesamt enthält.

Jedes Säulendiagramm der Anlage II kann entsprechend der Teilstichprobe einer Kombination Werk/Mischgutsorte zugeordnet werden. Diese Kombination ist in der Anlagennummer (arabische Ziffern) kodiert: Zum Beispiel bedeutet „II 1-1“, dass die dargestellten Daten an einem Mischgut gewonnen wurden, das im Werk 01 hergestellt wurde und der Sorte AB 0/8 mit Asphaltgranulat entspricht. Eine Übersicht zum schnellen Auffinden des Diagramms für eine bestimmte Kombination Werk/Mischgutsorte ist in Tabelle 6-2 enthalten. Eine Tabellenspalte entspricht einer Gesamtstichprobe, ein Matrixelement der Tabelle einer Teilstichprobe.

Tabelle 6-1: Übersicht über Werk/Mischgutsorte und dazugehörige Anlagennummer

	AB 0/8 mit Asphalt- granulat	AB 0/8 ohne Asphalt- granulat	SMA 0/8 S	SMA 0/11 S	Abi 0/22 S	ATS 0/32 CS ohne Siebum- gehung	ATS 0/32 CS mit Siebum- gehung
Werk 01	II 1-1	II 1-2	-	II 1-3	-	II 1-4	II 1-5
Werk 02	II 2-1	-	-	II 2-2	-	II 2-3	II 2-4
Werk 03	II 3-1	II 3-2	II 3-3	-	II 3-4	II 3-5	II 3-6
Werk 04	II 4-1	II 4-2	II 4-3	-	II 4-4	II 4-5	-
Werk 06	II 5-1	II 5-2	-	II 5-3	-	II 5-4	-

Die Gesamtheit der Diagramme für eine Teilstichprobe (Kombination Werk/Mischgutsorte) wird als Anlagen- bzw. Diagrammserie bezeichnet. Innerhalb einer Diagrammserie wird weiter differenziert nach der eigentlich dargestellten Größe (Bindemittel, Mineralstoffe) und der Art des Vergleichs (einfache Gegenüberstellung der Anteile, Differenzbildung). Je Einzelprobe sind bis zu 3 Säulen dargestellt: Rezepturwert (Index R), Chargenprotokollwert (Index C), Laborwert (Index L) sowie daraus errechnete Differenzen. Für all diese Größen ist ein einheitlicher Farbcode festgelegt.

In allen Diagrammen, mit Ausnahme der Sieblieniendiagramme, werden auf der Abszisse für jede Einzelprobe die Probennummer, das Datum der Probenahme, die dazugehörige Nummer der Eignungsprüfung (hier anonymisiert), der errechnete relative Fehler ($rF_{R,B}$ bzw. M , $rF_{C,B}$ bzw. M , $rF_{CR,B}$ bzw. M) [%] und der mittlere relative Fehler der Teilstichprobe

($mrF_{R,B}$ bzw. M , $mrF_{C,B}$ bzw. M , $mrF_{CR,B}$ bzw. M) [%] angegeben. An der Ordinate werden die Anteile [M.-%] der Komponenten am Mischgut (Bindemittelgehalt: B_L , B_R , B_C und Anteil Mineralstoffsumme: M_L , M_R , M_C), die Differenzen der Anteile zwischen korrigiertem Laborwert und Rezeptur- bzw. Chargenprotokollwert ($D_{R,B}$ bzw. M , $D_{C,B}$ bzw. M , $D_{CR,B}$ bzw. M) [M.-%] aufgetragen. Die Diagramme einer Serie sind mit kleinen Buchstaben bezeichnet. Die Buchstabenbezeichnung ist der Nummer der Einzelanlage hinzugefügt, so dass die Anlagennummern von II 1-1a) bis II 5-4 g) laufen.

Im Folgenden sind die Berechnungen und die Diagramme einer Serie im Einzelnen beschrieben. Zu unterscheiden sind die Diagrammtypen nach Mischgut *mit* und *ohne* Asphaltgranulat.

Beschreibung der Diagrammserie für Mischgut *mit* Asphaltgranulat:

a) *Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)*

Die in diesen Diagrammen dargestellten Säulen entsprechen jeweils Anteilen der Mineralstoffe an der Gesamtsumme aller Stoffkomponenten [M.-%]. Es werden der korrigierte Laborwert (M_L), der Rezepturwert (M_R) und der Chargenprotokollwert (M_C) unter Berücksichtigung des Asphaltgranulatanteils gegenübergestellt. Da nicht alle Chargen mit der gleichen Rezeptur hergestellt wurden, sind alle Chargen mit derselben zugrunde liegenden Rezeptur mit einem waagrechten Strich verbunden. Der Diagrammtyp dient einem qualitativen Vergleich. Der Rezepturwert M_R und der Chargenprotokollwert M_C wird nach Gleichung 6-17 berechnet.

$$M_* = \frac{m_{*,G}}{m_{*,G} + b_{*,G}} \times 100 \quad \text{Mit: } 0 \leq M_* \leq 100 \quad \text{(Gleichung 6-17)}$$

Die Summe aus neu zugegebenen Komponenten und Anteilen aus Asphaltgranulat werden mit dem Index G gekennzeichnet.

b) *Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)*

In dieser Darstellung, die sich ebenfalls auf die Summe der Mineralstoffe bezieht, werden die nach Gleichung 6-18 berechneten Differenzen wiedergegeben.

$$D_{*,M} = M_L - M_*$$

(Gleichung 6-18)

Die rot eingefärbten Säulen geben die Differenz zwischen korrigiertem Laborwert und Rezepturwert ($D_{R,M}$), die dunkelgrün eingefärbten Säulen die Differenz zwischen korrigiertem Laborwert und Chargenprotokollwert ($D_{C,M}$) wieder. Auch in diesem Fall sind die berechneten Mineralstoffe des Asphaltgranulats berücksichtigt. Der Diagrammtyp veranschaulicht den „wahren Fehler“, jeweils mit dem korrigierten Laborwert als Istwert.

Außerdem wird für jede Einzelprobe der relative Fehler [%] der korrigierten Laborwerte in Bezug auf die Rezepturwerte bzw. Chargenprotokollwerte für den Anteil Mineralstoffsumme gemäß der Gleichung 6-19 berechnet. Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung des RC-Anteils, d. h. die Differenzen gemäß Gleichung 6-18 werden als relative Fehler [%] angegeben. Mit dem relativen Fehler $rF_{R,M}$ wird sozusagen die „Mischanlagenpräzision“ beschrieben. Der relative Fehler $rF_{C,M}$ dient der Überprüfung inwieweit Chargenprotokollwerte zur Qualitätssicherung genutzt werden können (siehe Abschnitt B)

$$rF_{*,M} = \frac{D_{*,M}}{M_*} \times 100$$

(Gleichung 6-19)

Für jede Teilstichprobe werden, ausgehend vom relativen Fehler der Einzelprobe, der mittlere relative Fehler ($mrF_{R,M}$, $mrF_{C,M}$) nach Gleichung 6-11, die Standardabweichung ($s_{R,M}$, $s_{C,M}$) nach Gleichung 6-13 und die Varianz ($s^2_{R,M}$, $s^2_{C,M}$) nach Gleichung 6-12 bestimmt.

c) *Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert*

Im Gegensatz zu dem oben erläuterten Diagramm b) werden hier die Mineralstoffsummen [M.-%] der Rezepturwerte, die neu einzuwiegen sind, den tatsächlichen Einwaagen gemäß Chargenprotokoll gegenübergestellt ($D_{CR,M}$). Dabei wird der berechnete Mineralstoffanteil aus der RC-Zugabe, d. h. der Anteil an „gebrauchten“ Mineralstoffen im Mischgut, nicht berücksichtigt. Der Diagrammtyp veranschaulicht ebenfalls den

„wahren Fehler“, jedoch mit dem Chargenprotokollwert als Istwert und dem Rezepturwert als Sollwert, jeweils für die neu einzuwiegenden Mineralstoffe.

Die Berechnung der Differenz ($D_{CR,M}$) für jede Einzelprobe erfolgt nach Gleichung 6-20.

$$D_{CR,M} = M_C - M_R \quad \text{(Gleichung 6-20)}$$

Mit:

$$M_C = \frac{m_{C,G}}{m_{C,G} + b_{C,G}} \times 100 \quad \text{Mit: } 0 \leq M_C \leq 100 \quad \text{(Gleichung 6-21)}$$

$$M_R = \frac{m_{R,G}}{m_{R,G} + b_{R,G}} \times 100 \quad \text{Mit: } 0 \leq M_R \leq 100 \quad \text{(Gleichung 6-22)}$$

Zusätzlich wird je Einzelprobe der relative Fehler [%] des Chargenprotokollwerts in Bezug auf den Rezepturwert nach Gleichung 6-23 ohne Berücksichtigung des RC-Anteils ermittelt. Mit anderen Worten die Differenzen nach Gleichung 6-20 werden als relative Fehler [%] angegeben. Mit dem relativen Fehler $rF_{CR,M}$ wird die Aussagekraft der Chargenprotokolle überprüft.

$$rF_{CR,M} = \frac{D_{CR,m}}{M_{CR}} \times 100 \quad \text{(Gleichung 6-23)}$$

Für jede Teilstichprobe werden, ausgehend vom relativen Fehler der Einzelprobe, der mittlere relative Fehler ($mrF_{CR,M}$) nach Gleichung 6-11, die Standardabweichung ($s_{CR,M}$) nach Gleichung 6-13 und die Varianz ($s^2_{CR,M}$) nach Gleichung 6-12 bestimmt.

d) *Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)*

Die Berechnung der o. g. Größen erfolgt analog der Berechnungsschritte „Anteil Mineralstoffsumme“.

$$B_* = \frac{b_{*,G}}{m_{*,G} + b_{*,G}} \times 100 \quad \text{Mit: } 0 \leq B_* \leq 100 \quad \text{(Gleichung 6-24)}$$

Die Summe aus neu zugegebenen Komponenten und Anteilen aus Asphaltgranulat werden mit dem Index G gekennzeichnet.

Darstellung erfolgt analog zu a) Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil). Es werden der korrigierte Laborwert (B_L), der Rezepturwert (B_R) und der Chargenprotokollwert (B_C) unter Berücksichtigung der Bindemittelmenge aus dem Asphaltgranulat gegenübergestellt. Anzumerken ist, dass die analog zu den „Mineralstoffdiagrammen“ a) bis c) aufgebauten Diagramme d) bis f) für die Ausgangsgrößen Bindemittelgehalt qualitativ das Umkehrbild der vorangehenden Diagramme liefern, da das Bindemittel der Komplementäranteil zur Mineralstoffsumme ist. Quantitativ ergeben sich jedoch, insbesondere bei den relativen Fehlern, eigenständige Aussagen.

Zusätzlich wird für die Teilstichprobe der Mittelwert (m_{B_L}), die Standardabweichung ($s_{L,B}$) und die Varianz ($s^2_{L,B}$) des Bindemittelgehalts der Laboranalysen angegeben und wenn möglich im Diagramm dargestellt.

Der Bindemittelgehalt der Einzelprobe (B_L) und der berechnete Mittelwert (m_{B_L}) können konkreten Werten, wie Bindemittelgehalt gem. Eignungsprüfung und den Grenzen der *ZTV Asphalt* und *ZTV T*, die ebenfalls im Diagramm angegeben sind, gegenübergestellt werden.

e) *Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)*

Berechnung erfolgt analog zu b) Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil). Die Differenzen $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$ werden nach Gleichung 6-25 ermittelt.

$$D_{*,B} = B_L - B_* \quad \text{(Gleichung 6-25)}$$

Es gilt die Bedingung $M_* + B_* = 100$, die während der Bearbeitung zur Kontrolle herangezogen wurde.

$$rF_{*,B} = \frac{D_{*,B}}{B_*} \times 100 \quad \text{(Gleichung 6-26)}$$

Mittelwert, Standardabweichung und Varianz einer Teilstrichprobe werden analog zum Diagramm b) berechnet.

- f) *Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert*

Berechnung erfolgt analog zu c) Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert.

$$D_{CR,B} = B_C - B_R \quad \text{(Gleichung 6-27)}$$

Mit:

$$B_C = \frac{b_{C,G}}{m_{C,G} + b_{C,G}} \times 100 \quad \text{Mit: } 0 \leq B_C \leq 100 \quad \text{(Gleichung 6-28)}$$

$$B_R = \frac{b_{R,G}}{m_{R,G} + b_{R,G}} \times 100 \quad \text{Mit: } 0 \leq B_R \leq 100 \quad \text{(Gleichung 6-29)}$$

Die Berechnung der relativen Fehler für jede Einzelprobe erfolgt nach Gleichung 6-30.

$$rF_{CR,B} = \frac{D_{CR,B}}{B_R} \times 100 \quad \text{(Gleichung 6-30)}$$

Anschließend werden die mittleren relativen Fehler ($mrF_{CR,B}$) nach Gleichung 6-11, die Standardabweichung ($s_{CR,B}$) nach Gleichung 6-13 und die Varianz ($s^2_{CR,B}$) nach Gleichung 6-12 bestimmt.

g) *Sieblinien-Diagramme*

Die Sieblinien der einzelnen Proben werden mit der Sieblinie der Eignungsprüfung, der „Soll-Sieblinie“, gegenübergestellt.

Dargestellt werden die Sieblinien jeder einzelnen Probe, wie sie in der Laboranalyse ermittelt worden sind, die Grenzen für die Eignungsprüfungswerte gemäß *ZTV Asphalt* und die jeweilige Sieblinie der Eignungsprüfung. Wurde das Mischgut ohne Eignungsprüfung hergestellt, so sind die Grenzen der *ZTV Asphalt* für jede einzelne Probe maßgebend. Für die Sieblinien der Asphalttragschichten gelten die Grenzwerte und Toleranzen der *ZTV T*.

Beschreibung der Diagrammserie für Mischgutsorten *ohne* Asphaltgranulatzugabe:

Die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse für Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat entspricht im Allgemeinen denen der Mischgutsorten mit Asphaltgranulat. Sie unterscheidet sich nur dadurch, dass der Anteil des Asphaltgranulates Null ist und somit entfällt.

Die Anlage II dient als Datengrundlage für die Gegenüberstellungen und Auswertungen unter Ziffern 7. In der Anlage III 1 sind je Mischgutsorte und Werk alle berechneten mittleren relativen Fehler (Mittelwerte) sowie die dazugehörigen Standardabweichungen und Varianzen für den *Anteil Mineralstoffsumme* und den *Bindemittelgehalt* tabellarisch zusammengefasst.

Abschnitt B (Anlage II und IV)

Die Prüfung der Aussagekraft der Daten der Chargenprotokolle in Bezug auf Qualitätssicherung und Produktionssteuerung ist ein weiteres Ziel dieser Untersuchung.

Die Überprüfung erfolgt beispielhaft an den Mischgutsorten AB 0/8 mit Asphaltgranulat, SMA 0/11 S sowie ATS 0/32 CS über Heißabsiebung des Werks 02, da nur hierfür die Über- und Unterkornanteile der Korngruppen in den jeweiligen Mineralstofftaschen bekannt sind. Die Asphaltgranulatzugabe beträgt beim AB 0/8 für die Proben 1 bis 6: 15 [M.-%] und für die Proben 7 bis 11: 25 [M.-%]. Bei ATS 0/32 CS liegt der Asphaltgranulatanteil bei 50 [M.-%].

In der Anlage IV wurde die Sieblinie jeder einzelnen Laborprobe der o. g. Mischgutsorten der fiktiven Sieblinie, die aus den dazugehörigen Chargenprotokollwerten die die Mineralstoffanteile näher beschreiben, errechnet wurde, gegenübergestellt.

Die Berechnung der fiktiven Sieblinie erfolgt mit Hilfe der im Chargenprotokoll aufgelisteten Massenangaben je Kornklasse nach dem in Tabelle 6-2 wiedergegebenen Rechenchema. Der Berechnung wird der in der Heißsiebanlagenuntersuchung je Korngruppe ermittelte Über- und Unterkornanteil (siehe Ziffer 5.2.2) zugrunde gelegt. Bei der Untersuchung von Mischgut mit Asphaltgranulatzugabe wird auf die Asphaltgranulatzusammensetzung, die der jeweiligen Eignungsprüfung zugrunde liegt, zurückgegriffen. In Anlage IV 1 bis IV 3 sind für jede einzelne Probe die „Laborsieblinie“ und „berechnete Sieblinie“ einander gegenübergestellt.

Tabelle 6-2: Berechnungssystematik, hier Probe 1 – AB 0/8 mit Asphaltgranulat

AB 0/8 mit Asphaltgranulat Werk 02		Einwaage gem. Chargenprotokoll									M.-%	
		< 0,09 [mm]	0,09 bis 0,25 [mm]	0,25 bis 0,71 [mm]	0,71 bis 2 [mm]	2 bis 5 [mm]	5 bis 8 [mm]	8 bis 11 [mm]	11 bis 16 [mm]	16 bis x [mm]		
Probe 1	Füller	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M.-%
	kg	205,00	205,00	0	0	0	0	0	0	0	0	kg
	Tasche 0-2	1,40	5,60	17,70	50,20	25,10	0	0	0	0	0	M.-%
	kg	882,00	12,35	49,39	156,11	442,76	221,38	0	0	0	0	kg
	Tasche 2-5	0	0	1,60	2,20	78,40	17,80	0	0	0	0	M.-%
	kg	294,00	0	0	4,70	6,47	230,50	52,33	0	0	0	kg
	Tasche 5-8	0	0	0	0,90	3,70	72,30	23,10	0	0	0	M.-%
	kg	447,00	0	0	0	4,02	16,54	323,18	103,26	0	0	kg
	Tasche 8-11	0	0	0	0	0,50	3,10	93,30	3,10	0	0	M.-%
	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg
	Tasche 11-16	0	0	0	0	0	0,80	11,00	79,10	9,10	0	M.-%
	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg
	Tasche 16-x	0	0	0	0	0	0	1,30	6,70	92,00	0	M.-%
	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg
	Granulat ¹⁾	11,70	9,10	12,60	21,50	28,20	15,30	1,60	0	0	0	M.-%
	kg	478,00	55,93	43,50	60,23	102,77	134,80	73,13	7,65	0	0	kg
	Summe	2306,00	273,28	92,89	221,04	556,02	603,22	448,64	110,91	0	0	kg
			11,85	4,03	9,59	24,11	26,16	19,46	4,81	0,00	0,00	M.-%

¹⁾ ohne Bindemittel

Zur Gegenüberstellung der Bindemittelgehalte werden zunächst die Differenzen D_C nach der allgemeinen Gleichung 6-25, $D_{EP,B}$ nach Gleichung 6-31 und $D_{CEP,B}$ nach Gleichung 6-32 und zusätzlich die relativen Fehler berechnet.

$$D_{C,B} = B_L - B_C$$

(siehe Gleichung 6-25)

$$D_{EP,B} = B_L - B_{EP}$$

(Gleichung 6-31)

$$D_{CEP,B} = B_C - B_{EP}$$

(Gleichung 6-32)

Abschnitt C (Anlage V)

Um genauere Aussagen über die Repräsentativität der Daten der routinemäßigen Eigenüberwachungsprüfungen zu erhalten, werden diese den Ergebnissen der Laboranalysen je Einzelprobe gegenübergestellt. Hierzu werden die im Labor der UniBwM ermittelten Bindemittel-, Füller-, Sand- und Splittgehalte den im Werklabor gewonnenen Ergebnissen der Eigenüberwachungsprüfung gegenübergestellt. Die Auswertung wurde beispielhaft an den Mischgutsorten AB 0/8 mit Asphaltgranulat aus den Werken 03 und 06 sowie an ATS 0/32 CS mit Siebumgehung aus dem Werk 03 durchgeführt, da hier eine ausreichende Anzahl an Eigenüberwachungsprüfungen vorlag. Die Ergebnisse sind in den Anlagen V 1 bis 3 zusammengefasst

Für die Auswertung ist eine weitere Aufbereitung der Daten nicht notwendig.

7 Auswertung

Hauptziel der Auswertung ist es, die tatsächlich im normalen Mischanlagenbetrieb erreichbare „Rezepturtreue“ zu ermitteln. Daher sind für diese Untersuchung die Abweichungen der Ist-Zusammensetzung des tatsächlich hergestellten Mischguts von seiner Sollrezeptur von zentraler Bedeutung. Da es um die Mischgutzusammensetzung geht, werden zur Analyse der Abweichungen, wie erwähnt, ausschließlich anteilige Größen (Bindemittelgehalt, Anteil der Mineralstoffsumme) verwendet. Sämtliche Größen sind in Masseprozent [M.-%] oder Ableitungen davon angegeben.

Zur Durchführung der Abweichungsanalyse wurden zahlreiche Datenauswertungen in verschiedenen Darstellungsformen durchgeführt, die unter Ziffer 6.3 ausführlich beschrieben wurden.

7.1 Systematische und zufällige Abweichungen

Die folgende Auswertung beruht auf Daten der Diagrammserien gemäß Anlage II und der Zusammenfassung in Anlage III.

Die systematischen Abweichungen werden nur am Mischgut *ohne* Asphaltgranulat ermittelt. Bei Mischgutsorten *mit* Asphaltgranulat ist eine Aufteilung wie bei den Sorten ohne Asphaltgranulat (s. u.) nicht möglich, da bei der Laboranalyse nicht zwischen neu zugegebenen und gebrauchten Baustoffkomponenten unterschieden werden kann. In diesem Fall können weder eine Tendenz noch die Größe des systematischen Fehlers ermittelt werden.

Um die systematischen Abweichungen bei der Mineralstoff- und Bindemittelinwaage der einzelnen Mischanlagen zu ermitteln, wurden alle möglichen Differenzen zwischen den drei Ausgangsgrößen *korrigierter Laborwert* (M_L), *Rezepturwert* (M_R) und *Chargenprotokollwert* (M_C), jeweils Anteil Mineralstoffsumme, gebildet:

$$D_{R,M} = M_L - M_R$$

(siehe Gleichung 6-18)

$$D_{C,M} = M_L - M_C$$

(siehe Gleichung 6-18)

$$D_{CR,M} = M_C - M_R$$

(siehe Gleichung 6-19)

Der Bindemittelgehalt (B_L , B_R und B_C), der der Komplementäranteil des Anteils der Mineralstoffsumme (M_L , M_R und M_C) ist, wird nicht ausgewertet, da sich diese Abweichungen lediglich analog umgekehrt verhalten.

Diese Differenzen werden hier nur dem Vorzeichen nach, nicht jedoch dem Betrag nach ausgewertet: Untersucht werden nun die möglichen unterschiedlichen Vorzeichenmuster, z. B. $++-$ für $D_{R,M} > 0$, $D_{C,M} > 0$ und $D_{CR,M} < 0$. Rein theoretisch sind dabei 8 verschiedene Kombinationen möglich, von denen aber 2 real nicht vorkommen können. Die den Kombinationen entsprechenden Fallunterscheidungen sind in Tabelle 7-1 aufgelistet.

Tabelle 7-1: Fallunterscheidung (Anteil Mineralstoffsumme)

	$D_{R,M}$	$D_{C,M}$	$D_{CR,M}$	Die Ausgangsgrößen in fallender Reihenfolge.
Fall 1	+	-	+	M_C, M_L, M_R
Fall 2	+	+	-	M_L, M_R, M_C
Fall 3	+	+	+	M_L, M_C, M_R
Fall 4	-	-	+	M_C, M_R, M_L
Fall 5	-	+	-	M_R, M_L, M_C
Fall 6	-	-	-	M_R, M_C, M_L
Fall 7	+	-	-	Kombination nicht möglich.
Fall 8	-	+	+	Kombination nicht möglich.

In Tabelle 7-2 sind nach Werk und Mischgutsorte getrennt die Häufigkeiten der einzelnen Abweichungsfälle bzw. der Vorzeichenmuster 1 bis 6 und eine Zusammenfassung wiedergegeben. In den Werken 01 und 06 überwiegt der Fall 4 und im Werk 03 der Fall 3. Das Werk 02 kann nicht eingeordnet werden, da für eine Zuordnung nur eine Mischgutsorte ohne Asphaltgranulatzugabe und damit insgesamt nur 11 Proben zur Verfügung standen. Im Werk 04 ergibt sich eine indifferente Situation, da die Häufigkeiten des Falls 2, 3 und des Falls 6 fast gleich sind.

Eine Abhängigkeit des Abweichungsfalles von der Mischanlage ist erkennbar.

Tabelle 7-2: Häufigkeit der Vorzeichenmuster (getrennt nach Werk und Mischgutsorte)

Werk	Fall	Mischgutsorte				„Zeilen- summe“	Zuordnung zu Fall ...
		AB 0/8 ohne Asphaltgranulat	SMA 0/8 S	SMA 0/11 S	ABi 0/22 S		
01	1	1	-	0	-	1	4
	2	0	-	0	-	0	
	3	0	-	0	-	1	
	4	10	-	7	-	17	
	5	0	-	2	-	2	
	6	0	-	2	-	2	
02	1	-	-	0	-	0	-
	2	-	-	0	-	0	
	3	-	-	0	-	0	
	4	-	-	0	-	0	
	5	-	-	5	-	5	
	6	-	-	6	-	6	
03	1	0	0	-	3	3	3
	2	1	1	-	0	2	
	3	8	10	-	7	25	
	4	2	0	-	1	3	
	5	0	0	-	0	0	
	6	0	0	-	0	0	
04	1	1	0	-	2	3	-
	2	7	4	-	0	11	
	3	0	1	-	6	7	
	4	1	0	-	2	3	
	5	0	2	-	0	2	
	6	2	4	-	1	7	
06	1	2	-	0	-	2	4
	2	0	-	1	-	1	
	3	1	-	0	-	1	
	4	6	-	8	-	14	
	5	1	-	0	-	1	
	6	1	-	2	-	3	
Spalten- summe je Fall	1	4	0	0	5	121	
	2	8	5	1	0		
	3	9	11	0	13		
	4	19	0	15	3		
	5	1	2	7	0		
	6	3	4	10	1		

Um zu prüfen inwieweit die Häufigkeit der einzelnen Vorzeichenmuster von den Mischgutsorten abhängt, wird für jede Mischgutsorte die Häufigkeit eines jeden Abweichungsfalles ermittelt. Bei der Auswertung der Ergebnisse, die in Tabelle 7-2 grau hinterlegt sind, können keine eindeutigen Abhängigkeiten zwischen Mischgutsorte und Vorzeichenmuster festgestellt werden.

Eine Abhängigkeit des Abweichungsfalles von der Mischgutsorte ist nicht erkennbar.

Bezüglich der Gründe für das Auftreten eines bestimmten Abweichungsmusters werden im Folgenden nur die am häufigsten auftretenden und für die Untersuchung relevanten Abweichungsfälle beschrieben. Dies sind die Fälle 2, 3 und 4.

Fall 2

Die Bedingungen für den Anteil Mineralstoffsumme [M.-%] lauten in diesem Fall $M_L > M_R$, $M_L > M_C$ und $M_R > M_C$, d. h. nach aufsteigender Größe geordnet, ergibt sich folgende Reihenfolge: Chargenprotokollwert, Rezepturwert, korrigierter Laborwert.

Als Erklärung kommen drei Möglichkeiten in Frage: Entweder es liegt eine Fehleinwaage der Mineralstoffe oder eine Fehleinwaage des Bindemittels oder eine Kombination von beiden, bei dem sich die beiden Fehler nicht gegenseitig kompensieren, vor.

Fall 3

Im Gegensatz zu Fall 2 sind alle betrachteten Differenzen des Anteils Mineralstoffsumme positiv, die des Bindemittelgehalts negativ. Der Laborwert des Anteils Mineralstoffsumme entspricht dem größten, der Rezepturwert dem kleinsten Wert. Beim Bindemittelgehalt, der der Komplementäranteil des Anteils der Mineralstoffsumme ist, verhalten sich diese Abweichungen analog umgekehrt. Die in der Rezeptur vorgegebenen Werte werden von den tatsächlichen Gesamtmineralstoff- und/oder Bindemittelinwaagen über- bzw. unterschritten.

Als Begründung kommen entweder ein zu großer tatsächlicher Mineralstoffanteil oder ein zu geringer Bindemittelgehalt oder eine Kombination von beiden in Betracht.

Fall 4

Bezogen auf die Mineralstoffkomponente sind in diesem Fall die korrigierten Laborwerte kleiner als die Vorgaben der Rezeptur und diese wiederum kleiner als die im Chargenprotokoll angegebenen Werte. Die Ergebnisse der Auswertung des Vergleiches „Bindemittelgehalt“ verhalten sich entgegengesetzt. Mögliche Gründe sind auch hier sowohl auf der Seite Mineralstoff- als auch auf der Seite Bindemittelinwaage zu suchen.

Gründe für die Abweichungen zwischen Rezeptur-, Chargenprotokoll- und Laborwerten können beispielsweise sein:

- Die Freifallkompensation der Steuerung stimmt nicht mit den tatsächlichen Bedingungen überein.
- Die Beruhigungszeiten sind zu kurz gewählt.
- Die Werte der Vorhaltemenge sind falsch eingestellt.
- Die Waagen sind dejustiert (Fehleinwaage der Mineralstoff- und der Bindemittelmengen).
- Der Behälter der Bindemittelwaage und/oder Mineralstoffwaage wurden nicht vollständig geleert.

Unter der o. a. Voraussetzung, dass der zufällige Fehler einer Normalverteilung mit dem Erwartungswert 0 gehorcht, kann der systematische Fehler mit dem Mittelwert des relativen Fehlers ($mrF_{R,M}$, $mrF_{R,B}$) abgeschätzt werden. In Bild 7-1 sind die mittleren relativen Fehler der Mischgutsorten ohne Asphaltgranulatzugabe, getrennt nach Mischanlagen, graphisch dargestellt. In analog aufgebauten Tabellen 7-3 und 7-4 sind für die relativen Fehler zwischen Labor- und Rezeptur- bzw. Chargenprotokollwert die Extremwerte (Spannweite), der Mittelwert und die Standardabweichung je Teilstichprobe angegeben. Tabelle 7-3 bezieht sich auf den Anteil Mineralstoffsumme (Index M), Tabelle 7-4 auf den Bindemittelgehalt (Index B).

Über die gesamte Tabelle 7-4 betrachtet, variiert der relative Fehler $rF_{R,B}$ zwischen -16,25 % (Werk 03, ABi 0/22 S) und 32,16 % (Werk 06, AB 0/8 ohne Asphaltgranulat) und der relative Fehler $rF_{R,M}$ (siehe Tabelle 7-3) zwischen -1,06 % (Werk 02, SMA 0/11 S) und 1,19 % (Werk 03, SMA 0/8 S). Die in Tabelle 7-3 und 7-4 wiedergegebenen Mittelwerte zeigen, dass die systematischen Fehler bezogen auf die Gesamtzusammensetzung für die Anteile Mineralstoffsumme im Vergleich zum Bindemittelgehalt geringer sind.

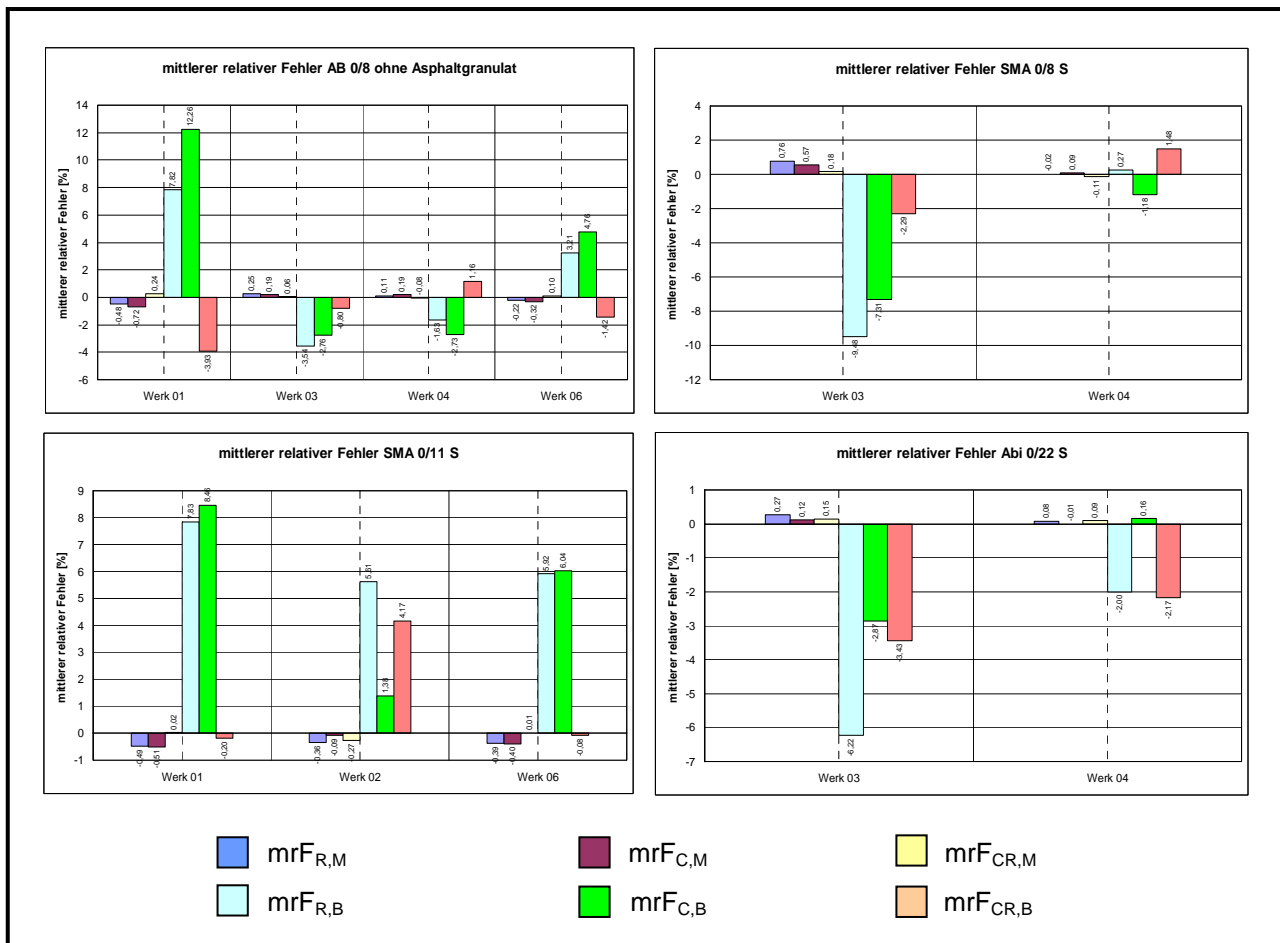


Bild 7-1: Mittlere relative Fehler der Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat (getrennt nach Werken)

Mit der Kenntnis, dass die Mischgutsorte die Häufigkeit der Abweichungsfälle nicht beeinflusst, kann für jedes Werk ein systematischer Fehler berechnet werden. Die Größe der systematischen Abweichung ist somit der Mittelwert über alle relativen Fehler eines Werks, unabhängig von der Mischgutsorte. Der Betrag der systematischen Abweichung je Werk für die Größen Anteil Mineralstoffsumme ($SF_{R,M}$) und Bindemittelgehalt ($SF_{R,B}$) ist in Tabelle 7-5 wiedergegeben.

Tabelle 7-3: Zusammenstellung der minimalen und maximalen relativen Fehler sowie die Mittelwerte und die Standardabweichungen der relativen Fehler der Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat (Anteil Mineralstoffsumme) [M.-%]

Werk		AB 0/8 o. Asphaltgranulat.			SMA 0/8 S			SMA 0/11 S			ABi 0/22 S		
		rF _{R,M}	rF _{C,M}	rF _{CR,M}	rF _{R,M}	rF _{C,M}	rF _{CR,M}	rF _{R,M}	rF _{C,M}	rF _{CR,M}	rF _{R,M}	rF _{C,M}	rF _{CR,M}
01	min.	-0,79	-1,01	0,17	-	-	-	-0,91	-0,91	-0,86	-	-	-
	max.	0,14	-0,10	0,32	-	-	-	-0,28	0,38	0,42	-	-	-
	mrF	-0,48	-0,72	0,24	-	-	-	-0,49	-0,51	0,02	-	-	-
	s	0,26	0,27	0,05	-	-	-	0,20	0,44	0,47	-	-	-
02	Min.	-	-	-	-	-	-	-0,76	-0,46	-0,54	-	-	-
	max.	-	-	-	-	-	-	-0,11	0,18	-0,11	-	-	-
	mrF	-	-	-	-	-	-	-0,36	-0,09	-0,27	-	-	-
	s	-	-	-	-	-	-	0,23	0,20	0,13	-	-	-
03	min.	-1,03	-1,07	-0,07	0,48	0,23	-0,17	-	-	-	-0,05	-0,27	0,02
	max.	0,90	0,88	0,11	1,18	1,35	0,33	-	-	-	0,71	0,54	0,27
	mrF	0,25	0,19	0,06	0,76	0,57	0,18	-	-	-	0,27	0,12	0,15
	s	0,50	0,50	0,05	0,18	0,29	0,14	-	-	-	0,25	0,25	0,07
04	min.	-0,21	-0,19	-0,22	-0,90	-0,83	-0,18	-	-	-	-0,19	-0,25	-0,005
	max.	0,43	0,53	0,15	0,53	0,71	0,12	-	-	-	0,29	0,20	0,145
	mrF	0,11	0,19	-0,08	-0,02	0,09	-0,11	-	-	-	0,08	-0,01	0,09
	s	0,21	0,26	0,10	0,39	0,40	0,08	-	-	-	0,16	0,14	0,04
06	min.	-2,20	-2,38	-0,10	-	-	-	-0,63	-0,65	-0,185	-	-	-
	max.	0,13	0,06	0,32	-	-	-	0,02	0,21	0,12	-	-	-
	mrF	-0,22	-0,32	0,10	-	-	-	-0,39	-0,40	0,01	-	-	-
	s	0,66	0,70	0,11	-	-	-	0,20	0,25	0,10	-	-	-

Tabelle 7-4: Zusammenstellung der minimalen und maximalen relativen Fehler sowie die Mittelwerte und die Standardabweichungen der relativen Fehler der Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat (Bindemittelgehalt) [M.-%]

Werk		AB 0/8 o. Asphaltgranulat.			SMA 0/8 S			SMA 0/11 S			ABi 0/22 S		
		rF _{R,B}	rF _{C,B}	rF _{CR,B}	rF _{R,B}	rF _{C,B}	rF _{CR,B}	rF _{R,B}	rF _{C,B}	rF _{CR,B}	rF _{R,B}	rF _{C,B}	rF _{CR,B}
01	min.	-2,12	1,59	-6,71	-	-	-	4,26	-5,43	-6,49	-	-	-
	max.	14,75	23,00	-2,60	-	-	-	14,73	14,99	13,99	-	-	-
	mrF	7,82	12,26	-3,93	-	-	-	7,83	8,46	-0,20	-	-	-
	s	4,51	5,44	1,15	-	-	-	3,40	6,92	7,46	-	-	-
02	min.	-	-	-	-	-	-	1,63	-2,57	1,71	-	-	-
	max.	-	-	-	-	-	-	11,72	6,80	8,34	-	-	-
	mrF	-	-	-	-	-	-	5,61	1,38	4,17	-	-	-
	s	-	-	-	-	-	-	3,51	2,59	1,95	-	-	-
03	min.	-13,02	-12,72	-1,61	-14,73	-16,51	-4,17	-	-	-	-16,25	-12,35	-6,09
	max.	14,76	15,46	1,01	-6,04	-2,97	2,13	-	-	-	1,08	6,55	-0,50
	mrF	-3,54	-2,76	-0,80	-9,48	-7,31	-2,29	-	-	-	-6,22	-2,87	-3,43
	s	7,14	7,30	0,78	2,28	3,45	1,69	-	-	-	5,64	5,92	1,69
04	min.	-6,23	-7,63	-2,13	-6,95	-9,10	-1,48	-	-	-	-7,09	-4,97	-3,57
	max.	3,41	2,77	3,22	11,81	10,69	2,36	-	-	-	4,58	6,24	0,11
	mrF	-1,63	-2,73	1,16	0,27	-1,18	1,48	-	-	-	-2,00	0,16	-2,17
	s	3,13	3,76	1,47	5,07	5,14	1,09	-	-	-	3,92	3,59	0,93
06	min.	-1,76	-0,81	-4,35	-	-	-	-0,37	-3,03	-1,82	-	-	-
	max.	32,16	35,84	1,33	-	-	-	9,40	9,87	2,75	-	-	-
	mrF	3,21	4,76	-1,42	-	-	-	5,92	6,04	-0,08	-	-	-
	s	9,65	10,48	1,53	-	-	-	2,92	3,69	1,42	-	-	-

Analog dazu können auch der Mittelwert der Standardabweichungen, die Spannweite der zufälligen Abweichung, für jedes Werk berechnet werden. Unter der Voraussetzung einer Normalverteilung beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass der zufällige Fehler ($ZF_{R,M}$, $ZF_{R,B}$) im Bereich der in der Tabelle 7-5 aufgelisteten Standardabweichungen liegt, bei 68,27 %.

Tabelle 7-5: Systematische und zufällige Fehler für Mischgut ohne Asphaltgranulat (getrennt nach Werken)

	Systematische Fehler		Zufällige Fehler (mittlere Standardabweichung)	
	$SF_{R,M}$ [%]	$SF_{R,B}$ [%]	$ZF_{R,M}$ [%]	$ZF_{R,B}$ [%]
Werk 01	-0,48	+7,83	±0,23	±3,95
Werk 02	-0,36	+5,61	±0,23	±3,51
Werk 03	+0,43	-6,41	±0,31	±5,02
Werk 04	+0,06	-1,12	±0,25	±4,04
Werk 06	-0,31	+4,57	±0,43	±6,39
Mittelwert	-0,13	+2,10	±0,29	±4,58

Eine Aussage über die Qualität und Zusammensetzung des Mischguts kann, da keine Angaben über die Auslastung der Siebanlage, über den Anteil an Unter- und Überkorn in den einzelnen Taschen, über die Genauigkeit der Verwiegung der einzelnen Komponenten usw. vorliegen, daraus nicht abgeleitet werden.

In Anlage III sind alle mittleren relativen Fehler ($mrF_{R,M}$ bzw. B, $mrF_{C,M}$ bzw. B, $mrF_{CR,M}$ bzw. B), die Standardabweichungen und die Varianzen getrennt nach Werk und Mischgutsorte tabellarisch zusammengefasst.

7.2 Varianzanalyse Mischgutsorte/Mischanlage

Die Abhängigkeit der „Rezepturtreue“ von Mischanlage und/oder Mischgutsorte wurde mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse überprüft. Um den Rechenaufwand einzuschränken müssen alle Zeilen/Spaltenelemente mit dem relativen Fehler des Bindemittelgehalts der Einzelprobe belegt sein (siehe Tabelle 7-6). Für die Untersuchung stehen somit die Mischgutsorten AB 0/8 mit Asphaltgranulat, AB 0/8 ohne Asphaltgranulat und ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung aus den Werken 01, 03, 04 und 06 sowie die Mischgutsorte SMA 0/11 S aus den Werken 01, 06 und die Mischgutsorte SMA 0/8 S aus den Werken 03, 04 zur Verfügung. Die Mischgutsorte SMA 0/11 S und SMA 0/8 S werden zu SMA 0/x S zusammengefasst. Das Werk 02 und alle nicht genannten Mischgutsorten blieben unberücksichtigt.

Die zweifaktorielle Varianzanalyse besteht hier aus dem Faktor „Werk“ und dem Faktor „Mischgutsorte“. Beide Faktoren sind wiederum 4stufig. Der Faktor „Werk“ besteht aus den 4 Stufen Werk 01, Werk 03, Werk 04 und Werk 06, der Faktor „Mischgut“ aus den Stufen AB 0/8 mit Asphaltgranulat, AB 0/8 ohne Asphaltgranulat, SMA 0/x S und ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung.

Tabelle 7-6: Wertetabelle der Varianzanalyse

Werk/Proben-Nr.		relativer Fehler (Bindemittelgehalt), $r_{F,R,B}$			
		AB 0/8 mit Asphaltgranulat	AB 0/8 ohne Asphaltgranulat	SMA 0/x S	ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung
Werk 01	1	3,012	8,691	7,804	17,839
	2	9,888	14,748	9,702	-1,758
	3	2,024	6,763	14,733	4,890
	4	3,991	4,726	5,304	-7,450
	5	4,682	4,168	13,066	17,230
	6	5,358	7,712	7,215	-10,888
	7	-1,417	10,079	4,737	25,569
	8	-0,715	-2,123	6,178	14,464
	9	4,613	12,344	5,559	-6,567
	10	11,821	9,981	4,258	11,043
	11	0,190	8,910	7,533	16,073
Werk 03	1	-6,160	-3,615	-9,961	0,295
	2	0,011	-2,900	-10,703	-9,702
	3	3,540	14,764	-14,734	-22,585
	4	12,230	-13,016	-6,043	-2,584
	5	-5,150	-2,695	-7,691	3,413
	6	0,274	0,369	-8,073	-3,995
	7	5,980	-9,079	-8,453	-8,811
	8	21,462	-8,381	-8,873	-3,931
	9	-4,856	-2,303	-10,202	-4,444
	10	11,176	-5,835	-11,067	-3,465
	11	13,941	-6,296	-8,426	-4,444
Werk 04	1	5,504	1,517	2,776	-0,693
	2	7,392	-1,820	-3,198	5,544
	3	0,258	-1,917	-6,955	-7,245
	4	3,044	3,138	-6,136	-3,285
	5	4,854	-6,235	-0,267	-15,227
	6	3,417	-5,364	0,872	-17,911
	7	6,394	-4,372	0,134	-12,780
	8	6,182	3,035	2,792	1,637
	9	0,730	-1,666	2,219	-3,247
	10	3,456	-2,390	-1,080	0,074
	11	4,370	-1,862	11,812	1,082
Werk 06	1	27,114	32,161	3,991	7,453
	2	0,201	1,018	8,515	0,394
	3	-1,076	0,713	6,760	15,544
	4	0,296	0,482	6,208	16,612
	5	-1,508	1,407	3,462	5,863
	6	1,299	1,461	-0,366	4,104
	7	1,390	-0,392	9,397	7,599
	8	-15,750	-0,890	4,169	9,408
	9	30,034	0,523	6,219	-2,210
	10	0,905	0,612	9,254	-1,360
	11	4,288	-1,758	7,466	-3,550

Geprüft werden 3 voneinander unabhängige Nullhypothesen die sich auf die Haupteffekte Werk und Mischgutsorte und deren Interaktion beziehen. In dieser Untersuchung sind dies die Hypothesen

- H_S : die Mischgutsorten gehören der Grundgesamtheit mit gleichen Mittelwerten an,
- H_A : die Mischanlagen gehören der Grundgesamtheit mit gleichen Mittelwerten an und
- $H_{S \times A}$: zwischen den beiden Faktoren besteht keine Interaktion.

Die Rechenergebnisse der Varianzanalyse sind in Tabelle 7-7 zusammengefasst. Die empirischen F-Werte werden nun den Tabellenwerten der F-Verteilung, der mit einem Freiheitsgrad 3 und einem 0,05-Signivikanzniveau 3,915 beträgt, gegenübergestellt. Somit ist die Hypothese H_S , da der empirische F-Wert (2,367) kleiner als der Tabellenwert (3,915) ist, anzunehmen. Mit anderen Worten, alle Mischgutsorten gehören der selben Grundgesamtheit an. Im Gegensatz dazu ist die Hypothese H_A , der empirische Mittelwert (19,149) ist größer als der Tabellenwert (3,915), zu verwerfen. Die Mischanlagen gehören somit nicht der gleichen Grundgesamtheit an. Die Hypothese $H_{S \times A}$ ist zurückzuweisen. Es bestehen somit Wechselwirkungen zwischen Mischgutsorte und Mischanlage.

Mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse konnte nachgewiesen werden, dass die „Rezepturtreue“ im Wesentlichen durch die Mischanlage und weniger durch die Mischgutsorte beeinflusst wird.

Tabelle 7-7: Ergebnistabelle der Varianzanalyse

	QS	df	σ^2	empirischer F-Wert	F-Wert gem. F-Verteilung	Varianzaufklärung
Sorte	355,37	3	118,46	2,367	3,915	2,80
Werk	2875,40	3	958,47	19,149	3,915	22,66
Kombination	1450,62	9	161,18	3,220	1,955	11,43
Fehler	8008,47	160	50,05	-	-	-
Total	12689,86	175	-	-	-	-

7.3 Vergleich der Mischgutsorten

7.3.1 Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat

Mit den in Bild 7-1 dargestellten mittleren relativen Fehler (Laborwert/Rezepturwert, Laborwert/Chargenprotokollwert und Chargenprotokollwert/Rezepturwert) wird die „Rezepturtreue“ bei der Asphaltherstellung im praktischen Mischanlagenbetrieb und die Einhaltung der Grenzen der Regelwerke überprüft. Hierzu werden die mittleren relativen Fehler der Abweichungen der Gesamtmineralstoffanteile sowie diejenigen der Bindemittelgehalte, die sich für die einzelnen Mischgutsorten ergeben, gegenübergestellt.

Mittlerer relativer Fehler „Anteil Mineralstoffsumme“

Die absoluten mittleren relativen Fehler des „Anteils Mineralstoffsumme“ liegen beim Vergleich Laborwert/Rezepturwert ($mrF_{R,M}$) zwischen -0,49 % und 0,76 %. Betrachtet man zusätzlich die anderen Ergebnisse, Laborwert/Chargenwert ($mrF_{C,M}$; -0,72 % bis 0,57 %) und Chargenwert/Rezepturwert ($mrF_{CR,M}$; -0,27 % bis 0,24 %), so zeigt sich, dass diese relativ klein sind. Die sehr geringen Abweichungen zwischen den Vorgaben der Rezeptur und den Chargenprotokollwerten weisen auf geringe Abweichungen zwischen dem durch die Rezeptur vorgegebenen Sollwert und der tatsächlich eingewogenen Istmasse der Gesamtmineralstoffe hin. Eine Bewertung der Wägegenauigkeit je Korngruppe erfolgt nicht, da hier aus den o. g. Gründen nur die Gesamtzusammensetzung des Mischguts betrachtet wird. Die ermittelten geringen Abweichungen lassen aber noch keinen Rückschluss auf eine richtige Kornverteilung zu, der nur mit Hilfe eines Sieblinienvergleichs erfolgen kann.

Sieblinien

Die Qualität des Mischguts ist nicht nur vom richtigen Bindemittelgehalt sondern auch von der richtigen Korngrößenverteilung abhängig. Deshalb ist nach den *ZTV Asphalt* für jede Durchschnittsprobe der Bindemittelgehalt und die Korngrößenverteilung, getrennt nach Füller, Sand- und Splittkörnungen, zu ermitteln und den für das jeweilige Mischgut zulässigen Toleranzgrenzen gegenüberzustellen. Für jede Probe sind die Massenanteile [M.-%] der Kornbereiche Füller, Sand und Splitt zu ermitteln, und sofern durch die Eignungsprüfung diesbezüglich „Sollwerte“ vorgegeben werden, mit diesen zu vergleichen.

In den *ZTV T* ist für jede Probe der Bindemittelgehalt und in Abhängigkeit der Vorgaben der Eignungsprüfung eine maximale Toleranzgrenze für die Kornanteile über 2 mm und unter 0,09 mm definiert. Für die Mischgutart B, C und CS sind weitere Kornanteile, z. B. über 16 mm, zu prüfen. Für die vorliegende Untersuchung ist dieses Verfahren aufgrund der geringen Aussagekraft hinsichtlich der tatsächlichen Korngrößenverteilung zu ungenau und wird deswegen in diesem Teil der Untersuchung nicht angewandt.

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, werden die Sieblinien, die im Labor UniBwM für jede einzelne Mischgutprobe ermittelt wurden, der „Sollsieblinie“, die durch die Eignungsprüfung vorgegeben war und der Mischgutherstellung zugrunde lag, gegenübergestellt. Zusätzlich wird jede Sieblinie daraufhin überprüft, ob diese innerhalb des „geforderten Sieblinienbereichs“, den die *ZTV Asphalt* bzw. *ZTV T* für jede Mischgutsorte vorschreiben, liegt.

Die oben beschriebene Siebliniengegenüberstellung zeigt, dass 98 von 121 Sieblinien – also mit einer Wahrscheinlichkeit von 81 % – innerhalb des für die jeweilige Mischgutsorte „geforderten Sieblinienbereichs“ liegen. Einzelne Sieblinien aus den Probenanalysen der Mischgutsorten AB 0/8 ohne Asphaltgranulat und SMA 0/11 S aus dem Werk 01, SMA 0/11 S aus dem Werk 02, ABi 0/22 S aus dem Werk 03 und SMA 0/11 S aus dem Werk 06 sowie 10 von 11 Sieblinien aus den Untersuchungen der Mischgutsorte AB 0/8 ohne Asphaltgranulatzugabe liegen außerhalb der zulässigen Grenzen.

Stellvertretend für alle anderen Gegenüberstellungen wird der „Sieblinienvergleich“ der untersuchten Mischgutsorte AB 0/8 ohne Asphaltgranulatzugabe aus dem Werk 06 näher erläutert. In Bild 7-2 sind die Sieblinien der 11 Proben und der dazugehörigen Eignungsprüfung der Mischgutsorte AB 0/8 ohne Asphaltgranulat (Werk 06) sowie die in den *ZTV Asphalt* (Heißeinbau) festgelegten Grenzen wiedergegeben. Man erkennt, dass außer der „Sollsieblinie“ eine einzige Sieblinie im Toleranzbereich liegt. Alle anderen Sieblinien liegen außerhalb der Grenzen dicht beieinander. Diese nicht im geforderten „Sieblinienbereich“ liegenden Sieblinien weisen auf einen zu geringen Mineralstoffanteil der Korngruppe 0,09/2 mm hin. Als mögliche Gründe kommen eine defekte Siebanlage, eine zu kurze Verschlussöffnungszeit der „Sand-Mineralstofftasche“ oder ein oder mehrere zu lang geöffnete Verschlüsse der Mineralstofftaschen mit den größeren Korngruppen in Frage.

Eine weitere Ursache kann auch eine in der Steuerung falsch eingestellte Rezeptur sein. Da das Mischgut im Werk längere Zeit nicht hergestellt wurde und ausschließlich für diese Untersuchung gemischt wurde, führte möglicherweise eine „alte“ oder falsche Rezeptureinstellung zu diesen Abweichungen.

Generell ist anzumerken, dass die in den Sieblinien-Diagrammen der *ZTV Asphalt* und *ZTV T* angegebenen Grenzen der Anforderungsbereiche in Form stetiger Kurven durch die numerischen und einzig verbindlichen Angaben dieser Regelwerke nicht gedeckt sind. Genau genommen ergäben sich die Anforderungsbereiche, die durch Treppenkurven, deren Knickpunkte durch die numerischen Angaben bestimmt sind, begrenzt werden. Bild 7-3 verdeutlicht das beispielhaft an dem in Bild 7-2 wiedergegebenen Anforderungsbereich gemäß Sieblinien-Diagramm der *ZTV Asphalt*.

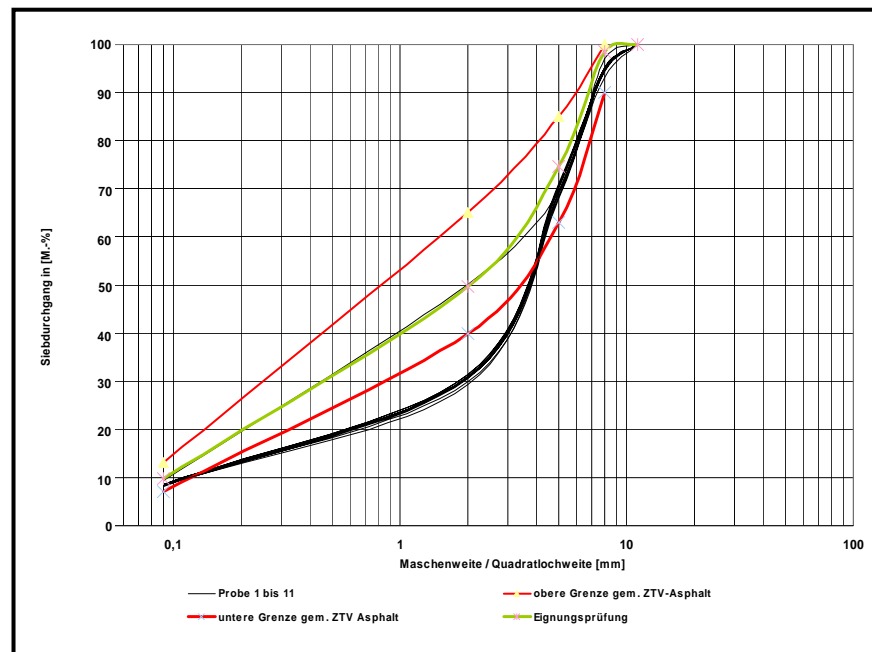


Bild 7-2: Sieblinien des AB 0/8 ohne Asphaltgranulat – Werk 06

Mittlerer relativer Fehler „Bindemittelgehalt“

Die mittleren relativen Fehler der Größe „Bindemittelgehalt“ sind auf den ersten Blick verhältnismäßig groß. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Fehler, absolut betrachtet, kleiner ist als derjenige des „Anteils Mineralstoffsumme“, da der Anteil des Bindemittels an der Gesamtmasse vergleichsweise gering ist. Die mittleren relativen Fehler Chargenprotokollwert/Rezeptur ($mrF_{CR, B}$) liegen zwischen -3,93 % (Werk 01) und 4,17 % (Werk 02). Im Vergleich zu den mittleren relativen Fehlern Laborwert/Rezepturvorgabe ($mrF_{R, B}$, -9,48 % bis 7,83 %) bzw. Laborwert/Chargenprotokollwert ($mrF_{C, B}$, -7,31 % bis 12,26 %)

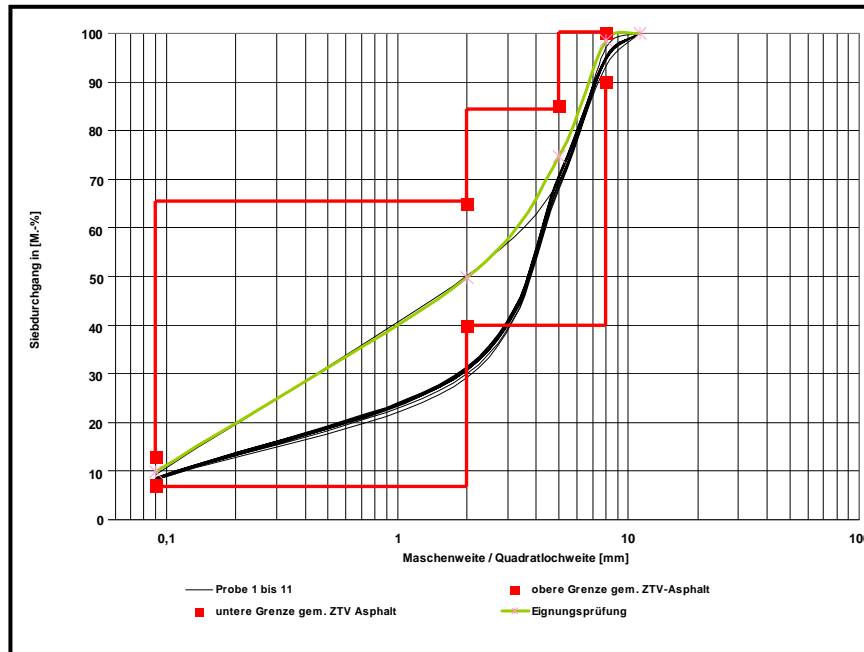


Bild 7-3: Sieblinien des AB 0/8 ohne Asphaltgranulat – Werk 06 (numerisch abgeleiteter Anforderungsbereich gemäß ZTV Asphalt)

sind die Abweichungen der Einwaage zum vorgegebenen Rezepturwert ($m_{rF_{CR, B}}$) mit einem Mittelwert – je nach Mischgutsorte und Werk – zwischen -3,93 % und 4,17 % verhältnismäßig klein.

In der Tabelle 7-8 sind die Häufigkeiten der Überschreitungen der Toleranzen durch die einzelnen Bindemittelgehalte (B_R , B_C , B_L) je Werk und Mischgutsorte zusammengestellt. Die Verteilung der Überschreitungshäufigkeiten zeigt, dass die Mischgutsorte keinen Einfluss auf die „Rezepturtreue“ hat.

Der Vergleich der aus den Einzelergebnissen (B_L) gebildeten Mittelwerte (m_{B_L}) mit den Toleranzgrenzen zeigt, dass – mit Ausnahme der Mischgutsorte AB 0/8 ohne Asphaltgranulat aus dem Werk 06 – alle aus den Laborergebnissen berechneten Mittelwerte innerhalb der Toleranzen liegen (siehe Tabelle 7-9).

Als Grund der Abweichungen (Bindemittelgehalt und Anteil Mineralstoffsumme) sind die unter Ziffer 7.1 genannten Faktoren denkbar.

Tabelle 7-8: Häufigkeit der Nichteinhaltung der Toleranzen je Mischgutsorte (ohne Asphaltgranulat) und Werk – Einzelprobe (jeweils 11 Proben)

Werk	AB 0/8 ohne Asphaltgranulat			SMA 0/8 S			SMA 0/11 S			ABi 0/22 S		
	B _R	B _C	B _L	B _R	B _C	B _L	B _R	B _C	B _L	B _R	B _C	B _L
01	1	11	2	-	-	-	5	9	0	-	-	-
02	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-
03	0	0	2	0	1	1	-	-	-	0	0	0
04	0	0	0	0	0	1	-	-	-	0	0	0
06	0	0	1	-	-	-	0	0	0	-	-	-

B_R Bindemittelgehalt gem. Rezeptur
 B_C Bindemittelgehalt gem. Chargenprotokoll
 B_L korrigierter, im Labor UniBwM ermittelter Bindemittelgehalt

Tabelle 7-9: Gegenüberstellung: Mittelwert (mB_L) und Toleranzen (Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat)

Werk	AB 0/8 ohne Asphaltgranulat			SMA 0/8 S			SMA 0/11 S			ABi 0/22 S		
	mB _L	T _o	T _u	mB _L	T _o	T _u	mB _L	T _o	T _u	mB _L	T _o	T _u
01	6,31	6,70	6,10	-	-	-	6,39	6,80	6,20	-	-	-
02	-	-	-	-	-	-	6,44	6,80	6,20	-	-	-
03	6,27	6,70	6,10	6,70	7,30	6,70	-	-	-	3,94	4,30	3,70
04	6,29	6,70	6,10	7,14	7,30	6,70	-	-	-	3,79	4,30	3,70
06	6,97	6,70	6,10	-	-	-	6,63	6,80	6,20	-	-	-

T_o obere Grenze gem. ZTV Asphalt bzw. ZTV T [M.-%]
 T_u untere Grenze gem. ZTV Asphalt bzw. ZTV T [M.-%]
 mB_L Mittelwert der im Labor UniBwM ermittelten, korrigierten Bindemittelgehalte [M.-%]

7.3.2 Mischgutsorten mit Asphaltgranulat

Die Untersuchung der Mischgutsorten *mit* Asphaltgranulat erfolgt analog zur Untersuchung *ohne* Asphaltgranulat. In Bild 7-4 sind die mittleren relativen Fehler der Differenzen Laborwert/Rezepturwert ($mrF_{R,M}$ bzw. B), Laborwert/Chargenprotokollwert ($mrF_{C,M}$ bzw. B) der „Anteile Mineralstoffsumme“ (Index M) und Bindemittelgehalt (Index B) dargestellt. Der Berechnung des mittleren relativen Fehlers ($mrF_{CR,M}$ bzw. B) werden – im Gegensatz zu den mittleren relativen Fehlern $mrF_{R,M}$ bzw. B und $mrF_{C,M}$ bzw. B – nur die Differenzen der Masseanteile der ungebrauchten Mineralstoffe und des neu zugegebenen Bindemittels zugrunde gelegt, d. h. der aus dem Asphaltgranulat stammende Anteil wird nicht berücksichtigt.

Zu untersuchen ist die „Rezepturtreue“ im praktischen Mischanlagenbetrieb. Wie bereits bei der Untersuchung der Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat werden auch hier die Gesamtmineralstoffanteile sowie die Anteile des Bindemittelgehalts der einzelnen Mischgutsorten mit Asphaltgranulat miteinander verglichen.

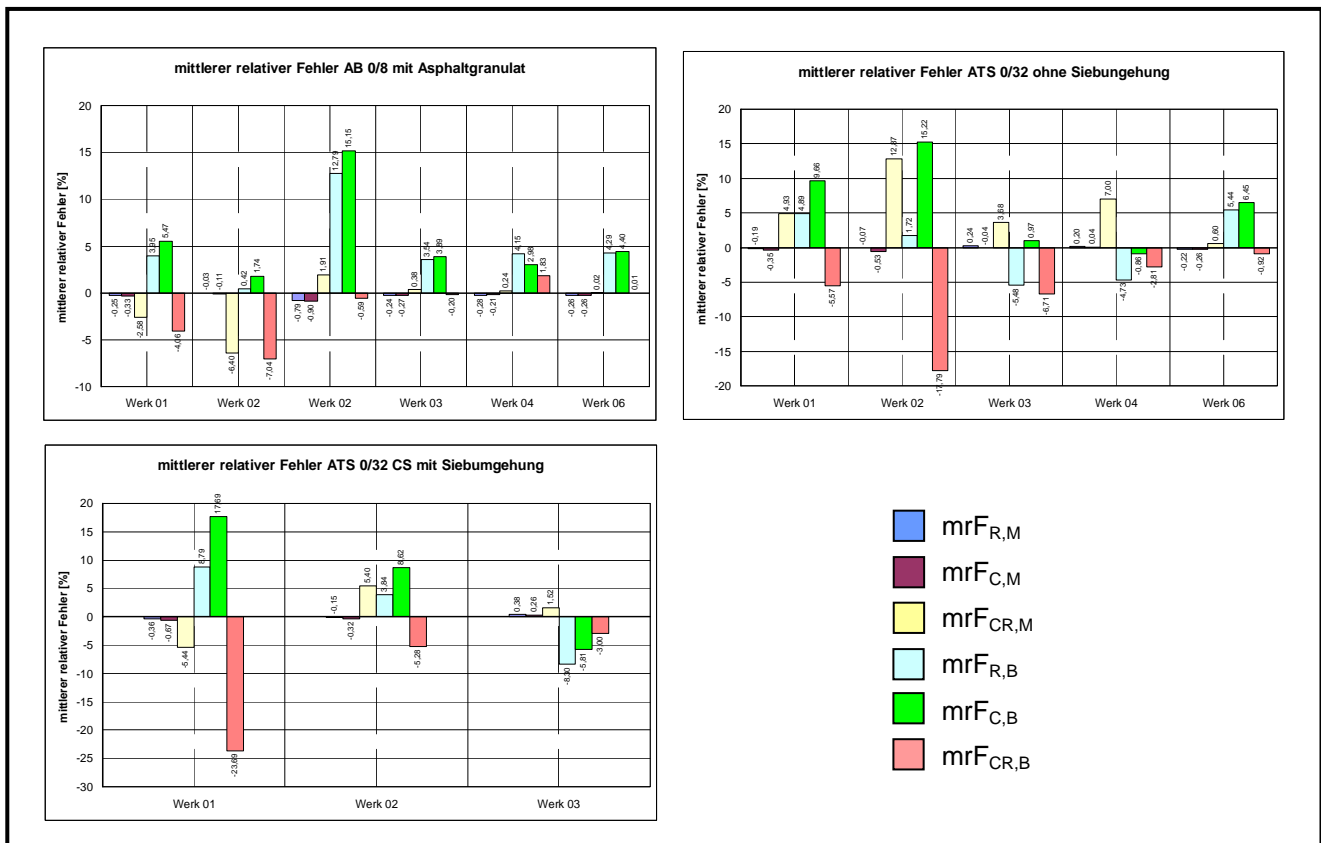


Bild 7-4: Mittlere relative Fehler der Mischgutsorten mit Asphaltgranulat (getrennt nach Werken)

Mittlerer relativer Fehler „Anteil Mineralstoffsumme“

Die mittleren relativen Fehler des korrigierten Laborwerts für den „Anteil Mineralstoffsumme“ bezogen auf den Rezepturwert ($mrF_{R,M}$) liegen zwischen -0,79 und 0,38 % und die entsprechenden Fehler bezogen auf den Chargenprotokollwert ($mrF_{C,M}$) im Bereich -0,90 und 0,26 %. Vergleicht man den mittleren relativen Fehler Chargenprotokollwert/Rezepturwert ($mrF_{CR,M}$) mit den beiden o. g. mittleren relativen Fehlern, so zeigt sich, dass dieser verhältnismäßig groß ist (-6,4 bis 12,87 %), mit anderen Worten, die Differenzen der Anteile [M.-%] der „neuen“, d. h. ungebrauchten Komponenten weichen stark voneinander ab. **Eine Abhängigkeit der mittleren relativen Fehler von der Mischgutsorte lässt sich, wie bereits mit der Varianzanalyse festgestellt, nicht nachweisen.** Eine Aussage bezüglich der Qualität der Korngrößenverteilung ist damit nicht verbunden.

Sieblinien

Der „Sieblinienvergleich“ erfolgt hier analog zur Auswertung der Kornzusammensetzung der Mischgutproben aus dem Mischgut ohne Asphaltgranulat.

Die Sieblinie, die für jede Mischgutprobe ermittelt wurde, wird der für das Mischgut gültigen „Sollsieblinie“ (gemäß Eignungsprüfung) und der geforderten Lage der Sieblinien gemäß *ZTV Asphalt* bzw. *ZTV T* gegenübergestellt. **Die Auswertung zeigt, dass die einzelnen Sieblinien in keinem Fall die für das jeweilige Mischgut geforderten Bereiche überschreiten. Eine Abhängigkeit der „Rezepturtreue“ von der Mischgutsorte kann nicht festgestellt werden.**

Mittlerer relativer Fehler „Bindemittelgehalt“

Die mittleren relativen Fehler der Größe „Bindemittelgehalt“ sind auch in diesem Fall, aus dem bereits unter „Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat“ genannten Grund, sehr groß. Die einzelnen Werte der mittleren relativen Fehler $mrF_{R,B}$, $mrF_{C,B}$ und $mrF_{CR,B}$ können dem Bild 7-4 entnommen werden.

In Tabelle 7-10 sind die Häufigkeiten der Überschreitungen der Toleranzgrenzen der *ZTV Asphalt* bzw. *ZTV T* durch die einzelnen Bindemittelgehalte B_R , B_C und B_L zusammengefasst. **Die Tabelle zeigt, dass, wie auch schon die Auswertung der Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat bestätigt hat, kein Zusammenhang zwischen Mischgutsorte und „Rezepturtreue“ nachweisbar ist.**

Tabelle 7-10: Häufigkeit der Nichteinhaltung der Toleranzen je Mischgutsorte (mit Asphaltgranulat) und Werk – Einzelprobe (jeweils 11 Proben)

Werk	AB 0/8 mit Asphaltgranulat			ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung			ATS 0/32 CS mit Siebumgehung		
	B_R	B_C	B_L	B_R	B_C	B_L	B_R	B_C	B_L
01	8	8	0	0	2	2	0	0	2
02	1	3	1	0	6	1	0	0	0
03	0	0	3	0	0	2	0	0	0
04	0	0	1	0	0	1	-	-	-
06	0	0	3	3	3	3	-	-	-
B_R	Bindemittelgehalt gem. Rezeptur								
B_C	Bindemittelgehalt gem. Chargenprotokoll								
B_L	korrigierter im Labor UniBwM ermittelter Bindemittelgehalt								

Aus Tabelle 7-11 ist ersichtlich, dass der mittlere, aus den einzelnen Laborergebnissen berechnete Bindemittelgehalt (mB_L) der Mischgutsorten AB 0/8 mit Asphaltgranulat der Werke 03 und 06 die Obergrenze, die aus dem Bindemittelgehalt der Eignungsprüfung plus den Toleranzen gemäß *ZTV Asphalt* berechnet wurde, überschreitet.

Die bei den Mischgutsorten ohne Asphaltgranulatzugabe genannten Gründe für die auftretenden Abweichungen sind auch auf die Untersuchungsergebnisse der Mischgutsorten mit Asphaltgranulat übertragbar. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Auswertungsergebnisse beispielsweise durch Wägefehler bei der Asphaltgranulatmenge und durch eine schwankende Asphaltgranulatzusammensetzung beeinflusst werden könnten.

Tabelle 7-11: Gegenüberstellung: Mittelwert (mB_L) und Toleranzen (Mischgutsorten mit Asphaltgranulat)

Werk	AB 0/8 mit Asphaltgranulat			ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung			ATS 0/32 CS mit Siebumgehung		
	mB _L	T _o	T _u	mB _L	T _o	T _u	mB _L	T _o	T _u
01	6,11	6,70	6,10	3,88	4,35	3,65	3,60	4,35	3,65
02	6,25 6,61	6,70	6,10	3,93	4,35	3,65	4,00	4,35	3,65
03	6,72	6,70	6,10	4,03	4,35	3,65	4,03	4,35	3,65
04	6,64	6,70	6,10	3,70	4,35	3,65	-	-	-
06	6,82	6,70	6,10	3,96	4,35	3,65	-	-	-
T _o obere Grenze gem. ZTV Asphalt bzw. ZTV T									
T _u untere Grenze gem. ZTV Asphalt bzw. ZTV T									
mB _L Mittelwert der im Labor UniBwM ermittelten, korrigierten Bindemittelgehalte [M.-%]									

7.4 Vergleich der Mischanlagen

Der Vergleich der Mischgutqualität in Abhängigkeit von der Mischanlage zeigt, dass in allen Mischanlagen, sofern man nur die aus den einzelnen Laborergebnissen berechneten Mittelwerte betrachtet, Mischgut hergestellt wird, das grundsätzlich den Anforderungen der Regelwerke entspricht.

Unabhängig davon, dass die Korngrößenverteilung einzelner Chargen geringfügig von der durch die Eignungsprüfung vorgegebenen Kornzusammensetzung abweicht, liegen, mit Ausnahme der aus dem Werk 06 untersuchten Mischgutproben der Sorte AB 0/8 ohne Asphaltgranulat (siehe Bild 7-2), alle Sieblinien innerhalb des – gemäß den gültigen Regelwerken – zulässigen Toleranzbereichs. Im Weiteren wird, da die Sieblinien mit wenigen Ausnahmen innerhalb der Toleranzgrenzen liegen, auf eine Siebliniengegenüberstellung verzichtet. Ein weiterer Vorteil der Auswertung der Größe „Bindemittelgehalt“ liegt darin, dass die Dosierung der Bindemittelmenge nur aus *einem* Wägevorgang besteht und die Gegenüberstellung der einzelnen Bindemittelgehalte und der „Sollbindemittelgehalte“ gemäß Eignungsprüfung einfacher durchgeführt werden kann. Die abweichende Korngrößenverteilung der aus dem Werk 06 stammenden Mischgutproben AB 0/8

ohne Asphaltgranulat wurde bereits unter Ziffer 7.3.1 „Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat“ erläutert.

Tabelle 7-12: Summe Über-/Unterschreitungshäufigkeit

Werk	Baujahr	Summe aus den Mischgutsorten <i>mit</i> und <i>ohne</i> Asphaltgranulat			Anzahl der untersuchten Proben
		B _R	B _C	B _L	
01	1990	14	30	6	55
02	1990	1	9	2	44
03	1994	0	1	8	66
04	1993	0	0	3	55
06	2003	3	3	7	44
B _R	Bindemittelgehalt gem. Rezeptur				
B _C	Bindemittelgehalt gem. Chargenprotokoll				
B _L	korrigierter im Labor UniBwM ermittelter Bindemittelgehalt				

Es ist zu berücksichtigen, dass eigentlich nur der korrigierte Laborwert B_L dem vorhandenen Bindemittelgehalt je Einzelprobe entspricht und den Anforderungen der *ZTV Asphalt* und *ZTV T* gegenübergestellt werden kann. Um jedoch die Vermutung mit untersuchen zu können, dass womöglich mit einer nicht optimal justierten und kalibrierten Mischanlage dennoch Mischgut, welches den Vorgaben der Regelwerke entspricht, hergestellt werden kann, werden zusätzlich die aus den Rezeptur- und Chargenprotokollwerten berechneten theoretischen Bindemittelgehalte (B_R und B_C) dem „Sollbindemittelgehalt“ gemäß Eigenschaftsprüfung gegenübergestellt.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Werk und Mischgutqualität wird der Bindemittelgehalt B_R, B_C und B_L jeder einzelnen Probe dem „Sollbindemittelgehalt“ gemäß Eigenschaftsprüfung gegenübergestellt. Analog zu den vorangegangenen Auswertungen wird auch hier für jedes Werk die Summe der Über- bzw. Unterschreitungshäufigkeiten der einzelnen Bindemittelgehalte B_R, B_C und B_L für die Auswertung herangezogen. In Tabelle 7-12 sind die Summen der Ergebnisse der Tabelle 7-8 (ohne Asphaltgranulat) und 7-10 (mit Asphaltgranulat) zusammengefasst. Die Tabelle 7-12 zeigt, dass das Werk 01 einerseits mit 14 Über- bzw. Unterschreitungen die größte Anzahl an Abweichungen beim B_R und B_C aufweist, andererseits die im Labor der UniBwM ermittelten tatsächlichen Bindemittelgehalte den Toleranzbereich nur in 6 Fällen überschreiten. Im Gegensatz dazu überschreiten im Werk 04 die einzelnen Bindemittelgehalte gemäß Chargenprotokollwert (B_C) und Rezepturwert (B_R) niemals und die Einzelwerte des tatsächlichen Bindemittelgehalts (B_L) 3-mal die Grenze. Daraus folgt, dass zunächst nicht von den beiden theoretischen Größen auf den tatsächlich vorhandenen Bindemittelgehalt geschlossen werden

kann (siehe auch Ziffer 7.5). Damit zeigt sich aber auch, dass die Mischgutqualität, wie zu erwarten war, wesentlich von der Trimmung der Anlagesteuerung abhängt.

Aus Tabelle 7-11 ist weiter ersichtlich, dass die Anzahl der Über- und Unterschreitungen der Bindemittelgehalte (B_L) von Werk zu Werk stark schwankt. Im Gegensatz zu Werk 02 mit 2 Abweichungen vom möglichen Toleranzbereich liegt die Abweichung bei Werk 03 bei 8. Damit ist, wie mit der Varianzanalyse festgestellt, eine klare Abhängigkeit der Mischgutqualität vom Werk gegeben.

Bei der Suche nach Erklärungsgründen dafür hat sich herausgestellt, dass das Alter der Mischanlage nicht ausschlaggebend ist: Das Werk 06 (Baujahr 2003) hat mit 7 Über- und Unterschreitungen (bei max. 44 möglichen) wesentlich mehr Abweichungen als das Werk 02 (Baujahr 1990) mit 2 Überschreitungen (von max. 44 möglichen). Mögliche Gründe für die Über- bzw. Unterschreitungen wurden bereits oben genannt.

7.5 Chargenprotokolldaten

Ein Untersuchungsziel war die Klärung der Frage, inwieweit die im Chargenprotokoll zur Verfügung stehenden Daten zur Gütesicherung und als Überwachungsinstrument der Produktion geeignet sind. Für die Überprüfung werden die Laborergebnisse und die Chargenprotokolldaten gegenübergestellt; denn nur wenn die Chargenprotokollwerte die durch die Laborwerte repräsentierte tatsächliche Mischgutzusammensetzung mit ausreichender Genauigkeit wiedergeben, kommt das Chargenprotokoll als Gütesicherungsinstrument überhaupt in Frage. Die Überprüfung erfolgt beispielhaft an den Mischgutsorten AB 0/8 mit Asphaltgranulat, SMA 0/11 S sowie ATS 0/32 CS über Heißabsiebung aus dem Werk 02, da nur hierfür die Über- und Unterkornanteile der Korngruppen in den jeweiligen Mineralstofftaschen bekannt sind (siehe Ziffer 5.2.2). Die Auswertung erfolgt in zwei Teilen.

In Teil 1 wird je Probe die im Labor ermittelte Sieblinie („Laborsieblinie“) einer „berechneten Sieblinie“ gegenübergestellt. Die Sieblinie wird gemäß der in Tabelle 6-2 abgebildeten Systematik berechnet. In Anlage IV 1 bis IV 3 sind für jede einzelne Probe die „Laborsieblinie“ und „berechnete Sieblinie“ einander gegenübergestellt.

Der Teil 2 enthält den Vergleich des gemäß Laboruntersuchung vorhandenen und korrigierten Bindemittelgehalts mit dem aus den Chargenprotokollwerten berechneten Binde-

mittelgehalt sowie den Vergleich mit dem Bindemittelgehalt gemäß Eignungsprüfung. Bei der Untersuchung von Mischgutsorten mit Asphaltgranulat erfolgt die Berechnung des Bindemittelgehalts B_c nach Gleichung 6-24 bzw. 6-28.

In der Untersuchung wird vorausgesetzt, dass die Anlage bestimmungsgemäß betrieben wird, d. h. die Mineraltascheninhalte entsprechen der definierten Korngröße, die Siebanlage ist nicht überlastet, die Waagen und Dosiereinrichtungen sind nicht defekt, die Steuerungstoleranzen werden nicht über- bzw. unterschritten usw.

Gegenüberstellung der „Laborsieblinie“ und „berechnete Sieblinie“ (Teil 1)

Auffallend sind die geringen Abweichungen zwischen der tatsächlichen und der „berechneten Sieblinie“ bei den Mischgutsorten AB 0/8 mit Asphaltgranulat und SMA 0/11 S. Im Vergleich hierzu sind die Unterschiede zwischen den beiden Sieblinien bei der Mischgutsorte ATS 0/32 CS etwas größer. Mit steigendem Asphaltgranulatanteil nehmen auch die Abweichungen zwischen der „Laborsieblinie“ und der „berechneten Sieblinie“ zu.

Der Grund liegt vermutlich nicht in der höheren Asphaltgranulatzugabemenge, sondern in der sich im Laufe der Zeit ergebenden Veränderung der Asphaltgranulatzusammensetzung. Um eine realistische „berechnete Sieblinie“ zu erhalten, sollte die Berechnung nicht mit der Asphaltgranulatzusammensetzung gemäß Eignungsprüfung erfolgen.

Genauere „berechnete Sieblinien“ würde man erhalten, wenn bei hohen Zugabemengen das Asphaltgranulat untersucht und die gewonnenen Ergebnisse der Berechnung zugrunde gelegt würden. Damit ergäbe sich auch ein Ansatz für eine verbesserte Qualitätskontrolle in der laufenden Mischgutproduktion. Die „berechnete Sieblinie“ könnte, da diese kaum von der „Laborsieblinie“ abweicht, bei bestimmungsgemäßigem Betrieb sofort der gemäß Eignungsprüfung vorliegenden Sollsieblinie gegenübergestellt werden und Abweichungen könnten unmittelbar nach der letzten Mineralstoffeinwaage festgestellt werden. Außerdem stehen die Daten auch für eine spätere Auswertung zur Verfügung und könnten als Grundlage für die Qualitätssicherung dienen.

Gegenüberstellung des tatsächlichen und des gemäß Chargenprotokollwert berechneten Bindemittelgehalts (Teil 2)

In Bild 7-5 sind die unterschiedlichen Differenzen der Bindemittelgehalte dargestellt. Es ist erkennbar, dass bei großen Asphaltgranulatzugabemengen die Abweichungen größer sind.

Die Differenzen zwischen dem korrigierten Laborwert (B_L) und dem dazugehörigen Chargenprotokollwert (B_C) liegen bei SMA 0/11 S im Bereich 0,16 und -0,43 [M.-%]. Die maximalen Abweichungen zwischen dem Bindemittelgehalt gemäß Chargenprotokollwert und dem Bindemittelgehalt gemäß Eignungsprüfung betragen 0,11 und -0,27 [M.-%] (siehe Bild 7-5). Die Differenz korrigierter Laborwert minus Eignungsprüfung schwankt zwischen 0,31 und -0,30 [M.-%]. Alle Abweichungen liegen somit im Toleranzbereich der ZTV Asphalt ($\pm 0,5$ [M.-%] je Einzelprobe).

Die Abweichungen „Chargenprotokollwert minus Laborwert“ sind bei der Mischgutsorte AB 0/8 mit Asphaltgranulat etwas größer und liegen zwischen 0,13 und -1,47 [M.-%]. Alle anderen Differenzen, Labor oder Chargenwert minus Bindemittelgehalt gemäß Eignungsprüfung, liegen zwischen 0,77 und -0,93 [M.-%]. Die Gegenüberstellung von Chargenprotokollwert und Eignungsprüfung zeigt die größten Abweichungen. Wie bei der Mischgutsorte AB 0/8 mit Asphaltgranulat sind auch bei ATS 0/32 CS bei allen Auswertungen größere Abweichungen zu finden. Die Ergebnisse können dem Bild 7-5 entnommen werden.

Um eine Kontrolle während der laufenden Produktion zu erhalten, könnte mit Hilfe der Steuerung der berechnete Bindemittelgehalt dem durch die Eignungsprüfung vorgegebenen Bindemittelgehalt chargenweise gegenübergestellt werden. Die Auswertung zeigt, dass diese produktionsbegleitende Prüfung für Mischgutsorten ohne Asphaltgranulatzugabe möglich wäre, da alle betrachteten Abweichungen verhältnismäßig klein sind. Die Prüfung des Bindemittelgehalts bei den Mischgutsorten mit Asphaltgranulat dagegen würde im laufenden Betrieb zu Fehleinschätzungen führen. In diesem Fall müsste, zur Reduzierung der Abweichungen, nicht die Zusammensetzung des Asphaltgranulats gemäß Eignungsprüfung, sondern die tatsächliche Zusammensetzung des für die Produktion zur Verfügung stehenden RC-Materials der Berechnung zugrunde gelegt werden.

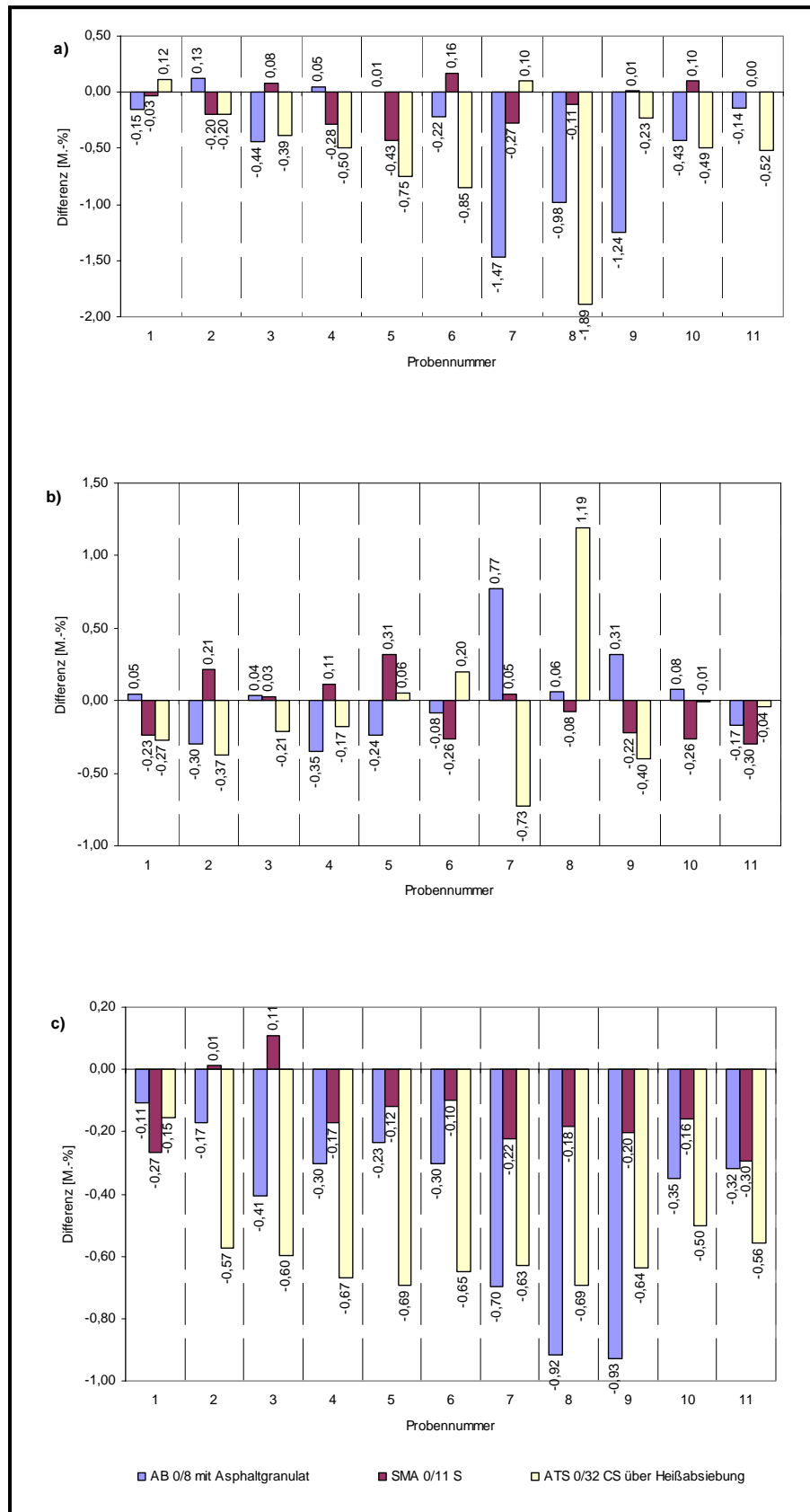


Bild 7-5: Differenzen „Bindemittelgehalt“
a) B_L minus B_C ($D_{C,B}$)
b) B_L minus B_{EP} ($D_{EP,B}$)
c) B_C minus B_{EP} ($D_{CEP,B}$)

Im Allgemeinen könnten die ermittelten Abweichungen weiter reduziert werden, wenn die Steuerungseinstellungen der Anlage optimiert würden. Hierzu müssten die Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfung nicht nur zur Verbesserung der Rezeptur sondern auch zur Optimierung der Anlageneinstellung herangezogen werden. Im Idealfall könnten so alle systematischen Fehler einer bestimmungsgemäß betriebenen und optimal abgestimmten, vollautomatisierten Anlage beseitigt werden.

Diese Auswertung zeigt, dass unter den o. g. Voraussetzungen die Chargenprotokollwerte grundsätzlich als Instrument der Qualitätssicherung und zur Produktionsüberwachung herangezogen werden können. Zur Entwicklung praxisreifer Handlungsanweisungen sind jedoch weiterführende Untersuchungen notwendig.

7.6 Eigenüberwachungsprüfungen

Bindemittelgehalt

Die Auswertung zeigt, dass die Bindemittelgehalte, die aufgrund der Eigenüberwachungsprüfung ermittelt wurden, im Gegensatz zu den Untersuchungsergebnissen der Einzelchargen, eine geringere Streuung aufweisen. Der Grund dürfte im unterschiedlichen Probenahmeort liegen. Während die Probenahme für die zu untersuchende Charge direkt unter dem Mischer bzw. möglichst nahe danach erfolgt (siehe Ziffer 5.2.1), werden die Proben für die Eigenüberwachungsprüfung aus dem auf den Lkw verladenen Mischgut, das einen vollen Heißsilierungsdurchgang hinter sich hat, genommen. Abweichungen bei der Herstellung der einzelnen Charge werden aufgrund der Vermischung der Chargen bei der Heißsilierung und der Verladung ausgeglichen und können somit nicht ermittelt werden.

Die je Einzelprobe ermittelten Abweichungen sowohl des Bindemittelgehalts der Eigenüberwachungsprüfung als auch des im Labor ermittelten, korrigierten Bindemittelgehalts vom Sollwert (Bindemittelgehalt gemäß Eignungsprüfung) liegen bei der Mischgutsorte ATS 0/32 CS im Toleranzbereich der ZTV T (0,6 [M.-%]). Bei der Untersuchung der Sorte AB 0/8 mit Asphaltgranulat der Werke 03 und 06 stellt sich heraus, dass die nach ZTV Asphalt zulässigen Toleranzen (0,5 [M.-%]) bei 6 von 22 „Laborwerten“ nicht eingehalten werden. Die Untersuchungsergebnisse der 264 Mischgutproben für den Bindemittelgehalt zeigen, dass 27 „Laborwerte“ nicht im geforderten Bereich liegen.

Die je Mischgutsorte berechneten Mittelwerte der Bindemittelgehalte der Einzelchargen und der Eigenüberwachungsprüfungen weichen nur geringfügig von dem Sollwert (Bindemittelgehalt gemäß Eignungsprüfung) ab und liegen innerhalb der Toleranzen des jeweilig gültigen Regelwerkes. Die beiden Mittelwerte (m_{B_L} und $m_{B_{EÜ}}$) einer Mischgutsorte weichen nur geringfügig voneinander ab.

Füller, Sand- und Splittkörnung

Die Untersuchungsergebnisse der 264 Mischgutproben für Füller-, Sand- und Splittanteile zeigen, dass die zulässigen Toleranzen gemäß der entsprechenden Regelwerke von 15 Proben, also mit einer Wahrscheinlichkeit von 5,7 %, und bei der Eigenüberwachungsprüfung von keinem Ergebnis unter- oder überschritten werden.

Hinsichtlich der unter Ziffer 7.2 festgestellten Abweichungen bei der Korngrößenverteilung der Proben der Mischgutsorte AB 0/8 ohne Asphaltgranulat des Werks 06, ist anzumerken, dass in dem Zeitfenster, in dem das Mischgut hergestellt wurde, aufgrund der geringen Produktionsmenge keine Eigenüberwachungsprüfungen durchgeführt wurden.

Die Ergebnisse vorhergehender und später durchgeführter Eigenüberwachungsprüfungen dieser Mischgutsorte ergaben keine nennenswerten Abweichungen. Die Abweichungen können beispielsweise mit einer defekten Siebanlage, einem zu kurz geöffneten Verschluss der „Sand-Mineralstofftasche“ (0,09/2 mm) oder einem zu lang geöffneten Verschluss der Mineralstofftasche einer größeren Kornklasse zusammenhängen.

Die Auswertung macht deutlich, dass bei der Herstellung großer Mengen der gleichen Mischgutsorte der in den *TLG-Asphalt* festgelegte Eigenüberwachungsaufwand ausreicht, um die geforderte Zusammensetzung (gemäß Eignungsprüfung) zu prüfen und nach Wahrscheinlichkeit zu gewährleisten.

Der Überwachungsaufwand könnte möglicherweise unter bestimmten Voraussetzungen: bei prozessbegleitender Auswertung der Chargenprotokolle, regelmäßiger Überprüfung der Zusammensetzung der Mineralascheninhalte, regelmäßiger Kalibrierung der Waagen und anderer Dosiereinrichtungen usw., reduziert werden. Hierzu müssten weitere Mischanlagen, die die o. g. Voraussetzungen erfüllen, untersucht werden. Hinsichtlich der europäischen Normung ist anzumerken, dass ein Teil der o. g. Voraussetzungen bereits im

geforderten Qualitätsplan mit berücksichtigt wird. Es ist zu vermuten, dass bei Einbeziehung der in der europäischen Normung gemäß Qualitätsplan geforderten regelmäßig durchzuführenden Kontrollen und der dabei gewonnenen Daten, die Prüfhäufigkeit reduziert werden kann. Genauere Aussagen können nur durch weitere Untersuchungen von Asphaltmischanlagen gemacht werden.

8 Ergebnisse

Zur Gewinnung der empirischen Datenbasis für diese Untersuchung wurden zunächst insgesamt 396 Mischgutproben für 7 verschiedene Mischgutarten/-sorten aus 6 stationären Chargenmischanlagen entnommen. Nach Ausschluss der unbrauchbaren Proben standen für die Auswertung die im Stichprobenplan vorgesehenen 24 Teilstichproben à 11 Einzelproben zur Verfügung. Inhaltlich musste der Stichprobenplan, bedingt durch die stockende wirtschaftliche Entwicklung, leicht abgeändert werden; trotz dieser Modifikation konnten alle ursprünglich angestrebten Untersuchungsziele abgearbeitet werden. Zusätzlich zu den Mischgutproben wurden exemplarisch in zwei Mischanlagen Proben aus den Mineraltaschen entnommen. Alle entnommenen Proben wurden im Labor für Straßenwesen der UniBw München bezüglich der Anteile [M.-%] ihrer Baustoffkomponenten analysiert. Die Analysedaten (Eigendaten) wurden chargenscharf in einer Datenbank abgelegt. Ebenfalls in diese Datenbank eingegeben wurden die übernommenen Daten (Fremddaten) aus den in der Anlagensteuerung vorgenommenen Rezeptureinstellungen, den Chargenprotokollen, den Eignungsprüfungen, teilweise auch aus den Eigenüberwachungsprüfungen, sowie aus den Ausbauasphaltanalysen, die jeweils den einzelnen Chargen zugeordnet sind.

In einer eingehenden anlagen- und steuerungstechnischen Analyse wurden die Asphaltmischanlagen im Allgemeinen und speziell für die verschiedenen in die Untersuchung einbezogenen Werke beschrieben, wobei sowohl die einzelnen Maschinenkomponenten mit ihrer Funktion und die Steuerung in ihrer Gesamtheit und im Detail als auch der praktische Betrieb, und zwar die vom Anlagenhersteller vorgesehenen Möglichkeiten und die tatsächliche Handhabung in der Praxis, behandelt werden.

Die umfassend angelegte Datenauswertung dient in erster Linie der Quantifizierung der sog. Rezepturabweichung. Von den zahlreichen Befunden sind hier nur einige exemplarisch wiedergegeben.

Die Abhängigkeit der „Rezepturtreue“ von der Mischgutart/-sorte konnte nicht nachgewiesen werden. Es ergaben sich aber bei den ermittelten Abweichungen deutliche Unterschiede von Mischanlage zu Mischanlage. Der systematische Fehler (Mittelwert der relativen Abweichungen zwischen Rezepturvorgabe und tatsächlicher Mischgutzusammensetzung) liegt im Durchschnitt aller untersuchten Einzelproben der Mischgutsorten ohne

Asphaltgranulat für den Bindemittelgehalt bei 2,10 % (-1,12 % im „günstigsten“ Werk, 7,83 % im „ungünstigsten“ Werk) und für den Anteil der Gesamtmineralstoffsumme bei -0,13 % (0,06 % im „günstigsten“ Werk, -0,48 % im „ungünstigsten“ Werk). Für den zufälligen Fehler wurde im Durchschnitt aller untersuchten Einzelproben der Mischgutsorten ohne Asphaltgranulat beim Bindemittelgehalt eine Standardabweichung von 4,58 %, bei den Mineralstoffen eine Standardabweichung von 0,29 % ermittelt.

Zusätzlich werden je Einzelprobe der Bindemittelgehalt und die Anteile der Füller-, Sand- und Splittkörnung den Toleranzgrenzen der *ZTV Asphalt* und *ZTV T* gegenübergestellt. Für den Bindemittelgehalt überschreiten 27 und für die Anteile an Füller, Sand- und Splittkörnung nur 15 von 264 Proben die Grenzen.

Die in der Datenbank vorhandenen Daten standen auch für die weiteren Forschungsziele wie Überprüfung des Eigenüberwachungsaufwandes, Nutzung der Chargenprotokolldaten zur Gütesicherung usw. zur Verfügung. Um die Qualität der Mischgutproduktion zu verbessern und die Vorgaben durch die Eignungsprüfung noch besser einzuhalten, lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen verschiedene anlagen- und steuerungs-technische Verbesserungen ableiten.

Was zunächst die materielle Anlagentechnik betrifft, so wäre beispielsweise eine Anordnungsoptimierung der Bereiche Lagerung und Beschickung der Vordoseure denkbar, und zwar dergestalt, dass die Beschickung mit dem Lader überhaupt entfällt. So könnte z. B. eine Befüllung der Vordoseure mit einer falschen, mit der Steuerung nicht konformen Korngruppe verhindert werden. Außerdem sollte eine Überdachung der Vorratsboxen für die Mineralstoffe Standard sein. Es wäre wünschenswert, wenn die Steuerung nicht nur die Einwaagen gemäß der Rezeptur sicherstellen, sondern auch eine Überlastung der Siebanlage ausschließen würde. Hierzu wäre besonders auf die Sandfraktion zu achten, da diese bei den meisten Mischgutsorten die größte Einwaagemenge darstellt. Somit müsste v. a. der Massenstrom des Sandes von den Vordoseuren bis hin zur Verwiegung durch die Steuerung verfolgt und überprüft werden. Hierzu wären Informationen über die genaue Kornzusammensetzung und die Feuchte (Wassergehalt) der Lieferkörnungen, über die in der Trockentrommel stattfindende Kornzertrümmerung, über die aktuellen Füllhöhen in den Vordoseuren usw. notwendig. Außerdem sollte die Steuerung der Vordoseure von den Füllhöhen der einzelnen Mineraltaschen abhängig gemacht werden. Um

eine möglichst korrekte Kornzusammensetzung der einzelnen Charge zu erzielen, könnte bei der Mineralstoffeinwaage eine Ausgleichsrechnung, ausgehend von der Korngruppe mit der größten Masse, durchgeführt werden, wobei die Einwaagevorgaben für die folgenden Korngruppen im Verhältnis der „Fehleinwaage“ der ersten Korngruppe verzerrt werden. Schon heute wird dieses Verfahren bei der Bitumeneinwaage ausnahmslos und bei der Füllereinwaage in den meisten Fällen angewendet. Zusätzlich wäre eine Verbesserung der Mischgutzusammensetzung möglich, wenn man die Freifallkomponente, die auch von der Taschenfüllhöhe abhängt, von Charge zu Charge neu berechnen und somit den Zeitpunkt zum Schließen der Klappe jeweils aktuell ermitteln würde, um die Einwaage zu präzisieren.

Ganzheitlich betrachtet sollte die Steuerung nicht nur einzelne Anlagenteile „betreiben“, sondern den bestimmungsgemäßen Betrieb der gesamten Anlage sicherstellen. Mit der heute zur Verfügung stehenden Rechnerleistung wäre eine solche ganzheitliche Steuerung und laufende Überprüfung der Anlage möglich.

Bei einer vollautomatischen Steuerung könnten die Chargenprotokolle ein Bestandteil der Qualitätssicherung sein. Die Chargenprotokolldaten können aber auch bei herkömmlicher – nicht vollautomatischer – Steuerung unter gewissen Bedingungen als Gütenachweis dienen: Die Anlage müsste sich in einem ordnungsgemäßen Zustand befinden (z. B. Waagen und Dosiereinrichtungen regelmäßig kalibriert), die Wäge- und Beruhigungszeiten müssten ausreichend lang sein, eine Überlastung von einzelnen Anlagenteilen müsste sicher ausgeschlossen sein, ferner müssten die Über- und Unterkornanteile in den einzelnen Mineraltaschen sowie die Zusammensetzung des ggf. zugegebenen Asphaltgranulats bekannt sein. Unter diesen Bedingungen könnten die Chargenprotokolle nach Ziffer 7.5 zur Berechnung der Sieblinie und des Bindemittelgehalts jeder Charge herangezogen und es könnten die so errechneten Größen mit den „Sollwerten“ gemäß Eignungsprüfung verglichen werden. Wenn diese Vergleichsrechnung aktuell durch die Steuerungssoftware durchgeführt würde, könnte auf Abweichungen noch während der Produktion der Charge hingewiesen werden.

Es war auch die Frage zu prüfen, ob der Eigenüberwachungsaufwand ggf. reduziert werden könnte. Die in Ziffer 7.6 beschriebene chargenweise Gegenüberstellung der Vorgaben aus den Eigenüberwachungsprüfungen und der Ergebnisse der Laboranalysen hat

gezeigt, dass unter den heute üblichen Mischanlagenbedingungen die Anzahl der Eigenüberwachungsprüfungen nicht verringert werden kann. Würde allerdings die im vorhergehenden Absatz beschriebene laufende und produktionsbegleitende Überprüfung einer Charge eingeführt, so könnte die Anzahl der vorgeschriebenen Eigenüberwachungsprüfungen reduziert werden. Der Umfang dieser Reduzierung müsste in speziell auf diese Thematik zugeschnittenen Forschungsprojekten mit einer genauen statistischen Zeitreihenanalyse noch untersucht werden.

Im Hinblick auf die Qualitätssicherung geht es vor allem darum, kritische Betriebszustände einer Asphaltmischanlage zu erkennen. Eine Voraussetzung dafür ist wiederum, dass zunächst für jede einzelne Anlage und ggf. auch für jede einzelne Mischgutsorte ein bestimmungsgemäßer, stationärer Betriebszustand definiert worden ist. Hierzu müssen zunächst bei bestehenden Anlagen alle Dosiereinrichtung kalibriert und aufeinander abgestimmt werden. Ist dieser Zustand gefunden, bei dem beispielsweise die Füllhöhen der Mineraltaschen konstant bleiben, eine Überlastung der Siebanlage ausgeschlossen ist sowie die Verwiege- und Beruhigungszeiten optimiert sind, dann müssen die so ermittelten Größen als Grundeinstellung fixiert und in der laufenden Produktion von der Betriebssoftware zwangsweise zur Steuerung der Anlage eingesetzt werden (Prinzip der „lernfähigen“ Selbstoptimierung). Durch Vergleich mit diesen Grundeinstellungen können die Anlagenparameter während des Betriebes überwacht und erforderlichenfalls angepasst werden. Voraussetzung wäre also auch, dass in regelmäßigen Abständen die Dosiereinrichtungen kalibriert und die Kornzusammensetzungen der Tascheninhalte ermittelt werden. Überschreitet z. B. die Kornzusammensetzung (Sieblinie) den Toleranzbereich der optimierten Anlage, so könnten frühzeitig Gegenmaßnahmen – ggf. automatisch – eingeleitet werden mit dem Ziel, dass ein überkritischer Betriebszustand (Toleranzüberschreitung) gar nicht erst eintritt.

Literaturverzeichnis

- AMMANN, 2003 AMMANN (Hrsg.): *Universal: Asphaltmischanlagen*. Alfeld (Leine): ohne Verlag, 2003 (Firmenprospekt)
- AMMANN, 2004 AMMANN (Hrsg.): *Asphaltmischanlagen: Innovative Technologie*. Alfeld (Leine): ohne Verlag, 2004 (Firmenprospekt)
- BARTH BARTH, Friedrich; MÜHLBAUER, Paul; NIKOL, Friedrich; WÖRLE, Karl: *Mathematische Formeln und Definitionen*. 4. Aufl., München: Bayerische Schulbuch Verlag, 1988
- BARTSCH BARTSCH, Hans-Jochen: *Mathematische Formeln*. 23. Aufl., Leipzig: Fachbuchverlag, 1991
- BLUMER BLUMER, Mathias: *Strassenbau und Strassenerhaltung*. 3. Aufl., Dietikon: Baufachverlag, 1991
- BORTZ BORTZ, Jürgen: *Statistik für Sozialwissenschaftler*. 5. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 1999
- BULL-WASSER BULL-WASSER, Rudi; HÜNING, Paul; RODE, Franz; SCHMIDT, Hans: *ZTV Asphalt-StB 01 Ausgabe 2001: Kommentar unter Berücksichtigung der neuen Technischen Regelwerke*. Bonn: Kirschbaum Verlag, 2003
- DAV, 1999 DAV (Hrsg.): *Qualität organisieren*. Bonn: Rautenberg multipress Verlag, 1999
- DAV, 2000 DAV (Hrsg.): *Splittmastixasphalt*. Bonn: Rautenberg multipress Verlag, 2000
- FELLER FELLER, Michael: *Zum Einfluß des Stoffbestandes der Füllstoffe auf Bitumen*. In: *Die Straße*. (1989), Nr. 3, S. 89-91
- HEMMING HEMMING, Werner: *Verfahrenstechnik*. 4. Aufl. Würzburg: Vogel-Buch-Verlag, 1986
- HOPPE HOPPE, Wolf-Dieter: *Asphaltherstellung*. In: *Die Asphaltstraße*. (1988), Nr. 1, S. 42-45
- HUTSCHENREUTHER HUTSCHENREUTHER, Jürgen; WÖRNER, Thomas: *Asphalt im Straßenbau*. 1. Aufl., Berlin: Verlag für Bauwesen, 1998

- JUNGHÄNEL, 1988
 JUNGHÄNEL, Arnold: *Einheitliche Begriffsbestimmungen für Asphalt-Zwangsmischer in der EG*. In: Die Asphaltstrasse. (1988), Nr. 6, S. 12-18
- JUNGHÄNEL, 1991
 JUNGHÄNEL, Arnold: *Die Technik im Mischwerk – vor 25 Jahren und heute*. In: Die Asphaltstrasse. (1991), Jubiläumsausgabe, S. 10-20
- JUNGHÄNEL, 1995 a
 JUNGHÄNEL, Arnold: *Technischer Briefkasten: Heute: Überlauf von Mineralkörnungen aus Heißsilierung*. In: asphalt. (1995), Nr. 6, S. 37-39
- JUNGHÄNEL, 1995 b
 JUNGHÄNEL, Arnold: *Technischer Briefkasten: Heute: Mischergröße und Mischerleistung*. In: asphalt. (1995), Nr. 7, S. 45-49
- JUNGHÄNEL 1996
 JUNGHÄNEL, Arnold: *Technischer Briefkasten: Heute: Heißabsiebung, Siebgüte, Siebleistung*. In: asphalt. (1996), Nr. 2, S. 42-47
- KILIAN
 KILIAN, Gottfried: *Technik der Asphaltaufbereitung*. In: Straßen- und Tiefbau. 59 (1999), Nr. 2, S. 6-9
- MIPROTEK
 Miprotek (Hrsg.): *miprotek Mischwerkautomation: Mischrechnersysteme Mipro 2000i, Mipro 2000i/DMA (DrumMix), Prozessleitsystem Mipro 4000i*. 2001
- NOSTITZ-WALLWITZ
 NOSTITZ-WALLWITZ, R.: *Über den Umgang und die Erfahrungen mit Trocken-Trommeln*. In: Das stationäre Mischwerk. (1968), Nr. 2, S. 74-79
- RENKEN
 RENKEN, Peter; DRÖGE, Christoph; BMVBW (Hrsg.): *Überprüfung der Toleranzen für Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung gemäß ZTV Asphalt-StB und ZTVT-StB*. Heft 838. Bonn: Bundesdruckerei, 2003
- ROSENTHAL
 ROSENTHAL, Daniel; ROSENTHAL, Herbert: *Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades von Trockentrommeln*. In: asphalt. (2003), Nr. 6, S. 40-42
- STANGE
 STANGE, W.: *Dosiertechnik bei der Aufbereitung von bituminösem Mischgut*. In: Das stationäre Mischwerk. (1972), Nr. 4, S. 20-25
- STEVIN
 STEVIN, Volker: *Das Paralleltrommelprinzip aus Holland*. In: Die Asphaltstraße. (1989), Nr. 2, S. 30-36

- ULLMANN ULLMANNS Encyklopädie der technischen Chemie. Bd. 2: *Verfahrenstechnik I (Grundoperationen)*. 4. Aufl., E. Bartholomè (u. a.) (Hrsg.), Weinheim: Verlag Chemie, 1972
- WIBAU WIBAU (Hrsg.): *Asphaltmischwerke: Stationär mit diskontinuierlichem Mischprozeß*. (Firmenprospekt)

Regelwerke der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Begriffsbestimmungen

Begriffsbestimmungen Teil: Straßenbautechnik.

- M VAG Merkblatt für die Verwendung von Asphaltgranulat: M VAG.*
- RAP Stra Richtlinie für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau: RAP Stra.*
- TL Min Technische Lieferbedingungen für die Mineralstoffe im Straßenbau, Ausgabe 2000 – TL Min-StB 2000 –.*
- TLG Asphalt Technische Lieferbedingungen für Asphalt im Straßenbau Teil: Güteüberwachung: TLG Asphalt-StB 01.*
- ZTV Asphalt Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt: ZTV Asphalt-StB 01.*
- ZTV T Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Trag-Schichten im Straßenbau: ZTV T-StB 01. Ausgabe 1995/Fassung 2002.*

Regelwerke der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren

- ZTV VAG BY02 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für die Verwertung von Asphaltgranulat im Straßenbau in Bayern (ZTV VAG-StB By 02.). Gz IID9-43433-001/90*

Normen

- Norm DIN 1996 Blatt 2 Oktober 1971
- Norm DIN 1996 Teil 6 Oktober 1988
- Norm DIN 1996 Teil 14 Juli 1990

Formelzeichenverzeichnis

a_C	Asphaltgranulatzugabe gem. Chargenprotokollwert	[kg]
a_R	Asphaltgranulatzugabe gem. Rezepturwert	[kg]
B_C	Gesamtbindmittelgehalt gem. Chargenprotokollwert je Probe	[M.-%]
$b_{C,G}$	Gesamtbindemittel gem. Chargenprotokollwert und berechnetem Bindemittel im Asphaltgranulat	[kg]
$b_{C,N}$	Zugabe von neuem Bindemittel gem. Chargenprotokollwert	[kg]
$b_{C,RC}$	Bindemittel im Asphaltgranulat, berechnet aus Chargenprotokollwert „Asphaltgranulatzugabe“	[kg]
B_{EP}	Gesamtbindemittelgehalt gem. Eignungsprüfung	[M.-%]
$B_{EP,RC}$	Gesamtbindemittelgehalt des Asphaltgranulats gem. Eignungsprüfung	[M.-%]
$B_{EÜ}$	Gesamtbindemittelgehalt gem. Eigenüberwachungsprüfung	[M.-%]
B_L	Gesamtbindemittelgehalt, Laborwert	[M.-%]
$B_{L, unl}$	Gehalt an unlöslichem Bindemittel, Laborwert	[M.-%]
$B_{L, lösl,D}$	Gehalt an unlöslichem Bindemittel nach dem Differenzverfahren, Laborwert	[M.-%]
B_R	Gesamtbindmittelgehalt gem. Rezepturwert je Probe	[M.-%]
$b_{R,G}$	Gesamtbindemittel gem. Rezepturwert und berechnetem Bindemittel im Asphaltgranulat	[kg]
$b_{R,N}$	Zugabe von neuem Bindemittel gem. Rezepturwert	[kg]
$b_{R,RC}$	Bindemittel im Asphaltgranulat, berechnet aus Rezepturwert „Asphaltgranulatzugabe“	[kg]
$D_{C,B}$	Differenz „Bindemittelgehalt“, Laborwert minus Chargenprotokollwert	[M.-%]
$D_{C,M}$	Differenz „Gesamtmineralstoffsumme“, korrigierter Laborwert minus Chargenprotokollwert	[M.-%]
$D_{CEP,B}$	Differenz „Bindemittelgehalt“, Chargenprotokollwert minus Wert der Eignungsprüfung	[M.-%]
$D_{CR,B}$	Differenz „Bindemittelgehalt“, Chargenprotokollwert minus Rezepturwert	[M.-%]
$D_{CR,M}$	Differenz „Gesamtmineralstoffsumme“, Chargenprotokollwert minus Rezepturwert	[M.-%]

$D_{EP,B}$	Differenz „Bindemittelgehalt“, Laborwert minus Wert der Eignungsprüfung	[M.-%]
$D_{R,B}$	Differenz „Bindemittelgehalt“, Laborwert minus Rezepturwert	[M.-%]
$D_{R,M}$	Differenz „Gesamtmineralstoffsumme“, korrigierter Laborwert minus Rezepturwert	[M.-%]
f_C	Zugabe von Füller gem. Chargenprotokollwert	[kg]
$f_{C,Z}$	Zugabe von Füller plus Faserstoffe gem. Chargenprotokollwert	[kg]
$F_{EÜ}$	Gehalt an Füller gem. Eigenüberwachungsprüfung	[M.-%]
F_L	Gehalt an Füller (< 0,09 mm), Laborwert	[M.-%]
f_R	Zugabe von Füller gem. Rezepturwert	[kg]
$f_{R,Z}$	Zugabe von Füller plus Faserstoffe gem. Rezepturwert	[kg]
i	Laufindex über die Kornklassen	[-]
$k_{L,B}$	Korrekturfaktor für Laborwert „Bindemittelgehalt“	[-]
$k_{L,M}$	Korrekturfaktor für Laborwert „Mineralstoffgehalt“	[-]
M_C	„Gesamtmineralstoffsumme“ gem. Chargenprotokollwert je Probe	[M.-%]
$m_{C,G}$	„Gesamtmineralstoffsumme“ gem. Chargenprotokollwert und berechneten Mineralstoffen im Asphaltgranulat	[kg]
$m_{C,N}$	Zugabe von neuen Mineralstoffen gem. Chargenprotokollwert	[kg]
$m_{C,RC}$	Mineralstoffe im Asphaltgranulat, berechnet (gem. Chargenprotokollwert)	[kg]
$m_{R,RC,i}$	Mineralstoffe im Asphaltgranulat je Kornklasse i, berechnet (gem. Chargenprotokollwert)	[kg]
$M_{EP,RC,i}$	Anteil der Korngrößenklasse i des Asphaltgranulats gem. Eignungsprüfung	[M.-%]
M_L	„Gesamtmineralstoffsumme“ gem. korrigierter Laborwerte je Probe	[M.-%]
$m_{L,i}$	Masse der rückgewonnenen Mineralstoffe je Kornklasse i, Laborwert	[g]
$m_{L,A,M}$	Masse der rückgewonnenen Mineralstoffe, Laborwert	[g]
$m_{L,E}$	Einwaage der Messprobe, Laborwert	[g]
$m_{L,E,0}$	Um den Wassergehalt berichtigte Einwaage der Messprobe, Laborwert	[g]

$M_{L,k,i}$	Korrigierter Anteil an der Mineralstoffsumme der Korngrößenklasse i	[M.-%]
$m_{L,k,i}$	Korrigierte Masse der rückgewonnenen Mineralstoffe je Kornklasse i, Laborwert	[g]
M_R	Anteil Mineralstoffsumme gem. Rezepturwert je Probe	[M.-%]
$m_{R,G}$	Anteil Mineralstoffsumme gem. Rezepturwert und berechneten Mineralstoffen im Asphaltgranulat	[kg]
$m_{R,N}$	Zugabe von neuen Mineralstoffen gem. Rezepturwert	[kg]
$m_{R,RC}$	Mineralstoffe im Asphaltgranulat, berechnet (gem. Rezepturwert)	[kg]
$m_{R,RC,i}$	Mineralstoffe im Asphaltgranulat je Kornklasse i, berechnet (gem. Rezepturwert)	[kg]
$m_{BEÜ}$	Mittelwert der Werte der Eigenüberwachungsprüfung „Bindemittelgehalt“	[M.-%]
m_{BL}	Mittelwert der Laborwerte „Bindemittelgehalt“	[M.-%]
$mr_{F_{C,B}}$	Mittlerer relativer Fehler „Bindemittelgehalt“ des Laborwerts bezogen auf den Chargenprotokollwert	[%]
$mr_{F_{C,M}}$	Mittlerer relativer Fehler „Gesamtmineralstoffsumme“ des Laborwerts bezogen auf den Chargenprotokollwert	[%]
$mr_{F_{CR,B}}$	Mittlerer relativer Fehler „Bindemittelgehalt“ des Chargenprotokollwerts bezogen auf den Rezepturwert	[%]
$mr_{F_{CR,M}}$	Mittlerer relativer Fehler „Gesamtmineralstoffsumme“ des Chargenprotokollwerts bezogen auf den Rezepturwert	[%]
$mr_{F_{R,B}}$	Mittlerer relativer Fehler „Bindemittelgehalt“ des Laborwerts bezogen auf den Rezepturwert	[%]
$mr_{F_{R,M}}$	Mittlerer relativer Fehler „Gesamtmineralstoffsumme“ des Laborwertes bezogen auf den Rezepturwert	[%]
n	Anzahl der Proben	[-]
$r_{F_{R,B}}$	Relativer Fehler „Bindemittelgehalt“ des Laborwerts bezogen auf den Rezepturwert je Einzelprobe	[%]
$r_{F_{C,B}}$	Relativer Fehler „Bindemittelgehalt“ des Laborwerts bezogen auf den Chargenprotokollwert je Einzelprobe	[%]
$r_{F_{CR,B}}$	Relativer Fehler „Bindemittelgehalt“ des Chargenprotokollwerts bezogen auf den Rezepturwert je Einzelprobe	[%]
$r_{F_{R,M}}$	Relativer Fehler „Gesamtmineralstoffsumme“ des Laborwerts bezogen auf den Rezepturwert je Einzelprobe	[%]

$r_{F_{C,M}}$	Relativer Fehler „Gesamtmineralstoffsumme“ des Laborwerts bezogen auf den Chargenprotokollwert je Einzelprobe	[%]
$r_{F_{CR,M}}$	Relativer Fehler „Gesamtmineralstoffsumme“ des Chargenprotokollwerts bezogen auf den Rezepturwert je Einzelprobe	[%]
$SA_{EÜ}$	Anteil der Sandkörnung gem. Eigenüberwachungsprüfung	[M.-%]
SA_L	Anteil der Sandkörnung gem. korrigiertem Laborwert	[M.-%]
$SP_{EÜ}$	Anteil der Splittkörnung gem. Eigenüberwachungsprüfung	[M.-%]
SP_L	Anteil der Splittkörnung gem. korrigiertem Laborwert	[M.-%]
$s_{L,B}$	Standardabweichung der Laborwerte „Bindemittelgehalt“	[M.-%]
$s_{R,B}$ bzw. M	Standardabweichung der relativen Fehler „Laborwerte bezogen auf die Rezepturwerte“; „Bindemittelgehalt“ bzw. „Gesamtmineralstoffsumme“	[%]
$s_{C,B}$ bzw. M	Standardabweichung der relativen Fehler „Laborwerte bezogen auf die Chargenprotokollwerte“; „Bindemittelgehalt“ bzw. „Gesamtmineralstoffsumme“	[%]
$s_{CR,B}$ bzw. M	Standardabweichung der relativen Fehler „Chargenprotokollwerte bezogen auf die Rezepturwerte“; „Bindemittelgehalt“ bzw. „Gesamtmineralstoffsumme“	[%]
$s^2_{L,B}$	Varianz der Laborwerte „Bindemittelgehalt“	
$s^2_{R,B}$ bzw. M	Varianz der relativen Fehler „Laborwerte bezogen auf die Rezepturwerte“; „Bindemittelgehalt“ bzw. „Gesamtmineralstoffsumme“	[-]
$s^2_{C,B}$ bzw. M	Varianz der relativen Fehler „Laborwerte bezogen auf die Chargenprotokollwerte“; „Bindemittelgehalt“ bzw. „Gesamtmineralstoffsumme“	[-]
$s^2_{CR,B}$ bzw. M	Varianz der relativen Fehler „Chargenprotokollwerte bezogen auf die Rezepturwerte“; „Bindemittelgehalt“ bzw. „Gesamtmineralstoffsumme“	[-]
$V_{L,M}$	Siebverlust durch Analysesiebung im Labor	[g]
Z_C	Zugabe an Faserstoffen gem. Chargenprotokollwert	[kg]
Z_R	Zugabe an Faserstoffen gem. Rezepturwert	[kg]

[]

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 2-1: Zuordnung von Daten und technischen Beschreibungen
- Tabelle 3-1: Probenplan und Anzahl der Proben
- Tabelle 4-1: Zusammenfassung der funktions-/steuerungstechnischen Einheiten
- Tabelle 4-2: Eigenschaften verschiedener Energieträger und dazugehöriger Brenner-Typen (nach HUTSCHENREUTHER)
- Tabelle 4-3: Die wichtigsten Siebanlagenarten für Heißabsiebung (Schemata aus ULLMANN)
- Tabelle 4-4: Vor- und Nachteile verschiedener Siebanlagen
- Tabelle 4-5: Maschenweiten der verwendeten Siebböden
- Tabelle 4-6: Heizsysteme für Bitumentanks (nach HUTSCHENREUTHER)
- Tabelle 4-7: Zugabemöglichkeit von Asphaltgranulat zu Asphaltmischgut (aus *M VAG*)
- Tabelle 4-8: Verfahrensbedingte maximale Zugabemengen (aus *ZTV VAG By02*)
- Tabelle 4-9: Anteil an Asphaltgranulat [M.-%]
- Tabelle 4-10: Anlagenbetrieb
- Tabelle 5-1: Toleranzbereich des Bindemittelgehalts für Einzelwerte und arithmetisches Mittel
- Tabelle 5-2: Kornklassen
- Tabelle 6-1: Übersicht über Werk/Mischgutsorte und dazugehörige Anlagennummer
- Tabelle 6-2: Berechnungssystematik, hier Probe 1 – AB 0/8 mit Asphaltgranulat
- Tabelle 7-1: Fallunterscheidung (Anteil Mineralstoffsumme)
- Tabelle 7-2: Häufigkeit der Vorzeichenmuster (getrennt nach Werk und Mischgutsorte)
- Tabelle 7-3: Zusammenstellung der minimalen und maximalen relativen Fehler sowie die Mittelwerte und die Standardabweichungen der relativen Fehler der Mischgutsorten *ohne* Asphaltgranulat (Anteil Mineralstoffsumme) [M.-%]

Tabelle 7-4: Zusammenstellung der minimalen und maximalen relativen Fehler sowie die Mittelwerte und die Standardabweichungen der relativen Fehler der Mischgutsorten *ohne* Asphaltgranulat (Bindemittelgehalt) [M.-%]

Tabelle 7-5: Systematische und zufällige Fehler (getrennt nach Werken)

Tabelle 7-6: Wertetabelle der Varianzanalyse

Tabelle 7-7: Ergebnistabelle der Varianzanalyse

Tabelle 7-8: Häufigkeit der Nichteinhaltung der Toleranzen je Mischgutsorte (*ohne* Asphaltgranulat) und Werk – Einzelproben (jeweils 11 Proben)

Tabelle 7-9: Gegenüberstellung: Mittelwert (m_{BL}) und Toleranzen (Mischgutsorten *ohne* Asphaltgranulat)

Tabelle 7-10: Häufigkeit der Nichteinhaltung der Toleranzen je Mischgutsorte (*mit* Asphaltgranulat) und Werk – Einzelproben (jeweils 11 Proben)

Tabelle 7-11: Gegenüberstellung: Mittelwert (m_{BL}) und Toleranzen (Mischgutsorten *mit* Asphaltgranulat)

Tabelle 7-12: Summe der Über-/Unterschreitungshäufigkeit

Bildverzeichnis

- Bild 4-1: Materialfluss-Schema einer Asphaltmischanlage (aus BLUMER)
- Bild 4-2: a) bis d) Lager- und Fördermöglichkeiten der Mineralstoffe
- Bild 4-3: Trockentrommel (aus WIBAU)
- Bild 4-4: Blick in eine Trockentrommel (aus AMMANN, 2004)
- Bild 4-5: Umlenkabscheider (aus ULLMANN)
- Bild 4-6: Verteilungsdichtekurven und Fehlaustragsflächen
- Bild 4-7: Zusammenhang zwischen Frequenz, Amplitude, Bahnbewegung und Maschenweite (aus ULLMANN)
- Bild 4-8: Lagerung von Bitumen in stehenden und liegenden Zylindertanks
- Bild 4-9: Füllerlagerung in tiefgestellten Einzelsilos oder Füllersiloturm
- Bild 4-10: Zellradschleuse (aus HEMMING)
- Bild 4-11: Ausbauasphalt
- Bild 4-12: Möglichkeiten der Asphaltgranulatzugabe (aus M VAG)
- Bild 4-13: Mischer (aus AMMANN, 2003)
- Bild 4-14: Schema einer 6fachen Absiebung mit 10 Siebböden
- Bild 4-15: Einflussmatrix
- Bild 5-1: Zeitliche Abfolge zweier Chargen
- Bild 5-2: Entnahmemöglichkeiten
- Bild 5-3: Gegenüberstellung der Anteile Soll-/Unter-/Überkorn zweier Heißeisbanlagen
- Bild 6-1: Gegenüberstellung: Mittelwerte der Asphaltgranulatuntersuchungen und Werte der Eignungsprüfung
- Bild 6-2: „Wahre und relativer Fehler
- Bild 6-3: Vergleichsschema Soll/Ist *ohne* Asphaltgranulat (schematisch)
- Bild 6-4: Vergleichsschema Soll/Ist *mit* Asphaltgranulat (schematisch)

Bild 7-1: Mittlere relative Fehler der Mischgutsorten *ohne* Asphaltgranulat (getrennt nach Werken)

Bild 7-2: Sieblinien des AB 0/8 *ohne* Asphaltgranulat – Werk 06

Bild 7-3: Sieblinien des AB 0/8 *ohne* Asphaltgranulat – Werk 06 (numerisch abgeleiteter Anforderungsbereich gemäß *ZTV Asphalt*)

Bild 7-4: Mittlere relative Fehler der Mischgutsorten *mit* Asphaltgranulat (getrennt nach Werken)

Bild 7-5: Differenzen „Bindemittelgehalt“

Anlagen

- Anlage I 1: Technische Daten und ergänzende Angaben
- Anlage I 2: Chargenprotokolle
- Anlage I 3: Asphaltgranulat-/Fräsgutanalyse Werk 01 bis Werk 04 und Werk 06
- Anlage I 4: Mischgutprobenahme
- Anlage I 5: Formblatt: Ergebnisse *der Untersuchung einer Mischgutprobe*
- Anlage II 1-1 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 01; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat
- Anlage II 1-2 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 01; AB 0/8 *ohne* Asphaltgranulat
- Anlage II 1-3 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 01; SMA 0/11 S
- Anlage II 1-4 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 01; ATS 0/32 CS *ohne* Siebumgehung
- Anlage II 1-5 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 01; ATS 0/32 CS *mit* Siebumgehung
- Anlage II 2-1 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 02; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat
- Anlage II 2-2 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 02; SMA 0/11 S
- Anlage II 2-3 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 02; ATS 0/32 CS *ohne* Siebumgehung
- Anlage II 2-4 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 02; ATS 0/32 CS *mit* Siebumgehung
- Anlage II 3-1 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 03; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat
- Anlage II 3-2 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 03; AB 0/8 *ohne* Asphaltgranulat
- Anlage II 3-3 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 03; SMA 0/8 S
- Anlage II 3-4 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 03; ABi 0/22 S
- Anlage II 3-5 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 03; ATS 0/32 CS *ohne* Siebumgehung
- Anlage II 3-6 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 03; ATS 0/32 CS *mit* Siebumgehung
- Anlage II 4-1 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 04; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat
- Anlage II 4-2 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 04; AB 0/8 *ohne* Asphaltgranulat
- Anlage II 4-3 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 04; SMA 0/8 S

- Anlage II 4-4 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 04; ABi 0/22 S
- Anlage II 4-5 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 04; ATS 0/32 CS *ohne* Siebumgehung
- Anlage II 5-1 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 06; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat
- Anlage II 5-2 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 06; AB 0/8 *ohne* Asphaltgranulat
- Anlage II 5-3 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 06; SMA 0/11 S
- Anlage II 5-4 a) bis g): Anlagenserie für: Werk 06; ATS 0/32 CS *ohne* Siebumgehung
- Anlage III 1 Zusammenfassung der relativen Fehler
- Anlage IV 1 Gegenüberstellung: *Laborsieblinie und berechnete Sieblinie*
– Werk 02; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat
- Anlage IV 2 Gegenüberstellung: *Laborsieblinie und berechnete Sieblinie*
– Werk 02; SMA 0/11 S
- Anlage IV 3 Gegenüberstellung: *Laborsieblinie und berechnete Sieblinie*
– Werk 02; ATS 0/32 CS *ohne* Siebumgehung
- Anlage V 1 Werk 03; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat – Gegenüberstellung korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Binde mittelgehalt, Füller, Sand- und Splittkörnung
- Anlage V 2 Werk 03; ATS 0/32 CS *mit* Siebumgehung – Gegenüberstellung korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Bindemittelgehalt, Füller, Sand- und Splittkörnung
- Anlage V 3 Werk 06; AB 0/8 *mit* Asphaltgranulat Gegenüberstellung korrigierter Laborwert und Eigenüberwachungsprüfung für Bindemittelgehalt, Füller, Sand- und Splittkörnung

Technische Daten und ergänzende Angaben

Werk	Werk 01	Werk 02	Werk 03	Werk 04	Werk 06
Mischanlage	Wibau	Wibau	Gibat-Ohl	Benninghoven	teltomat
Baujahr	1990	1990	1994	1993	2003
Mineralstoffe					
Dosiergeräte					
Art der Vordosierung	Bandabzug Zeit/Leistung gesteuert. Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vor- genommen	Bandabzug Zeit/Leistung gesteuert. Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vor- genommen	Bandabzug Zeit/Leistung gesteuert. Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vor- genommen	Bandabzug Zeit/Leistung gesteuert. Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vor- genommen	Bandabzug Zeit/Leistung gesteuert. Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vor- genommen
Anzahl der Vordoseure	12	10	10	10	10
Masse [t]	je ca. 12	je ca. 11	je ca. 12	8,5 m³	8x 200 2x 20
Trockentrommel					
Außenmaße d/l	2,20/12	2,40/12	2,20/10	2,20/10	2,20/10
Innenmaße d/l	1,8/10	2,0/10	2,0/8	1,8/8	1,8/8
Neigungswinkel [°]	3,0 wird nicht ge- ändert	3,5 wird nicht ge- ändert	3,0 wird nicht ge- ändert	3,5 wird nicht ge- ändert	2,0 wird nicht ge- ändert
Trocknungsleistung [t/h]	160 (3% Feuchte)	160 (3% Feuchte)	140 (4% Feuchte)	120 (4% Feuchte)	200 (4% Feuchte)
max. Förderleistung [t/h]	180	180	160	140	240
Drehzahlregelung vorhanden?	nein	ja	ja	ja	ja
Trommeldrehzahl [U/min]	8	8	8	7-9	7-9
Leistung, Antriebsmotor [kW]	75	75	75	45	60
Temperatur der Mine- ralstoffe am Austrag [°C]	200 - 270	150 - 180	150 - 350	180 - 350	180 - 380
Brenner					
Hersteller	Benning- hoven	Benning- hoven	Benning- hoven	Benning- hoven	Benning- hoven
Energieträger	Öl/Gas (bis 2003 nur Öl)	Öl/Gas	Öl/Kohlestaub	Öl/Kohlestaub	Gas/Öl
Brennerleistung [kW]	32	37 – 45	32	35	32
Heißelevator (Heißbecherwerk)					
Höhe [m]	17,50	24,00	30,00	ca. 25,00	25
Geschwindigkeit regel- bar?	nein	nein	nein	nein	nein
Geschwindigkeit [m/h]	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
Volumen der Becher [m³]	0,015	0,5x0,25x0,25	0,019	0,65/0,28/0,25	200 [t/h]

Technische Daten und ergänzende Angaben (Fortsetzung)

Siebanlage					
Hersteller der Siebmaschine	Fa. Siebtechnik	Fa. Siebtechnik	Fa. Siebtechnik	BEWAM	InOP
Hersteller Siebböden	Fa. Hopf	Fa. Siebtechnik	Fa. Hopf	Fa. Hopf	Fa. Hopf
Siebleistung [t/h]	120 (Deckschicht bei 50 % Sand) 85 (SMA) 120 (ABi)	80 (SMA) 120 (ABi)	140	140 (Aufgabeleistung)	150 (Deckschicht bei 45 % Sand) 150 (SMA 0/8 bei 55 % Splitt) 190 (SMA 0/11 bei 45 % Splitt) 200 (Abi 16/22 bei 30 % Splitt)
Absiebung	6-fach mit 10 Sieben	6-fach mit 10 Sieben	6-fach	6-fach	6-fach
Umstellklappe für Siebumgehung (Bypass)	ja	ja	ja	ja	ja
Amplitude/Frequenz regelbar?	nein, fest eingestellt	nein, fest eingestellt	nein	nein	nein
Amplitude (Schwingungsweite) [mm]	6,3	6,3	6,3	Sieb verschieden eingestellt	7,0
Frequenz (Schwingungszahl) [Hz]	19,87	19,87	19,87	materialabhängig	19,33
Siebfläche [m²]	33,6	33,6	ca. 30	21,5	39,4
Antriebsleistung [kW]	2x15	2x15 (Fa. Siebtechnik)	2x 15 (Hersteller?)	2 x 5,1 (Benninghoven)	2x18,5
Heißmineralsilo					
Gesamtinhalt (ohne Bypass) [t]	34,8	150	2x 50	ca. 63	100 mit Bypass (6 Taschen + Bypass)
(Anzahl der Taschen) [-]	(6 Taschen) 0/2 15 t, 2/5 5 t, 5/8 5 t, 8/11 2,8 t, 11/16 5 t, 16/22 oder 16/32 2 t	(6 Taschen) 0/2, 2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22 oder 16/32	(14 Taschen) 0/2 11 t 2/5 9 t 5/8 9 t 8/11 7 t 11/16 5 t 16/22 5 t 22/x 4 t	(7 Taschen) 0/2 15 t, 2/5 12,5 t, 5/8 10 t, 8/11 10 t, 11/16 5 t, 16/22 5,5 t, 22/X 5 t	
Bypass (Anzahl der Taschen) [t]	2 x 10	40 - 50	10	10	
(Anzahl der Taschen) [-]	(2 Taschen)	(2 Taschen)	(1 Tasche)	(1 Tasche)	
Temperaturfühler	ja (Sand/Bypass)	ja (Tasche Sand)	ja (Sand/Bypass)	ja (Sand)	ja (Sand/ Bypass)

Technische Daten und ergänzende Angaben (Fortsetzung)

Waage						
Gesteinswaage (Nutzinhalt)	[kg]	3000	3000	3000	3000	3000
Asphaltgranulat						
max. Kaltzugabe	[t]	1500	1500	1500	1000	1500
Verwiegung		Band	mit Behälter	Mit Behälter	mit Behälter	mit Behälter
Warmzugabe		Paralleltrommel	ja (Paralleltrommel?)	nein	Paralleltrommel	nein
Art der Vordosierung		Über Band Zeit/Leistung gesteuert Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vorgenommen	Über Band Zeit/Leistung gesteuert Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vorgenommen	Über Band Zeit/Leistung gesteuert Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vorgenommen	Über Band Zeit/Leistung gesteuert Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vorgenommen	Über Band Zeit/Leistung gesteuert Einstellung wird nur beim Wechsel des Materials vorgenommen
Anzahl der Vordoseure	[-]	2 Granulat 0/8 Granulat 8/22 + 1 Vordoseur Kaltzugabe Fräsgut	3 Granulat 0/8 Granulat 8/22 Fräsgut	2 Granulat 0/8 Granulat 0/22	2 Granulat 0/22 Fräsgut 0/8 + 1 Vordoseur Kaltzugabe Fräsgut	2 Granulat Fräsgut
Volumen	[m³]	2x8 1x6	3x10	2x 8	2x10 1x 10	2x 8
Nutzinhalt	[kg]	3000	2000	entfällt	1600	entfällt
Paralleltrommel						
Hersteller		Wibau	Wibau	nicht vorhanden	Benninghoven	nicht vorhanden
Baujahr		1990	1990	entfällt	1993	entfällt
Außen-/Innenmaße	[m]	2,4/12	2,4/12	entfällt	2,2/8	entfällt
max. Förderleistung	[t/h]	90	90	entfällt	90	entfällt
Trommeldrehzahl	[U/min]	8	8	entfällt	8	entfällt
Neigungswinkel	[°]	3	3	entfällt	2	entfällt
Antriebsleistung	[kW]	45	90	entfällt	45	entfällt
Temperatur am Ringaustrag	[°C]	ca. 125	ca. 125	entfällt	ca. 80	entfällt
Brenner						
Hersteller		Benninghoven	Benninghoven	entfällt	Benninghoven	entfällt
Baujahr		1990	1990	entfällt	1993	entfällt
Energieträger		Öl/Gas (bis 2003 nur Öl)	Öl/Gas	entfällt	Öl	entfällt
Brennerleistung		37 – 45 KW	79	entfällt	40 KW	entfällt

Technische Daten und ergänzende Angaben (Fortsetzung)

Bindemittel						
(Tank-)Hersteller	Westhydraulik Becker, Bonn	Westhydraulik- Becker, Bonn	Kovinavsko	Benninghoven	Westhydraulik- Becker, Bonn	
Anzahl der Tanks	4 waagrecht 50/70 PmB 45 2x 70/100	4 waagrecht 50/70 PmB 45 2x 70/100	4 senkrecht 50/70 PmB 45 70/100	3 waagrecht 50/70 PmB 45 70/100	3	
Volumen der Tanks [l]	50 000	50 000	50 000	40 000	60 000	
Dosierung	gravimetrisch (Bitumen- waage 300 kg)	gravimetrisch (Bitumen- waage)g	gravimetrisch (Bitumen- waage 300 kg)	gravimetrisch (Bitumenwaage 300 kg)	gravimetrisch (Bitumenwaage 300 kg)	
Füllstandsanzeige der Tanks	ja	ja	ja	ja	ja	
Temperatursteuerung	ja	ja	ja	ja	ja	
Pumpagregathersteller	Heimel	Westhydraulik- Becker, Bonn	Heimel	Benning- hoven	Westhydraulik- Becker, Bonn	
Zusätze						
Silogröße [t]	1 Silo, 69	1 Silo, 30 m ³ , ca. 60 t	69	1 Silo, 69	ca. 60	
separate Waage?	nein, Füller- waage	Nein, Füller- waage	ja	ja (Viatop)	ja	
Mischer						
min./max. Nutzinhalt [kg]	800/2700	800/3000	800/3000	500/2700	1000/3000	
Mischerleistung [kW]	180	160	160	160	180	
Antriebsleistung [kW]	75 (Fa. Wibau)	75 (Fa. Wibau)	75	75 (Fa. Benninghoven)	2x37 (Fa. Teltomat)	
Verladesilo						
Nutzinhalt [t]	410	400	290	280	330	
Anzahl der Taschen [-]	5 Taschen	5 Taschen	5 Taschen	4 Taschen	5 Taschen	
Nutzinhalt der einzel- nen Taschen [t]	75/100/125/ 55/55	60/110/120/ 55/55	80/80/60/60/10	50/70/80/80	?	
Direktbelademöglichkeit vorhanden?	ja	ja	ja	ja	ja	
Beschickungsleistung [t/h]	160 (in letzte Ta- sche)	170 (in letzte Ta- sche)	160	120 (in letzte Ta- sche)	200 (in letzte Ta- sche)	
Steuerung						
Hersteller		PC + Steuerpult Benninghoven	PC + Steuerpult Benninghoven	PC + Steuerpult Benninghoven	PC + Steuerpult Benninghoven	PC teltronik

Chargenprotokolle

Muster 1:

Chargenliste Zeit: 23.09.2004 07:18:06 - 23.09.2004 07:19:00 23.09.2004
 Mischwerk Auftrag: * 11:44:25
Rezept: *
Kunde: *

Auftrag		Kunde		Rezept			
Endzeit	Zyklzt.	Mischzt.	Charge Soll	Charge Ist	Mg. Temp.	Charge Nr.	
Mat. Art	Komp. Sorte	Temp.	DM Dos.Beg. -Dauer	im Mischer	Sollwert	Istwert	Abw
209	Stratebau				3720 AB 0/8		
23.09.2004 07:19:40	48,5 s	-1,0 s	2500,0 kg		2545,2 kg	165,3 °C	73547
Bitumen	Bit.	70/100	164 °C VGF 07:18:31	24,0 s	07:19:18	170,0 kg	170,1 kg 0,00 %
Fueller	EF	EF	F 07:18:23	21,0 s	07:19:10	175,0 kg	175,4 kg 0,02 %
Fueller	FF2	FF 2	F 07:18:45	6,0 s	07:19:10	50,0 kg	50,9 kg 0,04 %
Mineral_MT	M2	0 / 2	GV 07:18:19	9,0 s	07:19:07	1097,5 kg	1095,5 kg -0,08 %
Mineral_MT	M3	2 / 5	GV 07:18:29	5,0 s	07:19:07	367,5 kg	366,6 kg -0,03 %
Mineral_MT	M4	5 / 8	GV 07:18:35	7,0 s	07:19:07	640,0 kg	686,6 kg 1,83 %

Muster 2:

Mischprozess um 11:17:51 angehalten !

Rezept	8236 SMA 0/8 S PMB 65				Auftrag	6		Vorwahl					162,0				VIA	Summe	Datum: 21.07.2004								
Keulen Nr.:	Mineral				PKW-Nr.:	50	40	0	73	0	0	0	0	0	0	0	4,0	1000									
Schl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
MM:MM:SS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	F1	F2	F3	B1	B2	P21	R22	CB	VIA		Tot.	T-M	T1	T2	Leistung			NMZ		
11:19:26	0	0	0	0	0	0	0	194	95	0	184	0	0	0	0	10,7	2541	227117	176	0	0	0	T3	T4	1/h	sec	
11:20:20	0	273	353	1030	401	0	0	194	94	0	183	0	0	0	0	10,7	2556	227773	176	0	2	0	0	169	54	19,4	
11:21:13	0	0	0	0	0	0	0	194	94	0	183	0	0	0	0	10,5	2554	230327	176	0	0	0	0	169	54	19,4	
11:22:07	0	0	0	0	0	0	0	195	96	0	184	0	0	0	0	9,7	2569	232956	176	2	0	0	0	170	54	19,4	
11:23:01	0	0	0	0	0	0	0	193	97	0	185	0	0	0	0	10,5	2549	231445	176	0	2	2	0	169	54	19,4	
11:23:56	0	262	366	1037	399	0	0	191	98	0	184	0	0	0	0	10,9	2534	237479	176	4	0	0	0	166	55	19,4	
11:24:51	0	0	0	0	0	0	0	194	98	0	183	0	0	0	0	10,9	2541	240520	176	0	0	0	0	163	56	19,4	
11:25:48	0	275	465	1021	394	0	0	192	99	0	185	0	0	0	0	9,9	2540	243060	176	0	2	2	0	159	57	19,4	
11:26:47	0	200	367	1024	392	0	0	193	97	0	185	0	0	0	0	10,7	2532	245592	176	0	4	0	0	154	58	19,4	
11:27:42	0	273	353	1024	396	0	0	193	97	0	186	0	0	0	0	10,7	2564	248156	176	2	4	0	0	185	55	19,4	
11:28:41	0	277	363	1042	397	0	0	195	96	0	184	0	0	0	0	10,6	2562	250708	174	0	0	0	0	155	59	19,4	
11:29:44	0	280	368	1030	391	0	0	190	96	0	183	0	0	0	0	10,7	2645	251253	172	0	0	0	0	143	63	19,4	
Rezept wurde geändert !																											
11:30:55	0	0	0	0	0	0	0	190	96	0	185	0	0	0	0	10,8	2544	250787	172	0	0	0	0	128	71	19,4	
11:31:57	0	268	360	1017	397	0	0	191	96	0	184	0	0	0	0	10,8	2562	250350	172	2	0	0	0	0	146	63	19,4
11:32:54	0	0	0	0	0	0	0	164	122	0	185	0	0	0	0	10,8	2556	260915	172	0	0	0	0	0	160	57	19,4
11:33:49	0	274	364	1037	401	0	0	170	121	0	183	0	0	0	0	10,6	2579	263494	170	0	0	0	0	0	168	55	19,4
11:34:44	0	298	369	1031	408	0	0	171	121	0	185	0	0	0	0	10,7	2561	260955	170	2	0	0	0	0	164	55	19,4
Rezept wurde geändert !																											
11:36:24	0	0	0	0	0	0	0	165	120	0	185	0	0	0	0	10,5	2536	268591	170	2	0	0	0	0	90	100	19,4
11:37:20	0	277	363	1010	396	0	0	116	169	0	184	0	0	0	0	10,7	2548	271139	170	0	0	0	0	0	163	56	19,4
11:38:21	0	291	365	1020	399	0	0	116	169	0	184	0	0	0	0	10,7	2537	273676	170	0	0	0	0	0	147	61	19,4
11:39:15	0	299	365	1007	402	0	0	119	171	0	184	0	0	0	0	10,6	2546	276222	170	4	0	0	0	0	169	54	19,4
11:40:09	0	292	369	1010	397	0	0	118	169	0	183	0	0	0	0	9,9	2554	278776	170	0	0	0	0	0	169	54	19,4
11:41:06	0	278	363	1034	398	0	0	120	166	0	186	0	0	0	0	11,1	2556	281332	170	0	0	0	0	0	158	58	19,4
11:42:02	0	292	367	1028	405	0	0	119	173	0	183	0	0	0	0	10,5	2558	283800	170	0	4	4	0	0	163	56	19,4
11:42:56	0	293	367	1033	398	0	0	119	172	0	184	0	0	0	0	10,8	2552	286442	170	2	0	0	0	0	160	54	19,4
11:43:50	0	293	363	1016	406	0	0	117	170	0	183	0	0	0	0	10,5	2567	289005	170	0	4	0	0	0	170	54	19,4
11:44:45	0	291	369	1016	399	0	0	118	172	0	183	0	0	0	0	11,0	2575	291584	170	0	4	0	0	0	166	55	19,4
11:45:50	0	291	369	1016	399	0	0	120	167	0	185	0	0	0	0	10,9	2553	294137	168	0	0	0	0	0	140	65	19,4
11:47:29	0	292	358	1030	400	0	0	114	170	0	185	0	0	0	0	10,1	2555	296682	170	0	0	4	92	99	99	19,4	
11:49:24	0	293	355	1034	407	0	0	113	171	0	184	0	0	0	0	10,5	2538	299230	170	0	2	8	75	115	19,4		

Mischprozess um 11:42:24 angehalten !

Asphaltgranulat-/Fräsgutanalyse Werk 01

Werk 01														
	Bindemittelgehalt [M.-%]	Füller < 0,09 mm [M.-%]	Sand 0,09/2 mm [M.-%]	0,09 mm [M.-%]	0,25 mm [M.-%]	0,75 mm [M.-%]	Spplitt > 2 mm [M.-%]	2 mm [M.-%]	5 mm [M.-%]	8 mm [M.-%]	11,2 mm [M.-%]	16 mm [M.-%]	22,4 mm [M.-%]	31,5 mm [M.-%]
Fräsgut 0/8														
\bar{x} n = 14	5,500	16,100	43,500	7,200	12,800	23,500	40,320	30,700	9,600	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
s	0,290	1,790	2,000	0,480	0,760	1,120	2,280	1,780	1,390	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000
v	0,053	0,111	0,046	0,067	0,059	0,048	0,057	0,058	0,145	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung	5,300	15,100	41,200	6,700	12,000	22,500	43,700	30,900	12,000	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	3,774	6,623	5,583				-7,735							
Granulat 0/8														
\bar{x} n = 25	5,500	16,200	43,800	7,100	13,100	23,600	39,948	30,400	9,500	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000
s	0,260	1,530	2,330	0,520	0,802	1,210	3,010	2,000	1,540	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000
v	0,047	0,094	0,053	0,073	0,061	0,051	0,075	0,066	0,162	1,875	0,000	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung	5,500	11,700	43,200	9,100	12,600	21,500	45,100	28,200	15,300	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	0,000	38,462	1,389				-11,424							

\bar{x} = Mittelwert
s = Standardabweichung
v = Variationskoeffizient

Asphaltgranulat-/Fräsgutanalyse Werk 02

Werk 02													
Bindemittelgehalt [M.-%]	Füller <0,075mm [M.-%]	Sand 0,075-2 mm [M.-%]	0,075 mm [M.-%]	0,25 mm [M.-%]	0,75 mm [M.-%]	Spplitt > 2 mm [M.-%]	2 mm [M.-%]	5 mm [M.-%]	8 mm [M.-%]	11,2 mm [M.-%]	16 mm [M.-%]	22,4 mm [M.-%]	31,5 mm [M.-%]
Fräsgut 0/8													
\bar{x} n = 18	5,900	17,600	39,200	6,700	11,200	21,300	43,100	12,700	2,100	0,400	0,000	0,000	0,000
s	0,760	3,780	5,110	0,900	1,640	3,480	4,620	3,470	3,990	0,770	0,000	0,000	0,000
v	0,129	0,215	0,130	0,134	0,146	0,163	0,107	0,273	1,900	1,925	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung	5,500	14,900	43,100	7,400	12,700	23,000	42,000	12,400	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	7,273	18,121	-9,049				2,619						
Granulat 0/8													
\bar{x} n = 38	5,900	17,000	45,000	7,300	12,900	24,800	38,000	8,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
s	0,360	1,120	4,370	0,690	1,200	3,070	4,830	3,980	0,230	0,000	0,000	0,000	0,000
v	0,061	0,066	0,097	0,095	0,093	0,124	0,127	0,480	2,300	0,000	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung	5,500	11,700	43,200	9,100	12,600	21,500	45,100	15,300	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	7,273	45,299	4,167				-15,743						
Granulat 0/22													
\bar{x} n = 12	3,900	9,900	22,600	4,100	6,600	11,900	67,500	13,500	14,000	15,300	9,700	0,300	0,000
s	0,480	2,230	6,180	1,040	1,800	3,360	8,320	2,420	4,860	6,140	3,610	0,490	0,000
v	0,123	0,225	0,273	0,254	0,273	0,282	0,123	0,179	0,347	0,401	0,372	1,633	0,000
Eignungsprüfung	4,200	10,200	27,500	5,100	7,900	14,500	62,300	13,100	11,300	10,900	9,800	0,300	0,000
relativer Fehler	-7,143	-2,941	-17,818				8,347						

\bar{x} = Mittelwert

s = Standardabweichung

v = Variationskoeffizient

Asphaltgranulat-/Fräsgutanalyse Werk 03

Werk 03														
	Bindemittelgehalt [M-%]	Füller < 0,06mm [M-%]	Sand 0,062 mm [M-%]	0,06 mm [M-%]	0,25 mm [M-%]	0,75 mm [M-%]	Spplitt > 2 mm [M-%]	2 mm [M-%]	5 mm [M-%]	8 mm [M-%]	11,2 mm [M-%]	16 mm [M-%]	22,4 mm [M-%]	31,5 mm [M-%]
Fräsgut 0/8														
\bar{x}	5,600	15,800	45,800	8,100	14,300	23,400	38,400	25,200	13,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
s	0,520	1,270	6,400	2,610	2,060	2,680	6,970	3,430	4,850	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000
v	0,093	0,080	0,140	0,322	0,144	0,115	0,182	0,136	0,373	1,800	0,000	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung	4,900	14,200	35,900	6,700	11,500	17,700	49,900	26,000	20,200	3,700	0,000	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	14,286	11,268	27,577				-23,046							
Granulat 0/22														
\bar{x}	4,100	10,800	30,600	5,900	10,000	14,700	58,500	17,800	11,400	10,600	10,100	7,500	1,100	0,000
s	0,210	0,920	1,890	0,620	1,320	1,280	2,090	1,420	0,740	1,450	1,110	1,720	0,850	0,000
v	0,051	0,085	0,062	0,105	0,132	0,087	0,036	0,080	0,065	0,137	0,110	0,229	0,773	0,000
Eignungsprüfung	4,300	10,900	28,300	5,400	9,000	13,900	60,800	16,400	10,500	11,400	10,800	11,700	0,000	0,000
relativer Fehler	-4,651	-0,917	8,127				-3,783							

\bar{x} = Mittelwert
 s = Standardabweichung
 v = Variationskoeffizient

Asphaltgranulat-/Fräsgutanalyse Werk 04

Werk 04															
	Bindemittelgehalt [M.-%]	Füller <0,075mm [M.-%]	Sand 0,075 mm [M.-%]	0,075 mm [M.-%]	0,15 mm [M.-%]	0,3 mm [M.-%]	0,6 mm [M.-%]	1,2 mm [M.-%]	2,5 mm [M.-%]	5 mm [M.-%]	8 mm [M.-%]	11,2 mm [M.-%]	16 mm [M.-%]	22,4 mm [M.-%]	31,5 mm [M.-%]
Fräsgut 0/8															
\bar{x} n = 13	5,000	14,700	37,700	7,000	11,800	18,900	47,600	24,500	22,100	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s	0,280	1,080	3,950	0,730	1,510	1,790	4,940	0,590	3,670	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
v	0,056	0,073	0,105	0,104	0,128	0,095	0,104	0,024	0,166	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung bis 17.06.2004	4,800	12,300	46,200	9,800	16,500	19,900	41,500	28,200	12,700	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung ab 18.06.2004	5,100	15,400	40,000	7,400	12,700	19,900	44,600	24,200	20,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	4,167	19,512	-18,398				14,699								
relativer Fehler	-1,961	-4,545	-5,750				6,726								
Granulat 0/22															
\bar{x} n = 12	4,300	12,300	31,800	7,000	11,300	13,500	55,800	19,800	15,000	9,500	7,400	4,100	0,000	0,000	0,000
s	0,220	0,760	2,720	0,470	1,190	1,280	3,380	1,020	1,060	0,880	1,860	1,080	0,000	0,000	0,000
v	0,051	0,062	0,086	0,067	0,105	0,095	0,061	0,052	0,071	0,093	0,251	0,263	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung	4,200	10,200	32,400	6,100	12,700	13,600	57,400	19,200	14,700	9,800	8,100	4,700	0,900	0,000	0,000
Eignungsprüfung	4,200	12,500	32,900	7,200	11,800	13,900	54,600	20,200	14,700	9,000	6,800	3,900	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	2,381	20,588	-1,852				-2,787								
relativer Fehler	2,381	-1,600	-3,343				2,198								

\bar{x} = Mittelwert
s = Standardabweichung
v = Variationskoeffizient

Asphaltgranulat-/Fräsgutanalyse Werk 06

Werk 06														
	Bindemit- telgehalt [M.-%]	Füller < 0,075 mm [M.-%]	Sand 0,075 mm [M.-%]	0,075 mm [M.-%]	0,25 mm [M.-%]	0,75 mm [M.-%]	Spplitt > 2 mm [M.-%]	2 mm [M.-%]	5 mm [M.-%]	8 mm [M.-%]	11,2 mm [M.-%]	16 mm [M.-%]	22,4 mm [M.-%]	31,5 mm [M.-%]
Fräsgut 0/11														
\bar{x}	6,200	13,800	32,800	6,400	11,600	14,800	53,400	20,200	20,500	11,500	1,200	0,000	0,000	0,000
s	0,300	0,820	6,500	1,380	2,940	2,940	6,210	2,500	1,800	6,690	1,020	0,000	0,000	0,000
v	0,048	0,059	0,198	0,216	0,253	0,199	0,116	0,124	0,088	0,582	0,850	0,000	0,000	0,000
Eignungsprüfung	5,800	13,800	26,200	5,400	8,900	11,900	60,000	19,600	21,800	16,600	2,000	0,000	0,000	0,000
relativer Fehler	6,897	0,000	25,191				-11,000							
Granulat 0/22														
\bar{x}	4,700	11,100	35,500	6,400	11,600	17,500	53,600	21,000	11,500	8,100	7,200	5,800	0,000	0,000
s	0,060	0,380	0,850	0,260	0,210	0,800	1,100	0,570	1,530	0,400	0,520	1,450	0,000	0,000
v	0,013	0,034	0,024	0,041	0,018	0,046	0,021	0,027	0,133	0,049	0,072	0,250	0,000	0,000
Eignungsprüfung	4,200	9,100	32,400	6,800	10,300	15,300	58,500	20,500	12,200	8,900	9,000	5,600	2,300	0,000
relativer Fehler	11,905	21,978	9,568				-8,376							

\bar{x} = Mittelwert
 s = Standardabweichung
 v = Variationskoeffizient

Mischgutprobenahme

<p>AA. 01.01</p>	<p>UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR Laboratorium für Straßenwesen Arbeitsanweisung</p>	
<p>Zweck:</p> <p>Vorraussetzung für einwandfreie Untersuchungsergebnisse und für deren Beurteilung ist die stets gleichartige und sachgemäße Probenahme des Mischgutes. Bei der Entnahme der Proben sind die nachstehenden Anweisungen einzuhalten.</p>		
<p>Geräte:</p> <p>Für die Entnahme der Proben sind folgende Geräte zu verwenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Handschaufel mit steil aufgebogenen Seitenfläche ➤ Probenahmeschaufel (siehe DIN 1996 T3, Bild 1) ➤ Probenahmeblech von mindestens 120 cm X 240 cm 		
<p>Verfahren der Probenahme:</p> <p>Alle zu entnehmenden Mischgutproben sind grundsätzlich aus nur einer Charge zu entnehmen. Die gesamte Mischgutcharge wird direkt vom Mischer in die Schaufel des Radladers entleert. Wo dies nicht möglich ist (z.B. Allach) wird die gesamte Mischgutcharge zunächst in den Aufzugskübel entleert und von dort über das Direktbeladungssilo in die Schaufel des Radladers entleert.</p> <p>Direkt aus der Radladerschaufel werden mit der Probenahmeschaufel für die Mischgutsorten AB 0/8 mit Asphaltgranulat, AB 0/8 ohne Asphaltgranulat und SMA 0/11 S mindestens 8 bis 10 volle Schaufeln (als Einzelproben) so entnommen, dass das entnommene Mischgut (ca. 10 Kg) dem Durchschnitt der Charge entspricht.</p> <p>Aus den Mischgutsorten Abi 0/22 S, ATS 0/32 CS über Heißabsiebung und ATS 0/32 CS über Bypass sind mit der Handschaufel 20 volle Schaufeln (als Einzelproben) so zu entnehmen, dass das entnommene Mischgut dem Durchschnitt der Charge entspricht. Die so entnommenen Einzelproben sind auf einem sauberen Probenahmeblech von mindestens 120 cm x 240 cm auf einem Haufen zu sammeln und dort zweimal von der einen zur anderen Seite umzusetzen. Das Umzusetzen bezweckt, Entmischungen des Materials auszugleichen. Das Probegut wird dann durch Vierteln in seiner Menge eingeeengt. Hierzu breitet man das gut durchmischte Material kreisförmig aus, vierteilt es und scheidet jeweils zwei gegenüberliegende Abschnitte aus. Das Mischen und Vierteln des verbleibenden Probegutes ist solange fortzusetzen, bis die für die Entnahme notwendige Menge (ca. 20 Kg) übrigbleibt.</p> <p>Die so entnommenen Mischgutproben sind in Blechbehälter einzufüllen. Die Blechbehälter dürfen innen nicht lackiert sein und müssen luftdicht verschlossen werden. Die Probenahmebehälter sind fortlaufend mit den entsprechenden Probeetiketten zu kennzeichnen. Die Etiketten sind mit den noch fehlenden Angaben zu versehen. Jeder Probe ist das dazugehörige Chargenprotokoll beizufügen.</p>		
<p>Status: 001</p>	<p>Mischgutprobenahme</p>	<p>Stand: 01.09.02</p>

Mischgutprobenahme

<p>VA. 01.01</p>	<p>UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR Laboratorium für Straßenwesen Verfahrensanleitung</p>	
<p>Zweck:</p> <p>Vorraussetzung für einwandfreie Untersuchungsergebnisse und für deren Beurteilung ist die stets gleichartige und sachgemäße Verfahrensweise bei der Probenahme des Mischgutes. Bei der Entnahme der Proben ist die nachstehende Verfahrensanweisungen einzuhalten.</p>		
<p>Mitgeltende Vorschrift und Arbeitsblätter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Arbeitsanweisung Mischgutprobenahme AA. 01.01 ➤ Arbeitsblätter: „Probeentnahme Übersichtpläne AB.PÜ.04.01 und AB.PÜE.04.02“ ➤ Arbeitsblätter: „Probenplan je Mischgutsorte AB.PP.04.01 bis AB.PÜ.04.06“ ➤ Probeetiketten 		
<p>Verfahren der Mischgutprobenahmen:</p> <p>Die Mischgutproben sind grundsätzlich gemäß der Arbeitsanweisung Mischgutprobenahme AA. 01.01 zu entnehmen.</p> <p>Es sind von folgenden 6 Mischgutsorten: AB 0/8 mit Asphaltgranulat, AB 0/8 ohne Asphaltgranulat, SMA 0/11 S, Abi 0/22 S, ATS 0/32 CS über Heißabsiebung und ATS 0/32 CS über Bypass, jeweils 11 Proben zu entnehmen (siehe Arbeitsblatt: „Probeentnahme Übersichtplan AB. PÜ.04.01“). In dem Arbeitsblatt: „Probeentnahme Übersichtplan“ ist die Probenahme z.B. durch eintragen des Probenahmedatums zu dokumentieren.</p> <p>Bei jeder Probenahme sind in das Arbeitsblatt: „Probenplan“ für die entsprechende Mischgutsorte die noch fehlenden Angaben einzutragen.</p> <p>Die Probenahmebehälter sind fortlaufend mit den entsprechenden Probeetiketten zu kennzeichnen. Die Etiketten sind mit den noch fehlenden Angaben zu versehen.</p> <p>Jeder Probe ist das dazugehörige Chargenprotokoll beizufügen (siehe Arbeitsanweisung Mischgutprobenahme AA. 01.01).</p> <p>Die Eigenüberwachung der 6 Mischgutsorten ist in Art (Entnahme der Proben vom LKW) und Häufigkeit wie bisher durchzuführen. Es sind jedoch anstelle von einer Probe zwei identische Proben zu entnehmen.</p> <p>Eine Probe wird wie bisher in der firmeneigenen Prüfstelle geprüft. Die zweite Probe wird mit den entsprechenden Probeetiketten mit der zusätzlichen Bezeichnung „Eigenüberwachung“ (Probennummern mit den Endziffern 12 bis 16) gekennzeichnet. Die Etiketten sind mit den noch fehlenden Angaben zu versehen.</p> <p>Die Entnahme aller Mischgutproben sollte nicht zu Beginn der Produktion erfolgen, sondern erst wenn sich die Produktion stabilisiert hat.</p> <p>Alle Proben sind ordnungsgemäß zu lagern und werden von der Universität der Bundeswehr abtransportiert.</p>		
<p>Status: 003</p>	<p>Verfahren der Mischgutprobenahmen</p>	<p>Stand: 29.09.03</p>

Formblatt: Ergebnisse der Untersuchung einer Mischgutprobe

Siebanalyse		mm	g	%	Durchgang	Fraktion	Sollwerte
	32-45			0,0	100,0		
	22-32			0,0	100,0		
	11-16			0,0	100,0	69,0	
	8-11	43,8		4,8	100,0	Spplitz / Kies	
	5-8	224,6		24,7	95,2		
	2-5	358,5		39,5	70,5		
	0,71-2	130,0		14,3	31,0		
	0,25-0,71	45,0		5,0	16,7	22,6	
	0,09-0,25	29,7		3,3	11,7	Sand	
	33 0,00-0,09	1,1		##	##	8,4	
	34 Zentrifugenfüller	75,6		##	##	Füller	
	35 Füller (33+34)	76,7		8,4	8,4		
	36 Summe (32+35)	908,3		100,0	Mineralmasse		
	Zusatzstoffe			0,0			

Siebverlust		L	mm	g	909,0
37 Siebwaage	21				
38 Siebwaage	36				908,3
39 Siebverlust	[37-38]				0,7
40 Siebverlust	[39*100/37]				< 0,5%
40 Grenzwert					

Marshall-Stabilität-Fliesswert		L	mm	g	909,0
47 Probekörperh.	L				
48 Stabilität	L				
49 Fließwert	L				
50 Korrekturfaktor	Tab				
51 Korrig. Stabilität	[50*48]				

Bindemiteileigenschaften		°C	°C	Penetration [mm/10]	Duktilität cm
Exp. R. + K.					
Brp. n. Fr.					
Kornform	gebogenes Korn	schlecht geformt	überwiegend gebrochen	ohne Bruchflächen	
52	32-45	g			
53	22-32	g			
54	16-22	g			
55	11-16	g			
56	8-11	g			
57	5-8	g			
58	2-5	g			
59	Summe	g	0,0	0,0	0,0
60			Anteil an gebrochenem Korn > 2mm		
61			Anteil an schlecht geformten Körnern am Spplitz > 5mm		
62			Anteil an Körnern mit überw. gebrochener Oberfläche am Spplitz > 2mm		
63			Anteil an Körnern ohne Bruchflächen am Spplitz > 2mm		

Untersuchung einer Mischgutprobe		BAM	Probenbez.:	060209
Baustelle:	BAM		Charge:	73547
Entnahmestelle:	23.09.04		Bam Nr.:	
Solkörnung:	AB 0/8 ohne Granulat		Probeneing.:	04.10.04
Mischanlage:	Rattenberg	ha	Bearbeiter:	
Uhrzeit:	07:19		Labor Nr.:	264/04

Äußere Beschaffenheit		Art der Mineralstoffe
Mischgutfarbe:	schwarz glänzend	Spplitz/Kies: Granitspplitz
Konsistenz:	vollständig	Sand: Granitbrechsand
Umhüllung:	gut	Füller: Gesteinsmehl
Klebkraft:	gut	Zusätze:

Bindemittelgehalt		I	II
1 Mischgut + Tara	W	g	3639,6
2 Tara	W	g	2666,1
3 Mischgut	(1-2)	g	973,5
4 Wasser	[31*3/100]	g	
5 W.fr. Mischgut	(3-4)	g	973,5
6 Gesamtmineral	21	g	909,0
7 Lösl. Bindemittel	(5-6)	g	64,5
8 Lösl. Bindemittel	[7*100/5]	%	6,63
9 Mittelwert	8	%	6,63
10 Unlösliches	Tab.	%	0,21
11 Bindem. gesamt	(9+10)	%	6,8

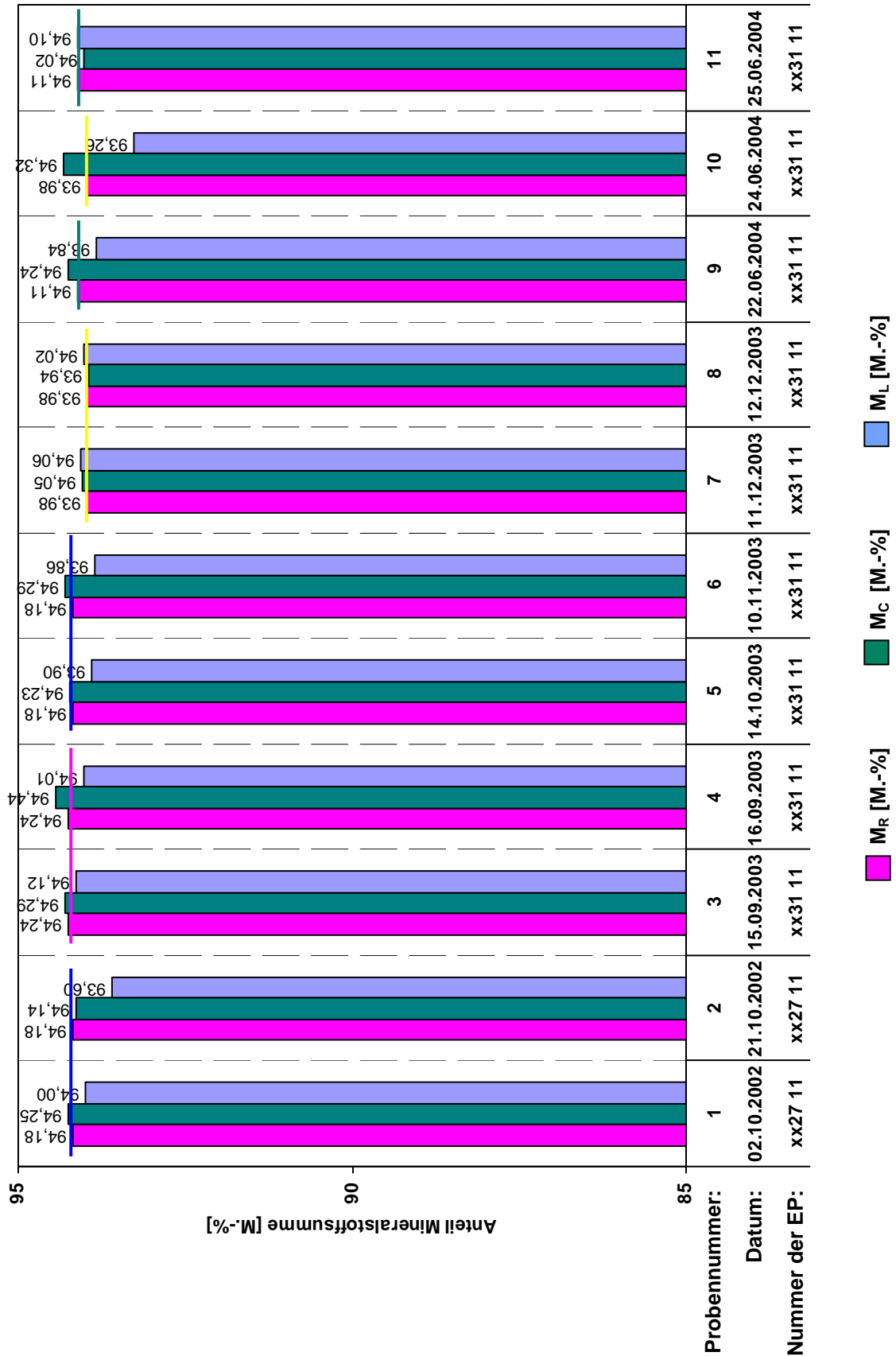
Mineralrückgewinnung		I	II
12 Mineral + Tara	W	g	3499,5
13 Tara	W	g	2666,1
14 Mineral	[12-13]	g	833,4
15 Mineral gesamt	14	g	833,4
16 Füller + Hülsen	W	g	789,6
17 Hülsen	W	g	714,0
18 Füller	[16-17]	g	75,6
19 Füller gesamt	18	g	75,6
20 Mineral	[14+18]	g	909,0
21 Gesamtmineral	[15+19]	g	909,0

Rückgewinnungsverfahren		I	II
23 Bindem. + Tara	W	g	
24 Tara	W	g	
25 Lösl. Bindemittel	[23-24]	g	
26 Lösl. Bindemittel	[25*100/5]	%	
27 Mittelwert	26	%	
28 Zuschl. f. Unlös.	Tab.	%	
29 Bindem. gesamt	(9+10)	%	

Wassergehalt		W	g
27 Mischgut + Kolb.	W	g	
28 Kolben	W	g	
29 Mischgut	[27-28]	g	
30 Wasser	L	ml	
31 Wassergehalt	[30*100/29]	%	

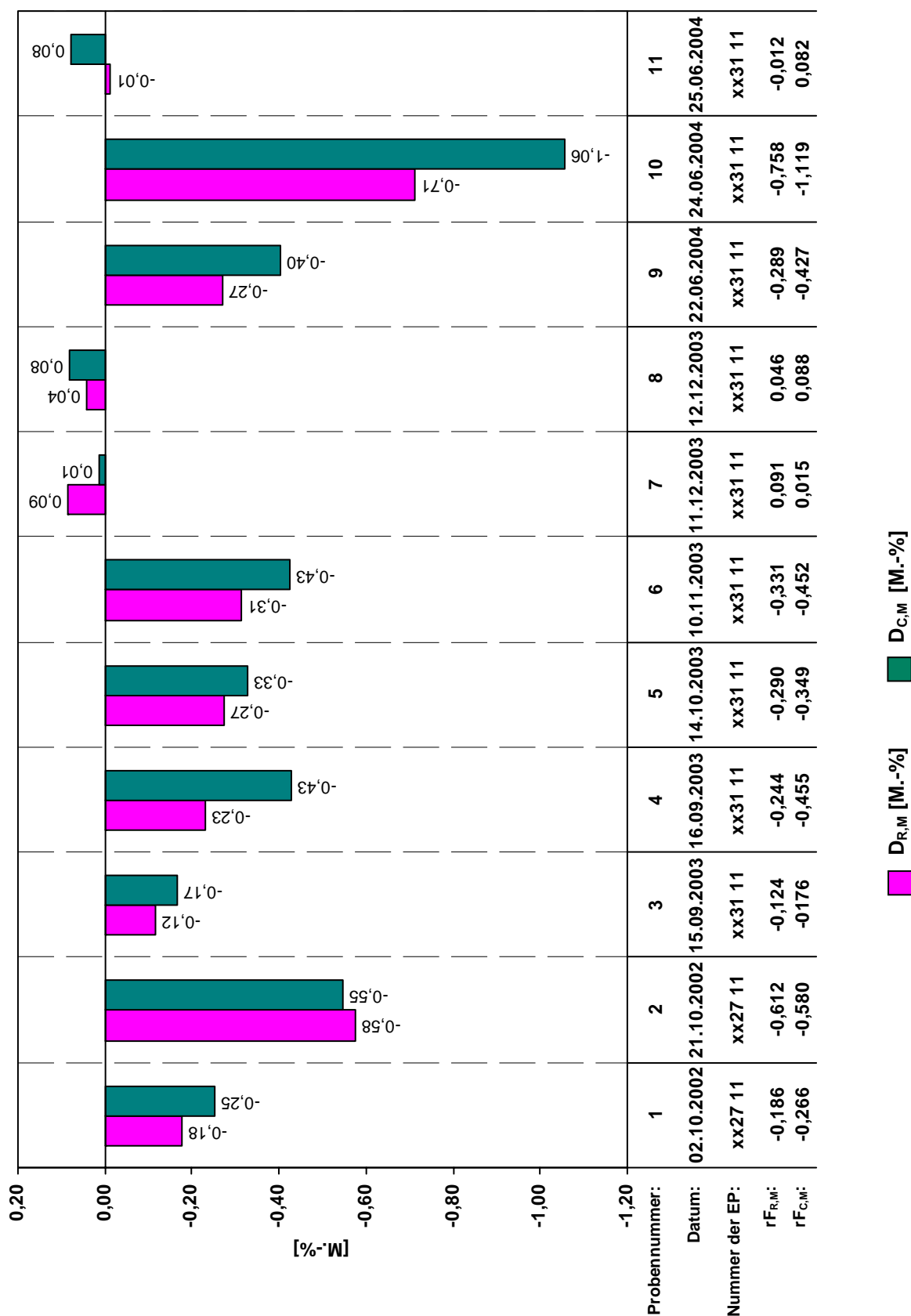
Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



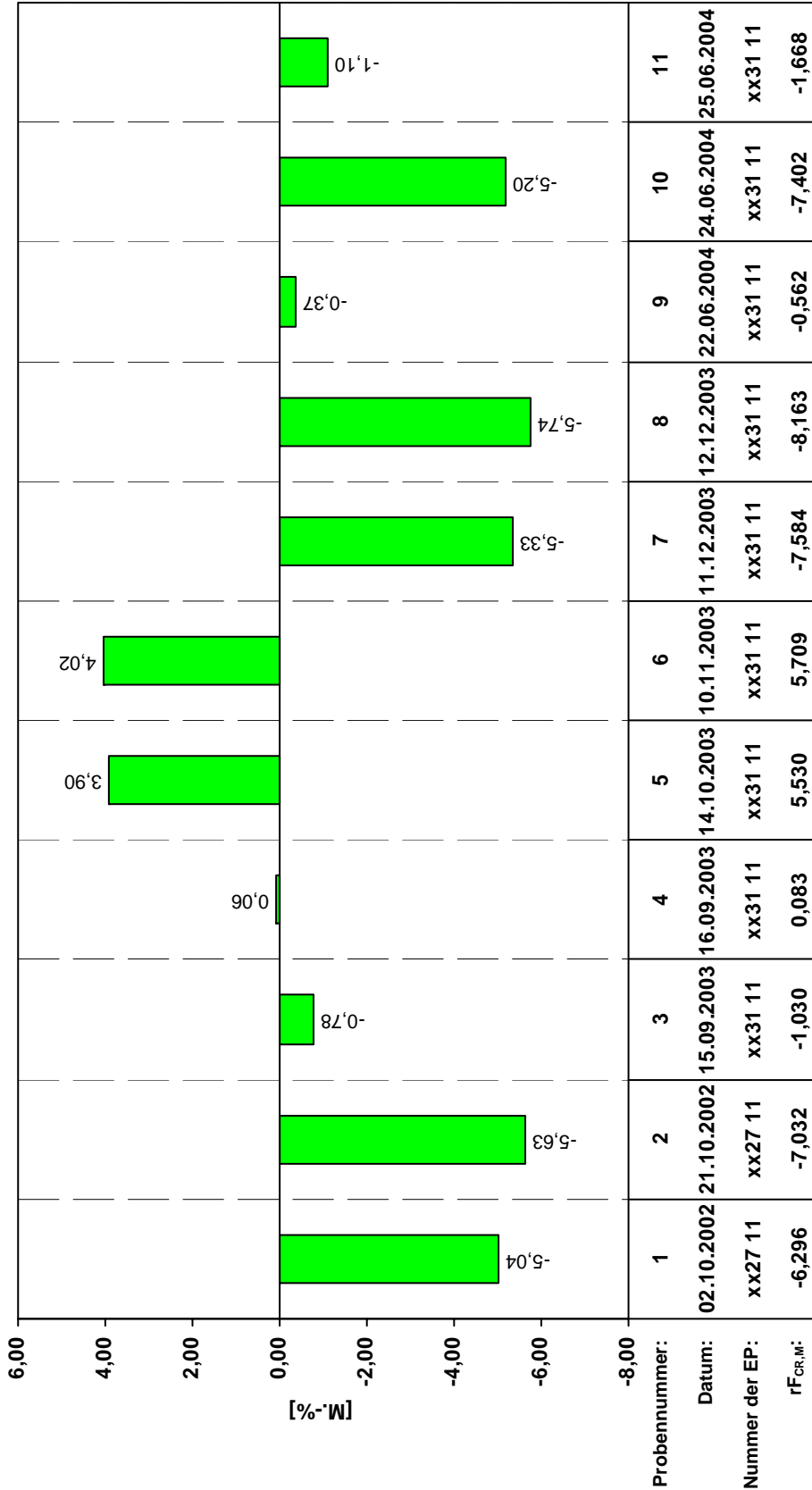
Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

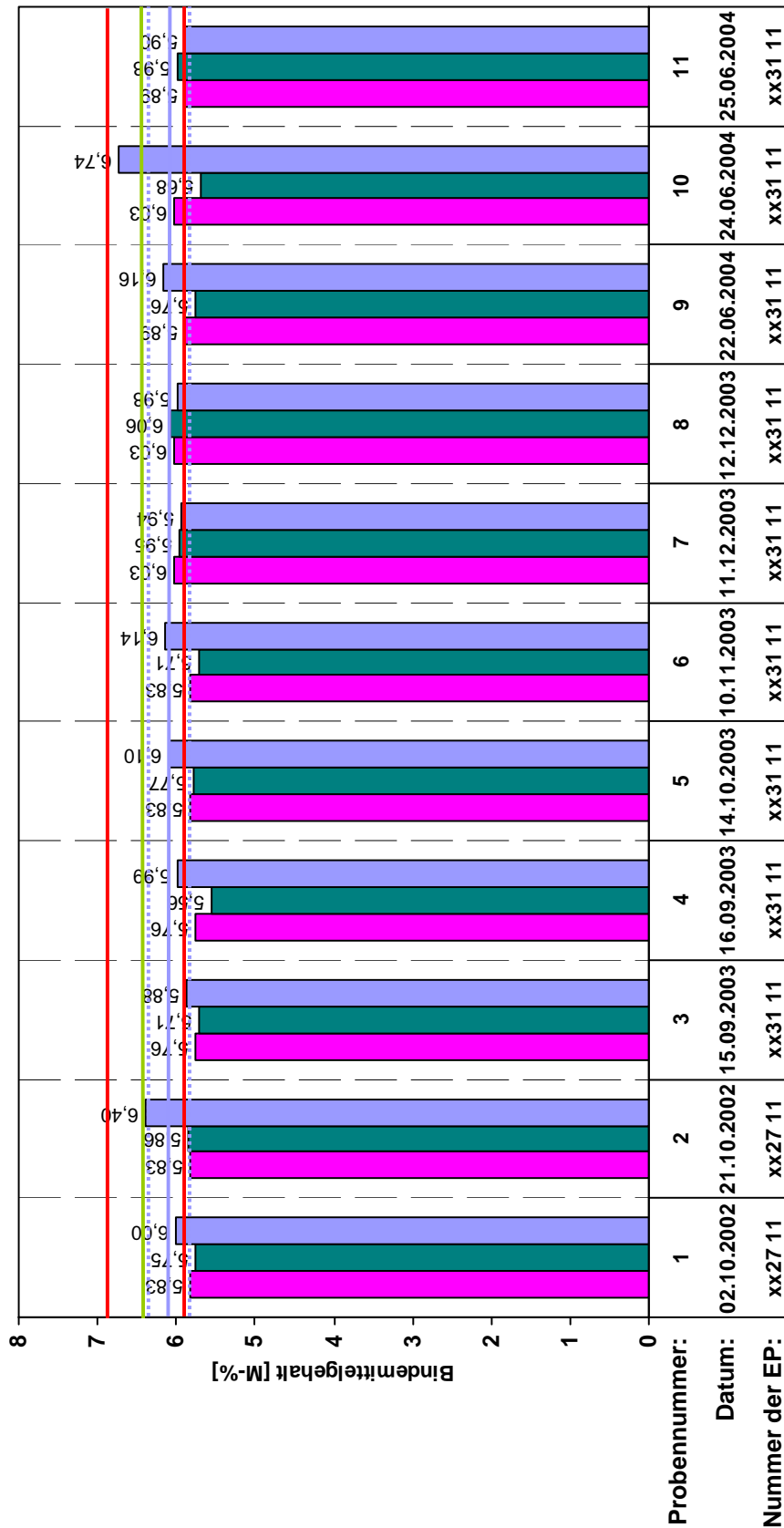
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



D_{CR,M} [M.-%]

Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnem RC-Anteil)



■ B_R [M.-%]
 ■ B_C [M.-%]
 ■ B_L [M.-%]
 n=11

— mB_L = 6,11 [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,7/6,1 [M.-%]

- - - S_{L,B} = ± 0,26 [M.-%]

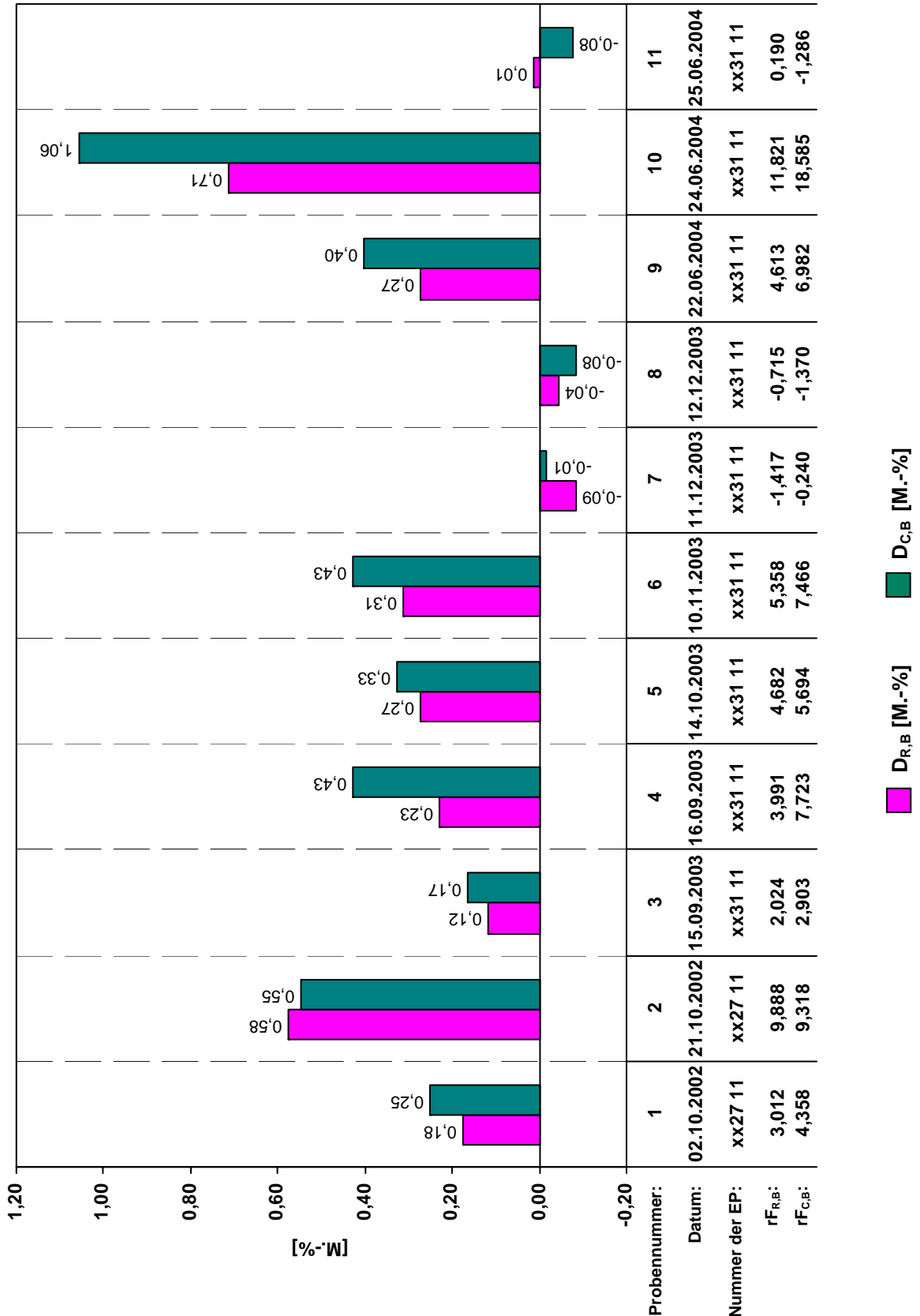
S²_{L,B} = 0,07 [-]

— Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 6,9/5,9 [M.-%]

— Eignungsprüfung xx27 11 und xx31 11: 6,40 [M.-%]

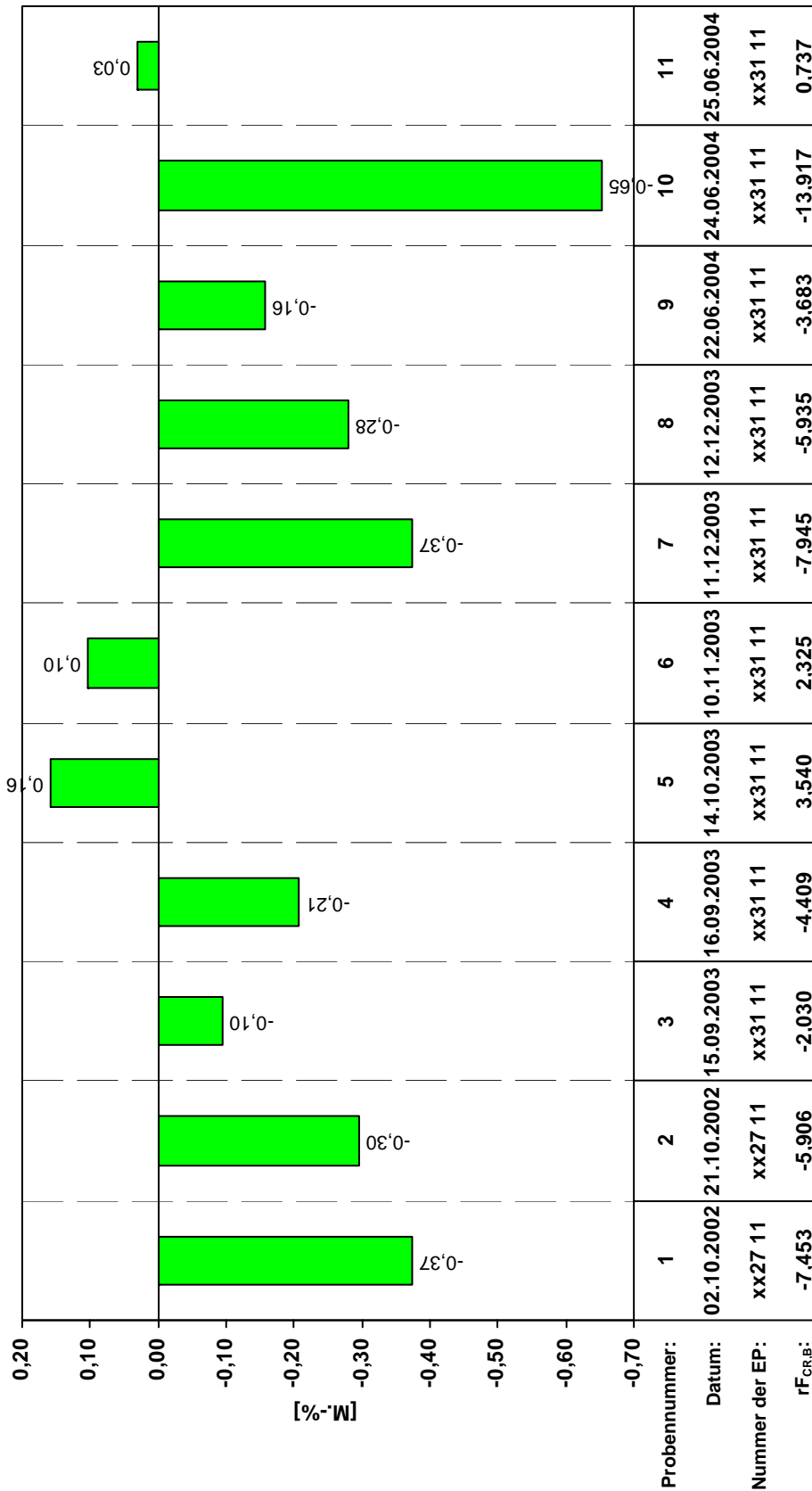
Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat


Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

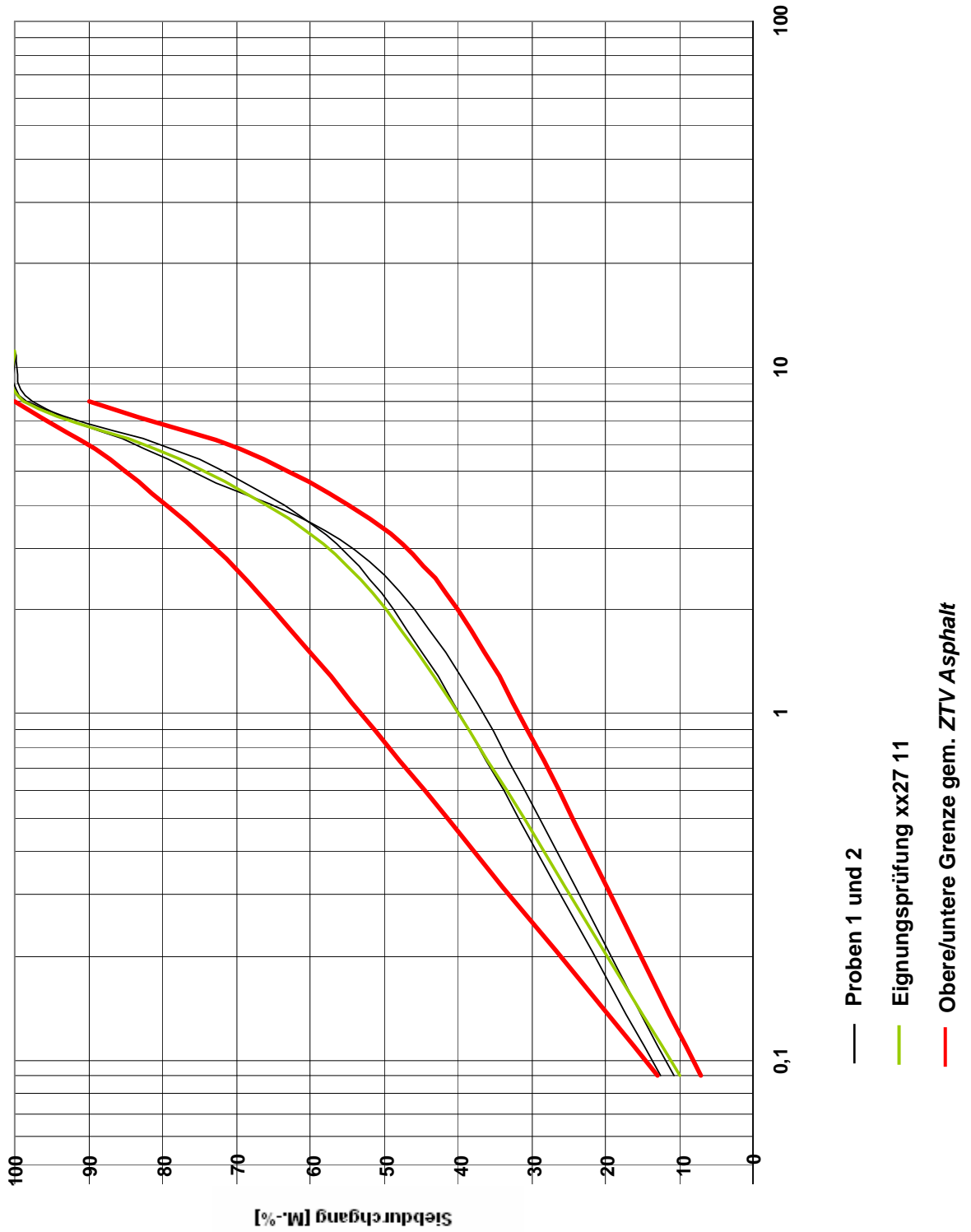
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 D_{CR,B} [M.-%]

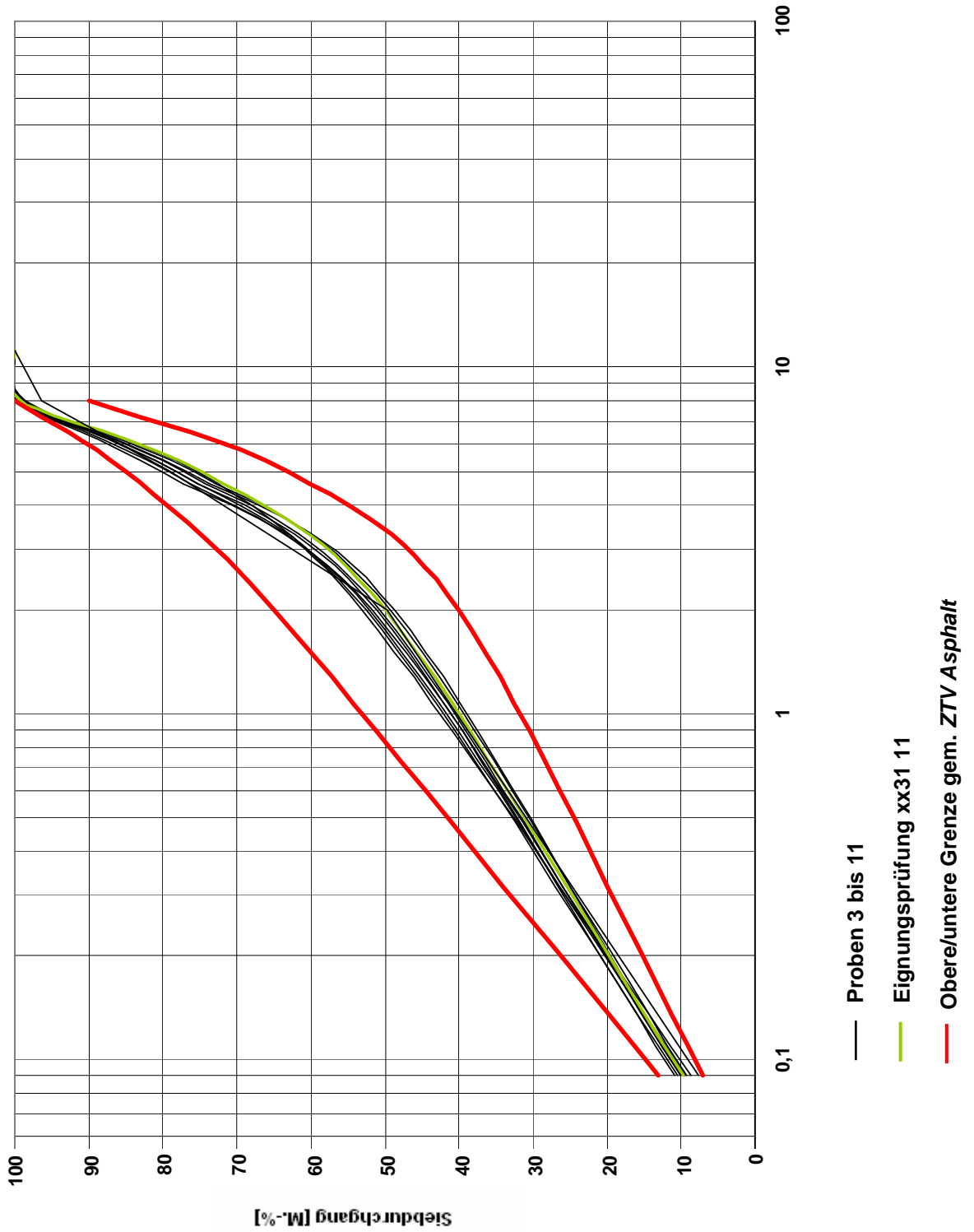
Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 und 2)



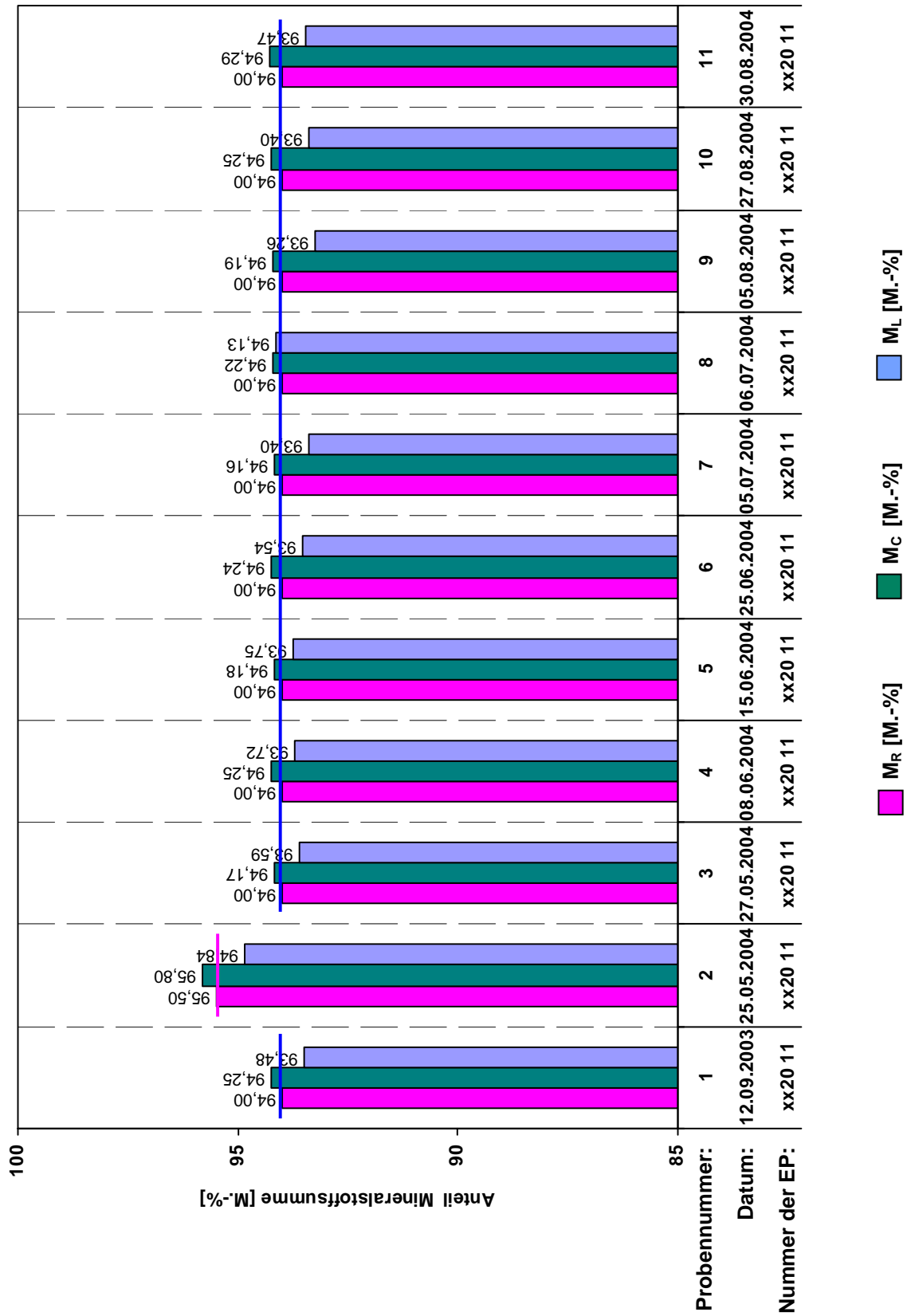
Werk 01; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 3 bis 11)



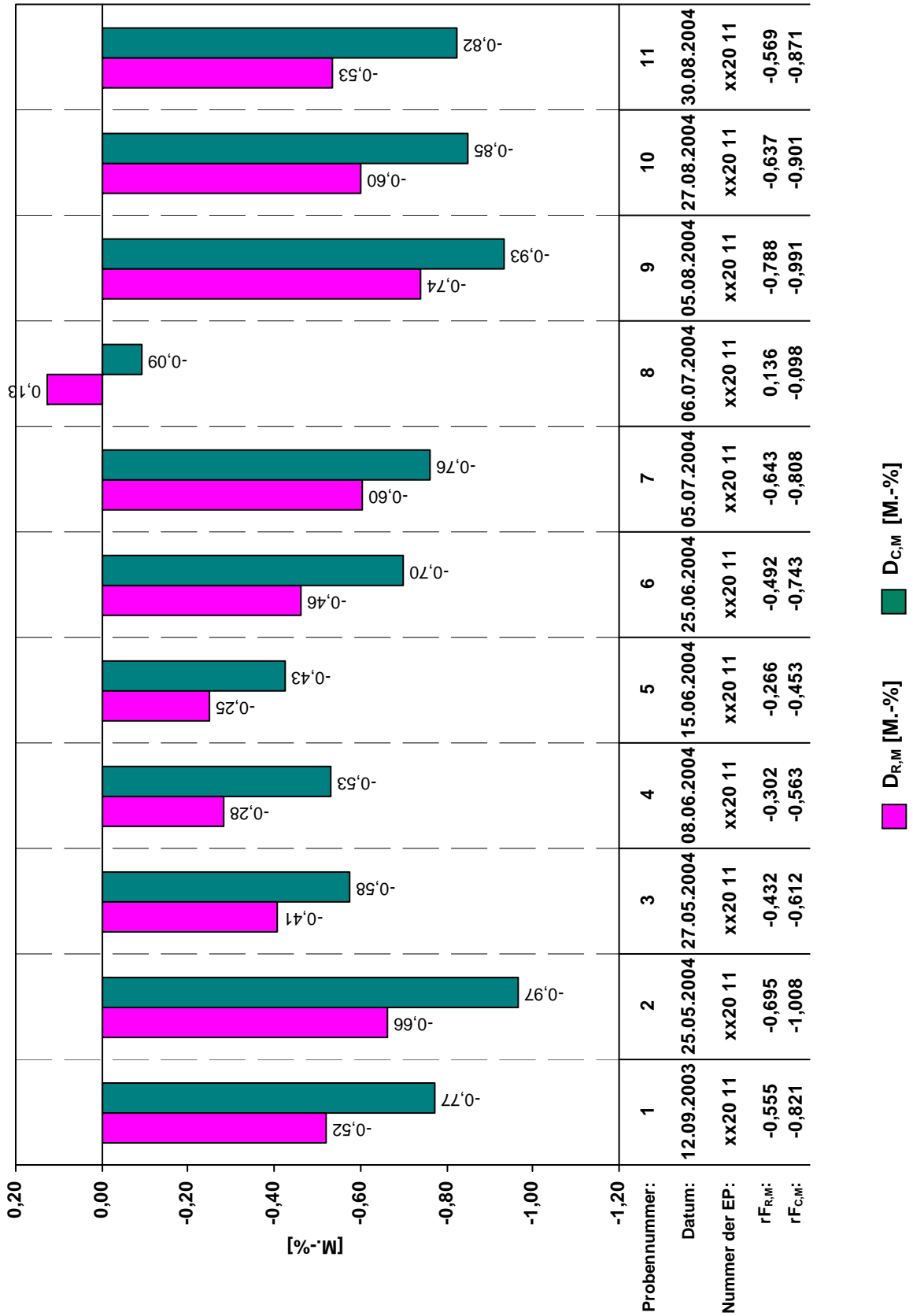
Werk 01; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



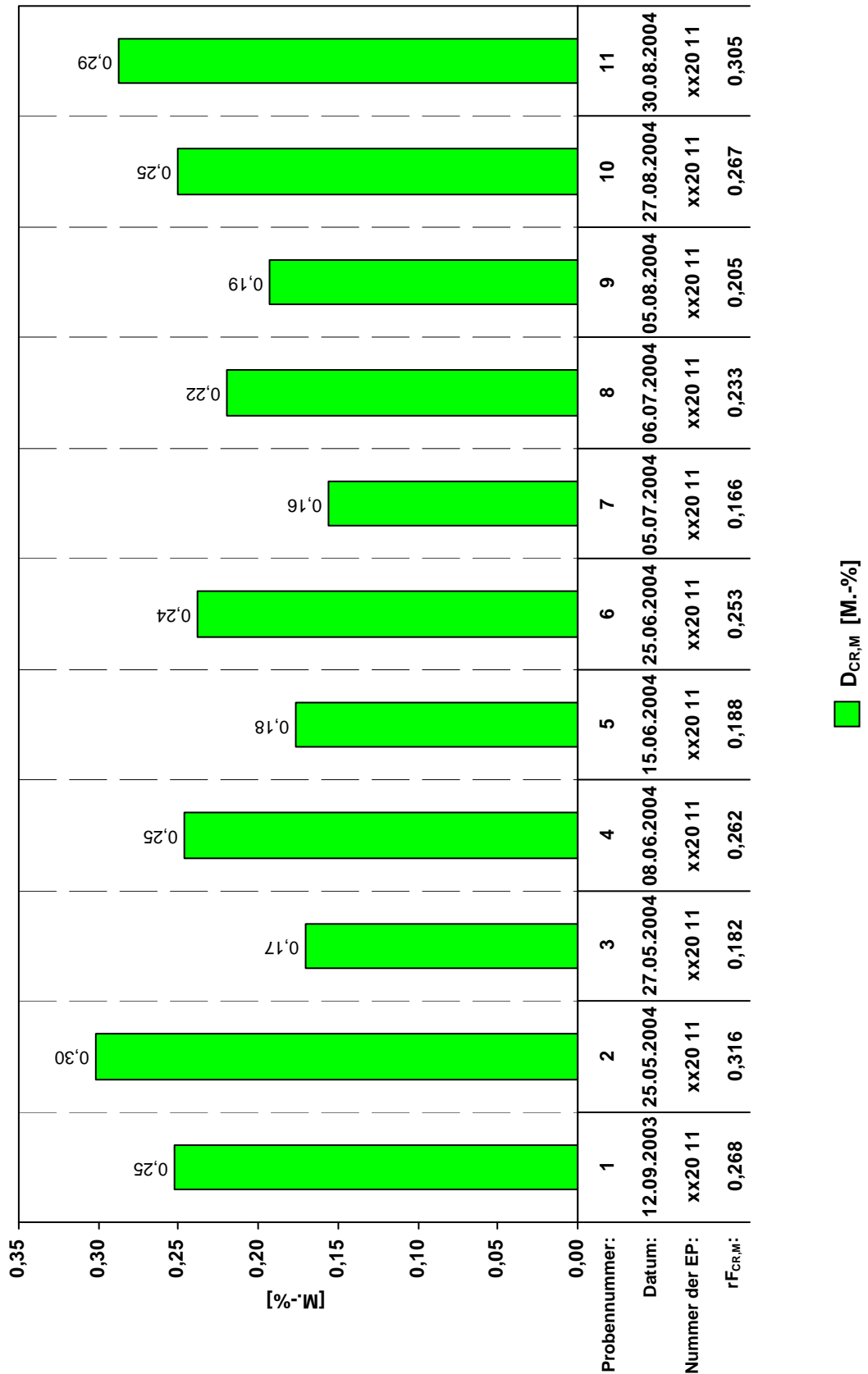
Werk 01; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



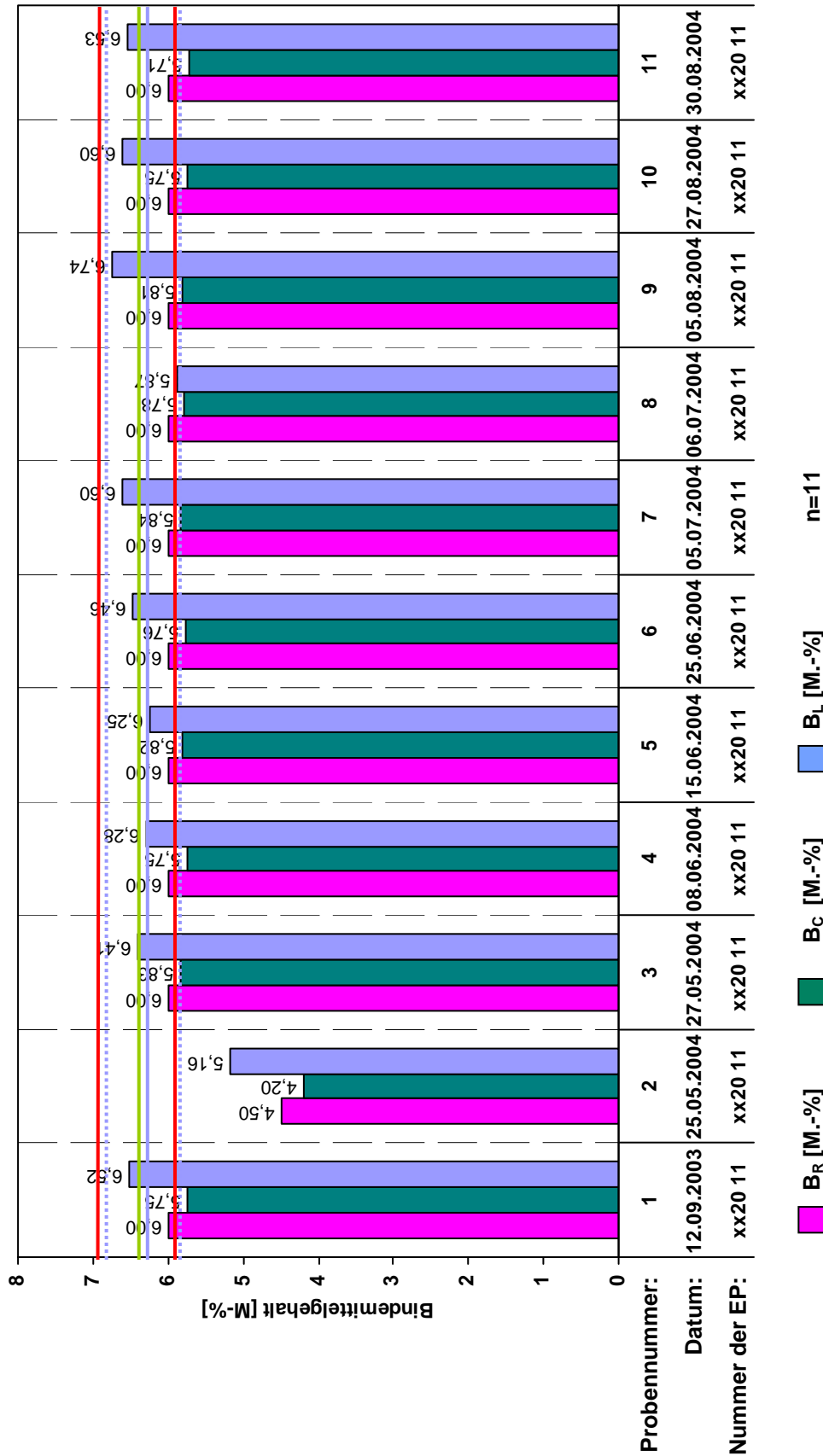
Werk 01; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



Werk 01; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



$m_{B_L} = 6,31$ [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,7/6,1 [M.-%]

$s_{L,B} = \pm 0,45$ [M.-%]

$s^2_{L,B} = 0,20$ [-]

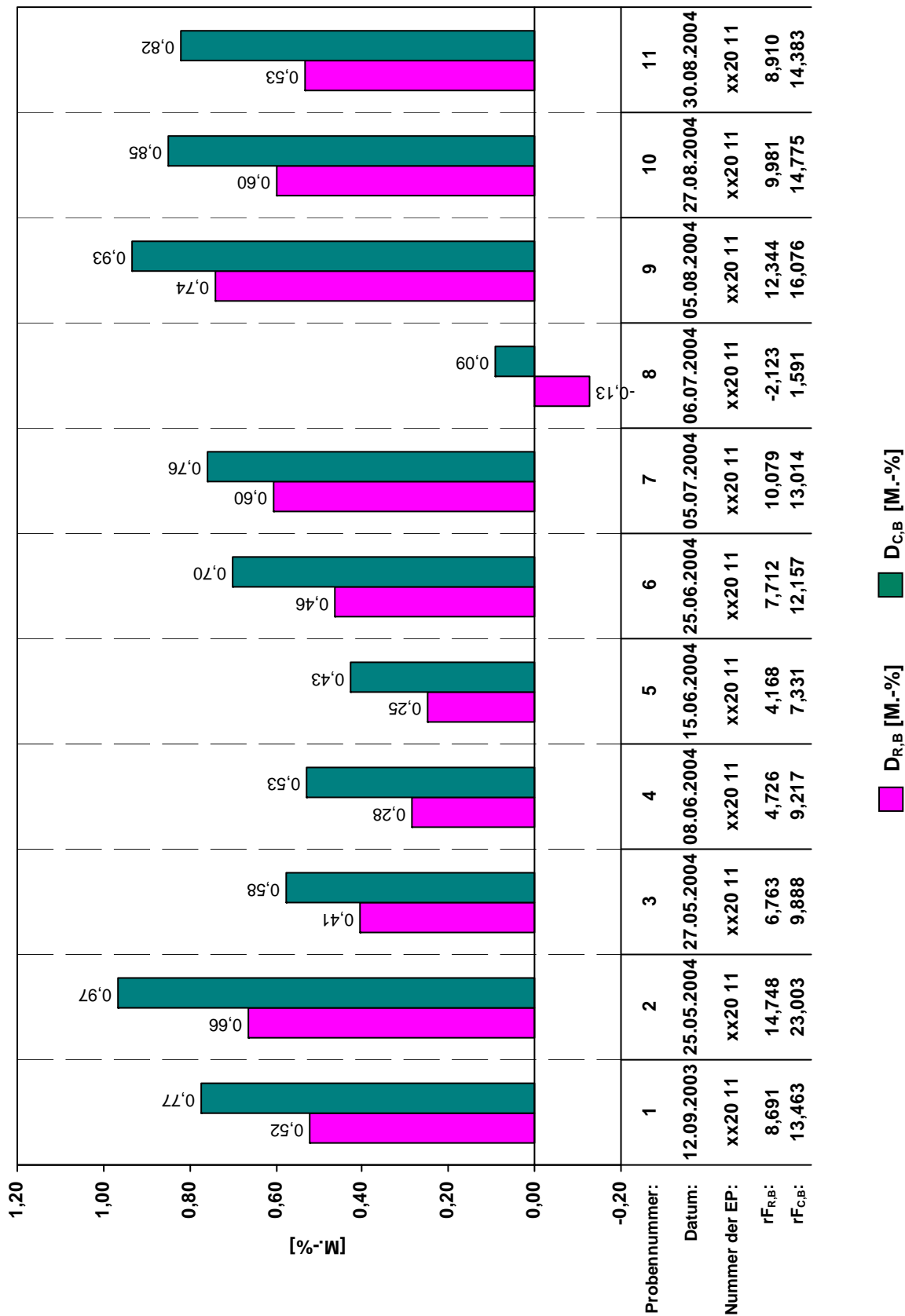
Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 6,9/5,9 [M.-%]

Eignungsprüfung xx20 11: 6,40 [M.-%]

B_R [M.-%] B_C [M.-%] B_L [M.-%] $n=11$

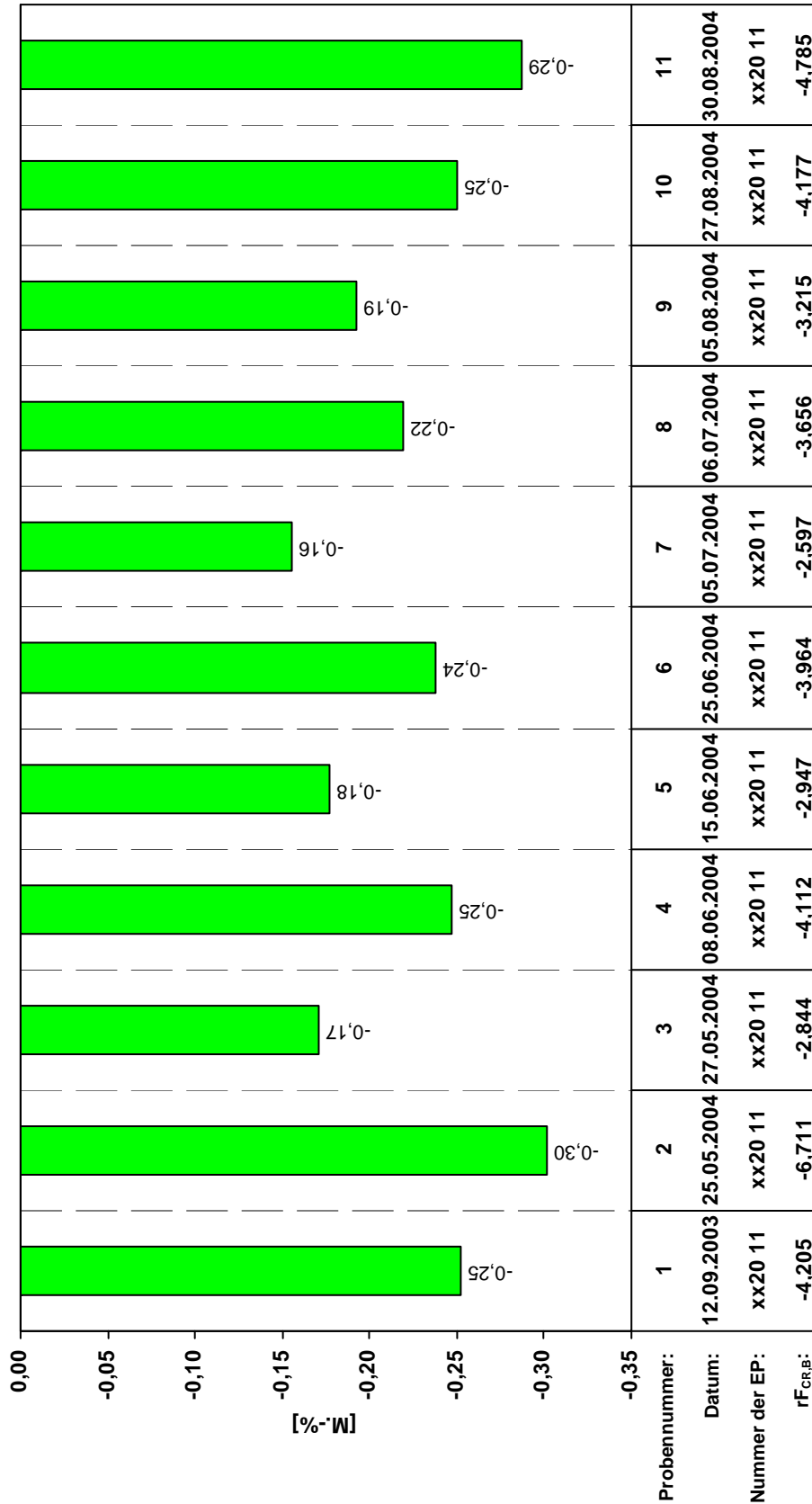
Werk 01; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 01; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

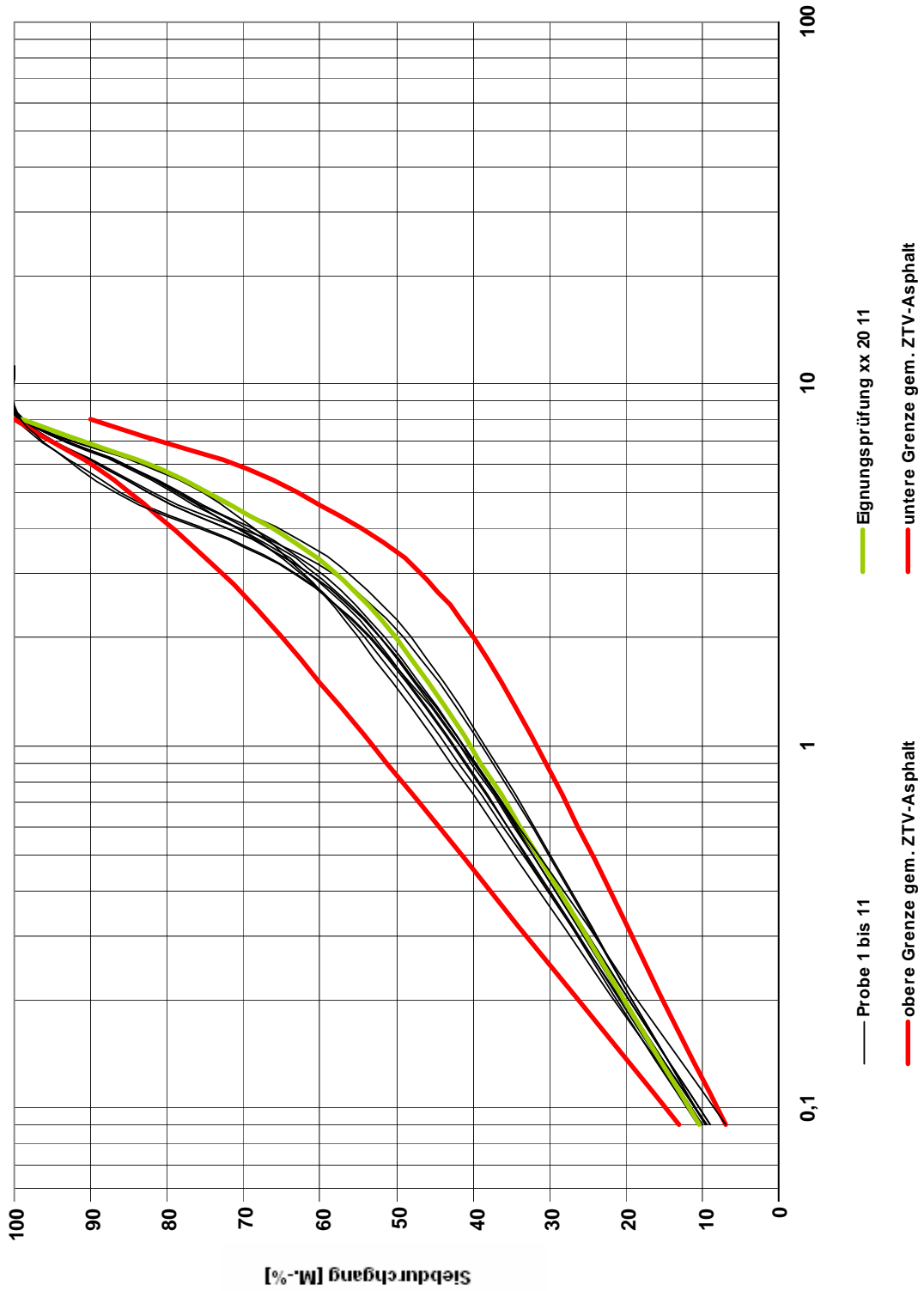
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ D_{CR,B} [M.-%]

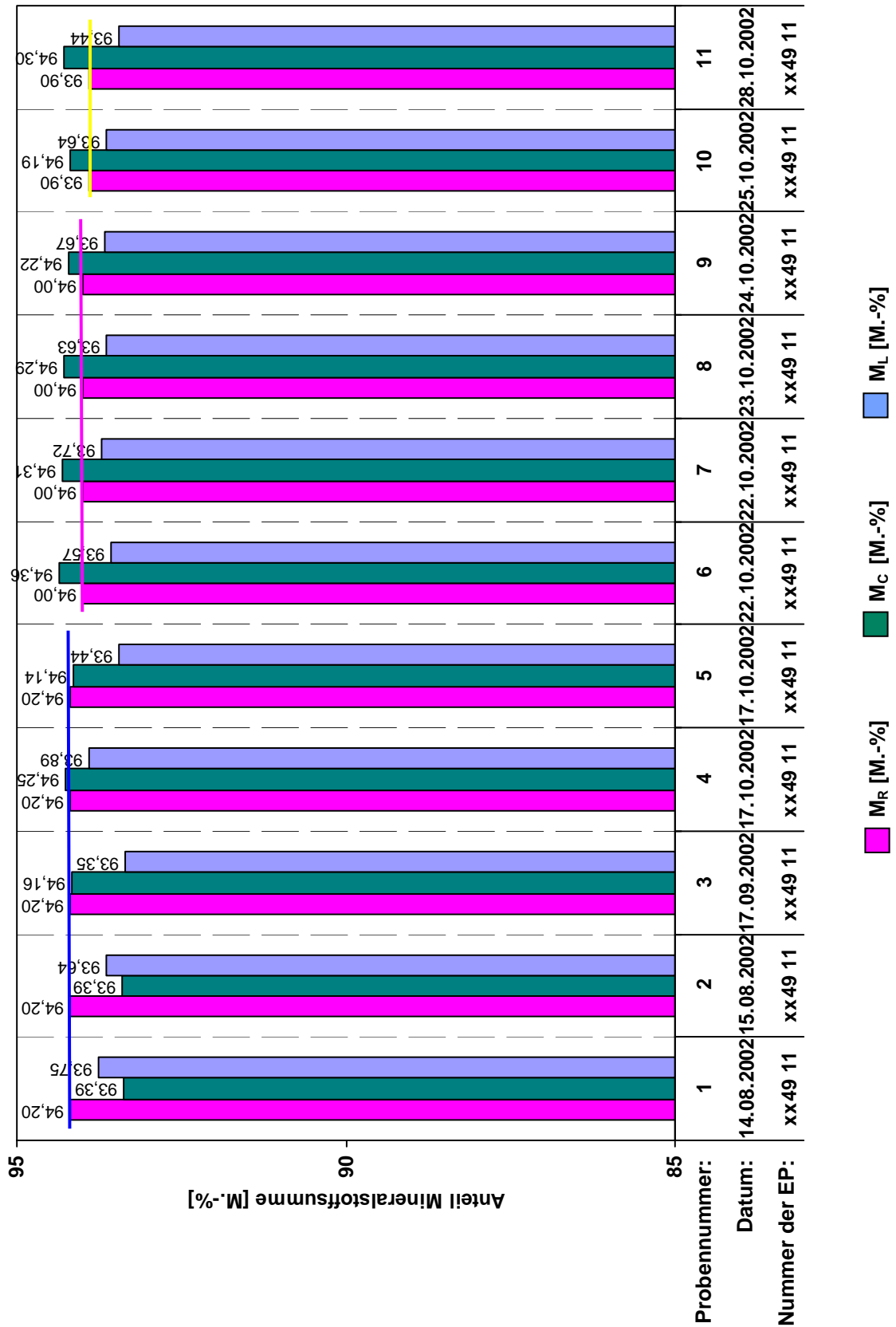
Werk 01; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



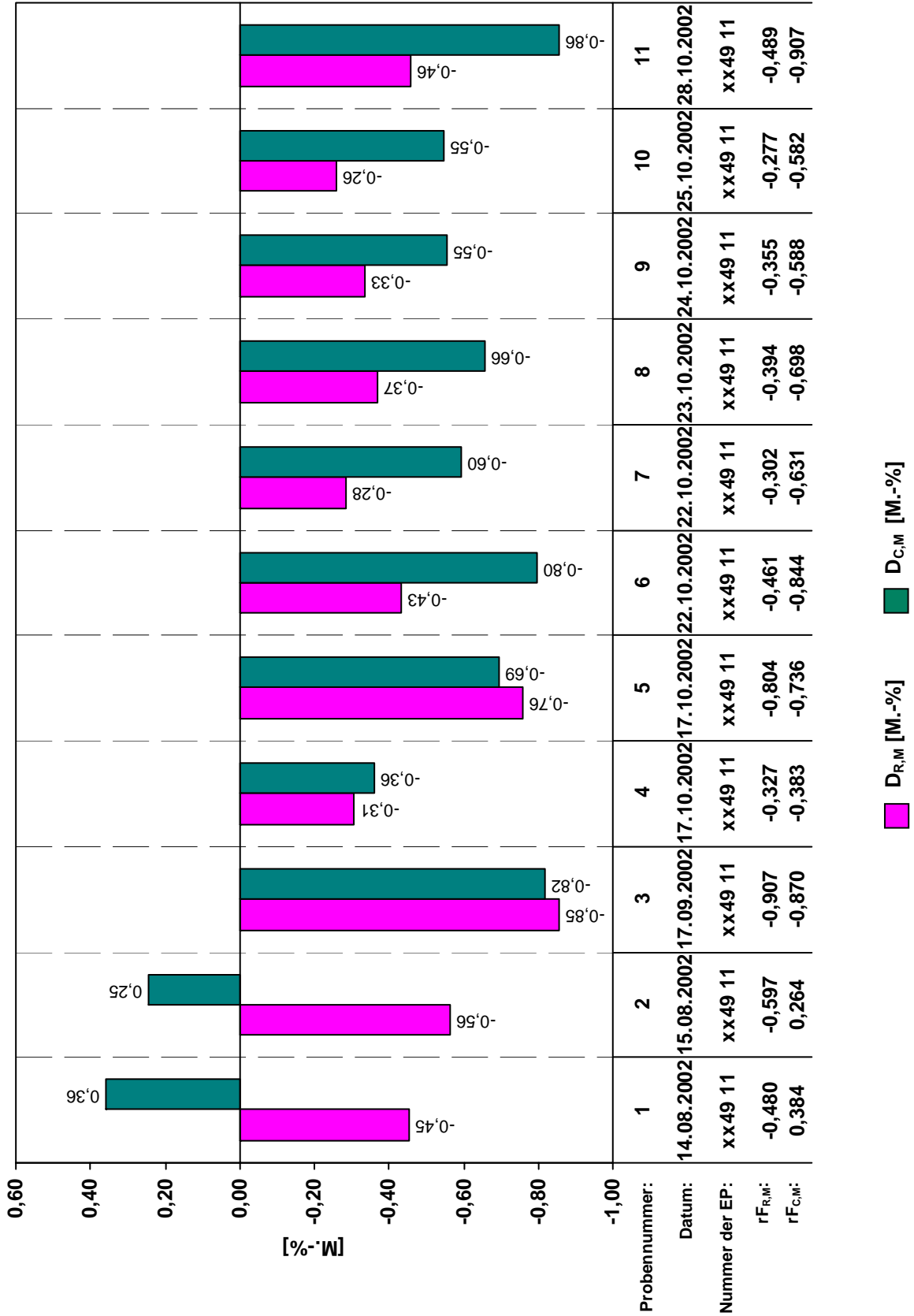
Werk 01; SMA 0/11 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



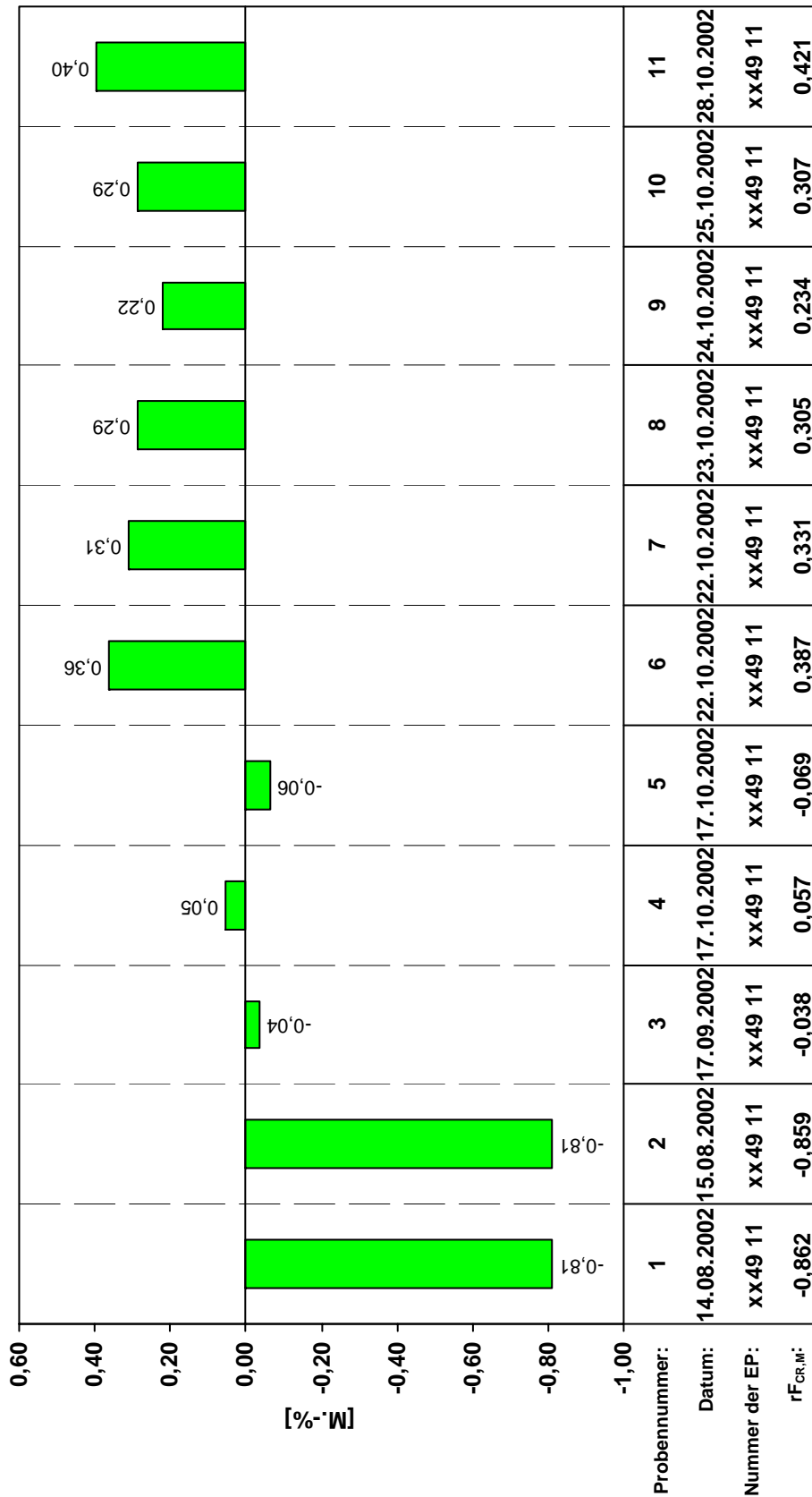
Werk 01; SMA 0/11 S

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 01; SMA 0/11 S

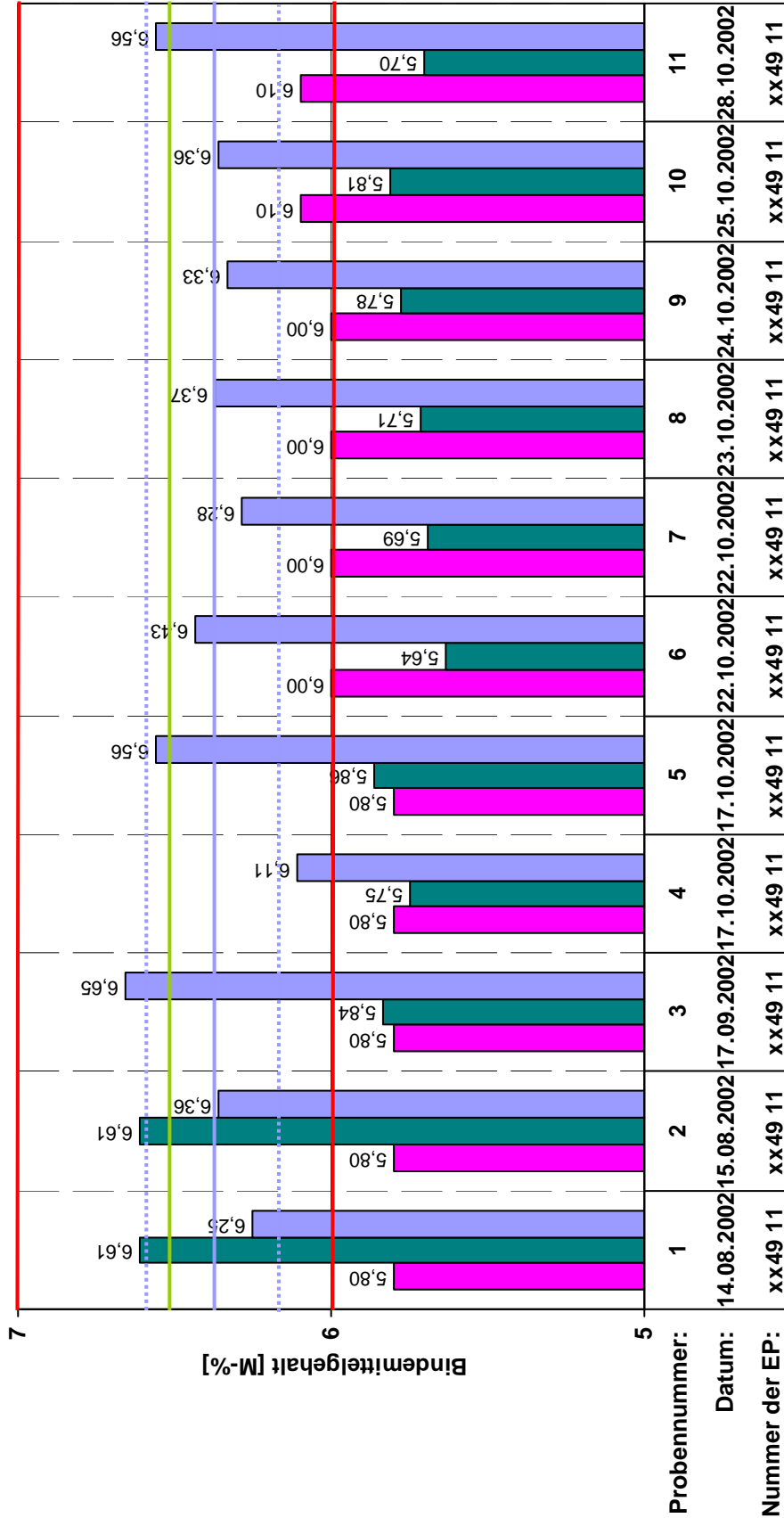
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 01; SMA 0/11 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



■ B_R [M.-%]
 ■ B_C [M.-%]
 ■ B_L [M.-%]
 n=11

— mB_L = 6,39 [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,8/6,2 [M.-%]

- - - s_{L,B} = ± 0,16 [M.-%]

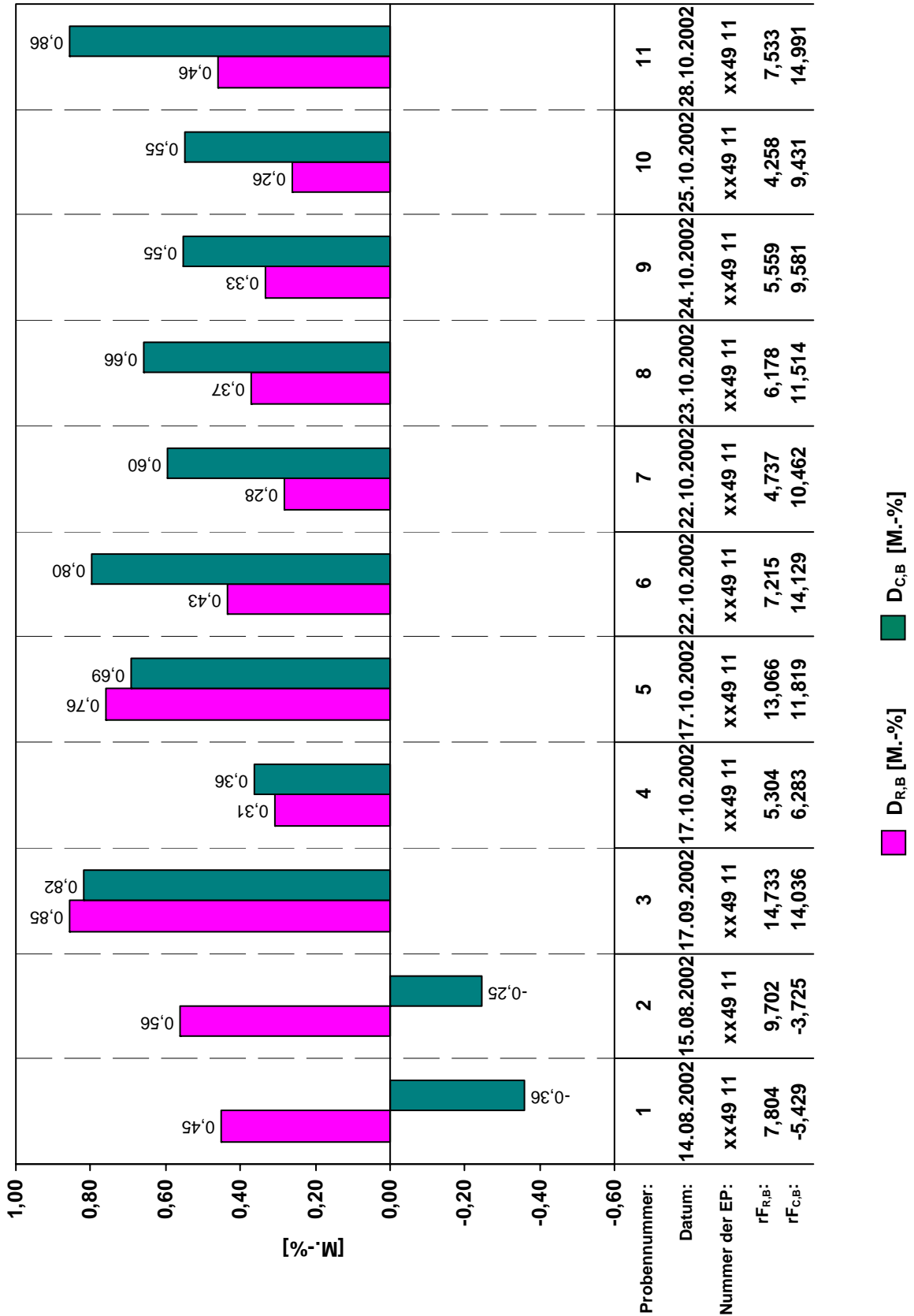
s²_{L,B} = 0,02 [-]

— Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 7,0/6,0 [M.-%]

— Eignungsprüfung xx49 11: 6,5 [M.-%]

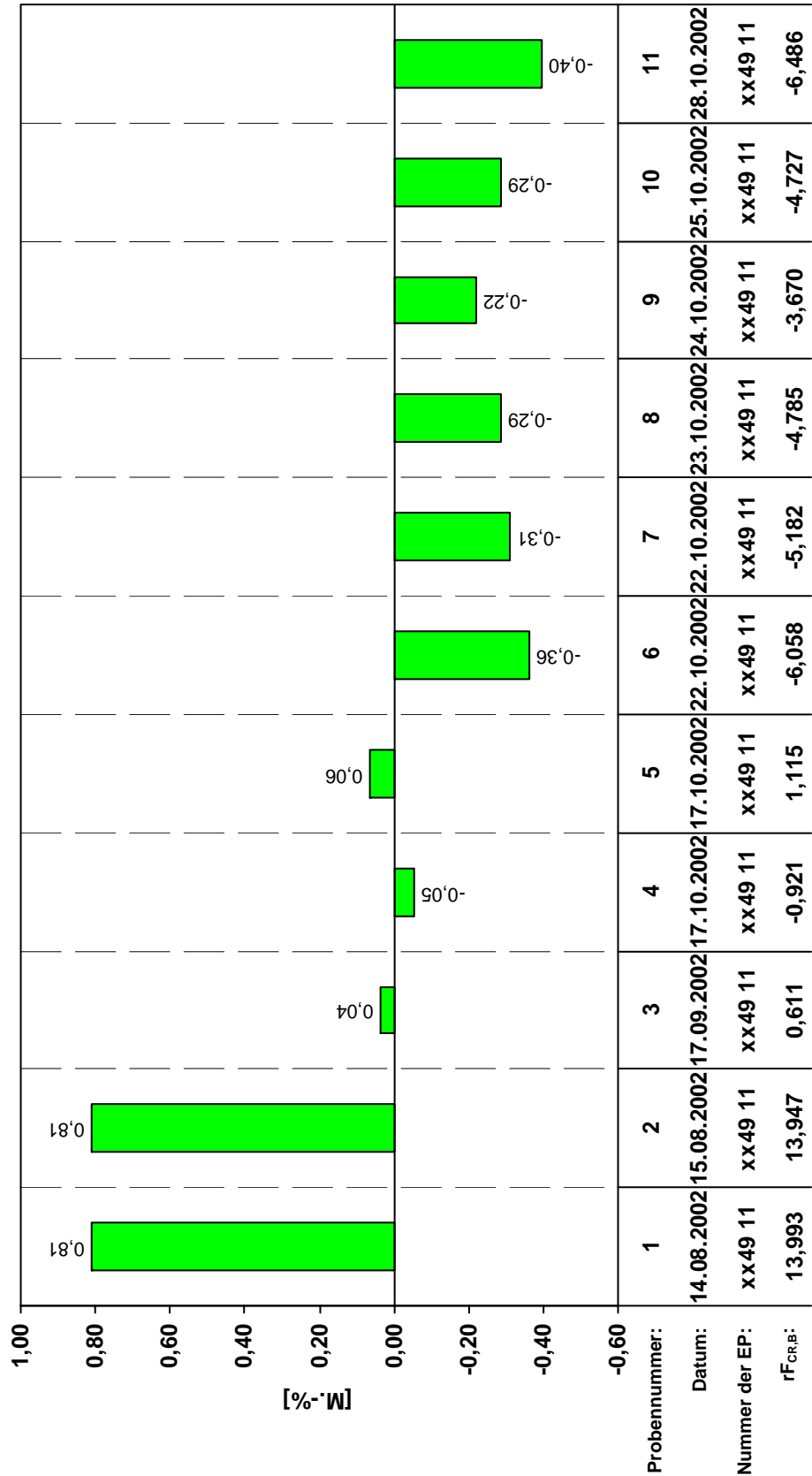
Werk 01; SMA 0/11 S


Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 01; SMA 0/11 S

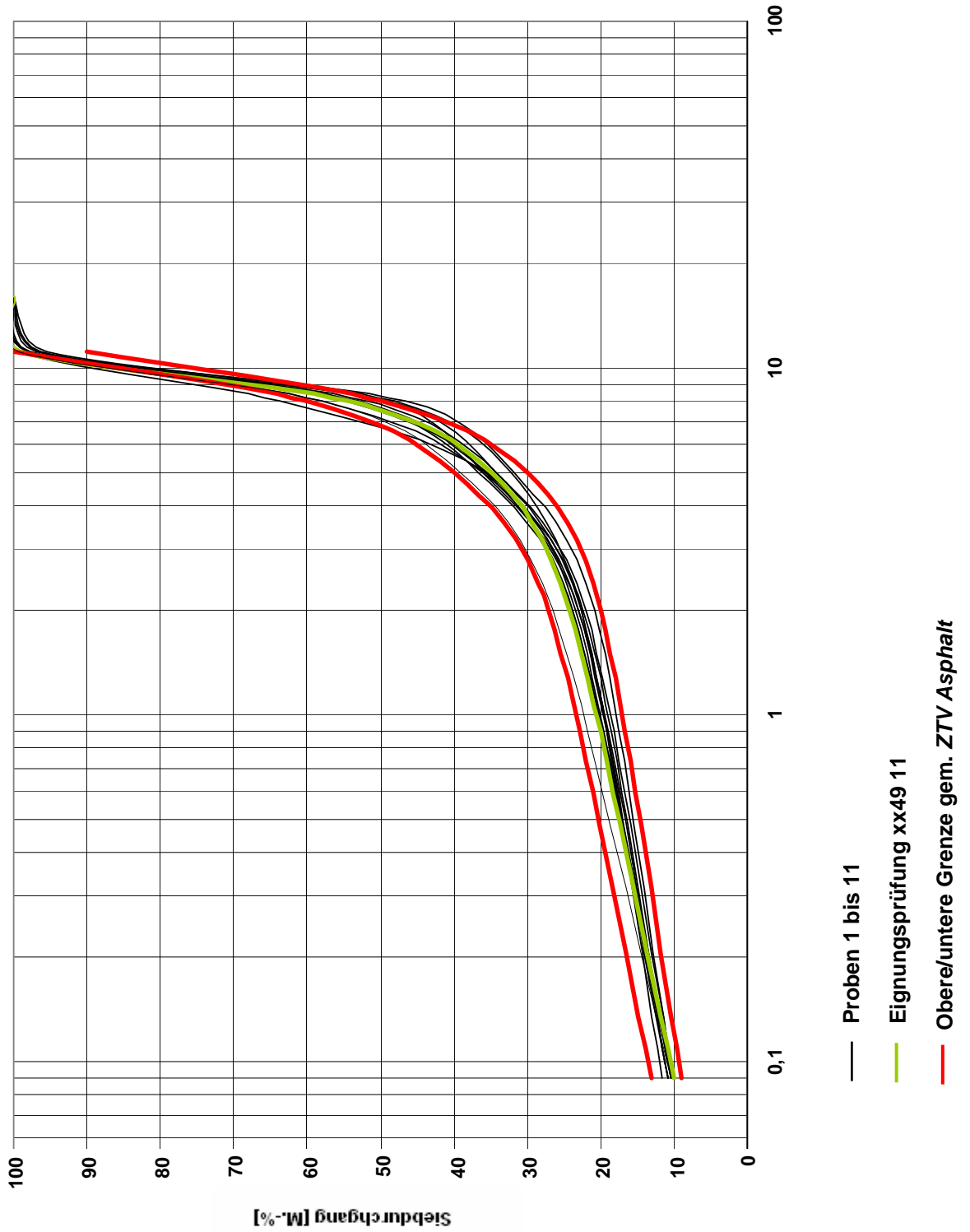
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,B}$ [M.-%]

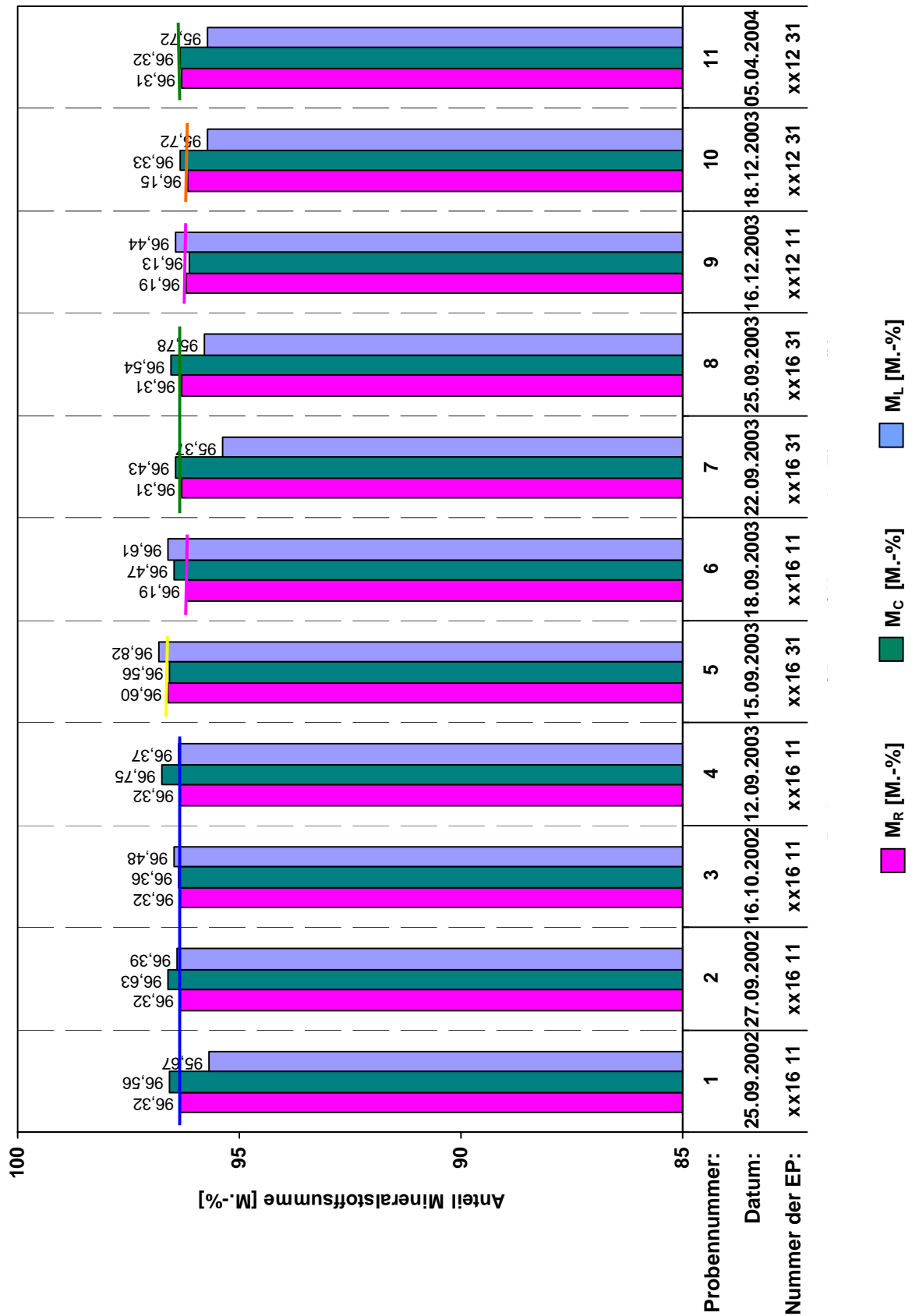
Werk 01; SMA 0/11 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



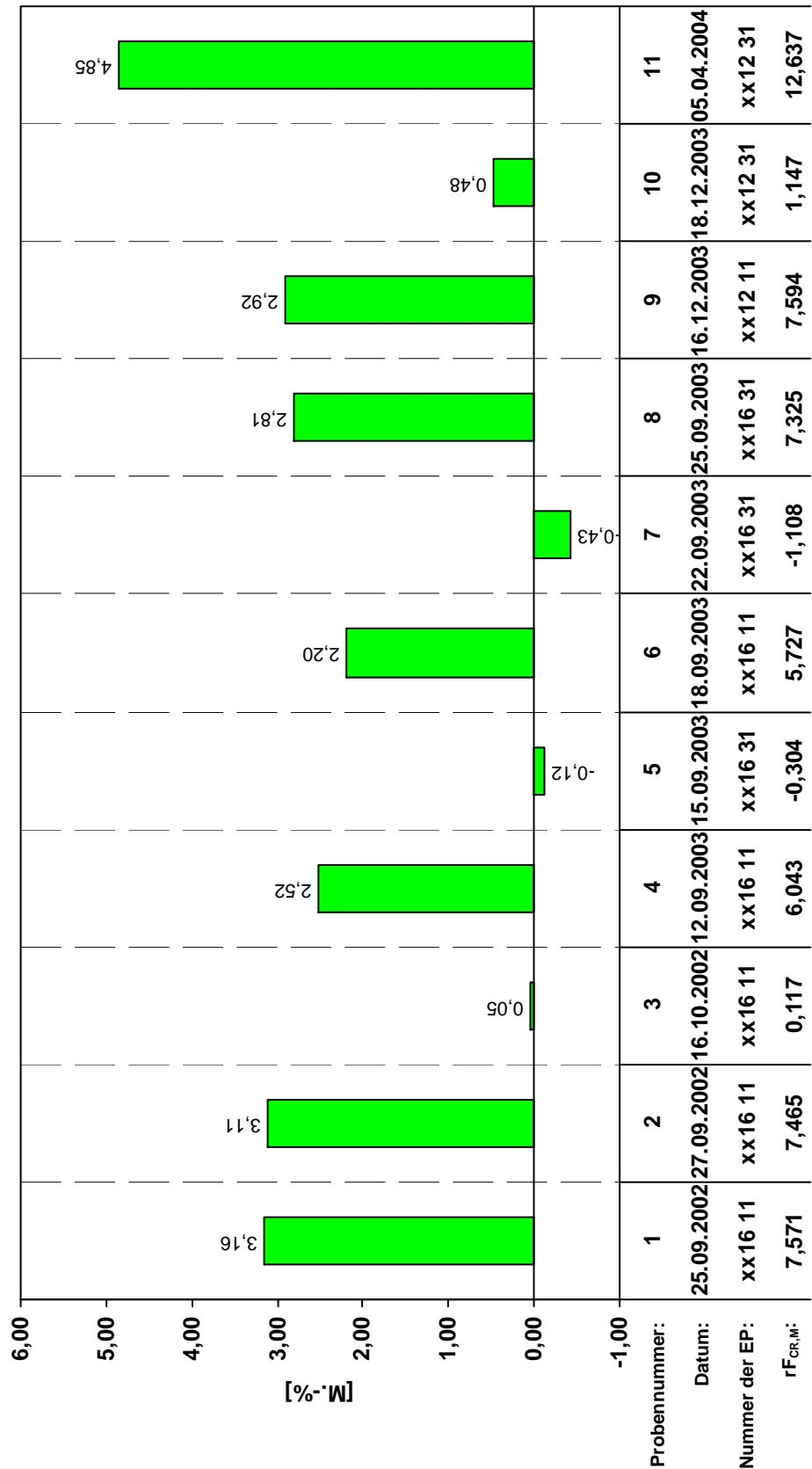
Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

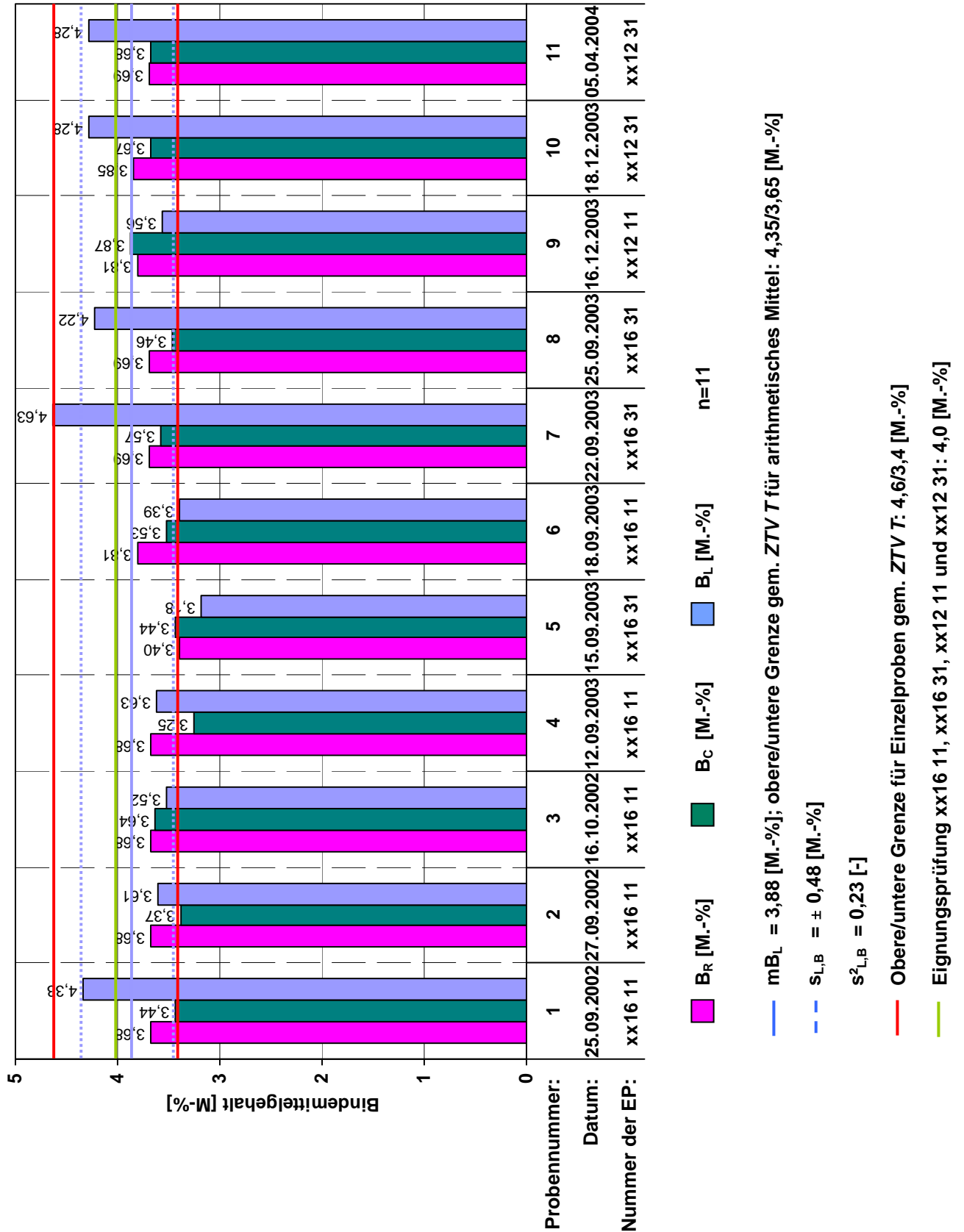
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



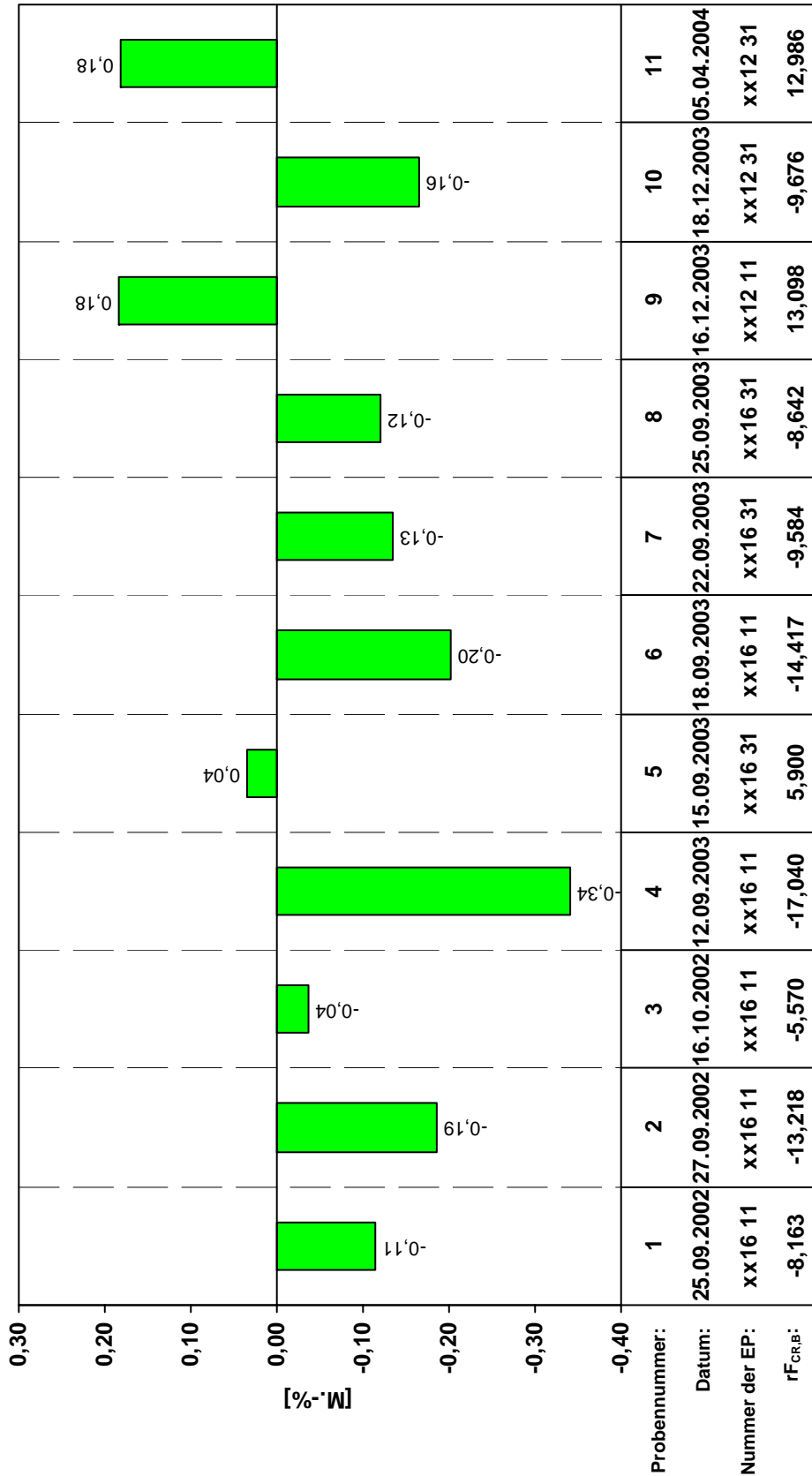
Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung


Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

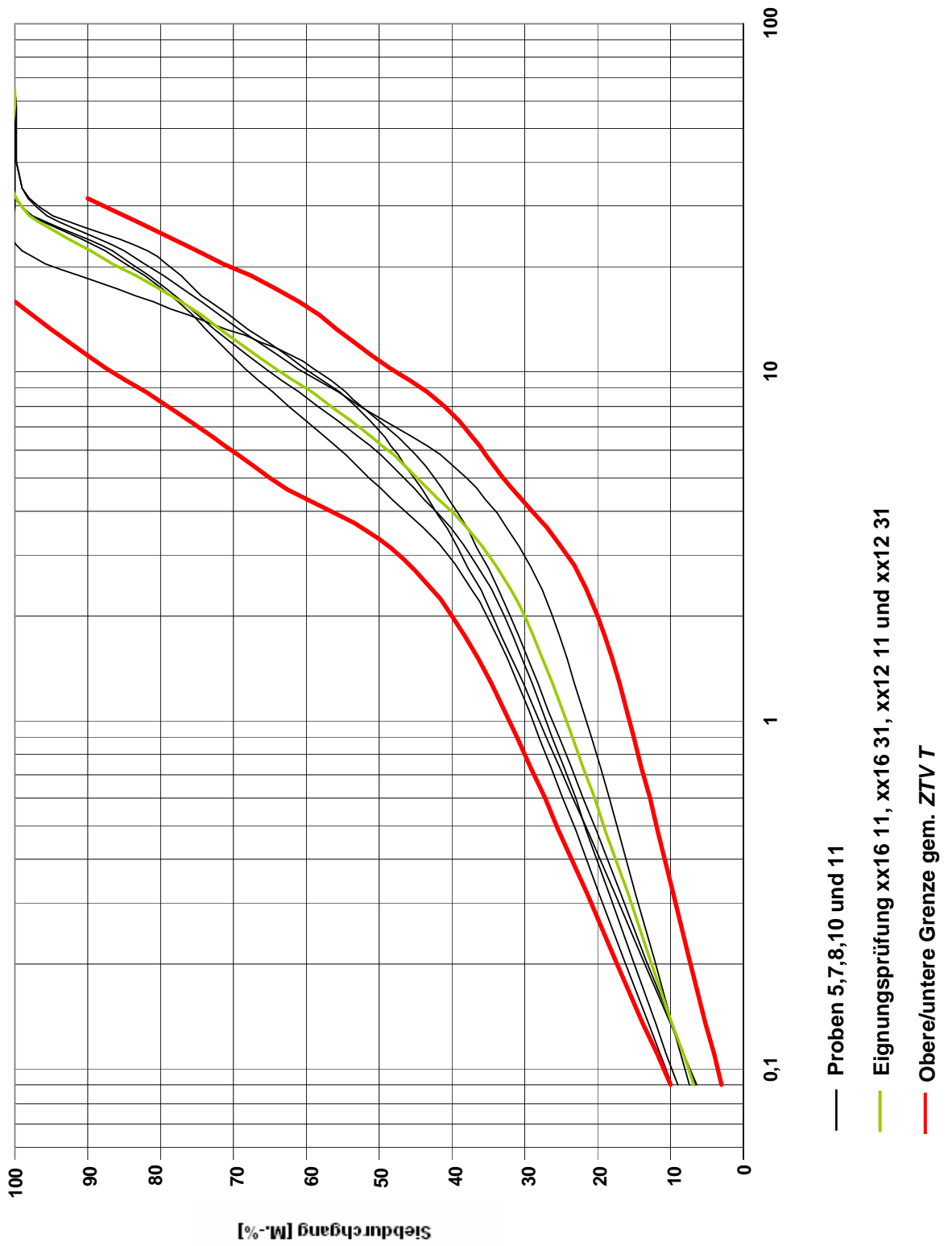
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,B}$ [M.-%]

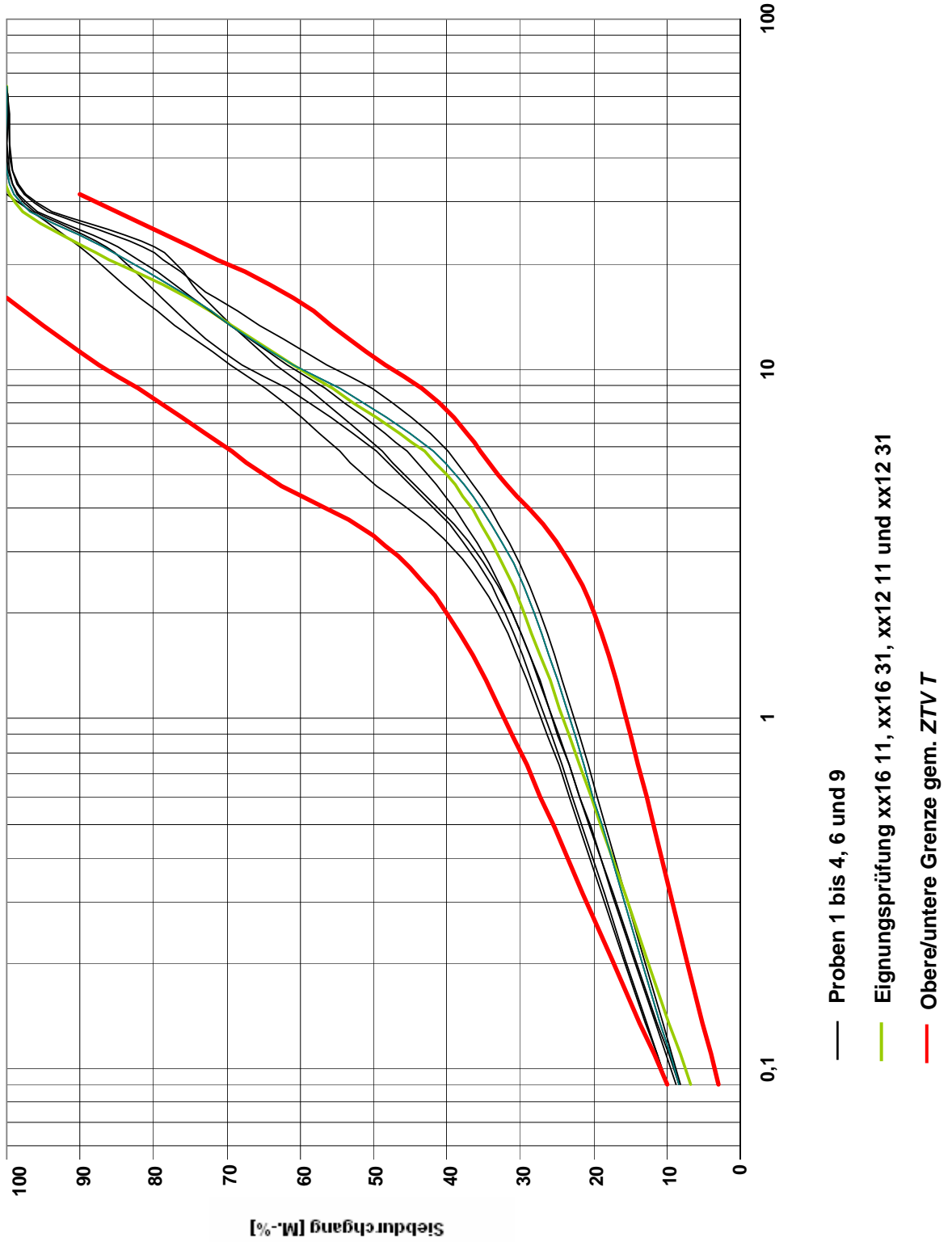
Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 5,7,8,10 und 11)



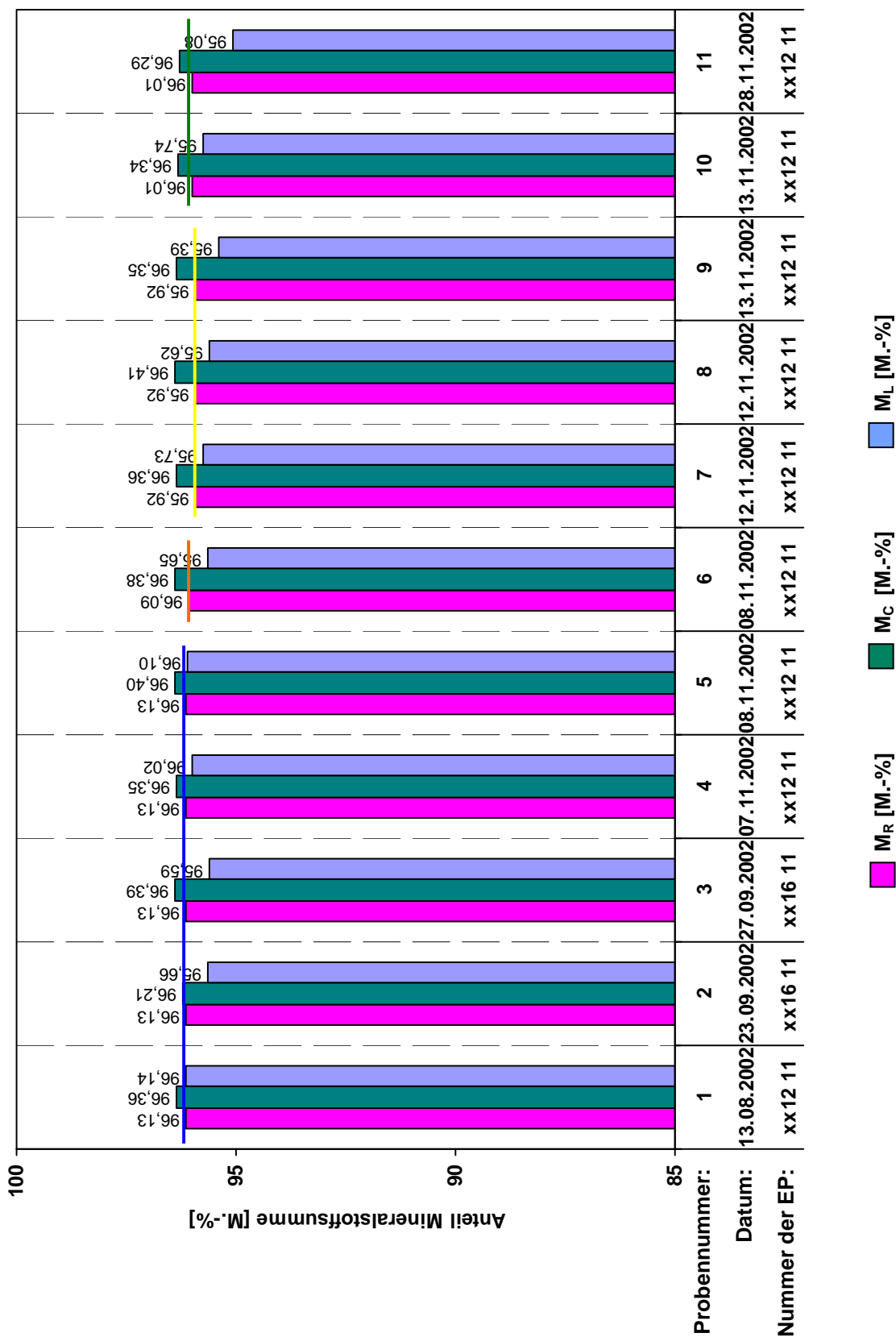
Werk 01; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 4, 6 und 9)



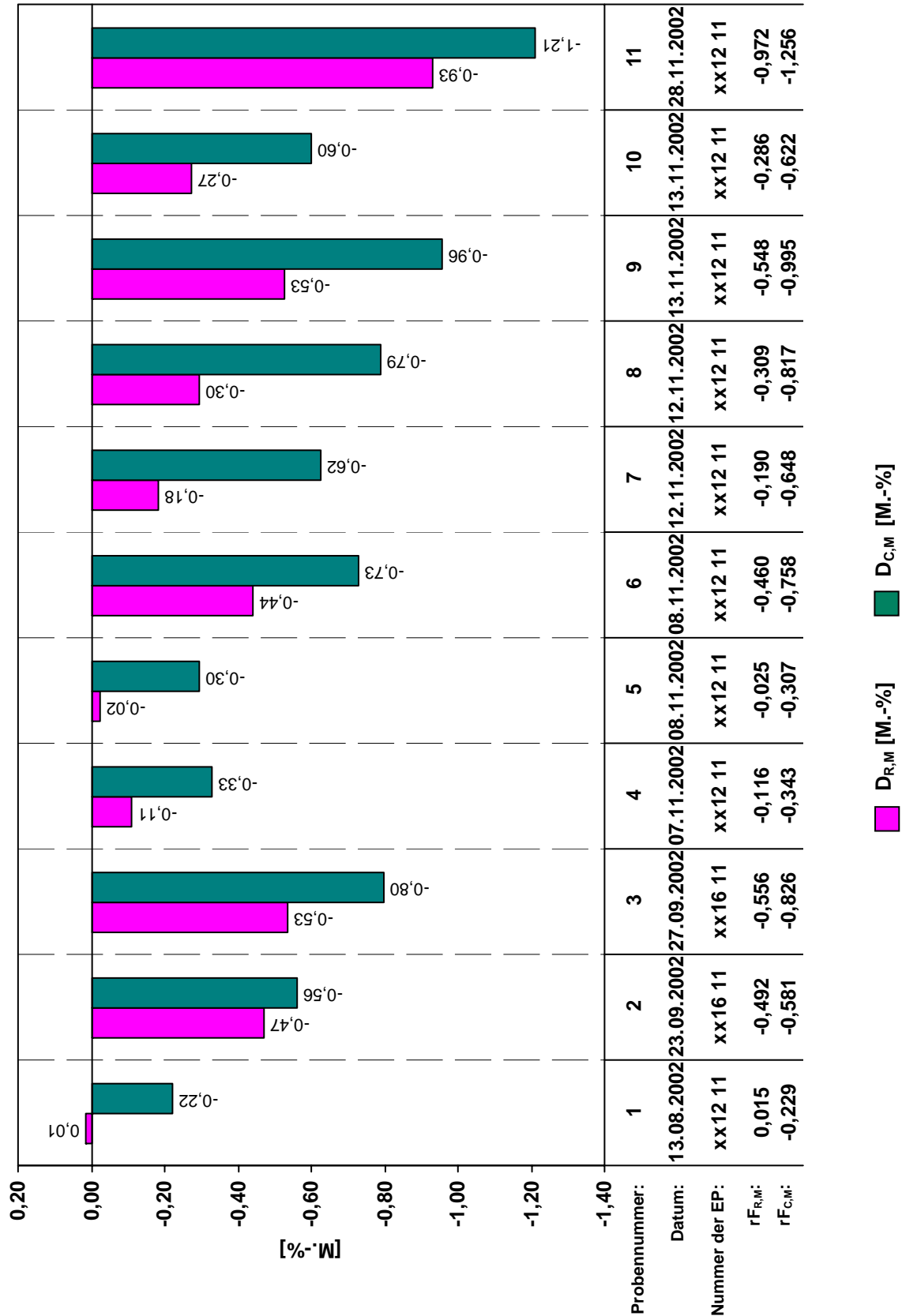
Werk 01; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



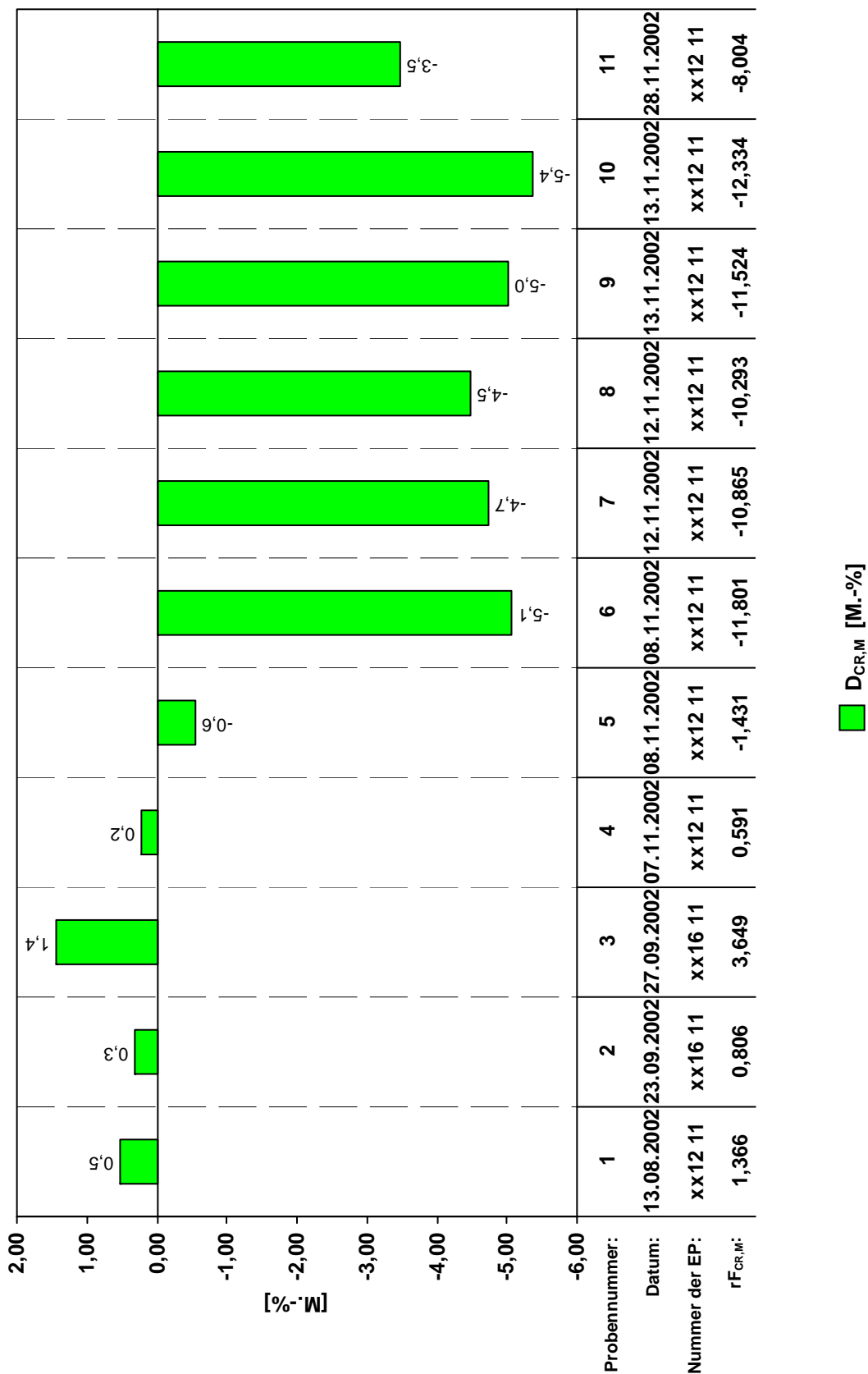
Werk 01; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



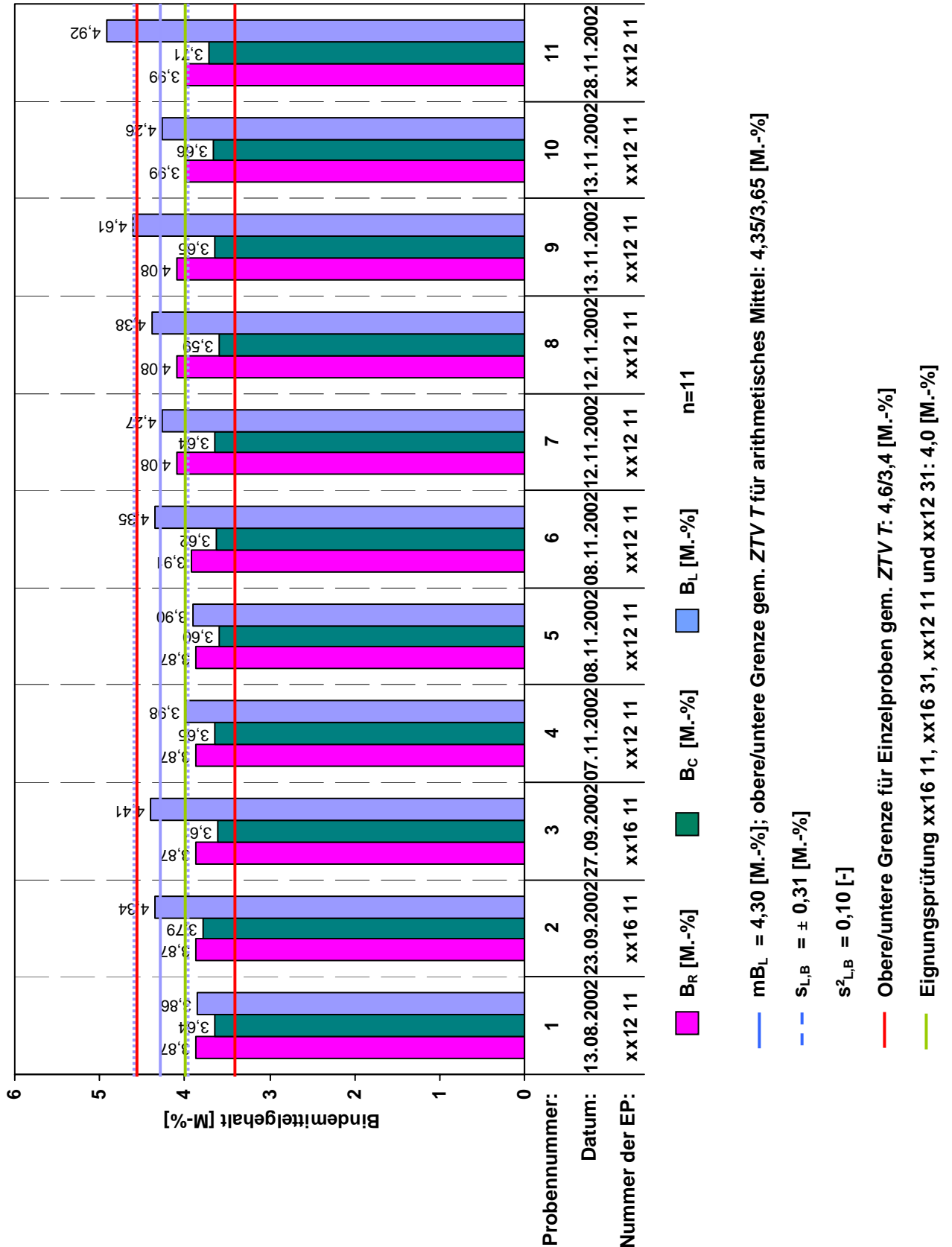
Werk 01; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



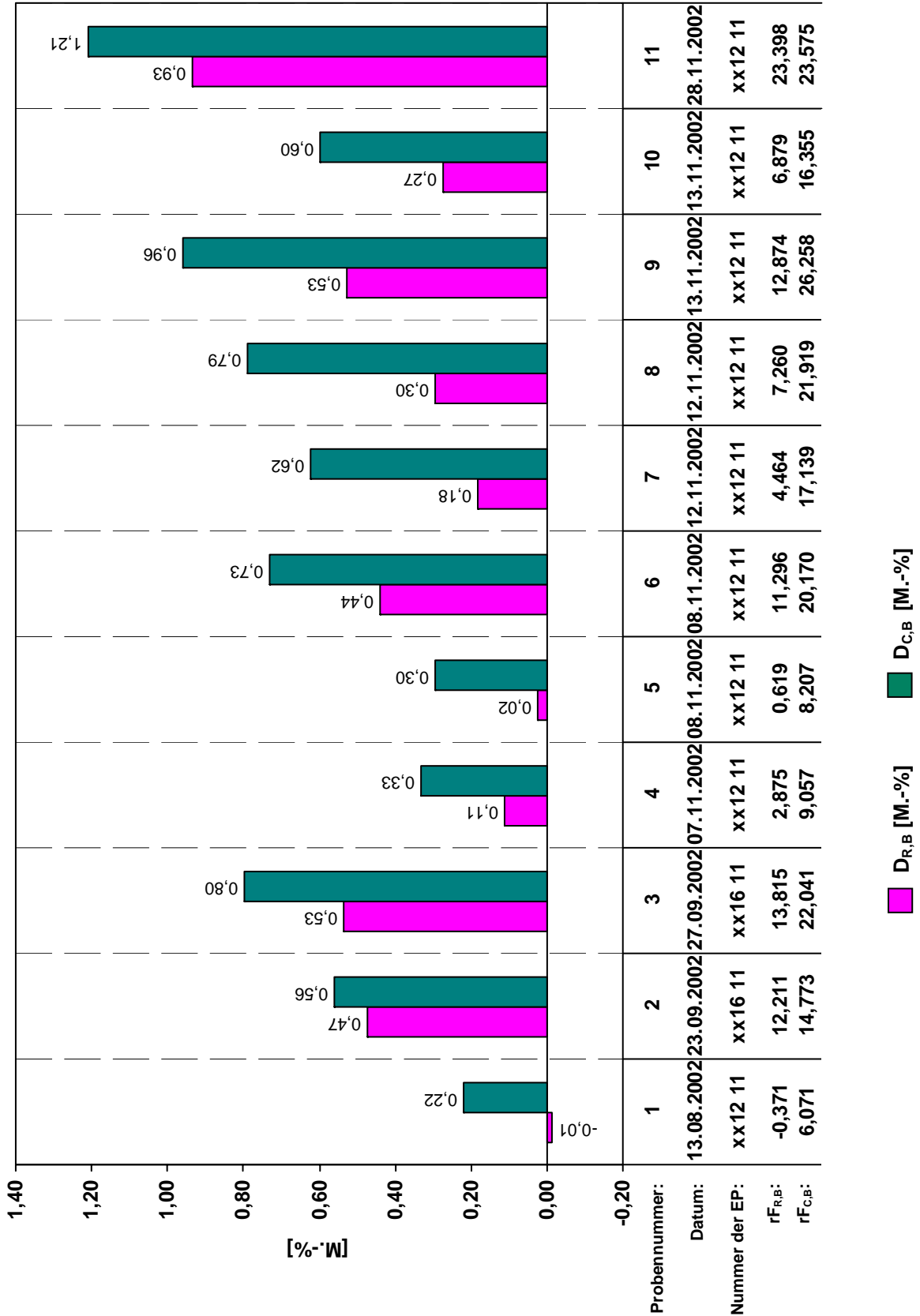
Werk 01; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



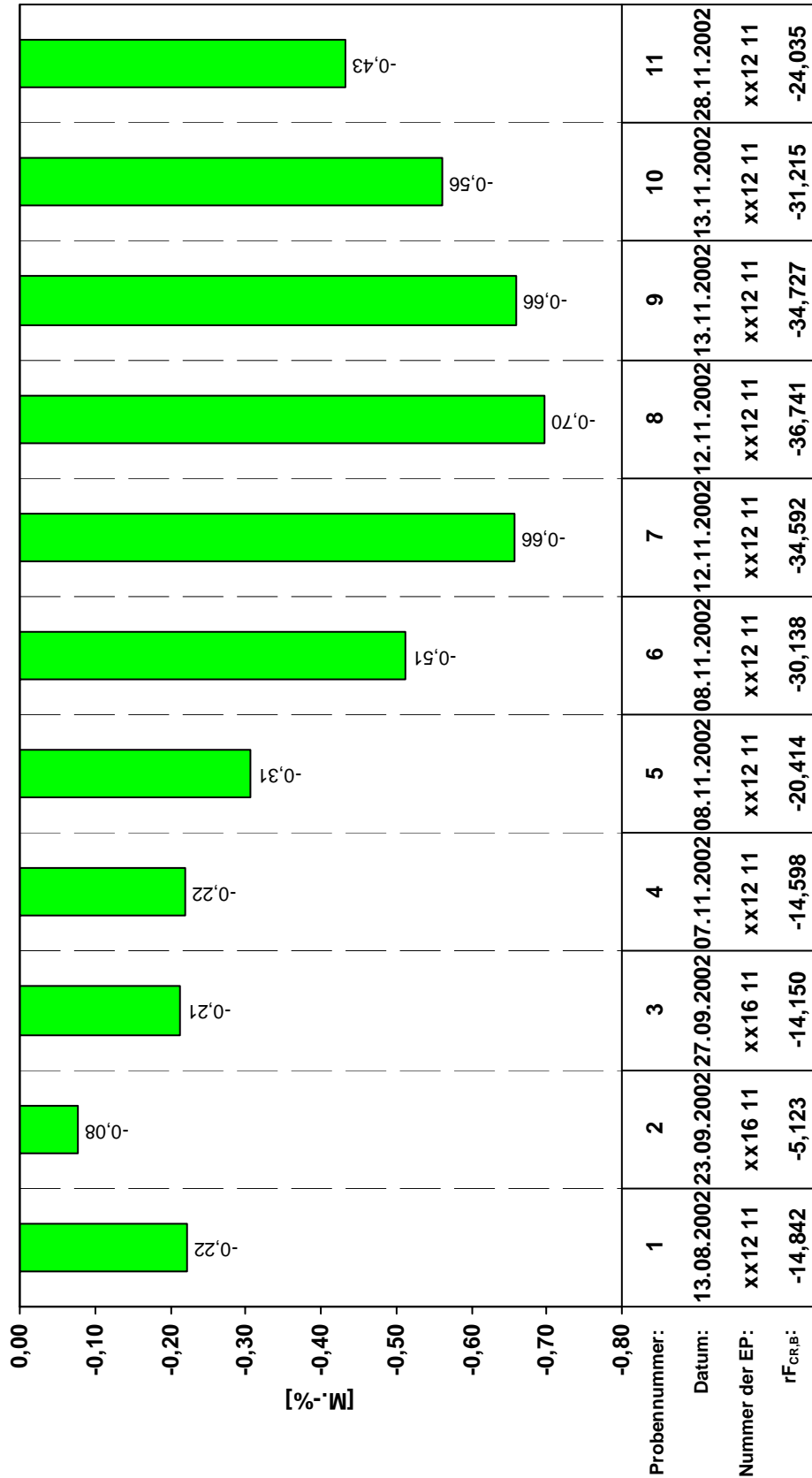
Werk 01; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



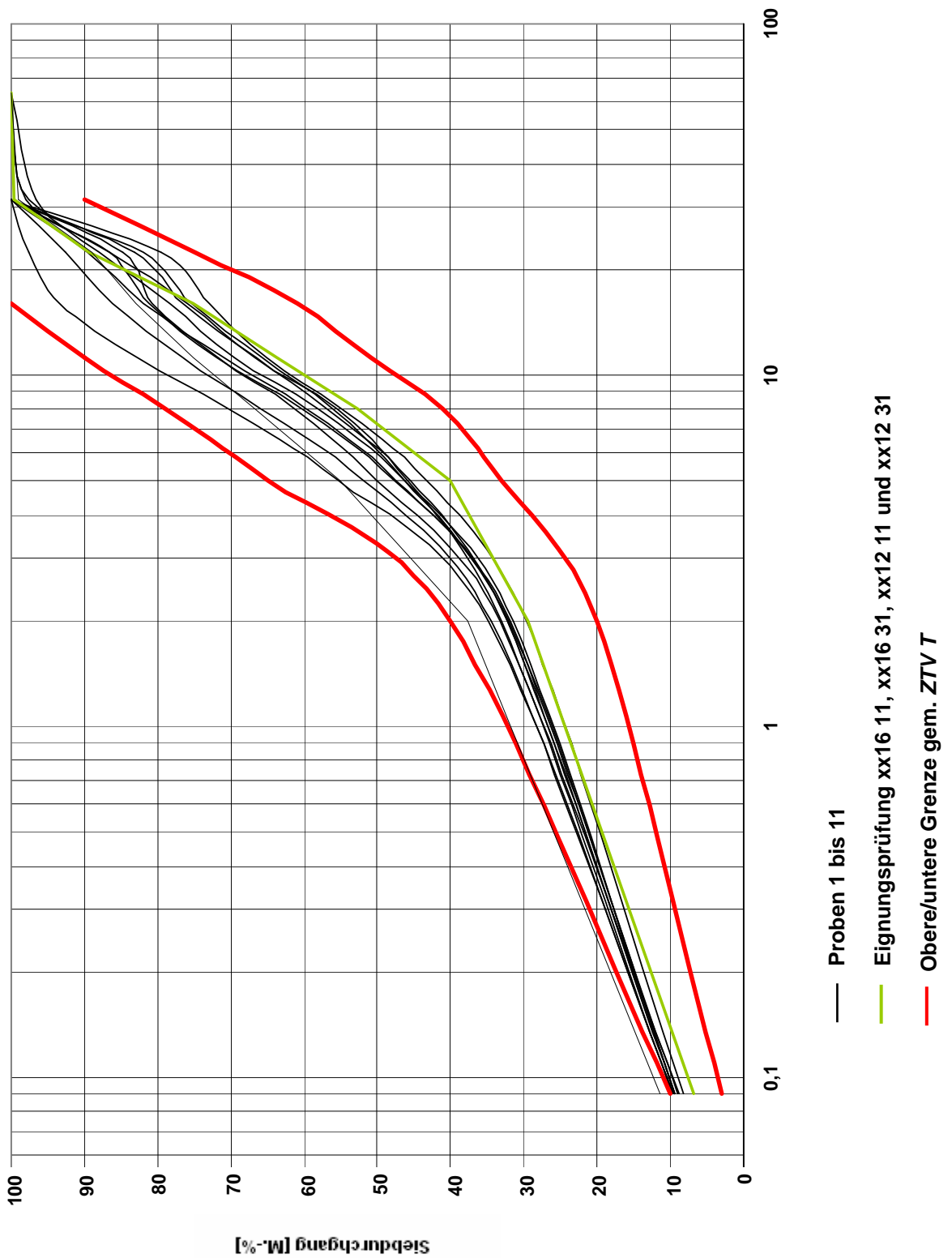
Werk 01; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



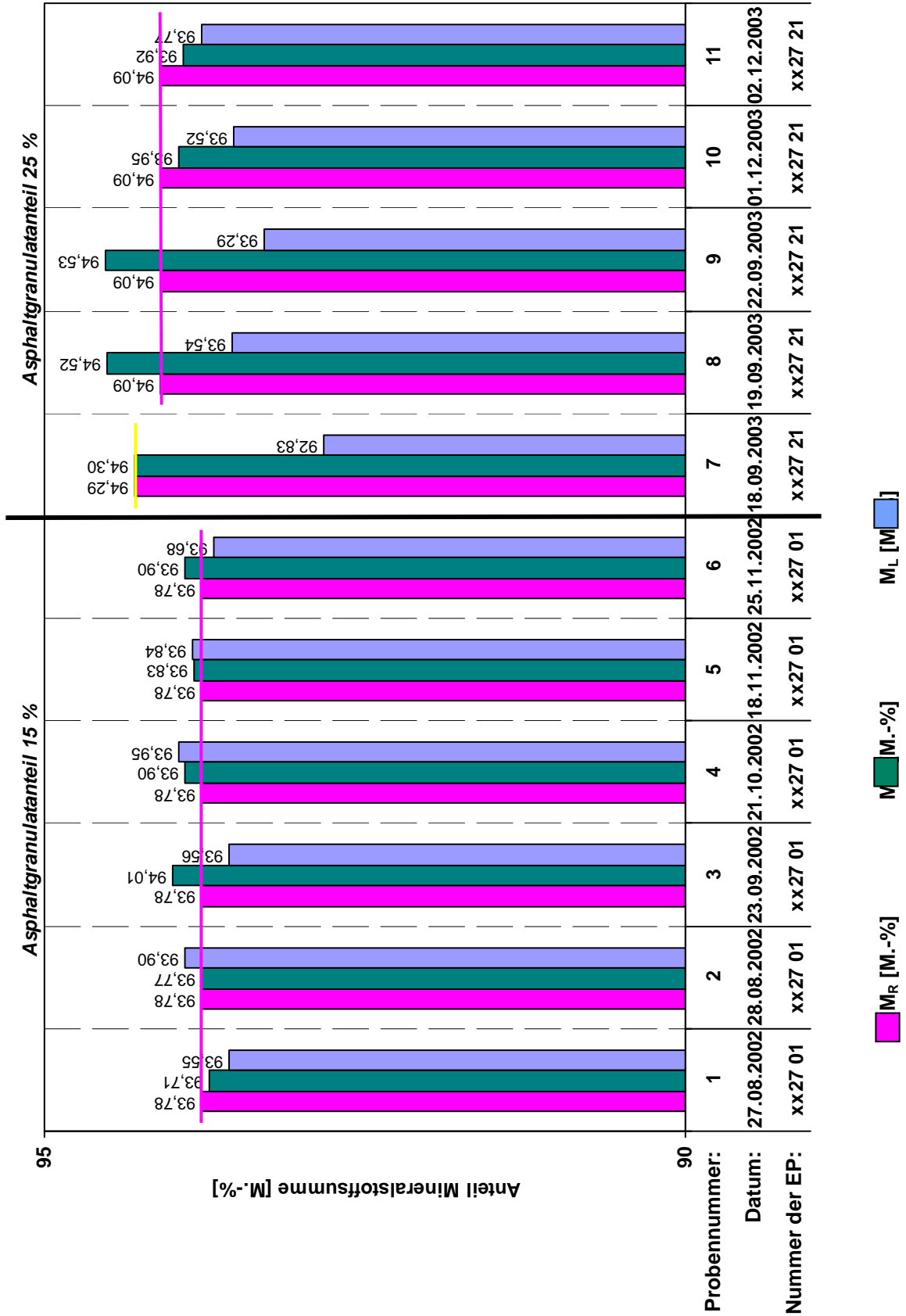
Werk 01; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



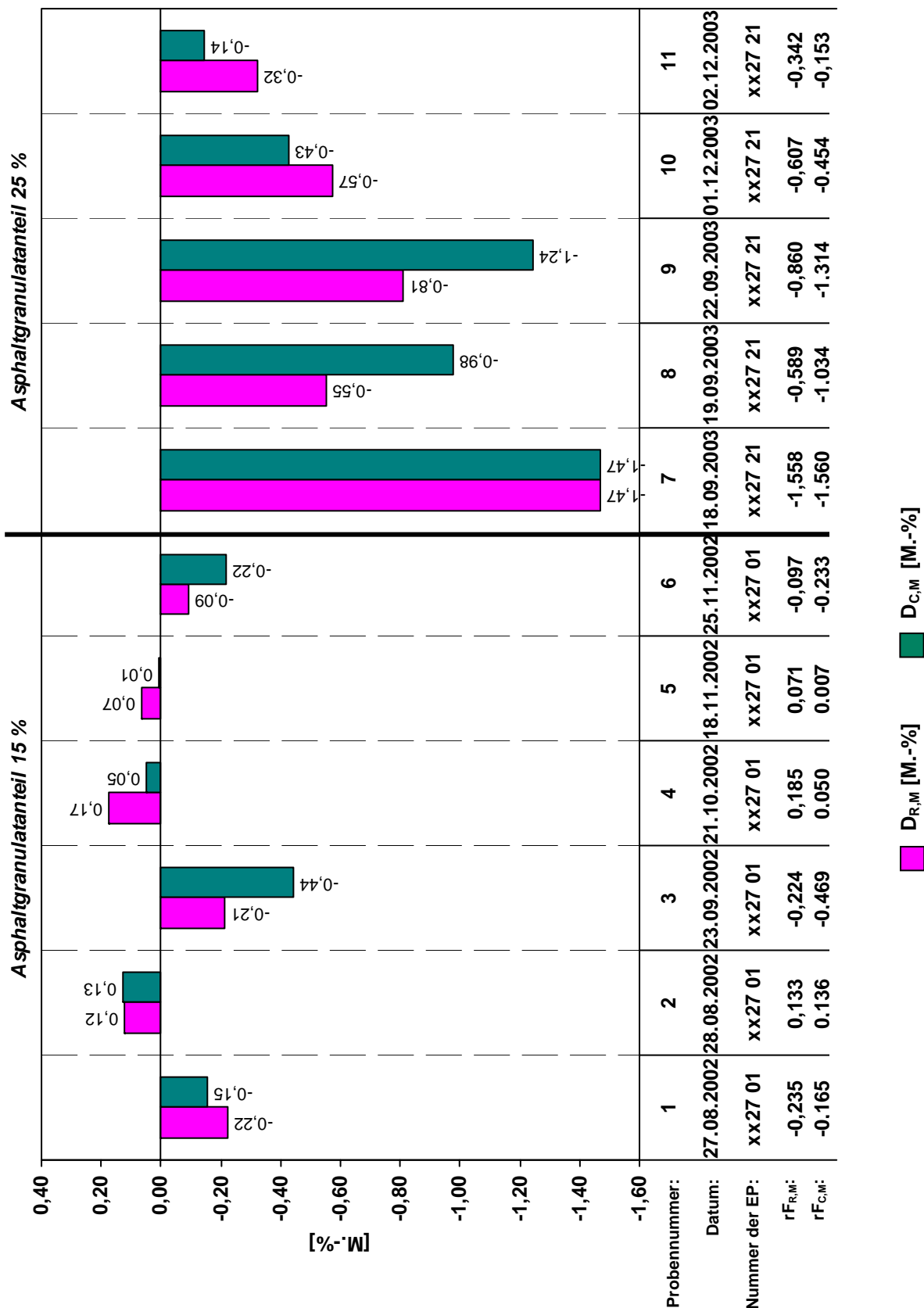
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



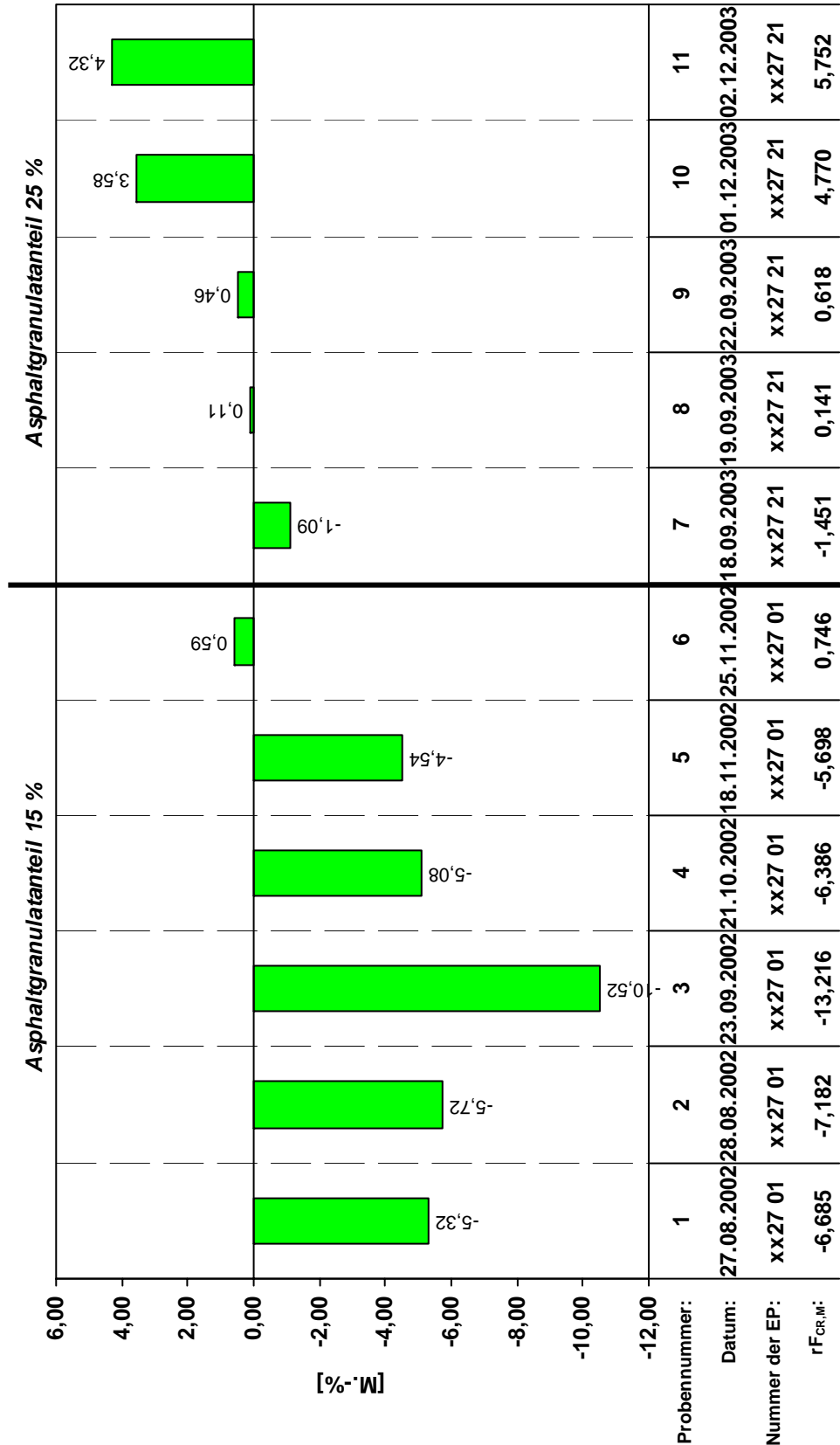
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

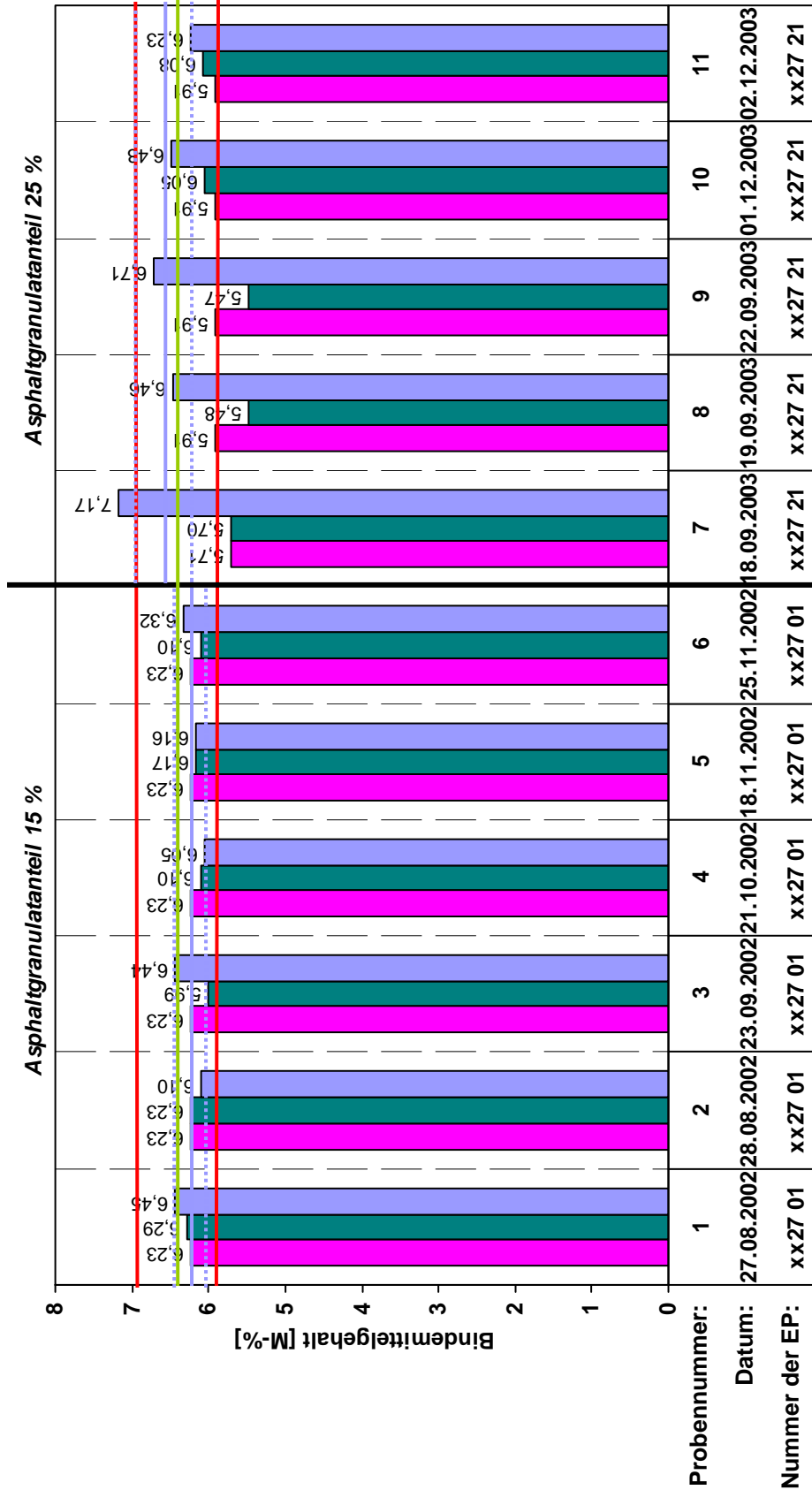
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

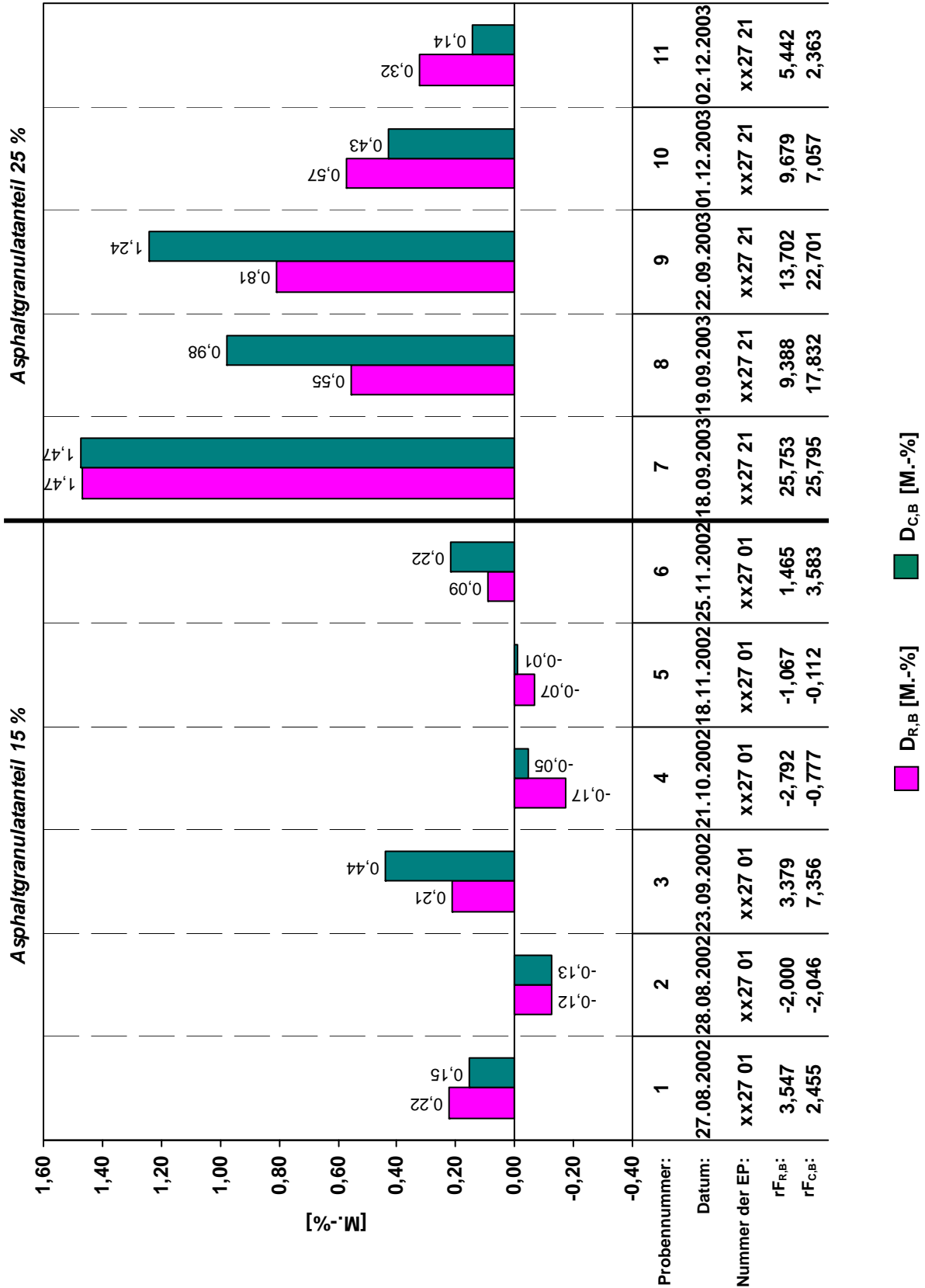
Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnem RC-Anteil)



■ B_R [M.-%] ■ B_C [M.-%] ■ B_L [M.-%] n=6/5
— m_{B_L} = 6,25/6,61 [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,7/6,1 [M.-%]
- - s_{L,B} = ± 0,17/±0,36 [M.-%]
- s²_{L,B} = 0,03/0,13 [-]
— Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 6,9/5,9 [M.-%]
— Eignungsprüfung xx27 01 und xx27 21

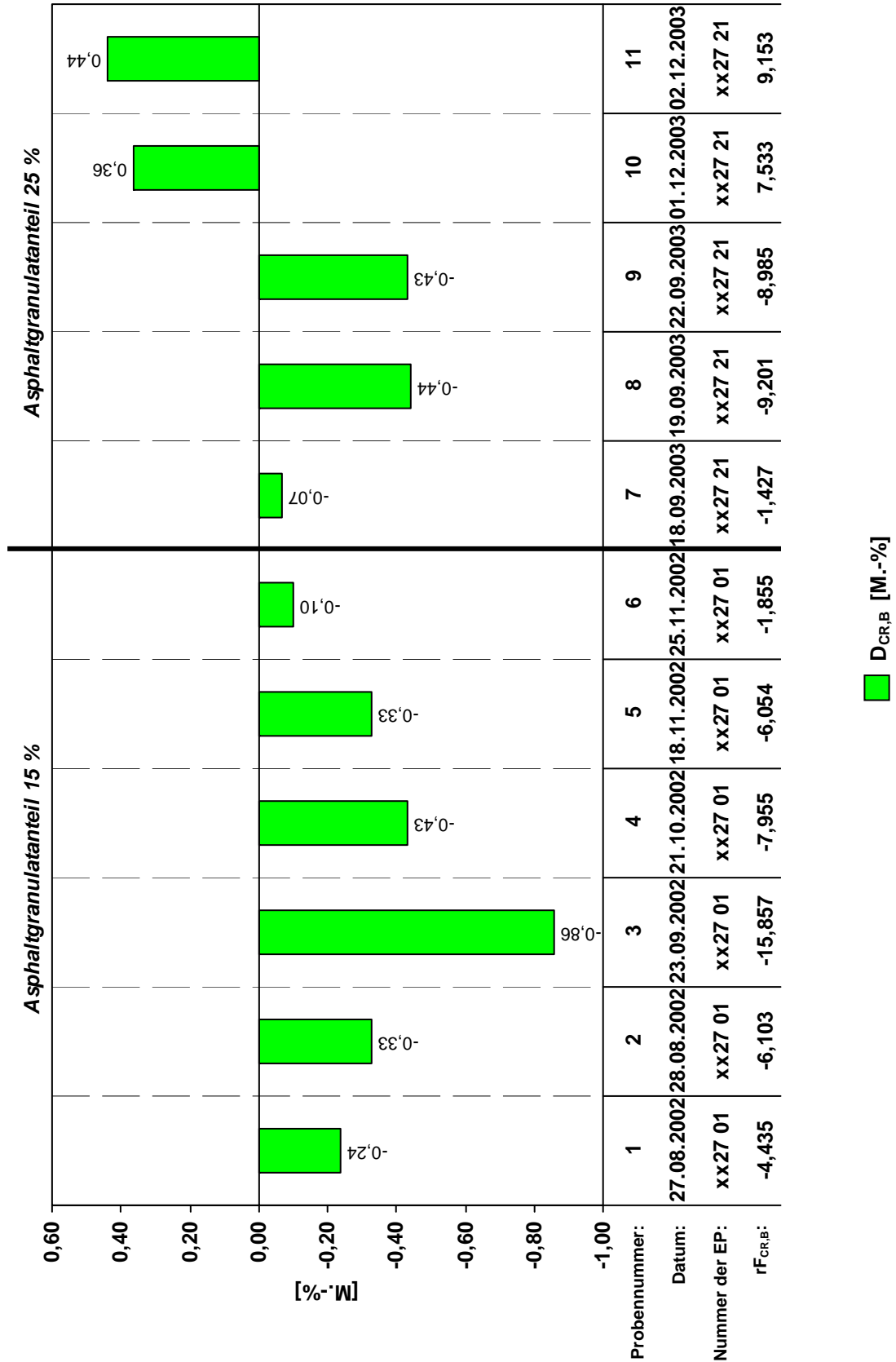
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



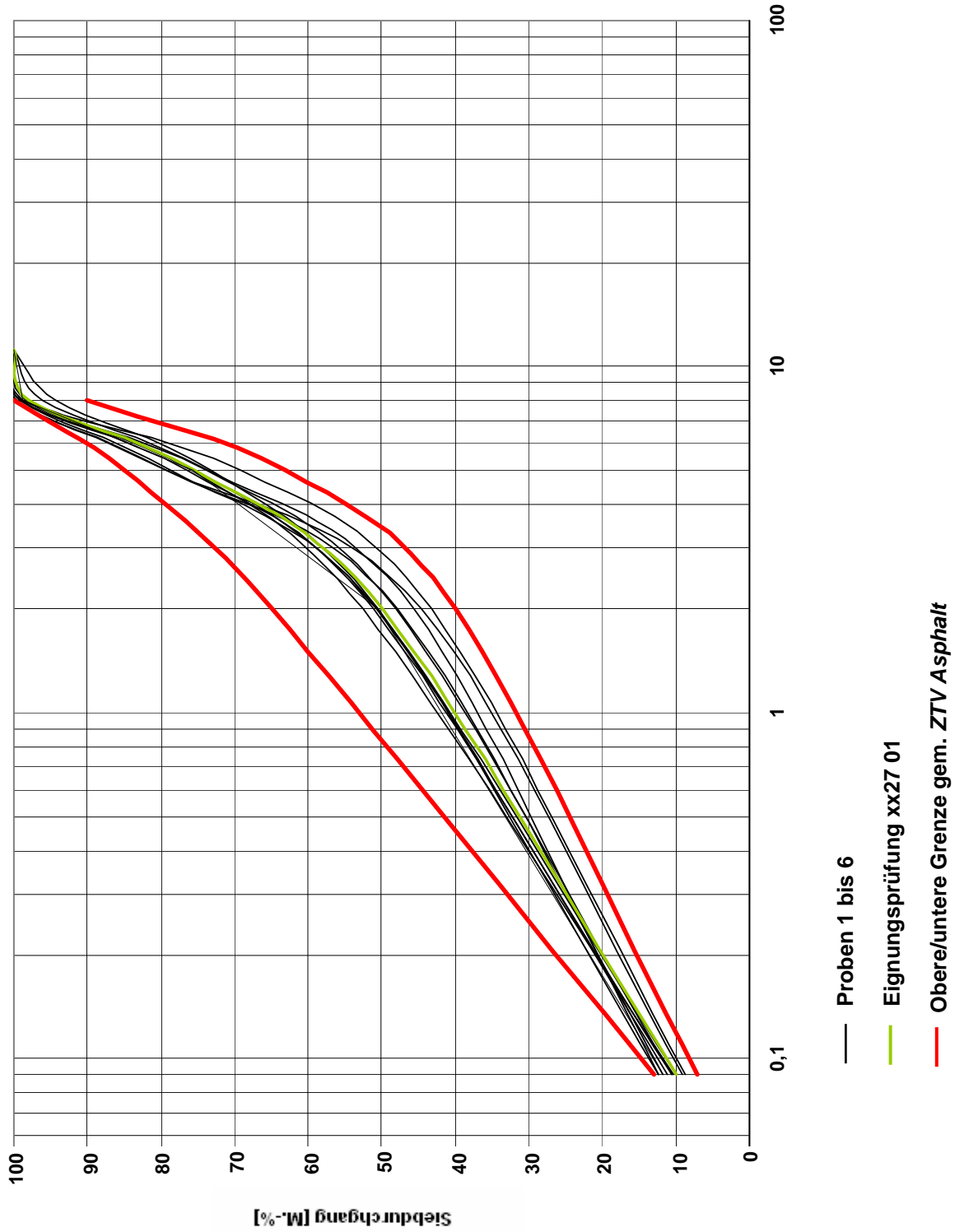
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



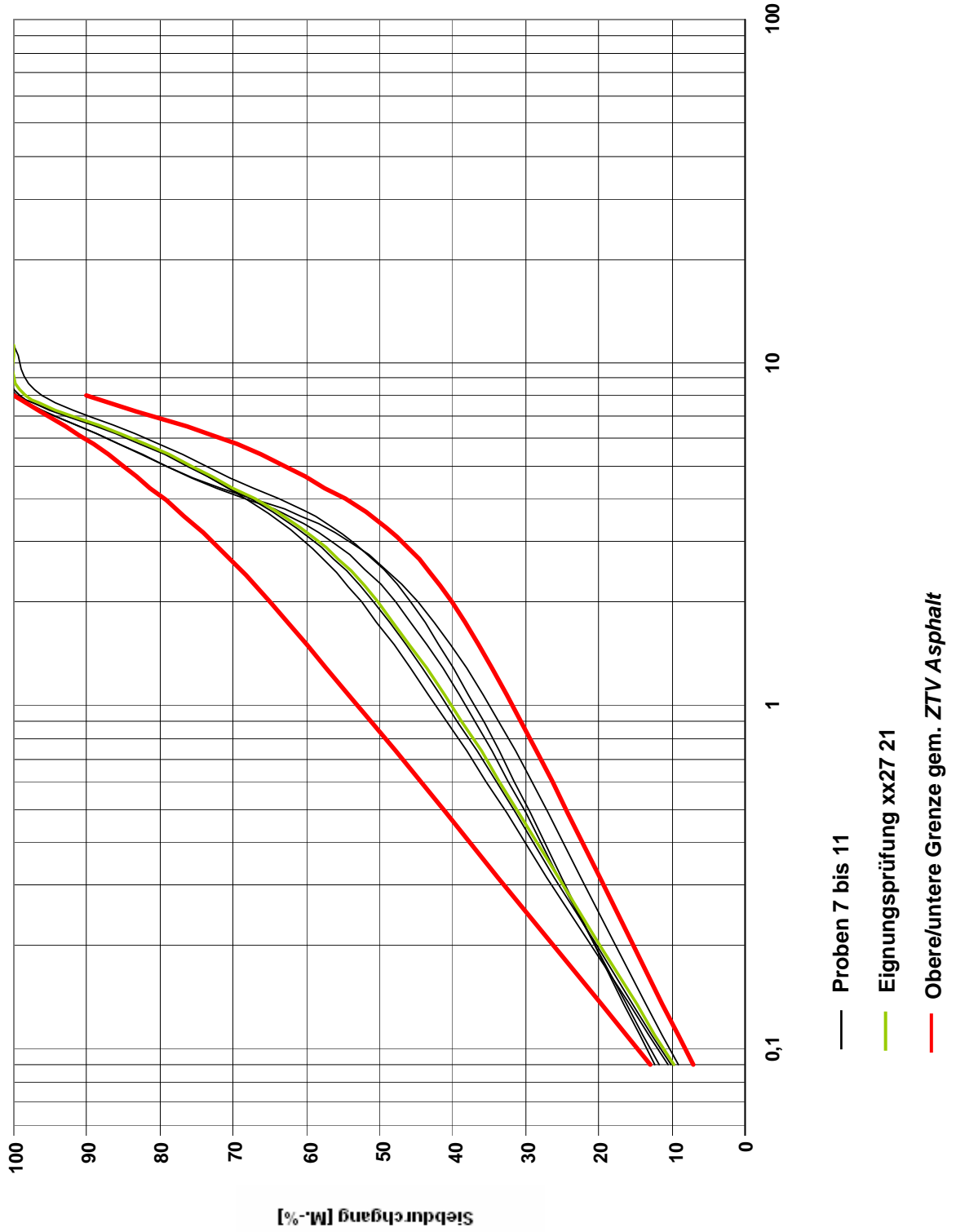
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 6)



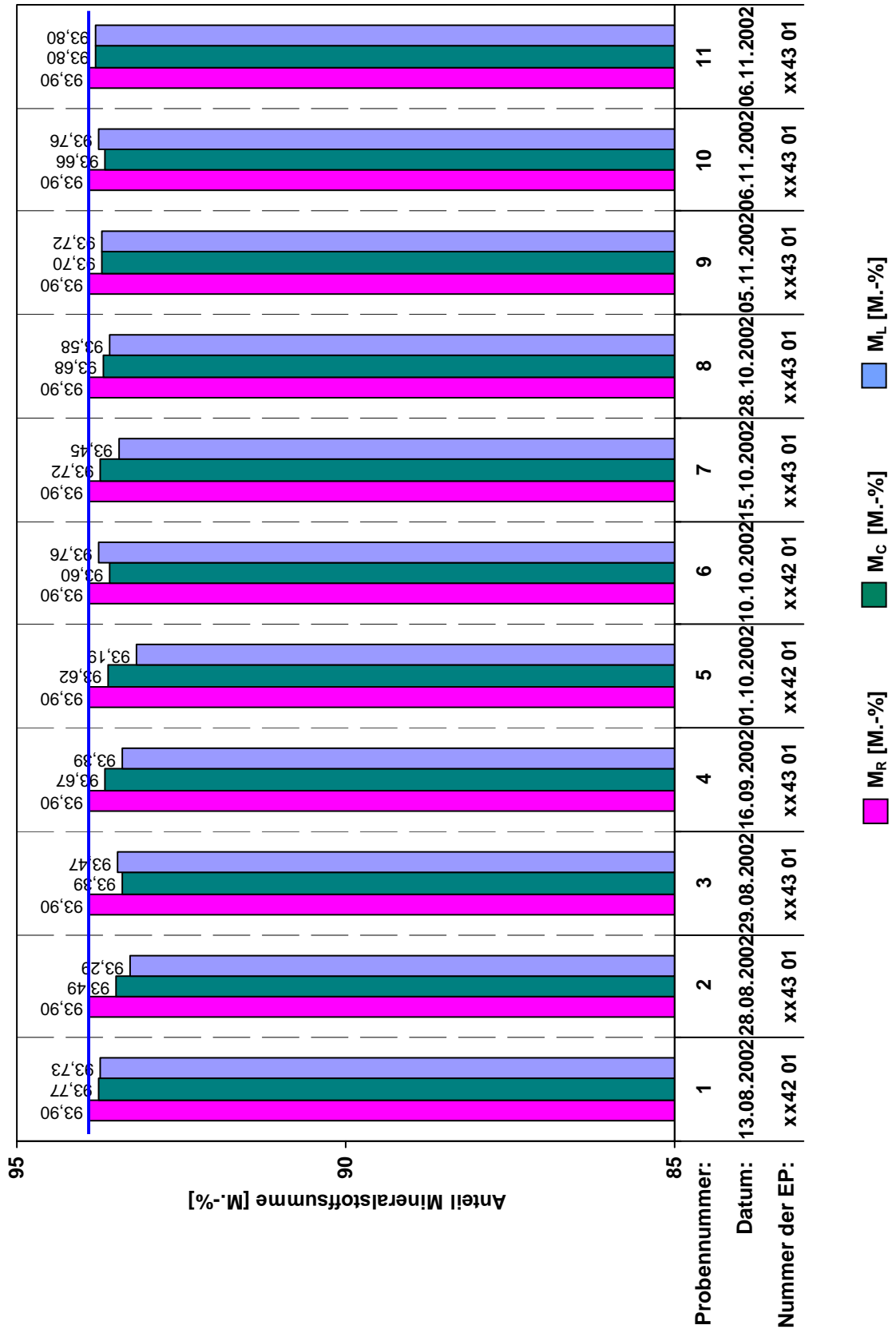
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 7 bis 11)



Werk 02; SMA 0/11 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



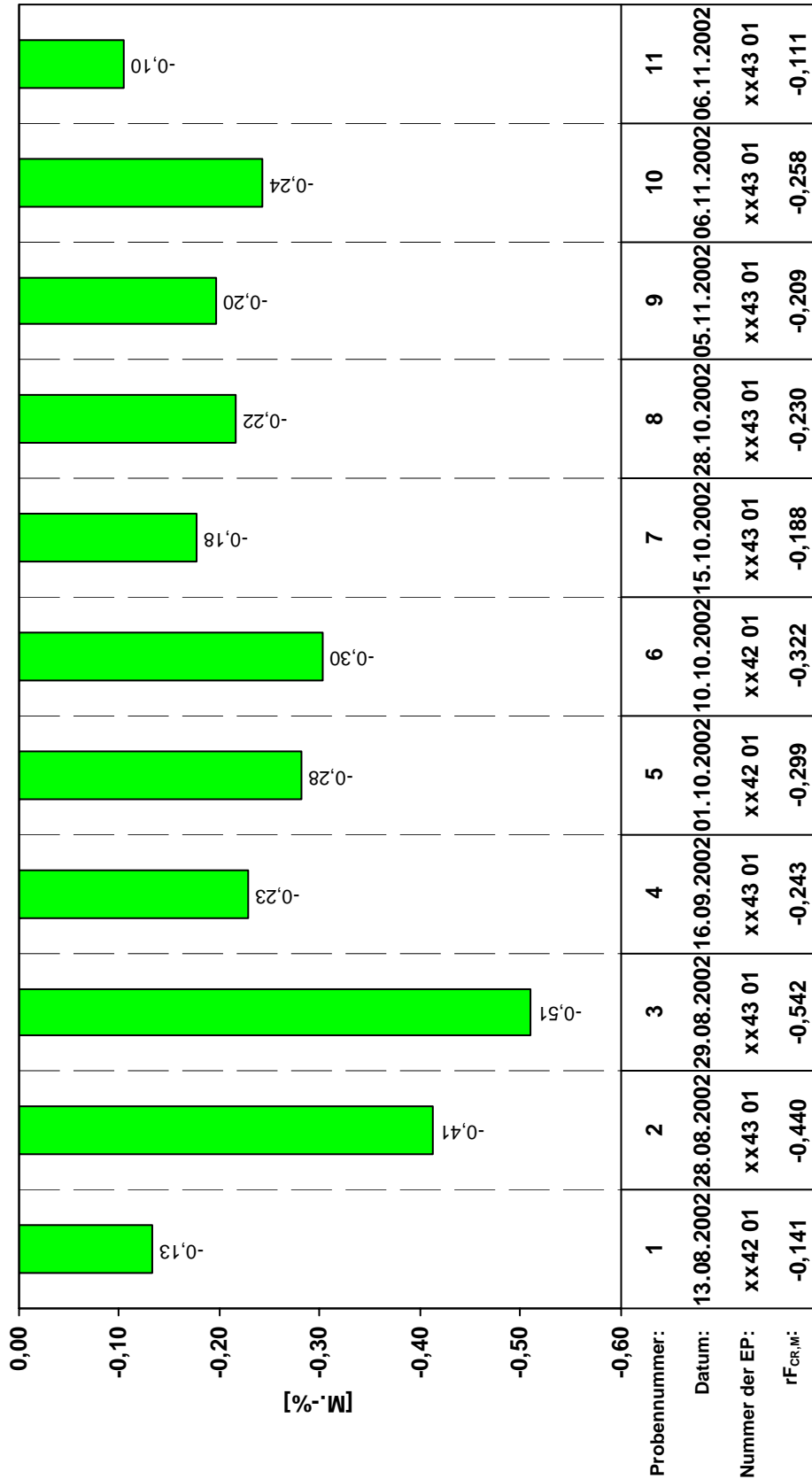
Werk 02; SMA 0/11 S

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 02; SMA 0/11 S

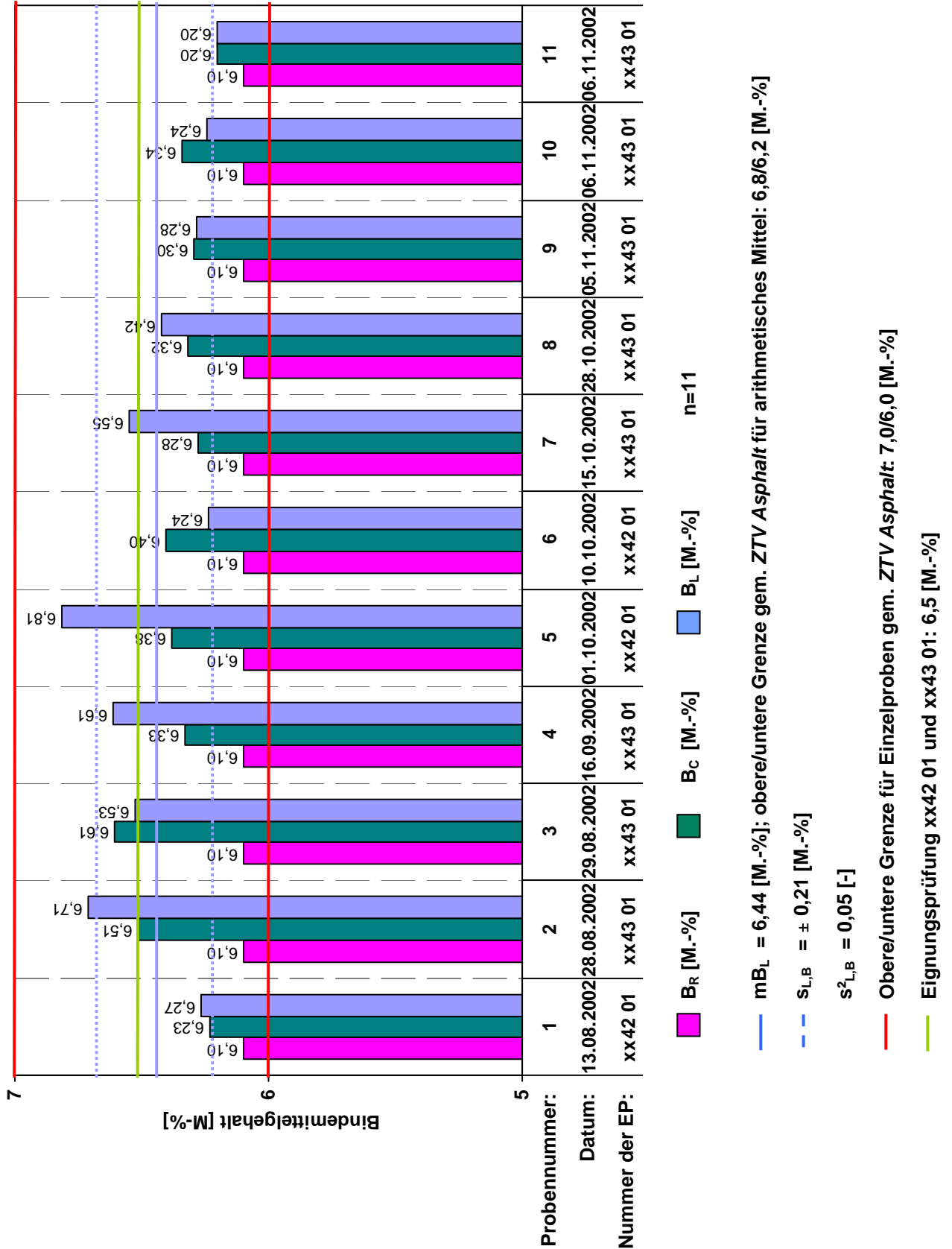
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



$D_{CR,M}$ [M.-%]

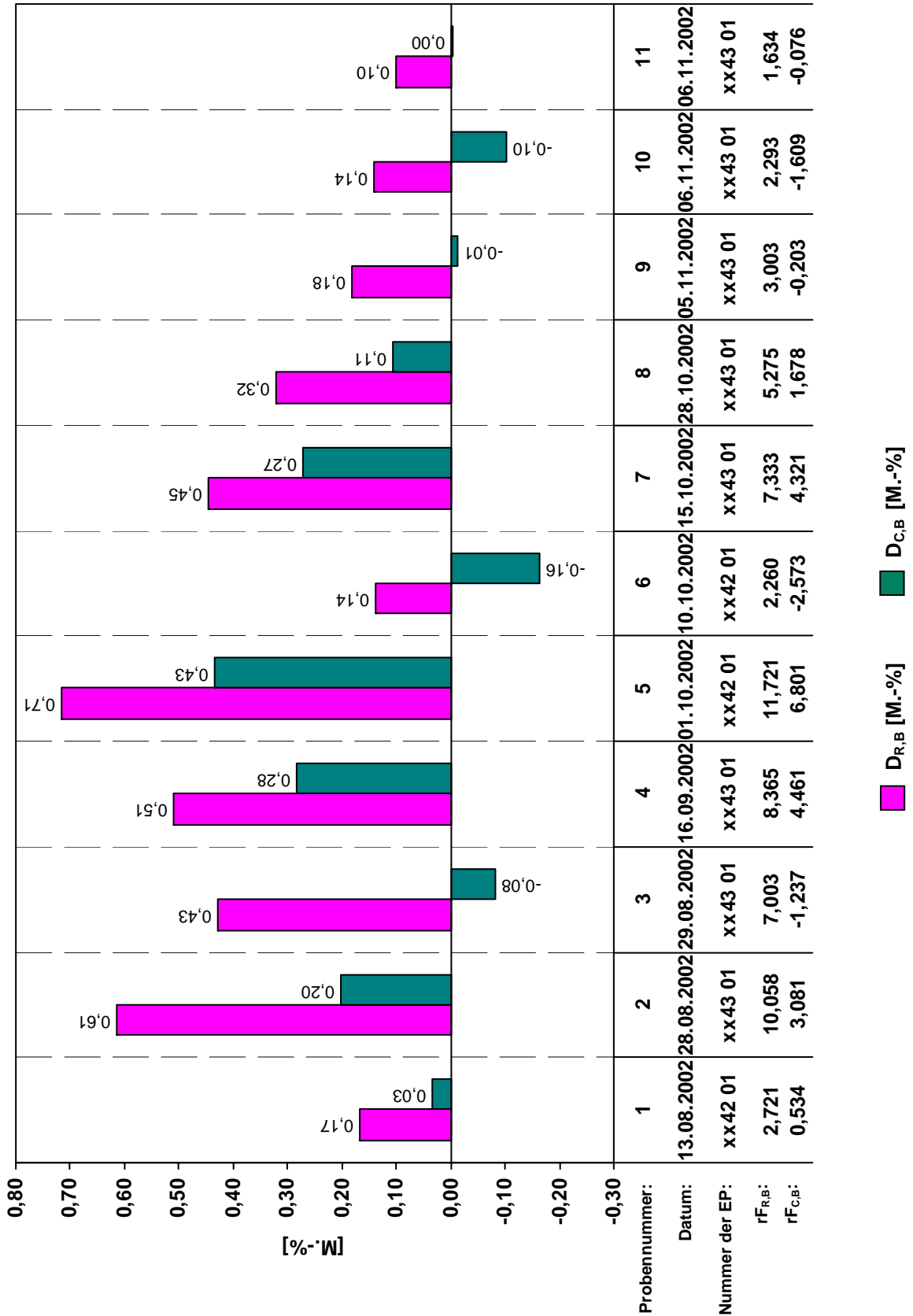
Werk 02; SMA 0/11 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



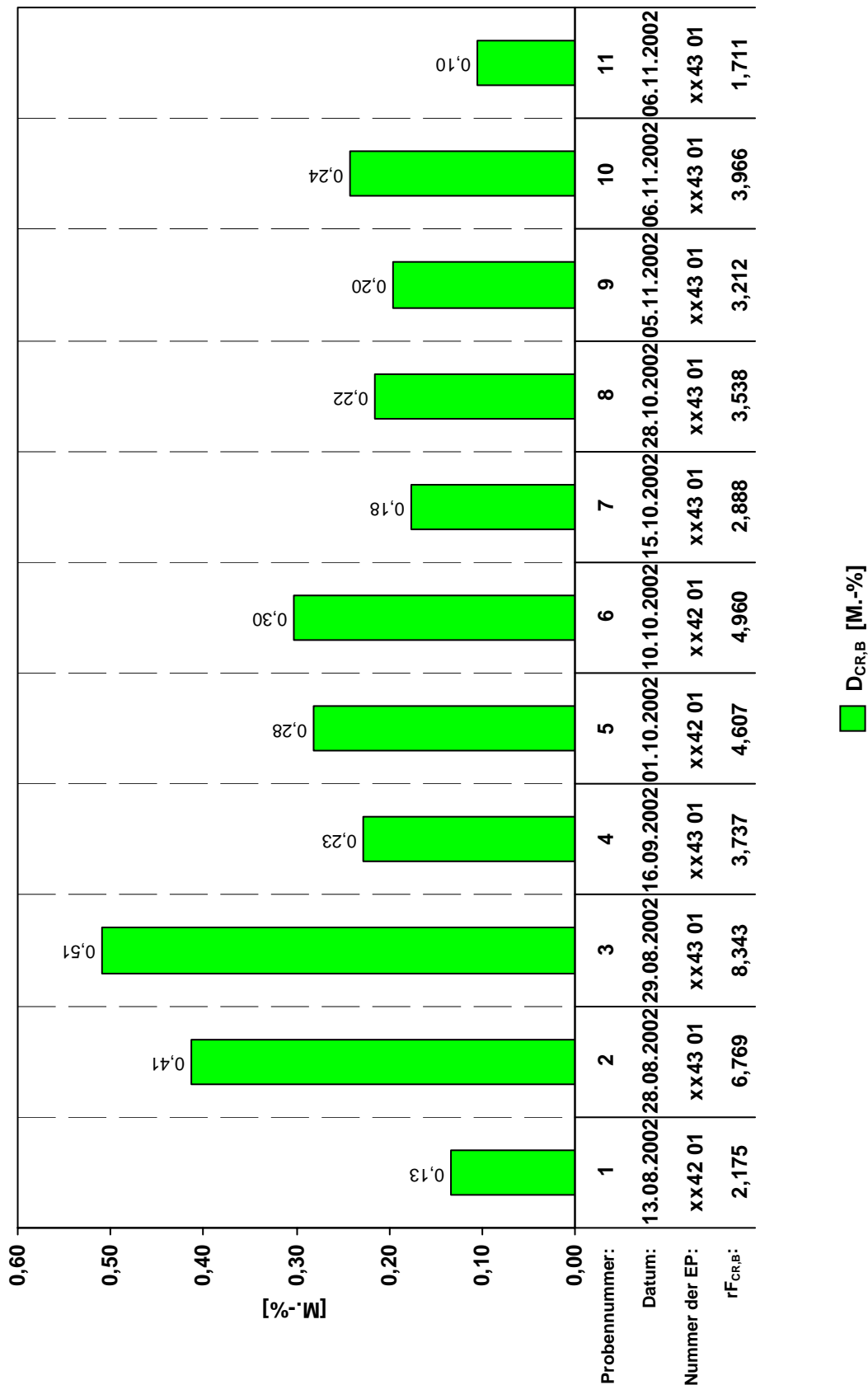
Werk 02; SMA 0/11 S

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



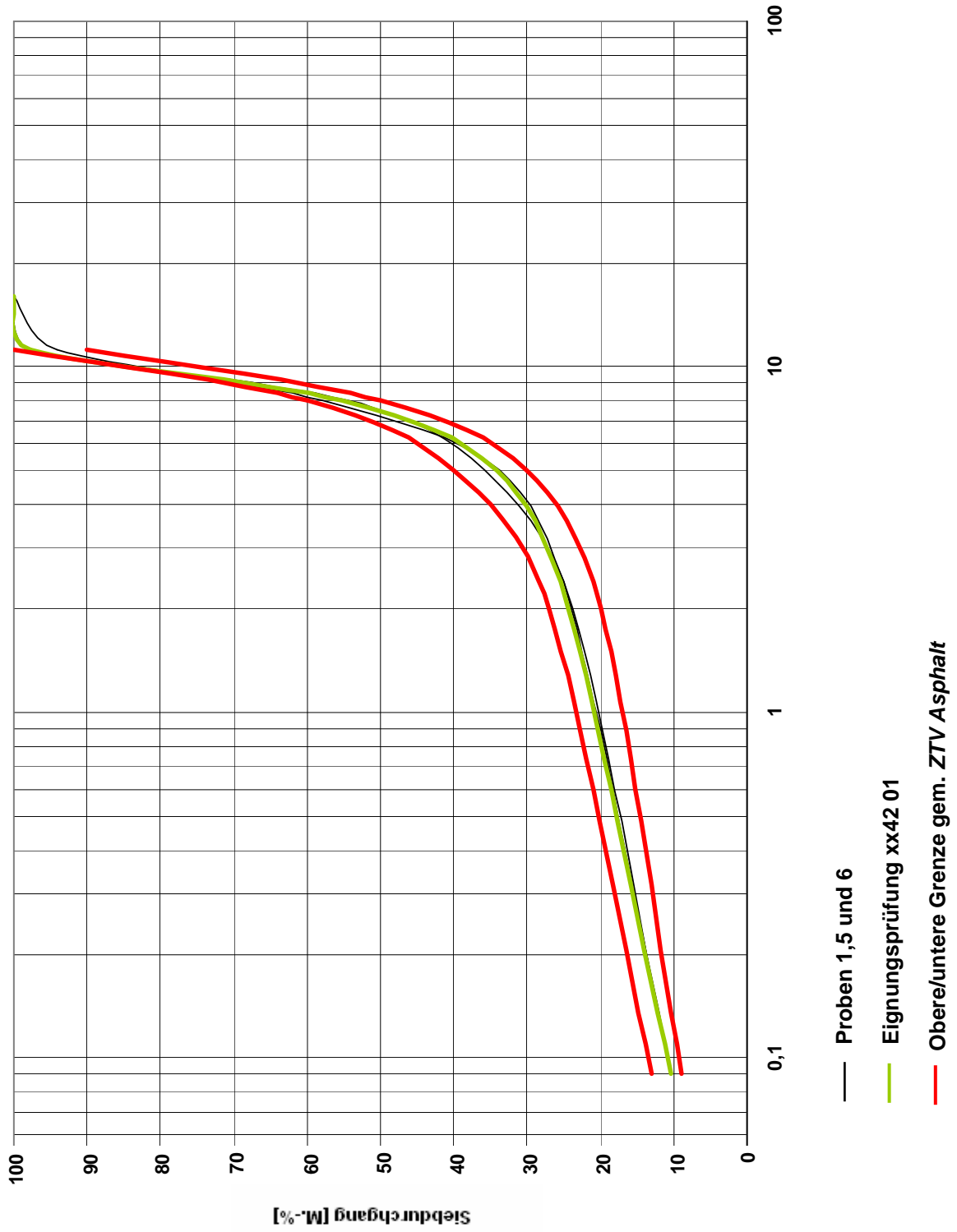
Werk 02; SMA 0/11 S

Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



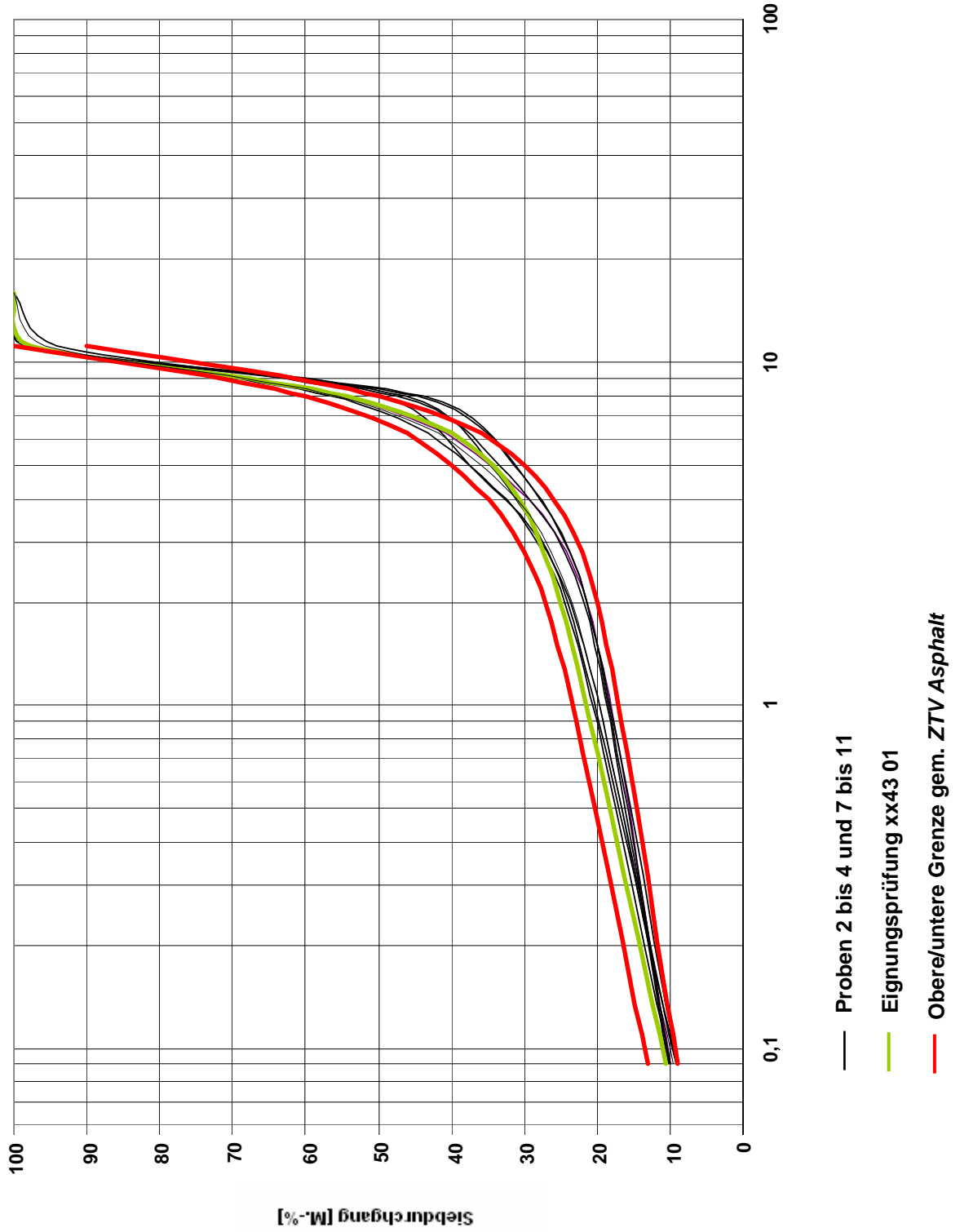
Werk 02; SMA 0/11 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 1,5 und 6)



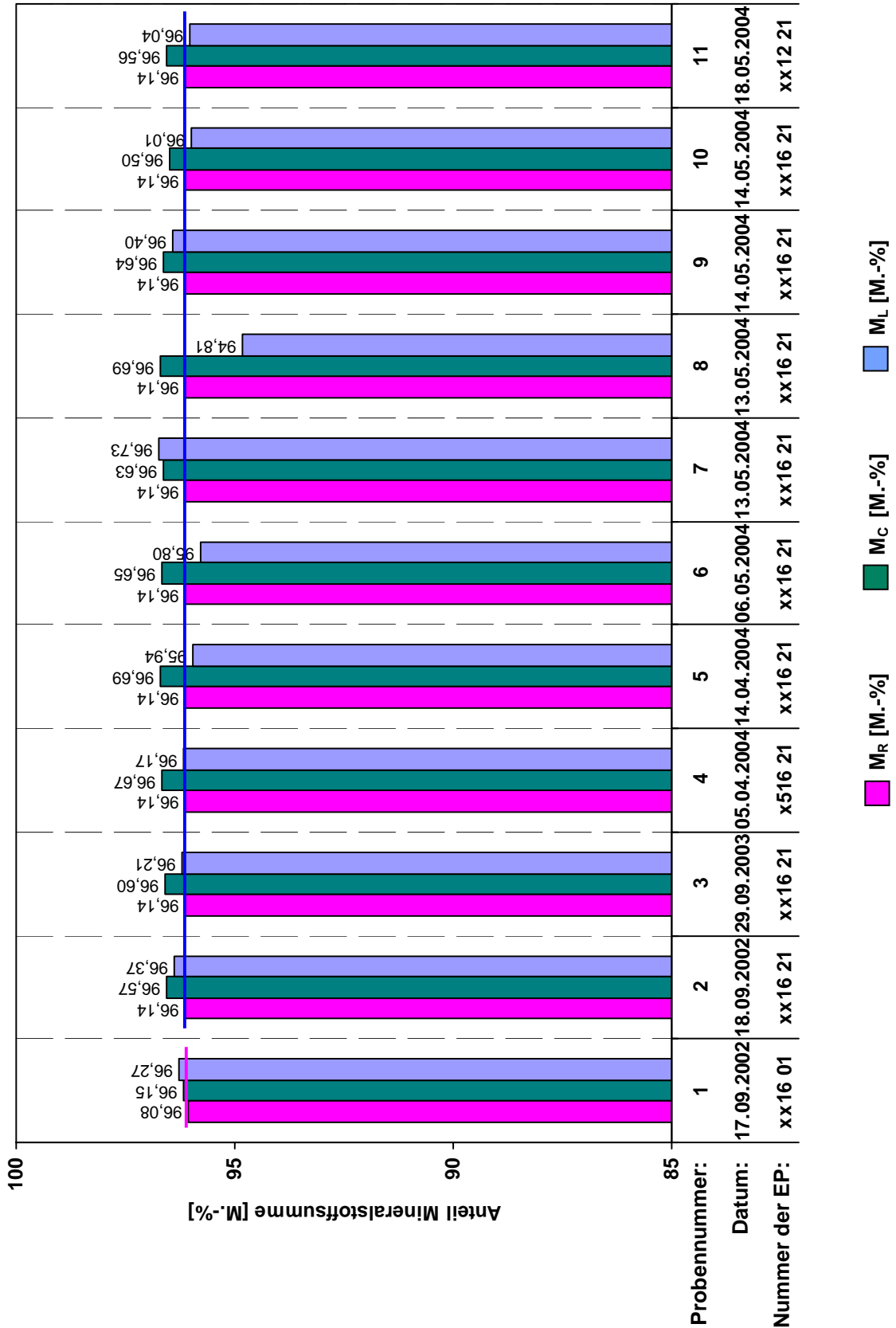
Werk 02; SMA 0/11 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 2 bis 4 und 7 bis 11)



Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

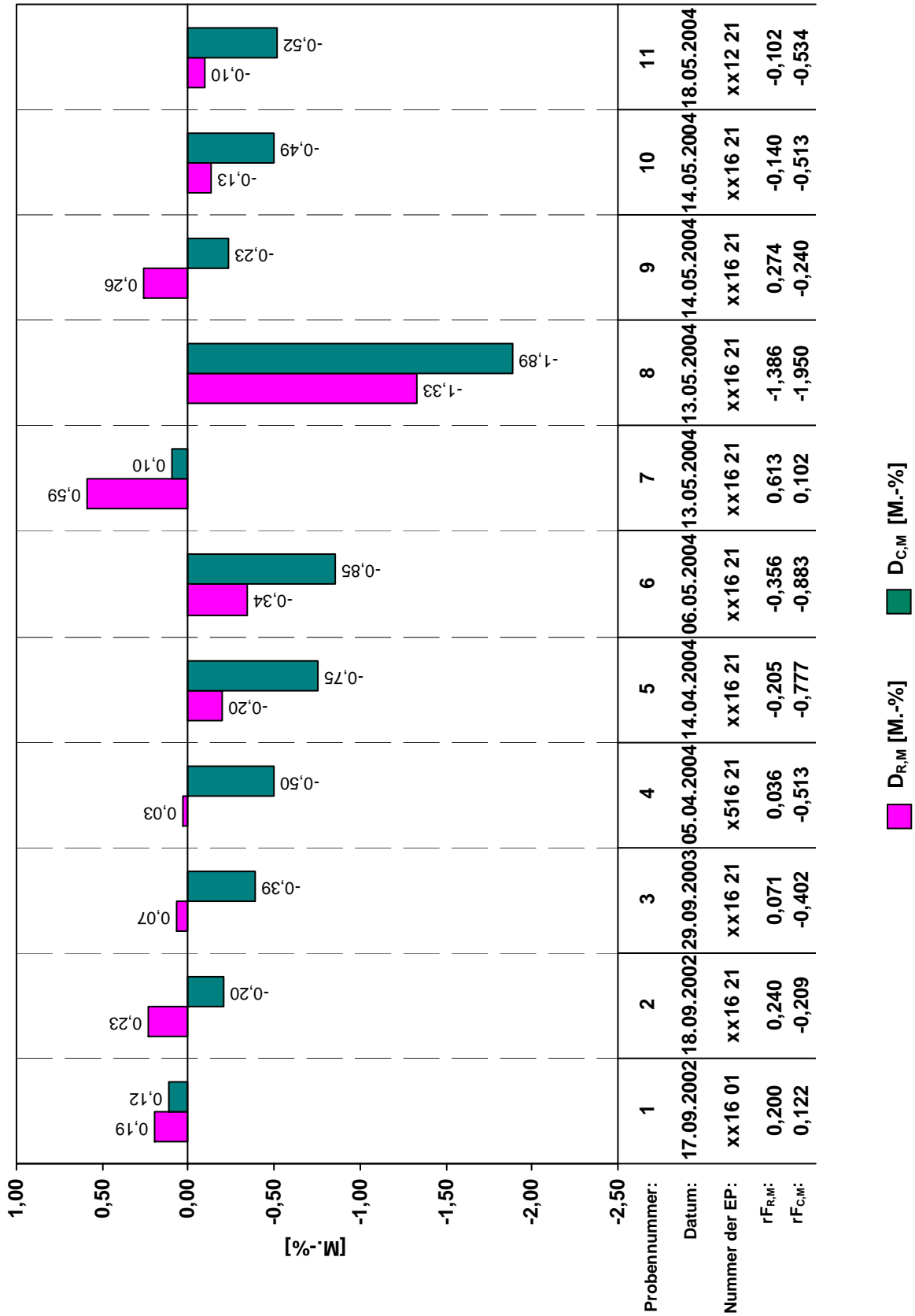
Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



Datum: 17.09.2002
 Nummer der EP: xx16 01

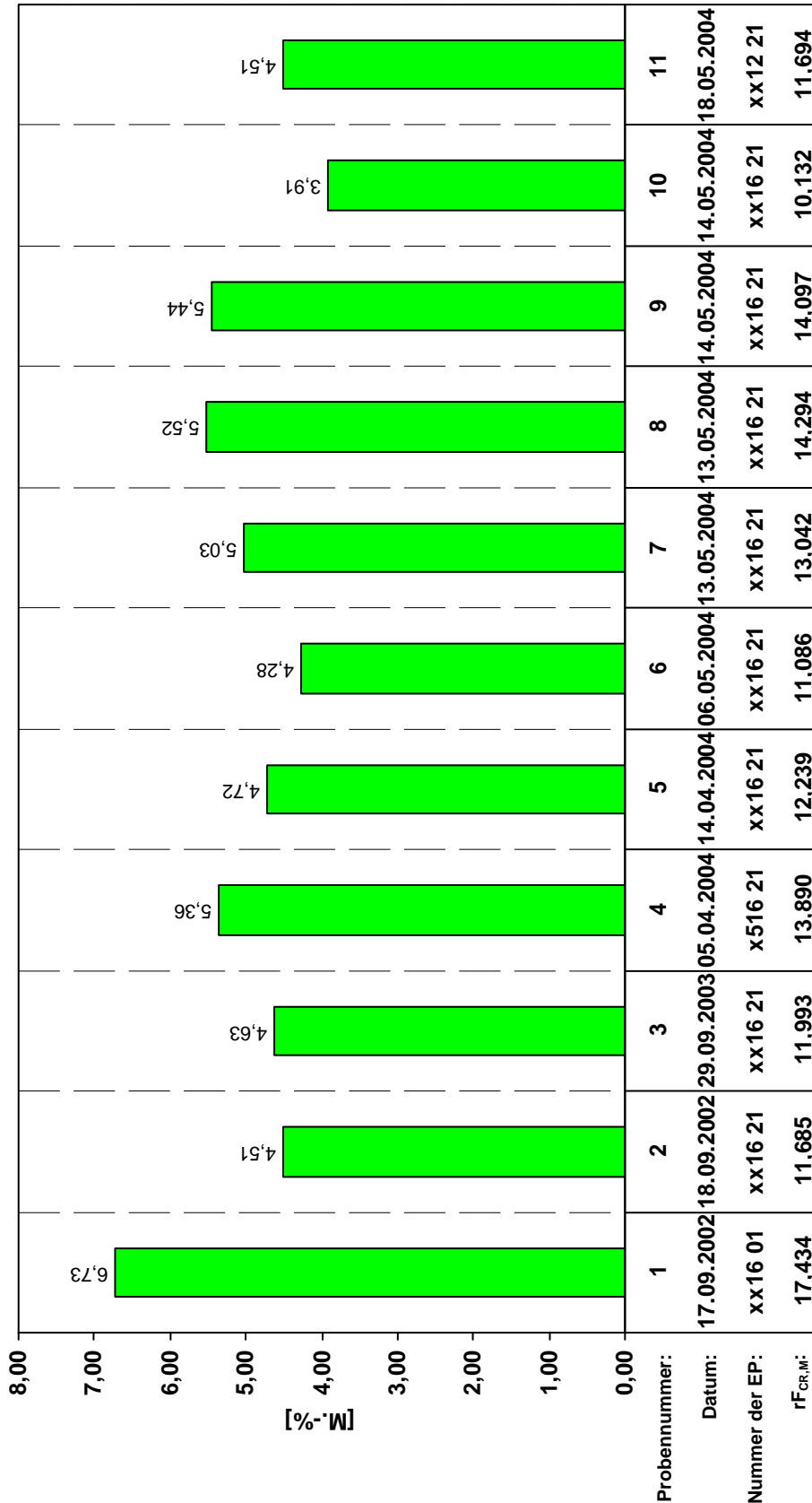
Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



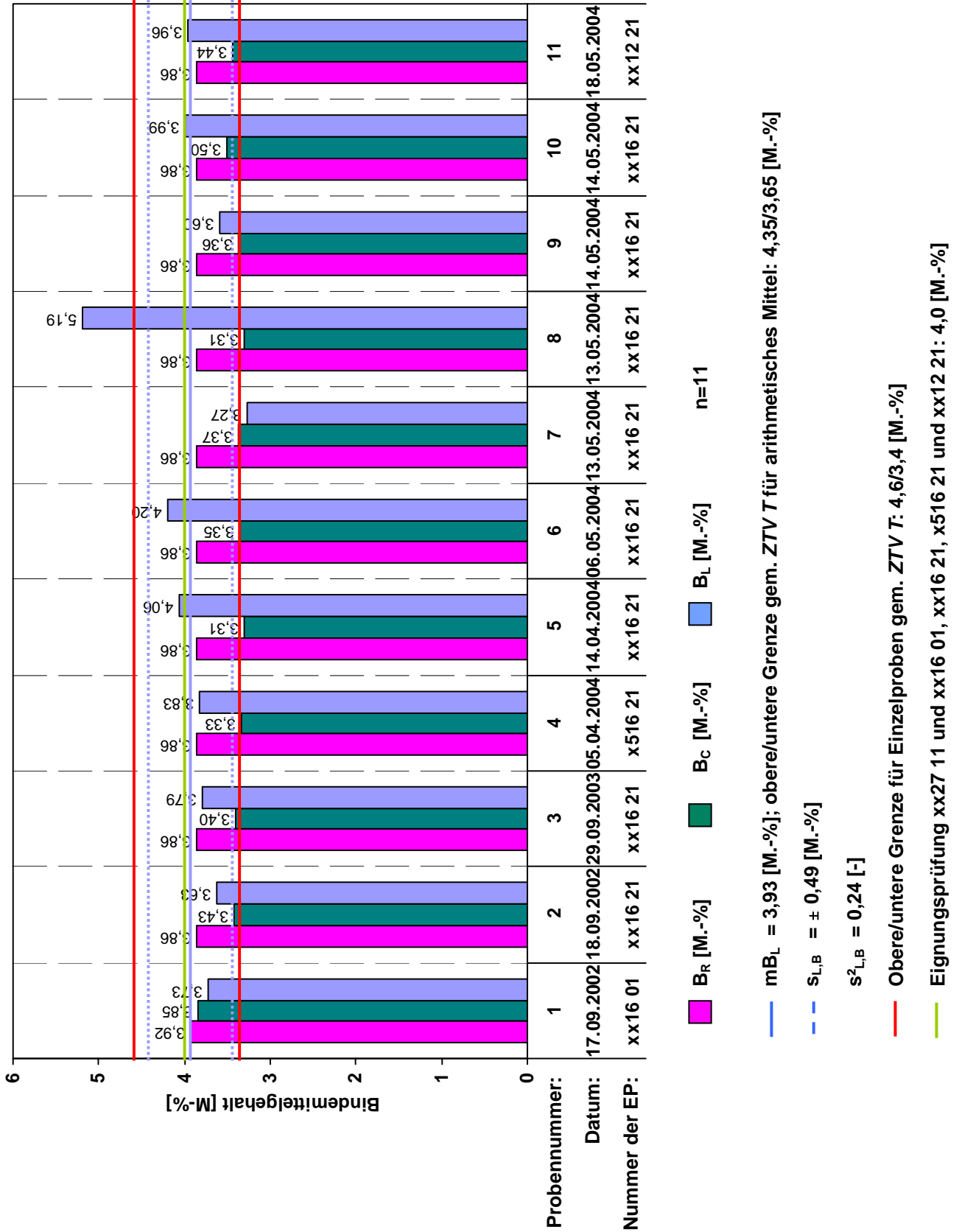
Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



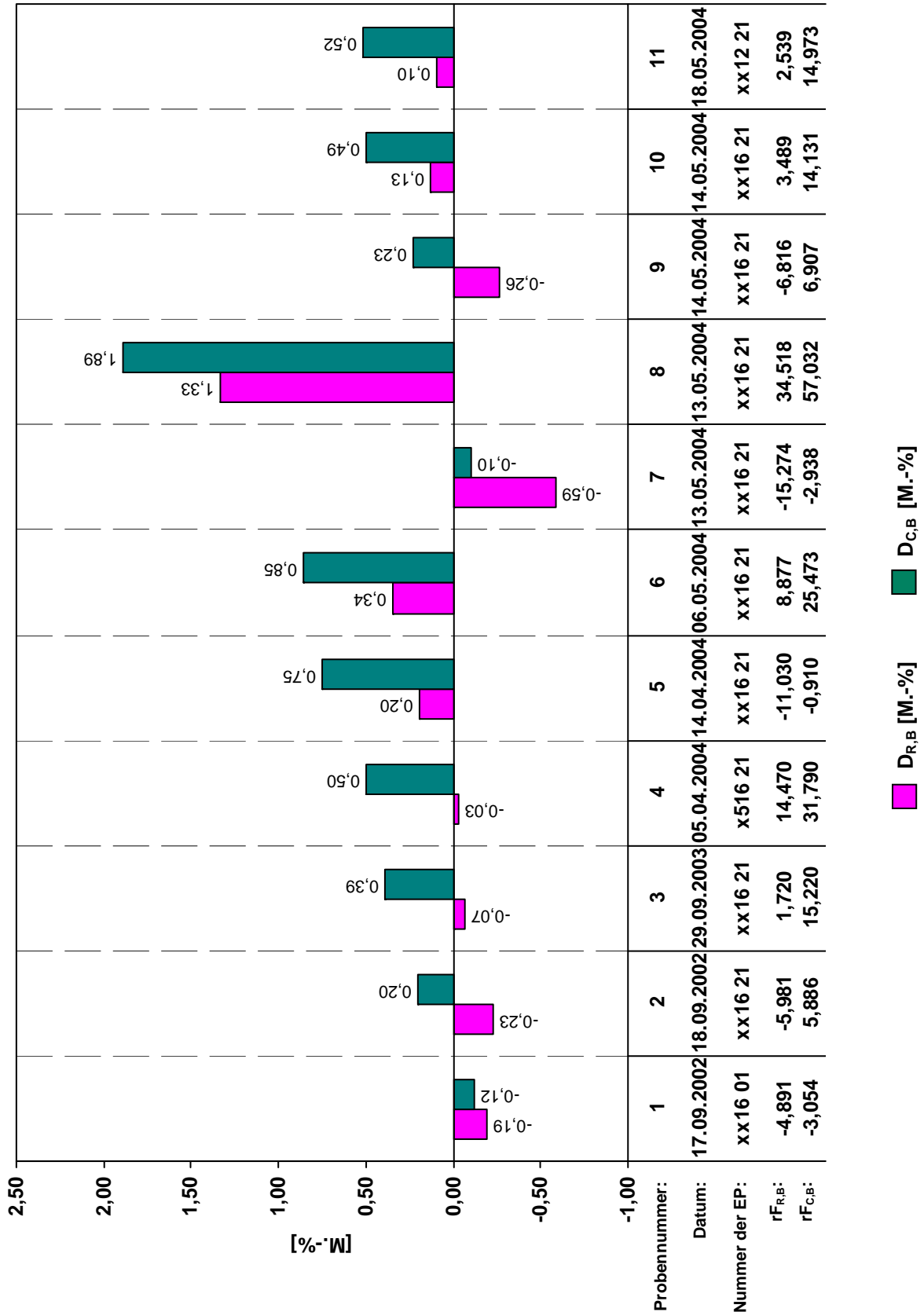
Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



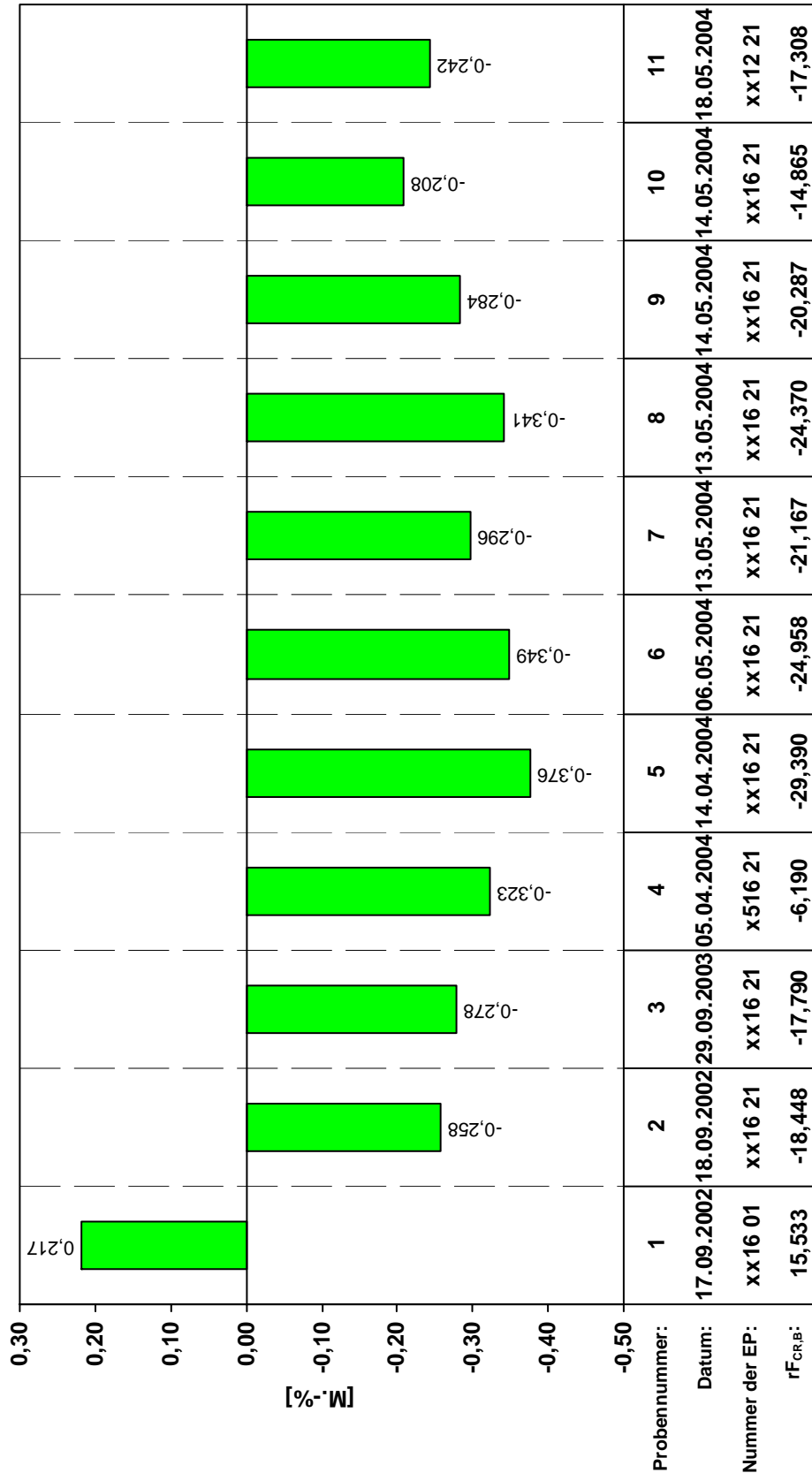
Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

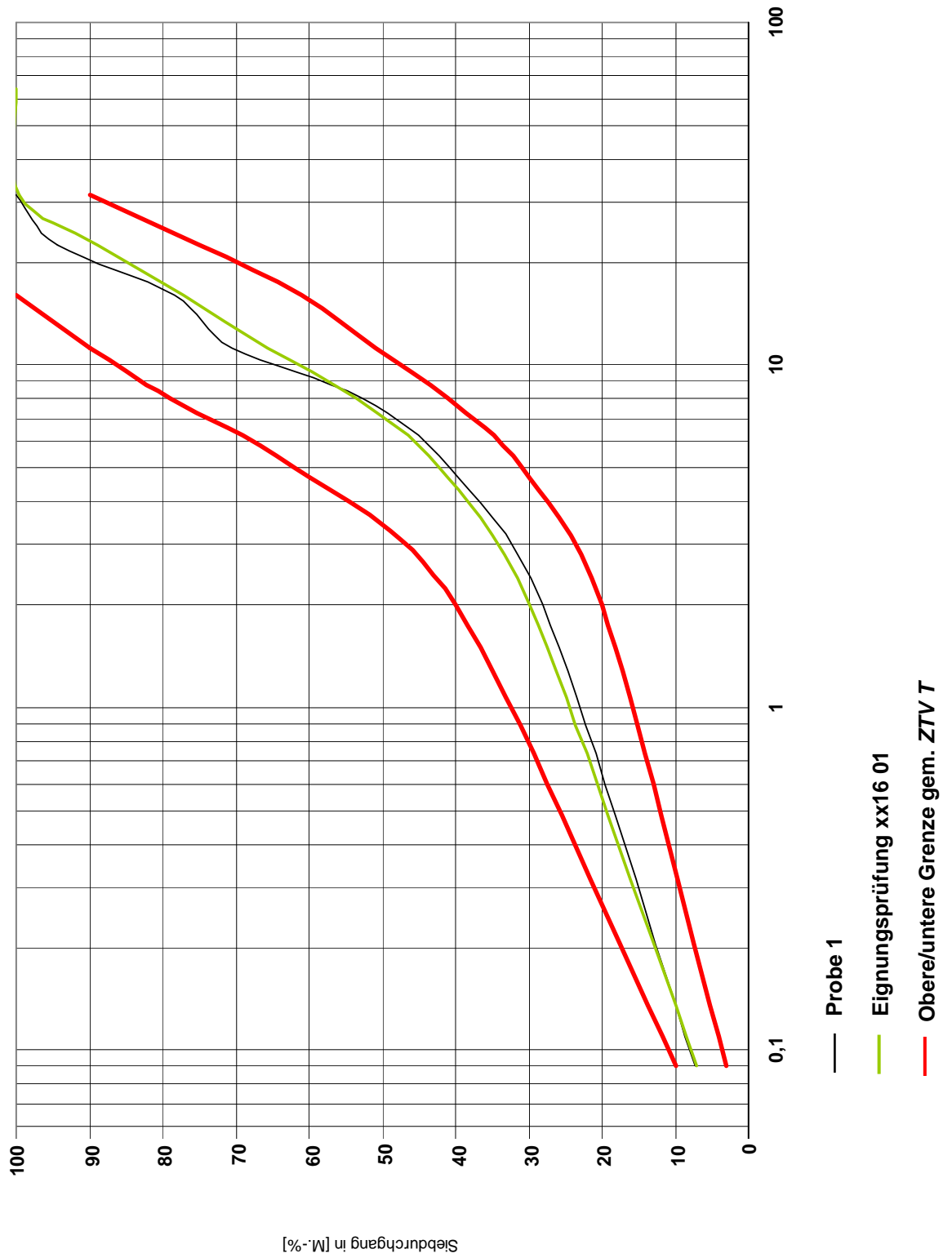
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



$D_{CR,B}$ [M.-%]

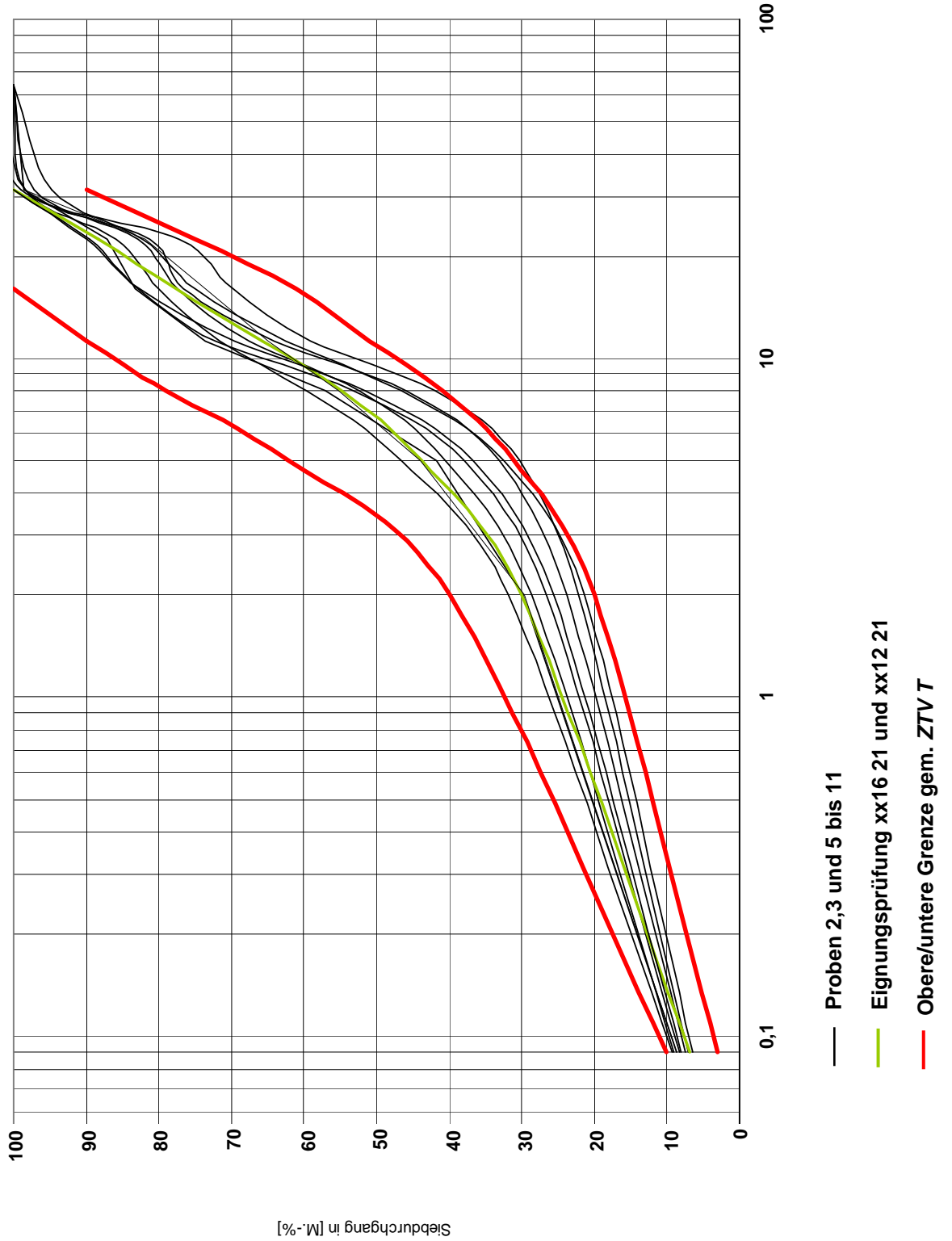
Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Probe 1)



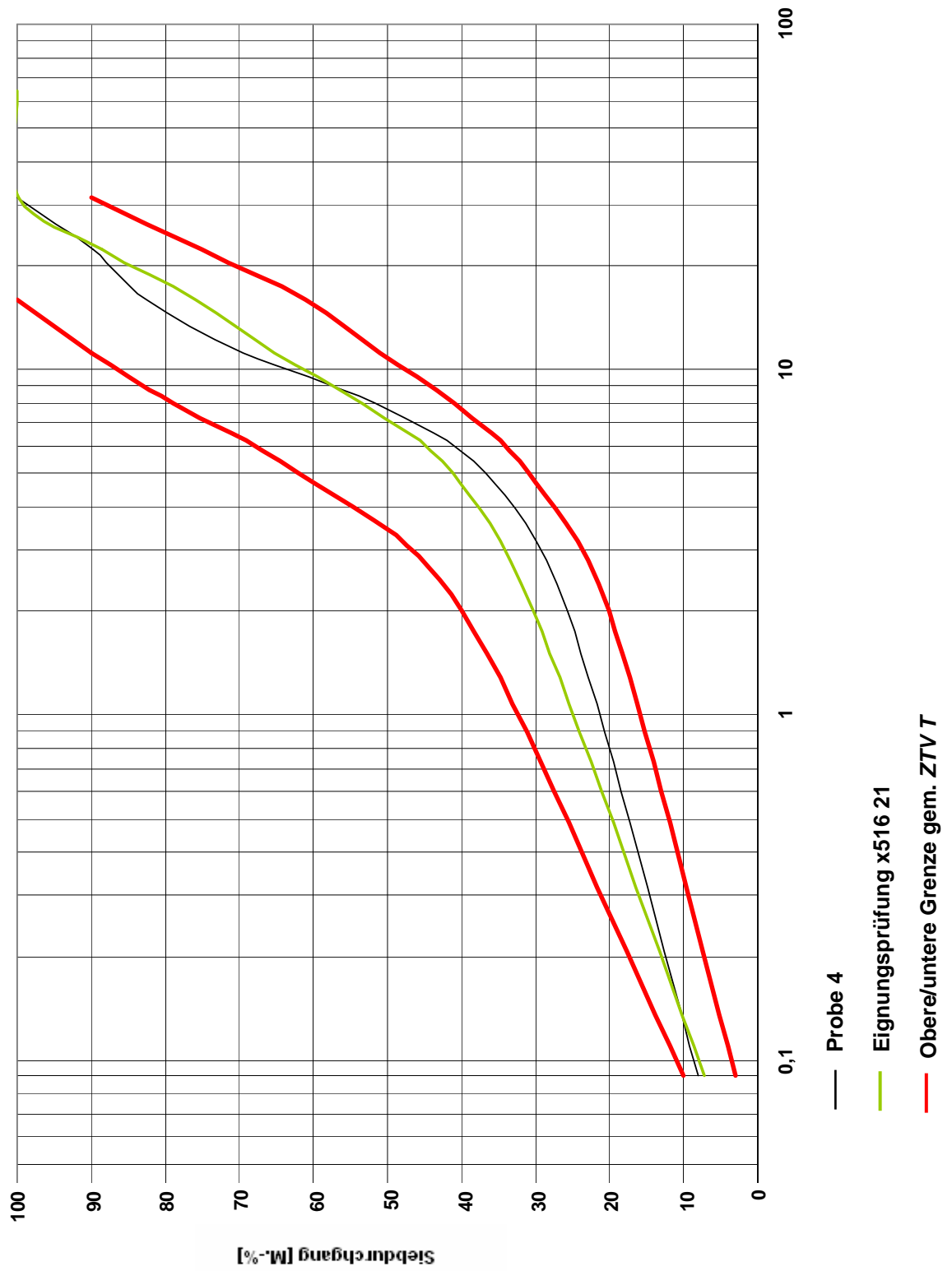
Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 2,3 und 5 bis 11)



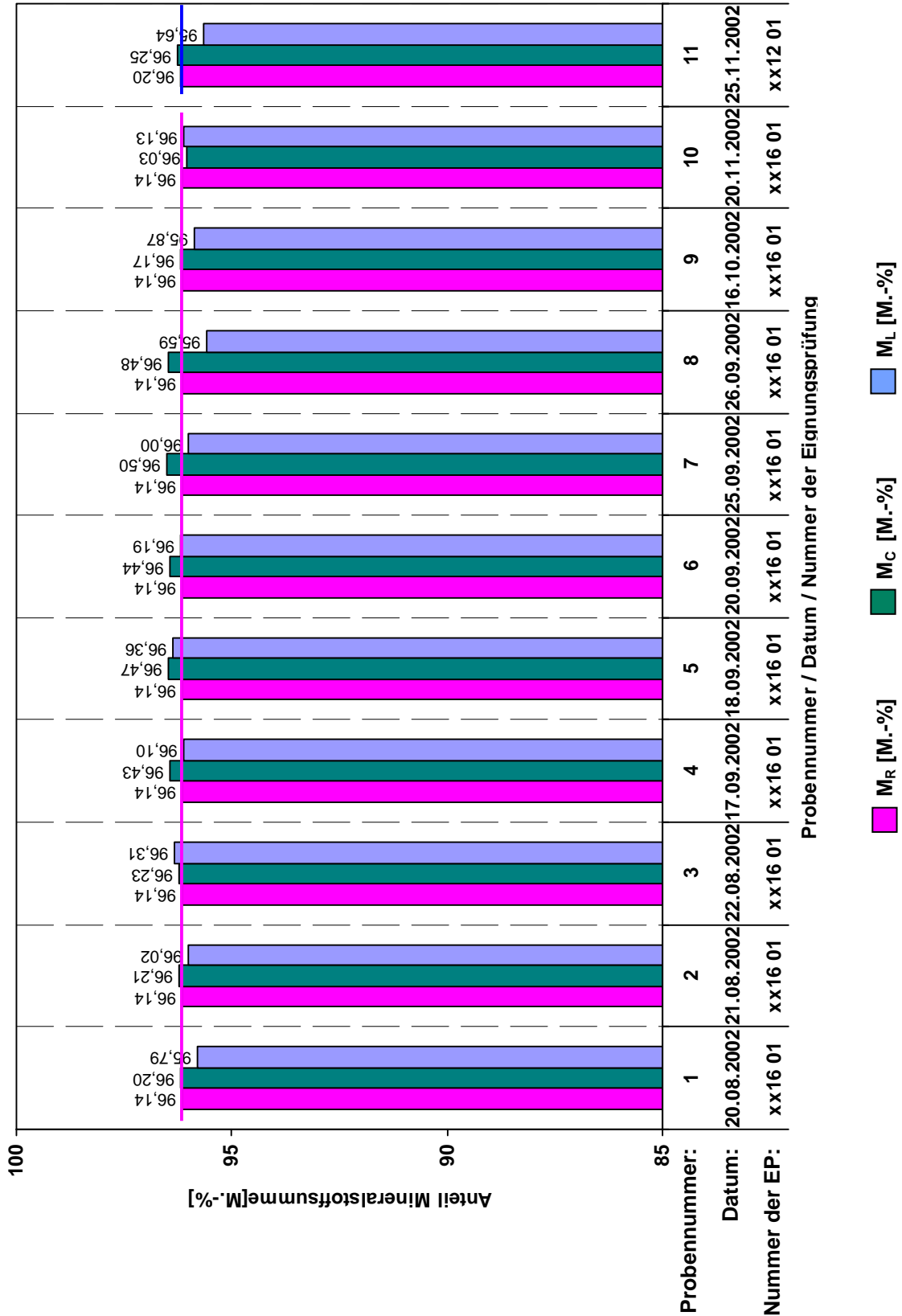
Werk 02; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Probe 4)



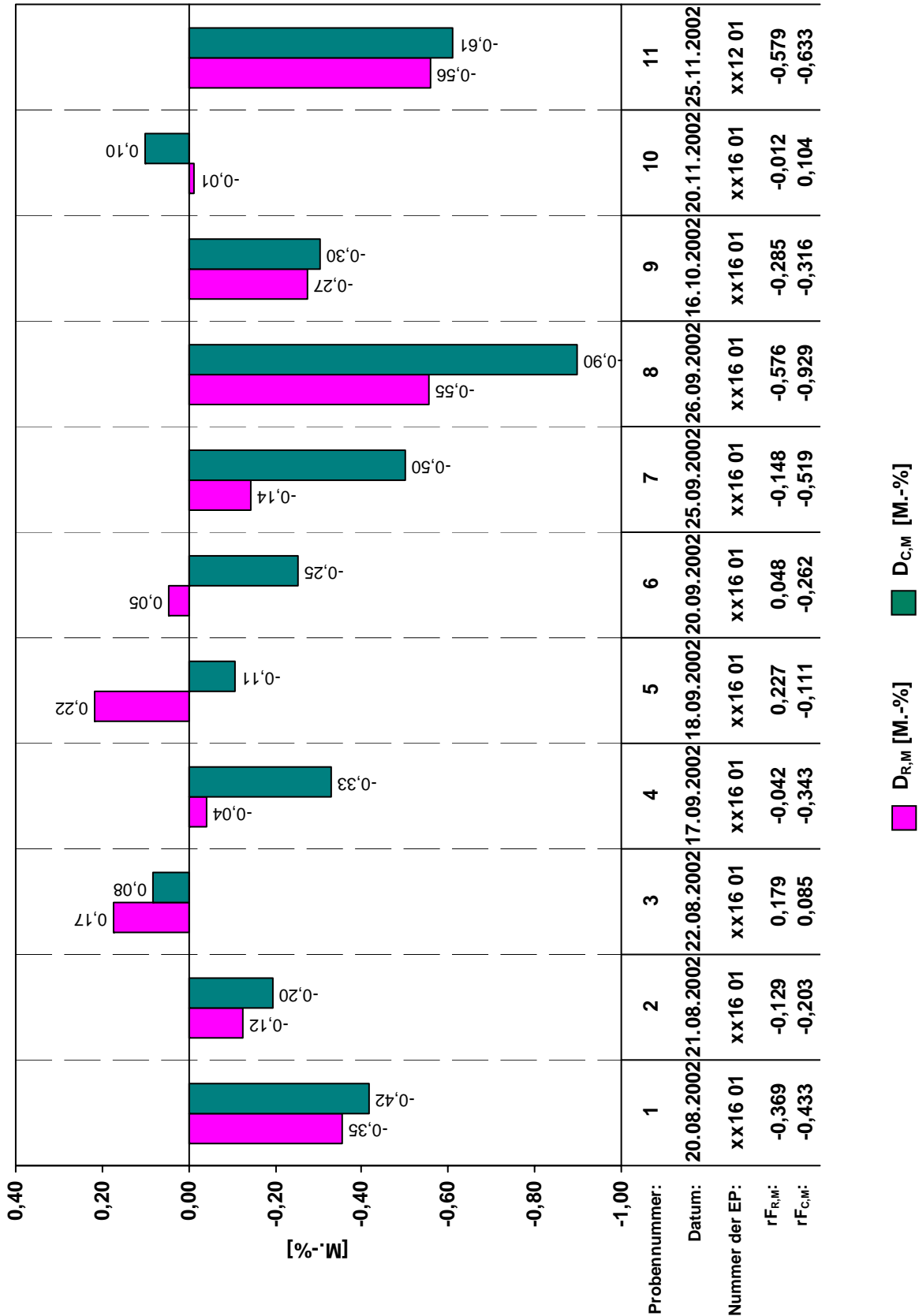
Werk 02; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



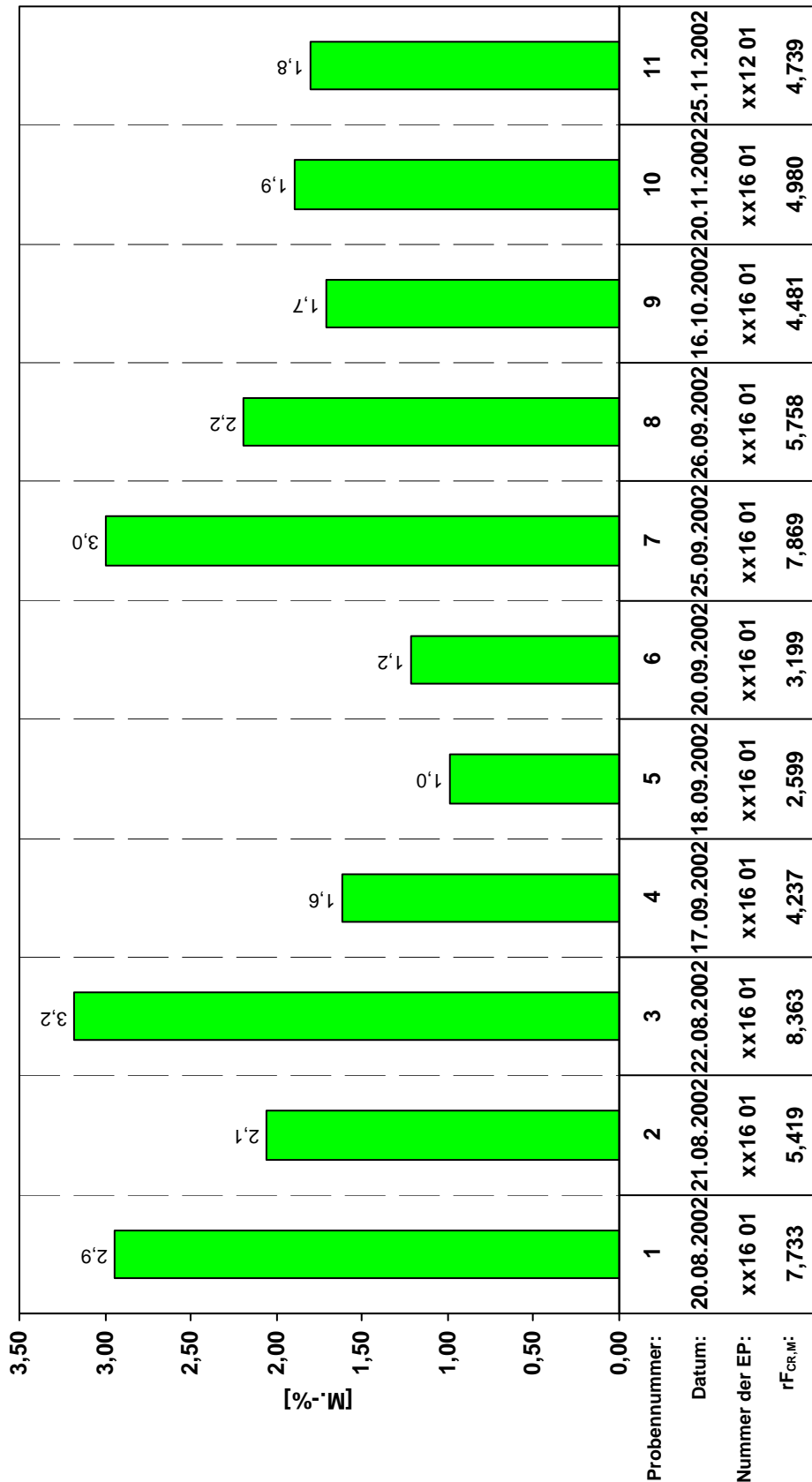
Werk 02; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 02; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

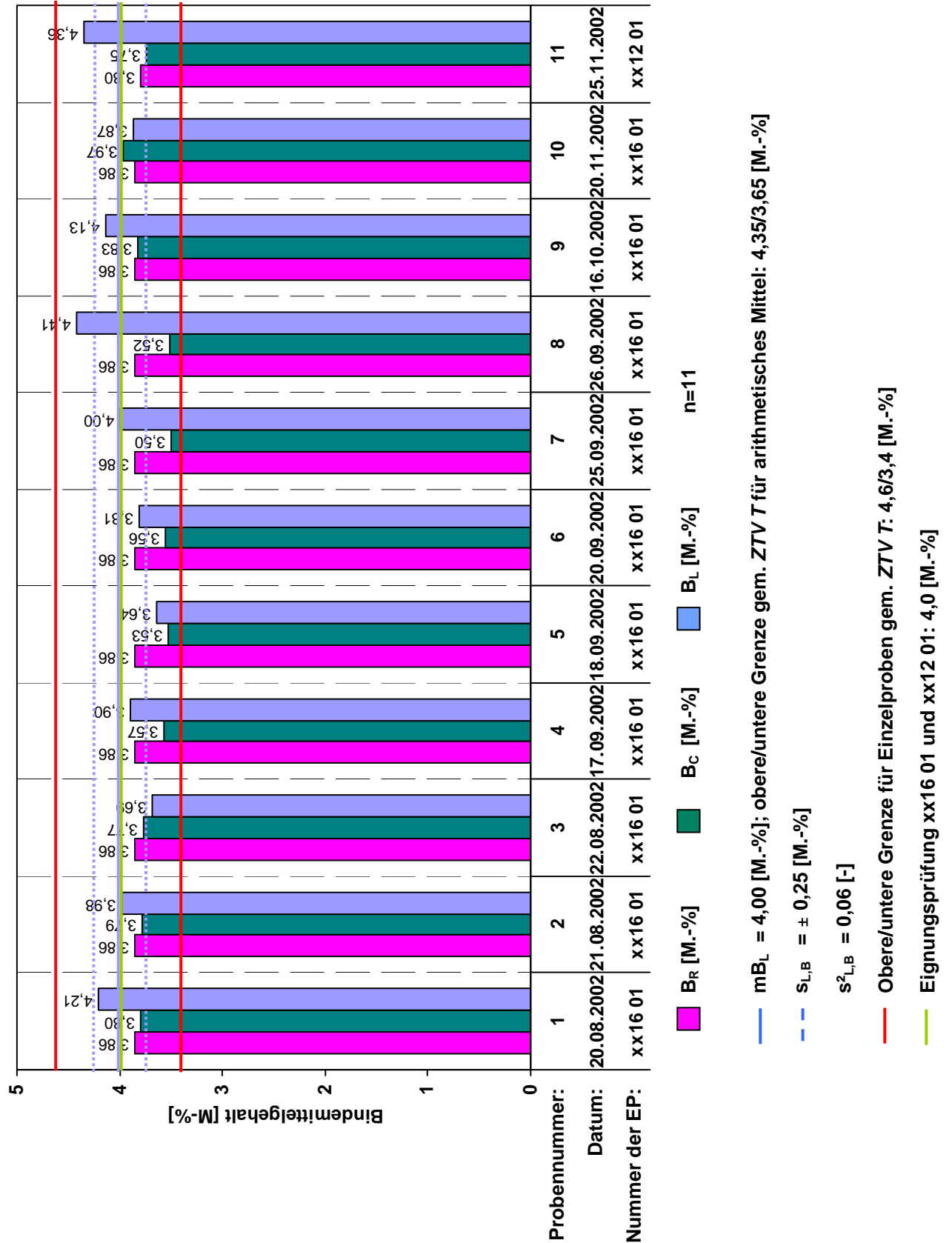
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,M}$ [%]

Werk 02; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



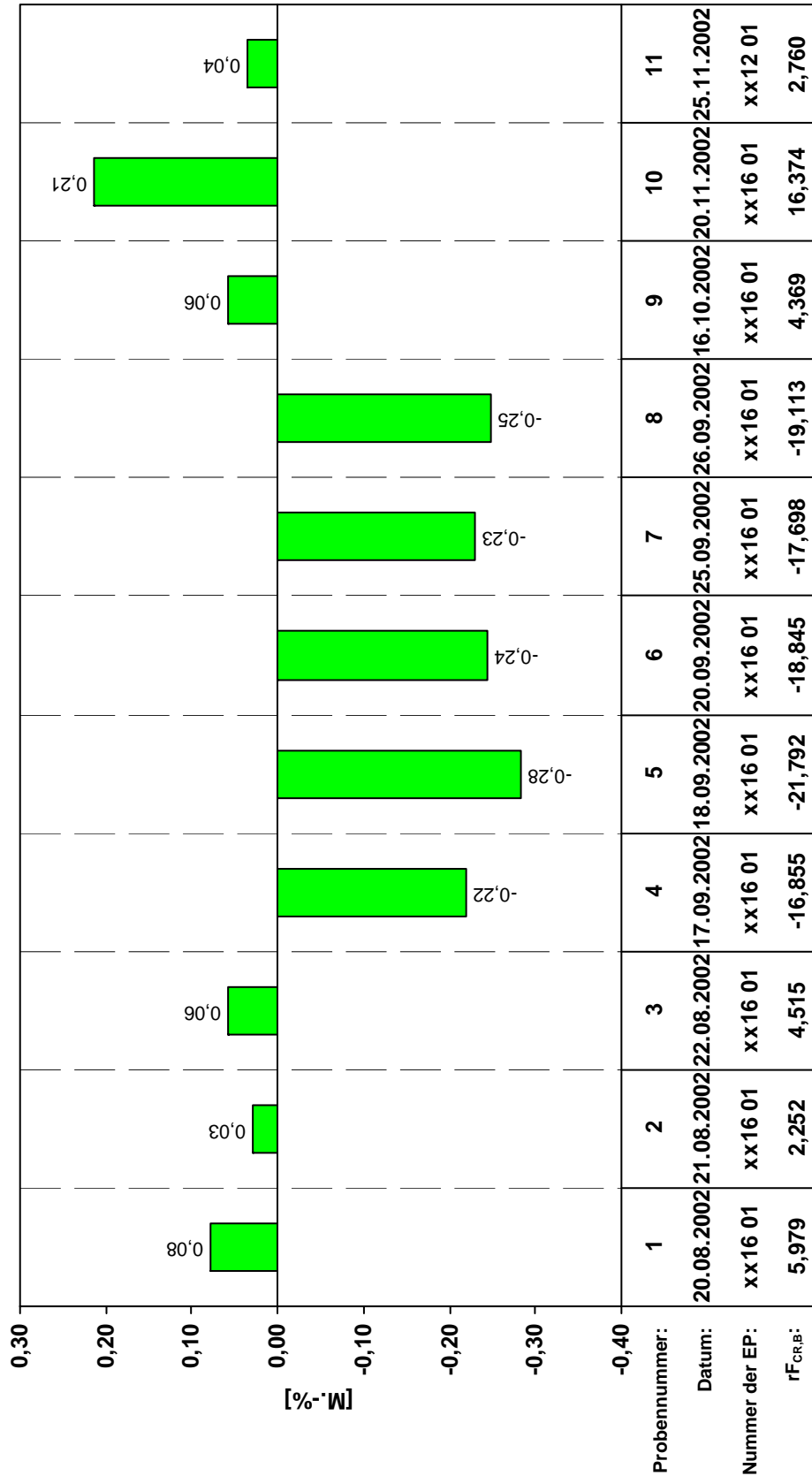
Werk 02; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung


Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 02; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

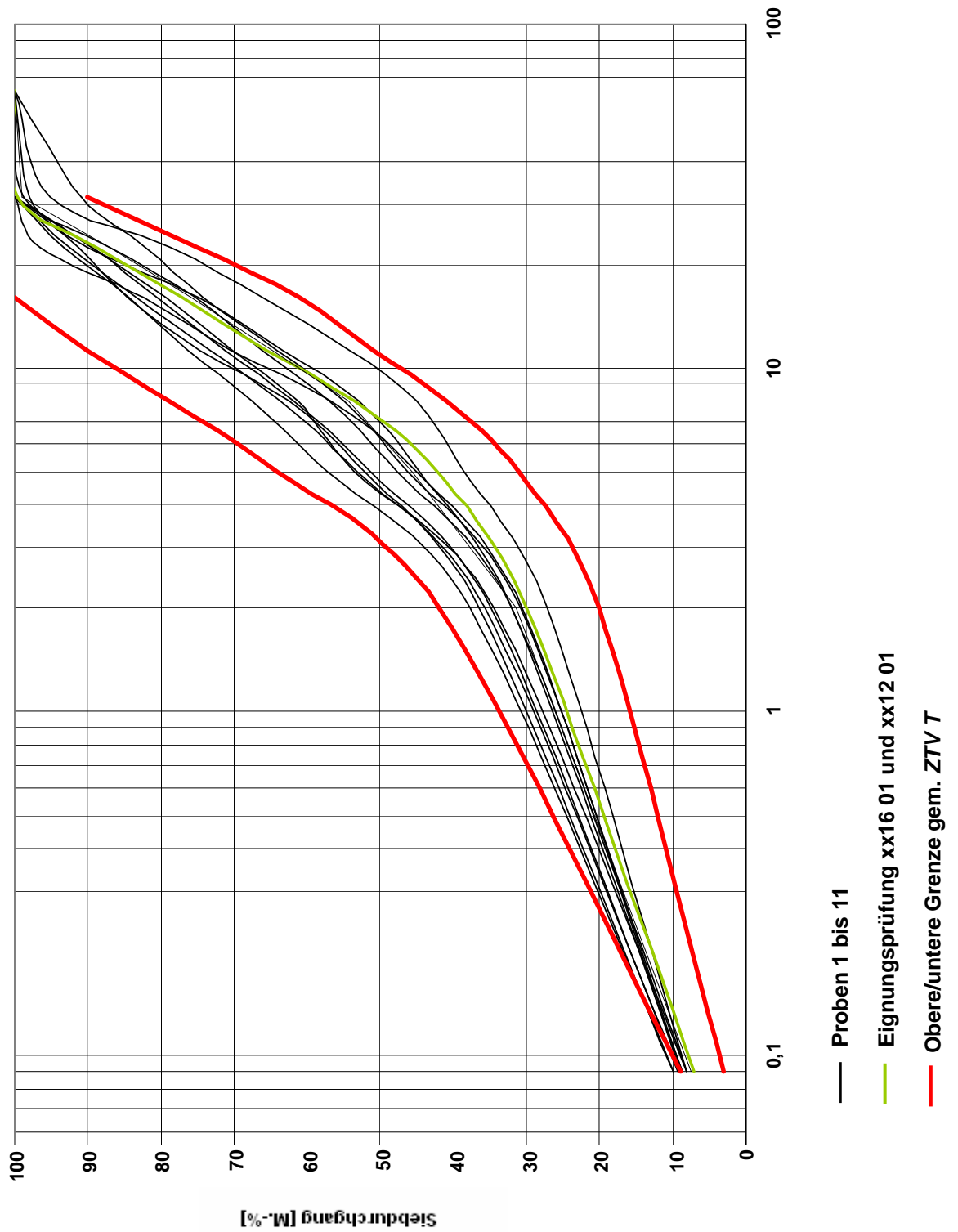
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,B}$ [M.-%]

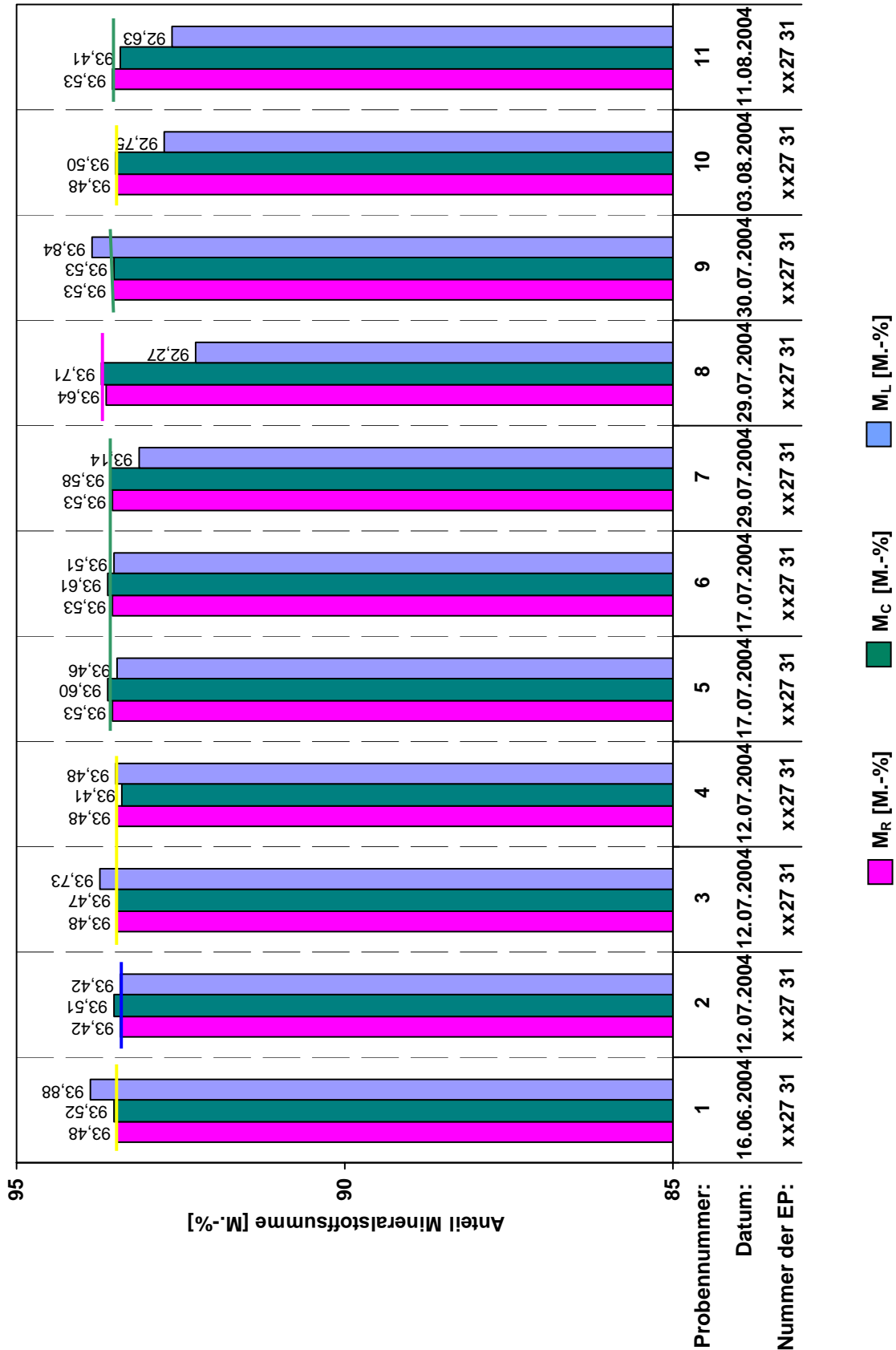
Werk 02; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



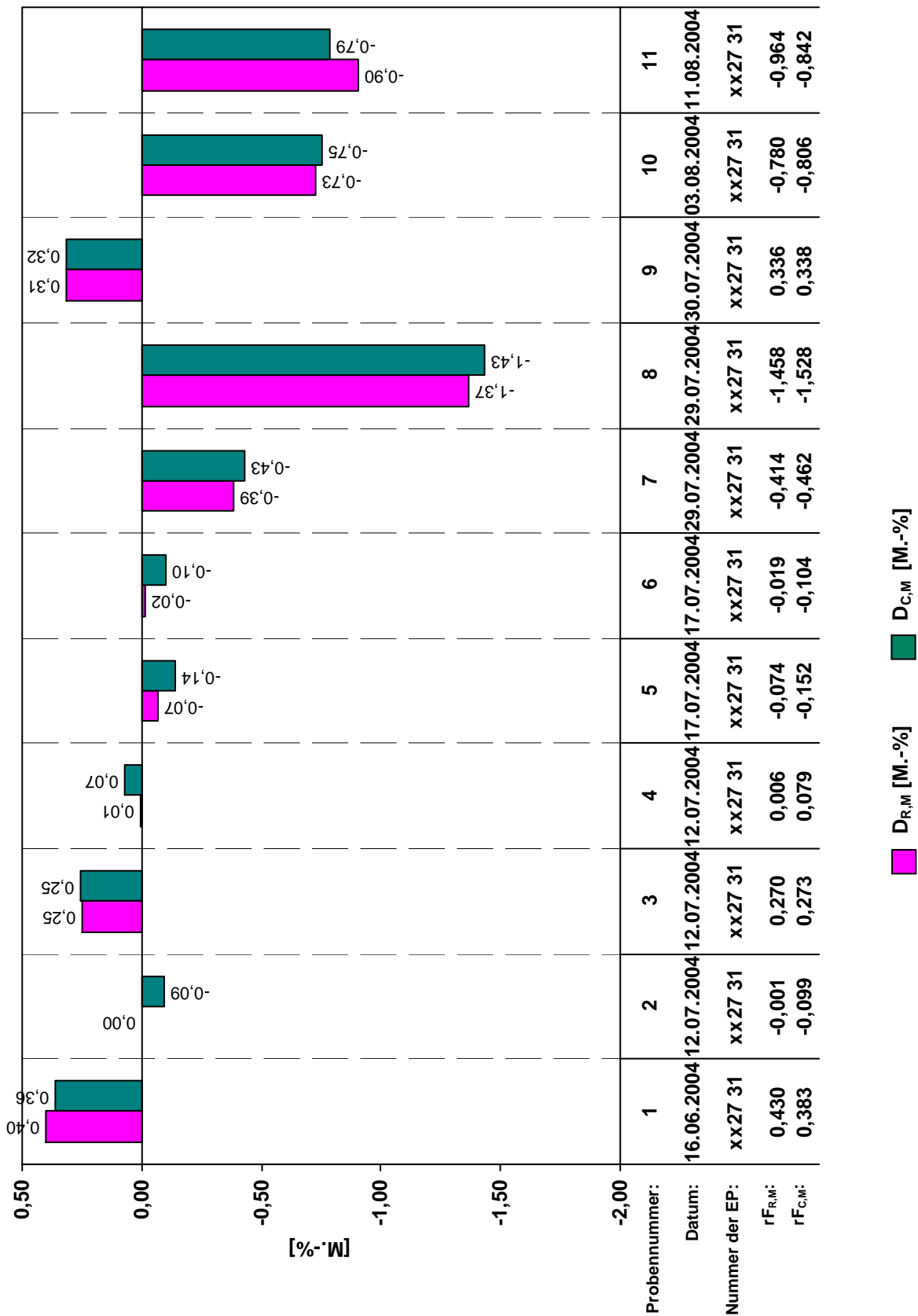
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



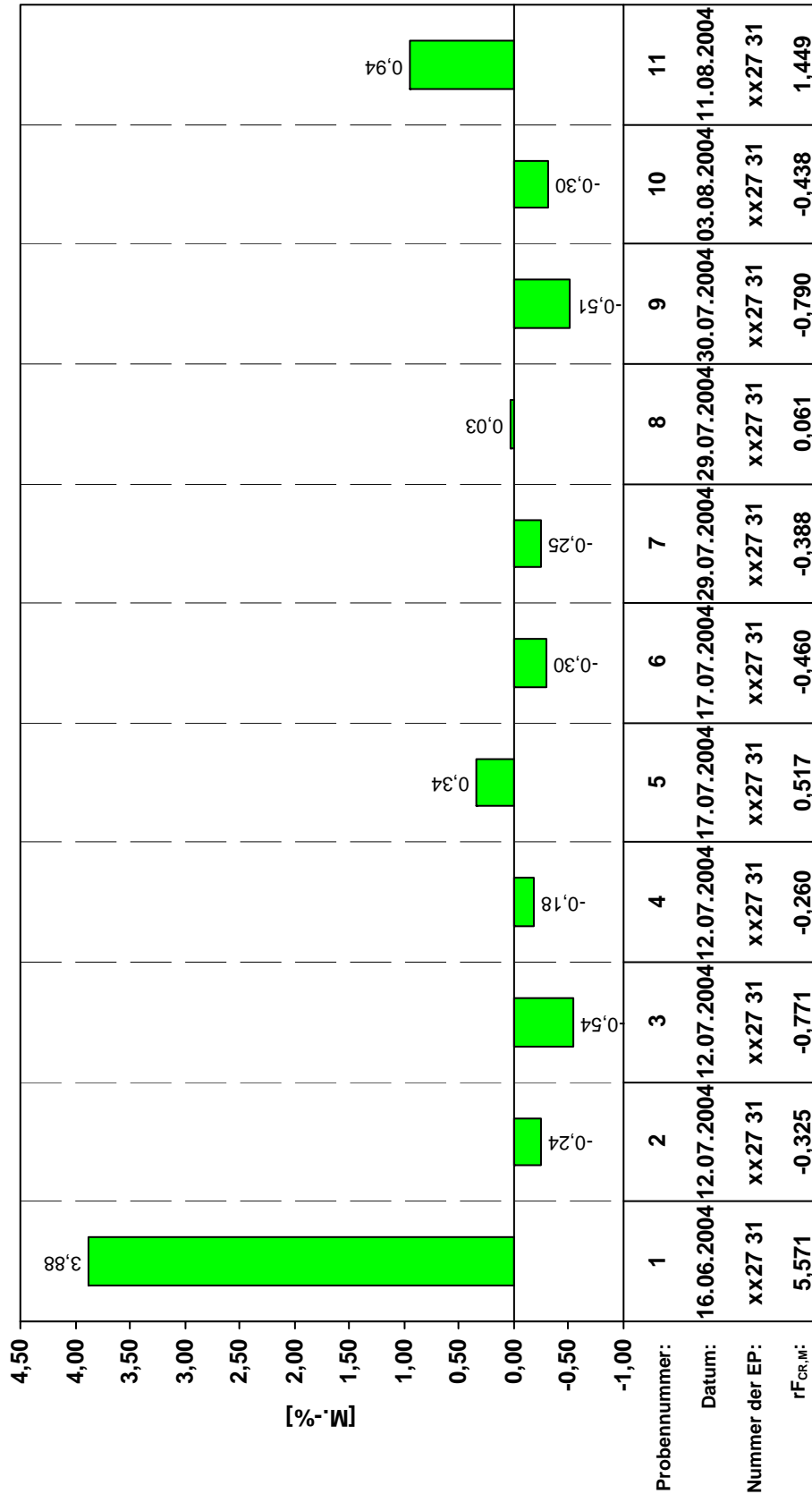
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

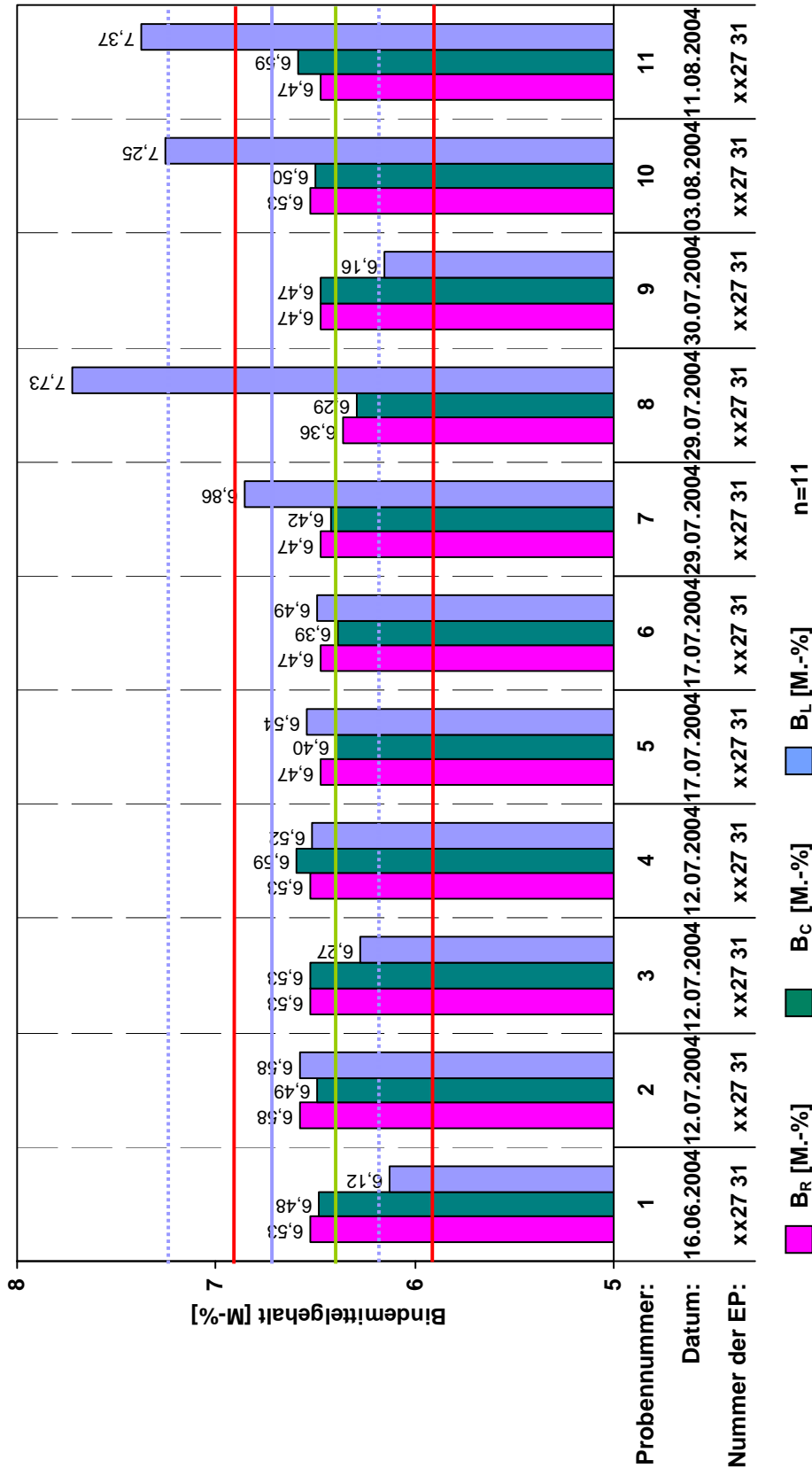
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ D_{CR,M} [M.-%]

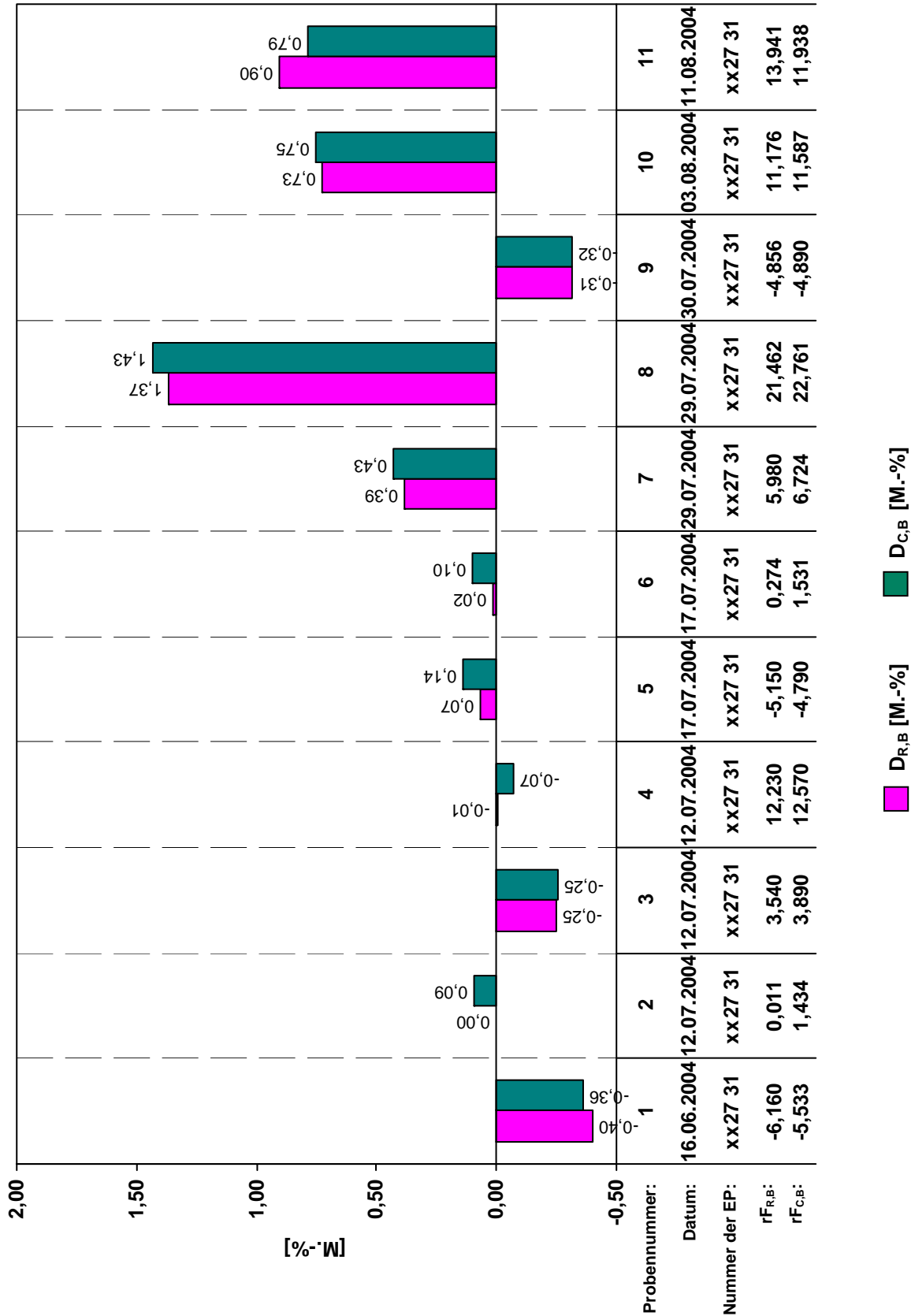
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



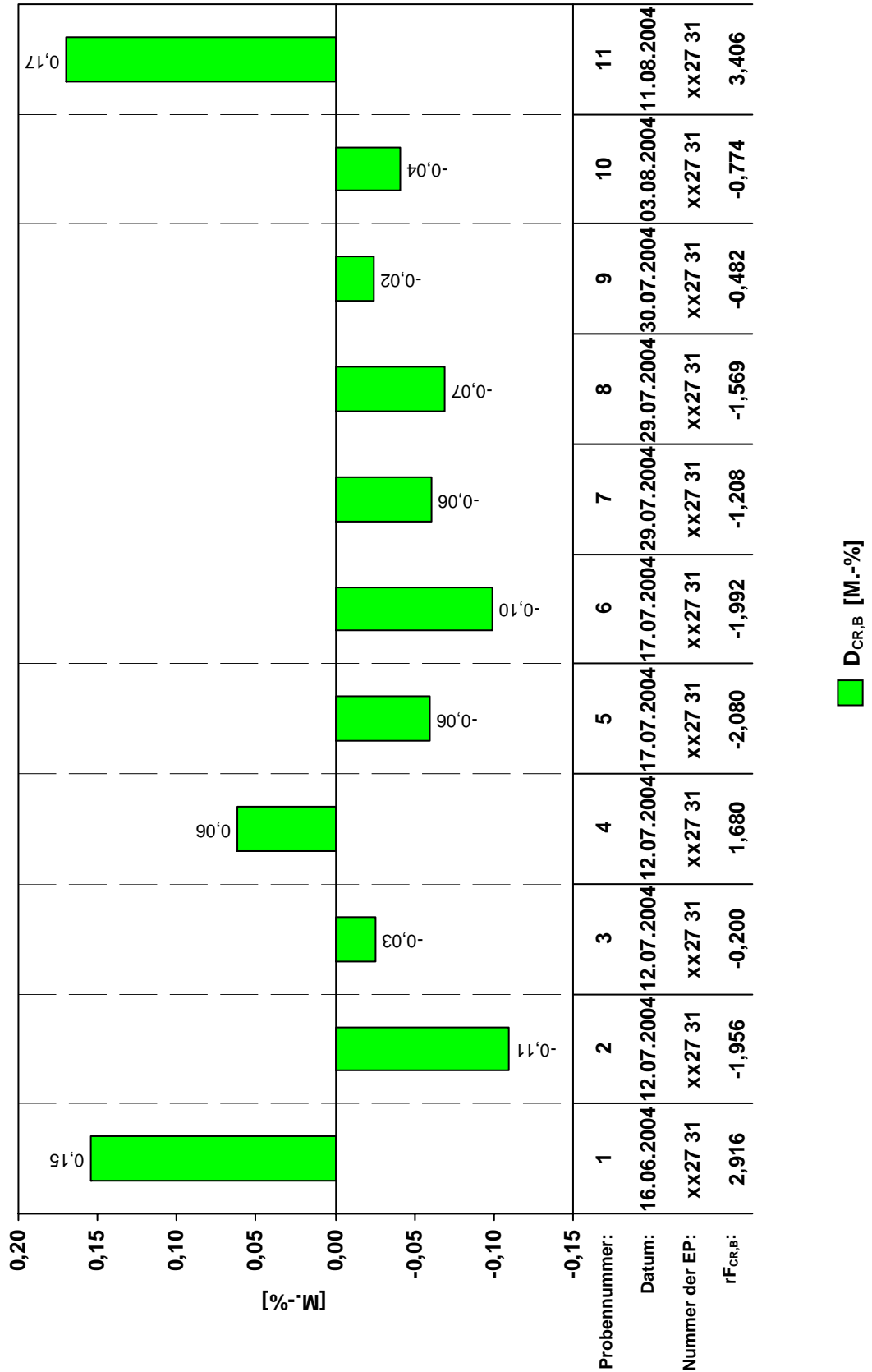
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



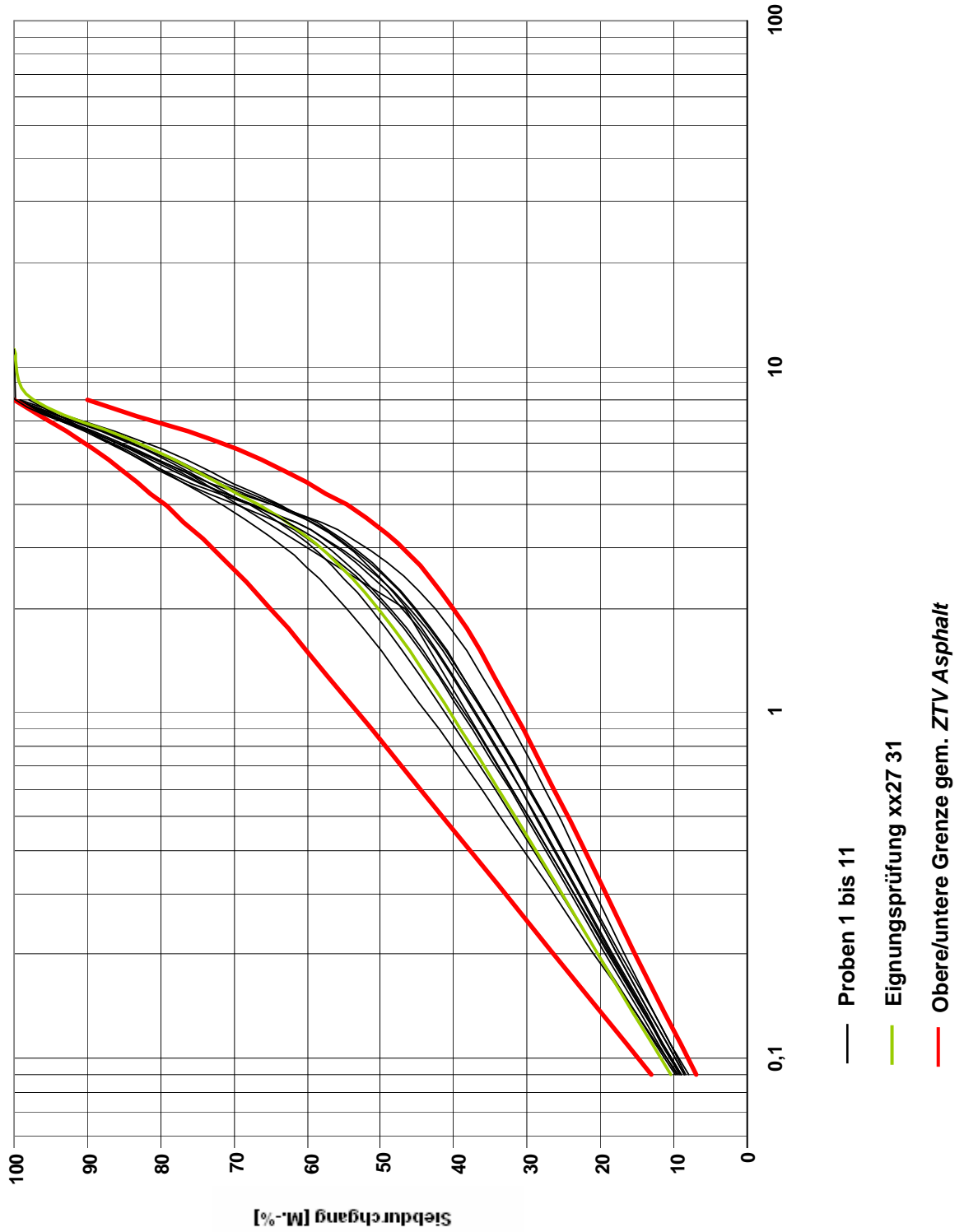
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



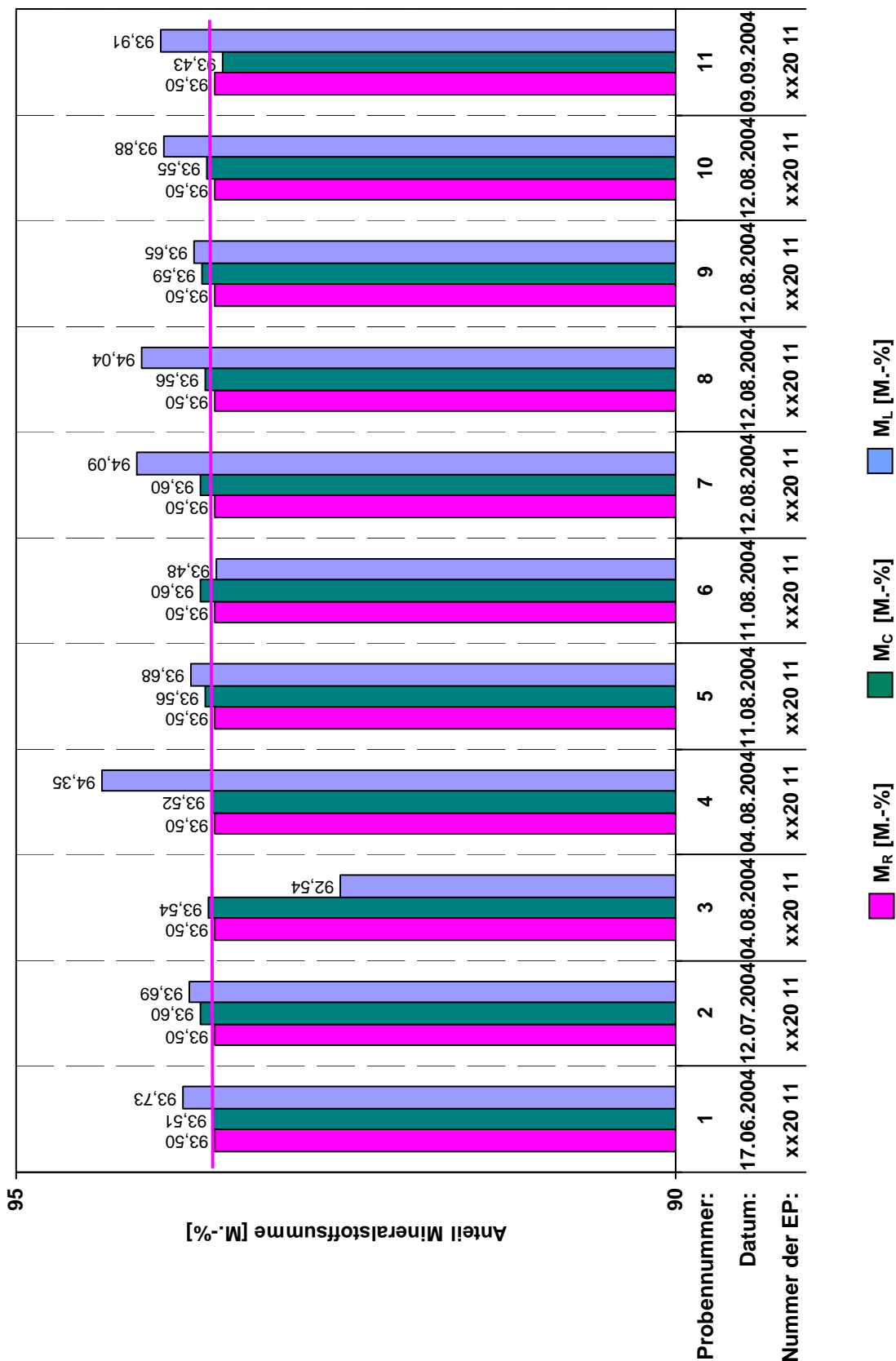
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



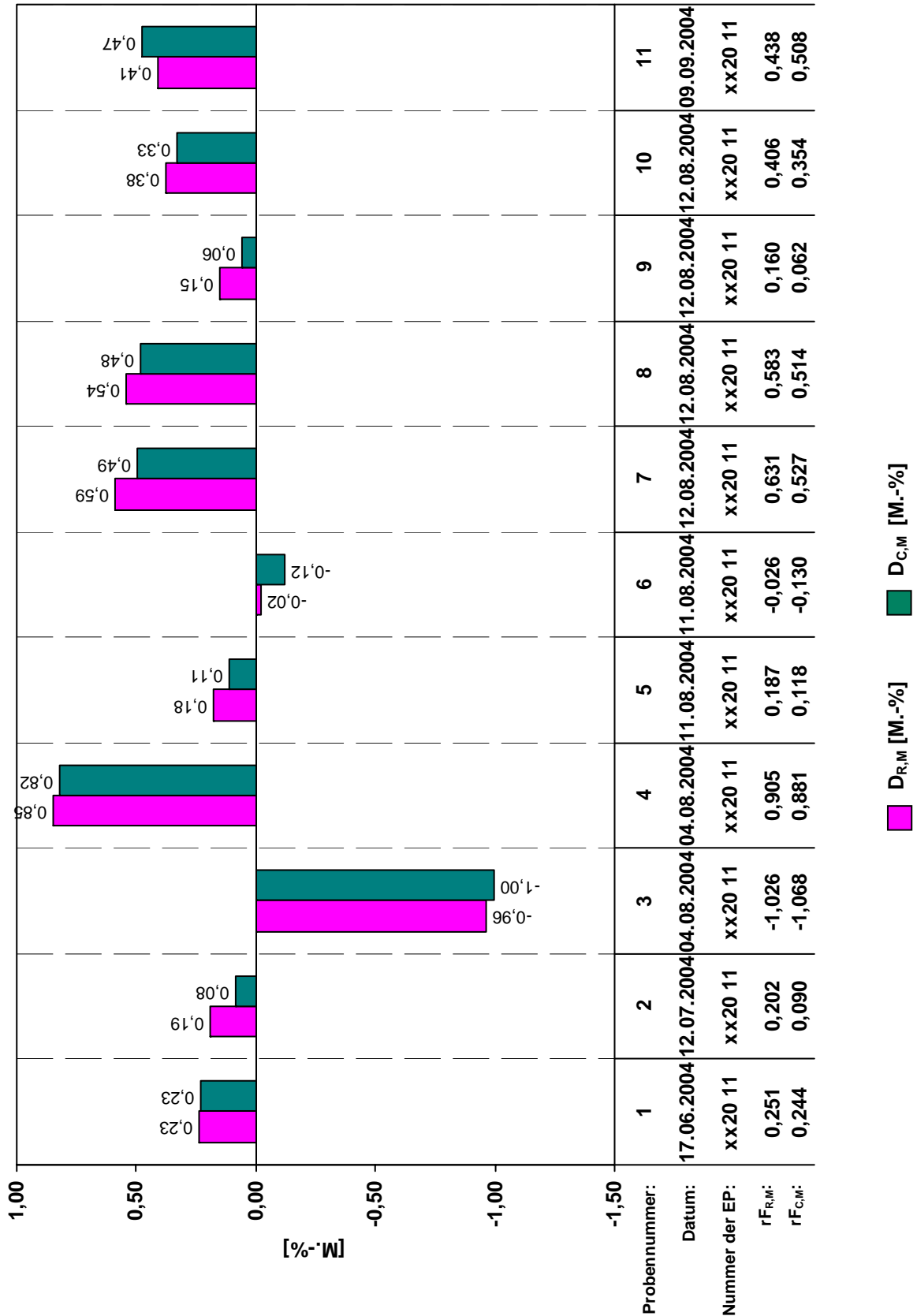
Werk 03; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



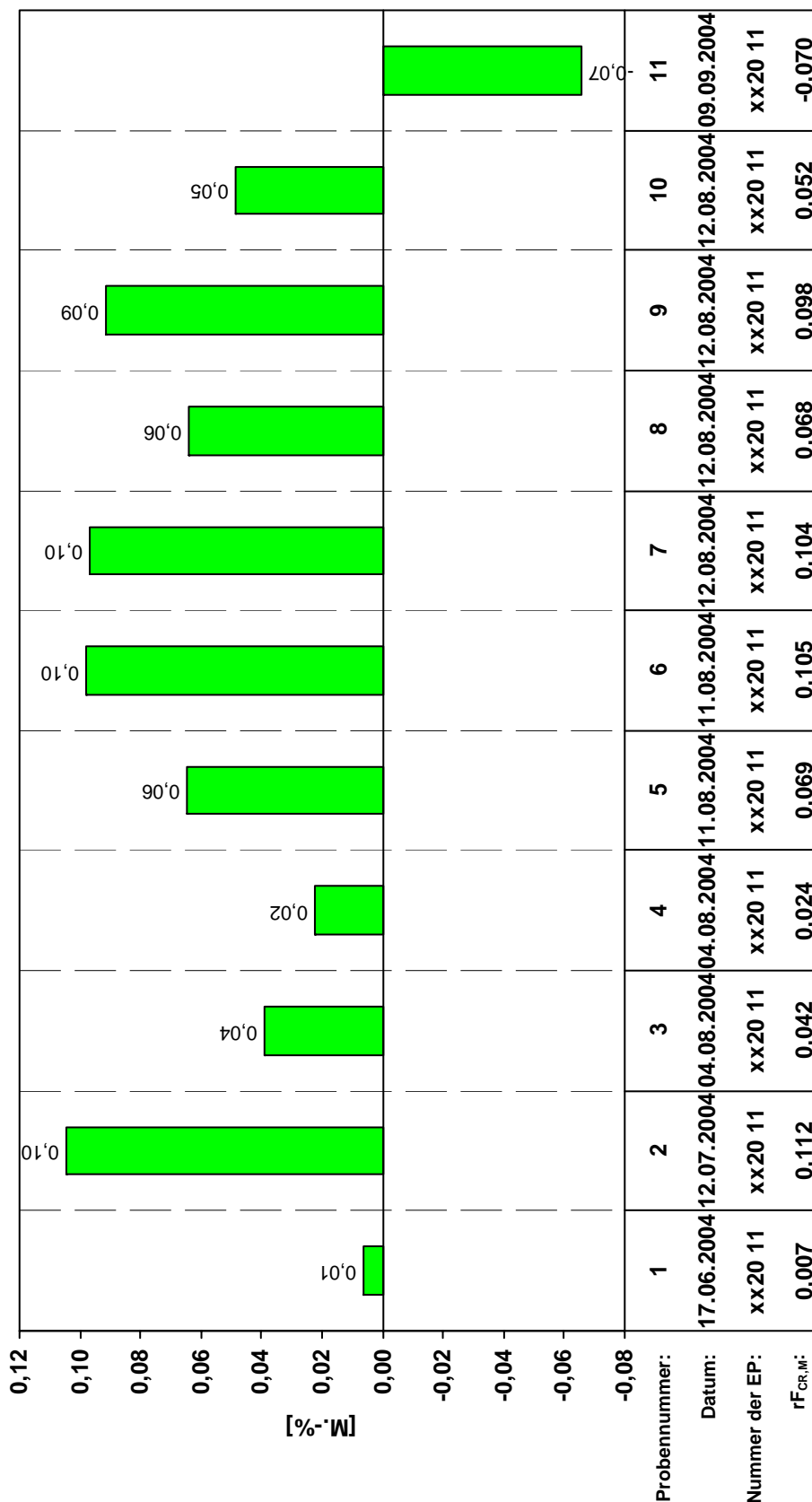
Werk 03; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 03; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

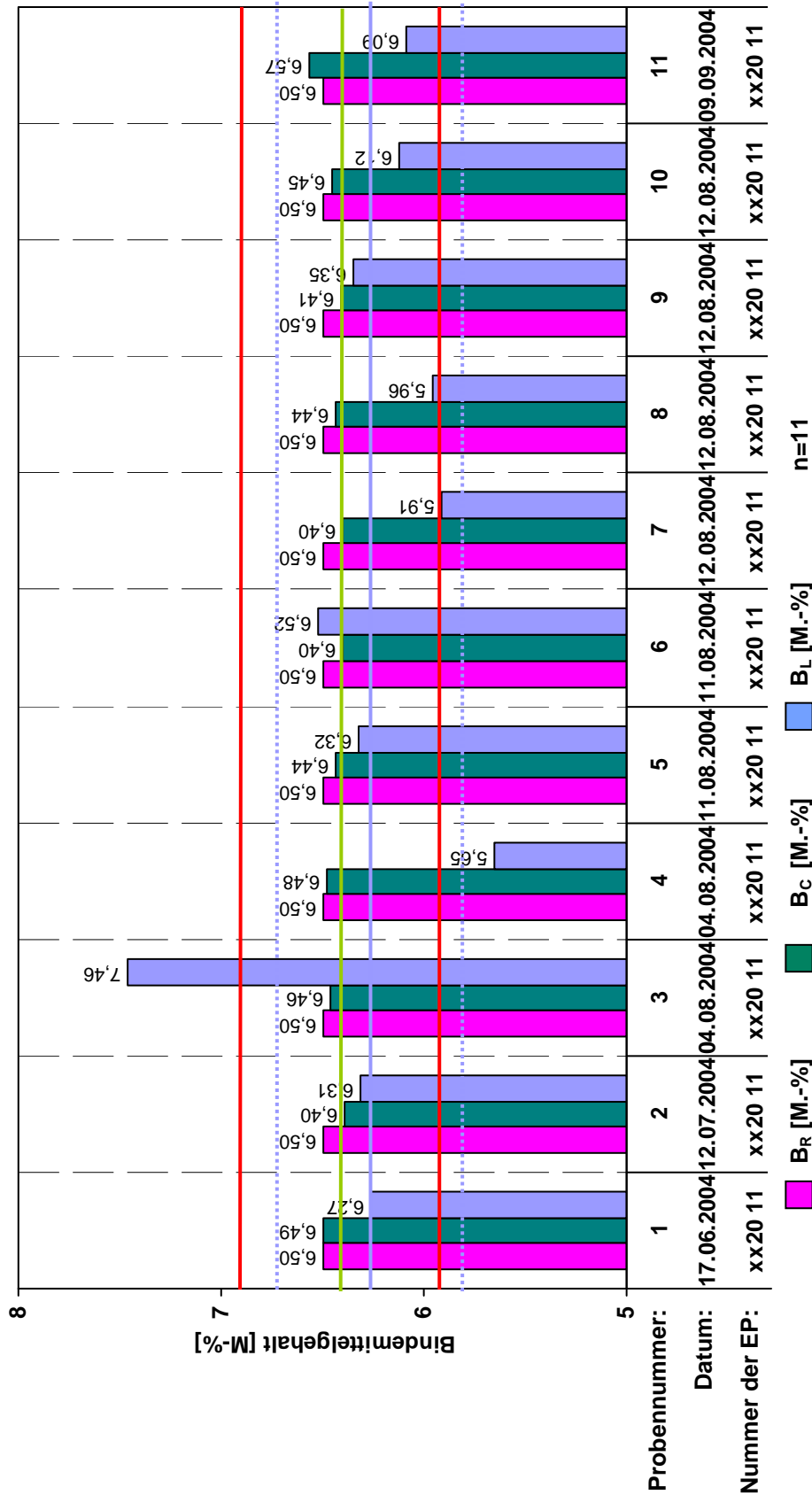
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



D_{CR,M} [M.-%]

Werk 03; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

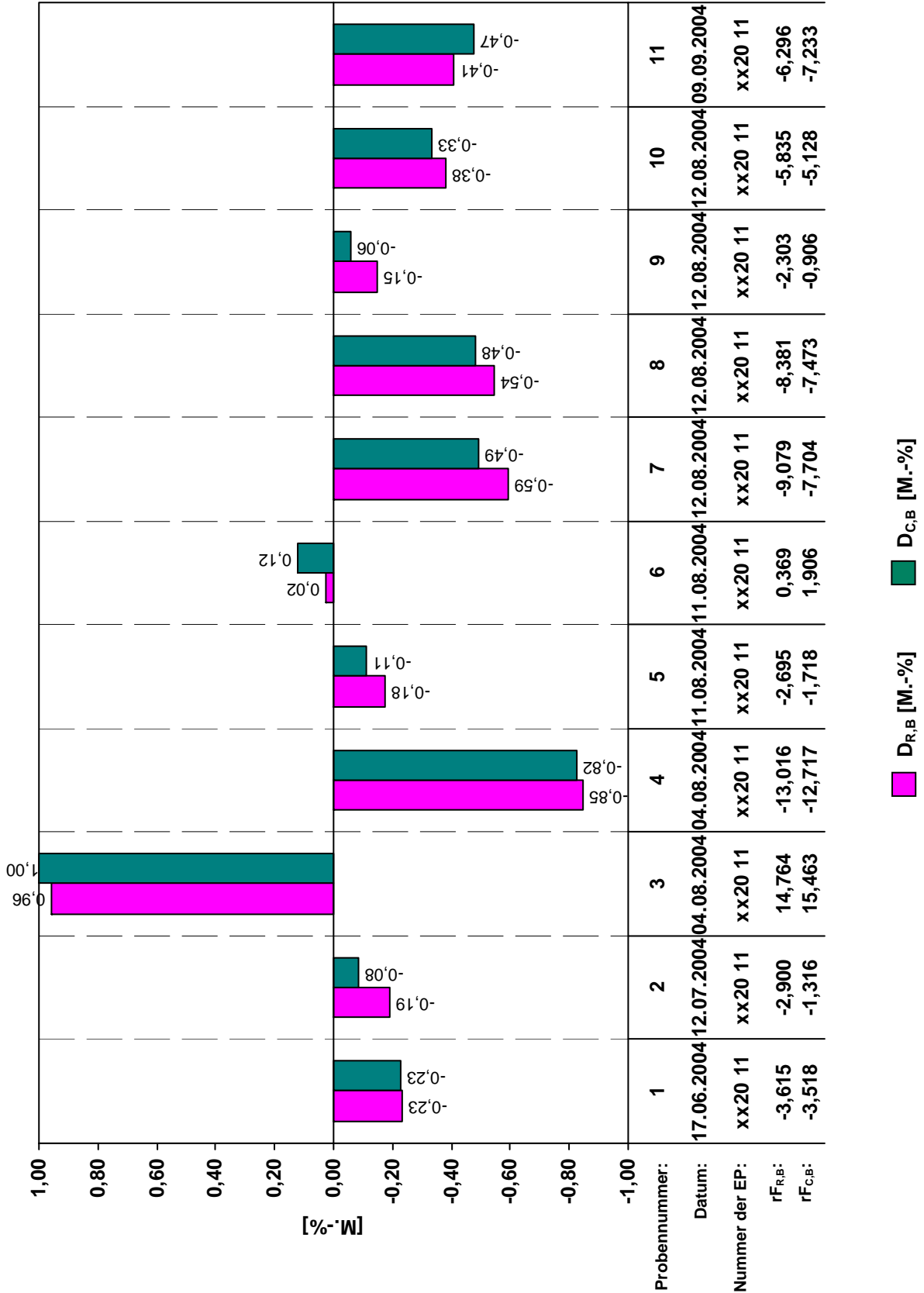
Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



- $mB_L = 6,27$ [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,7/6,1 [M.-%]
- - - $S_{L,B} = \pm 0,46$ [M.-%]
- - - $s^2_{L,B} = 0,22$ [-]
- Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 6,9/5,9 [M.-%]
- Eignungsprüfung xx20 11: 6,4 [M.-%]

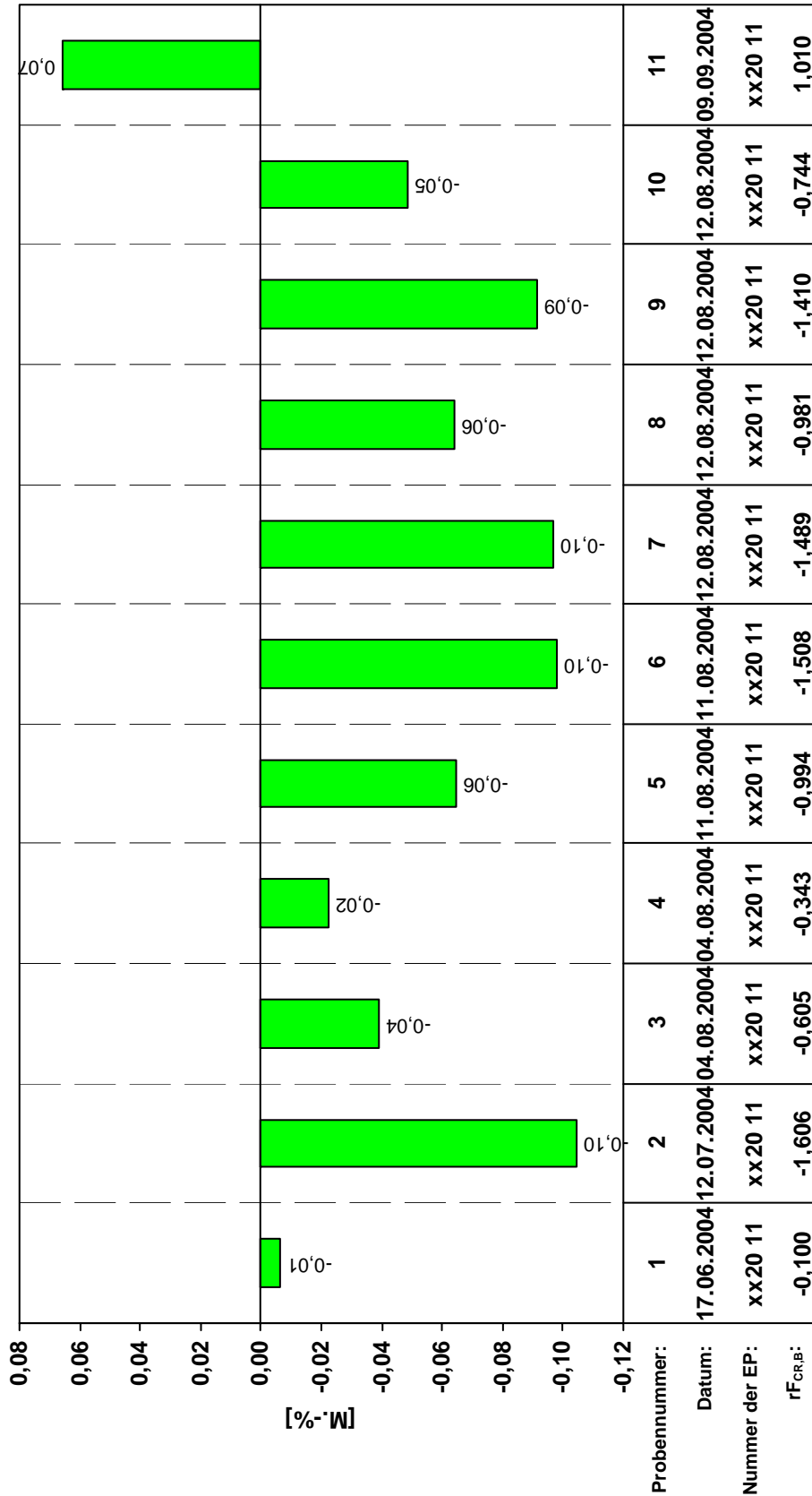
Werk 03; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 03; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

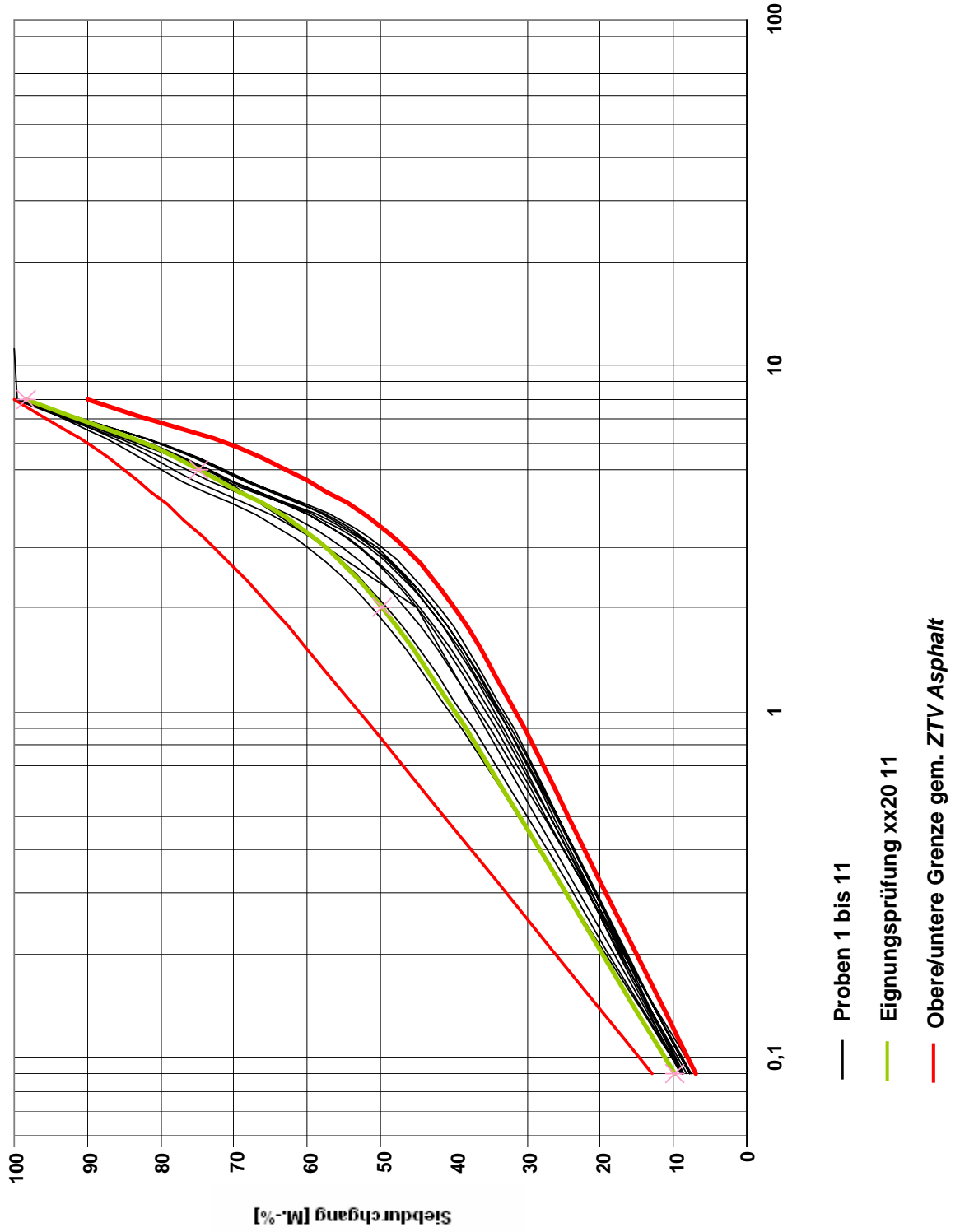
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,B}$ [M.-%]

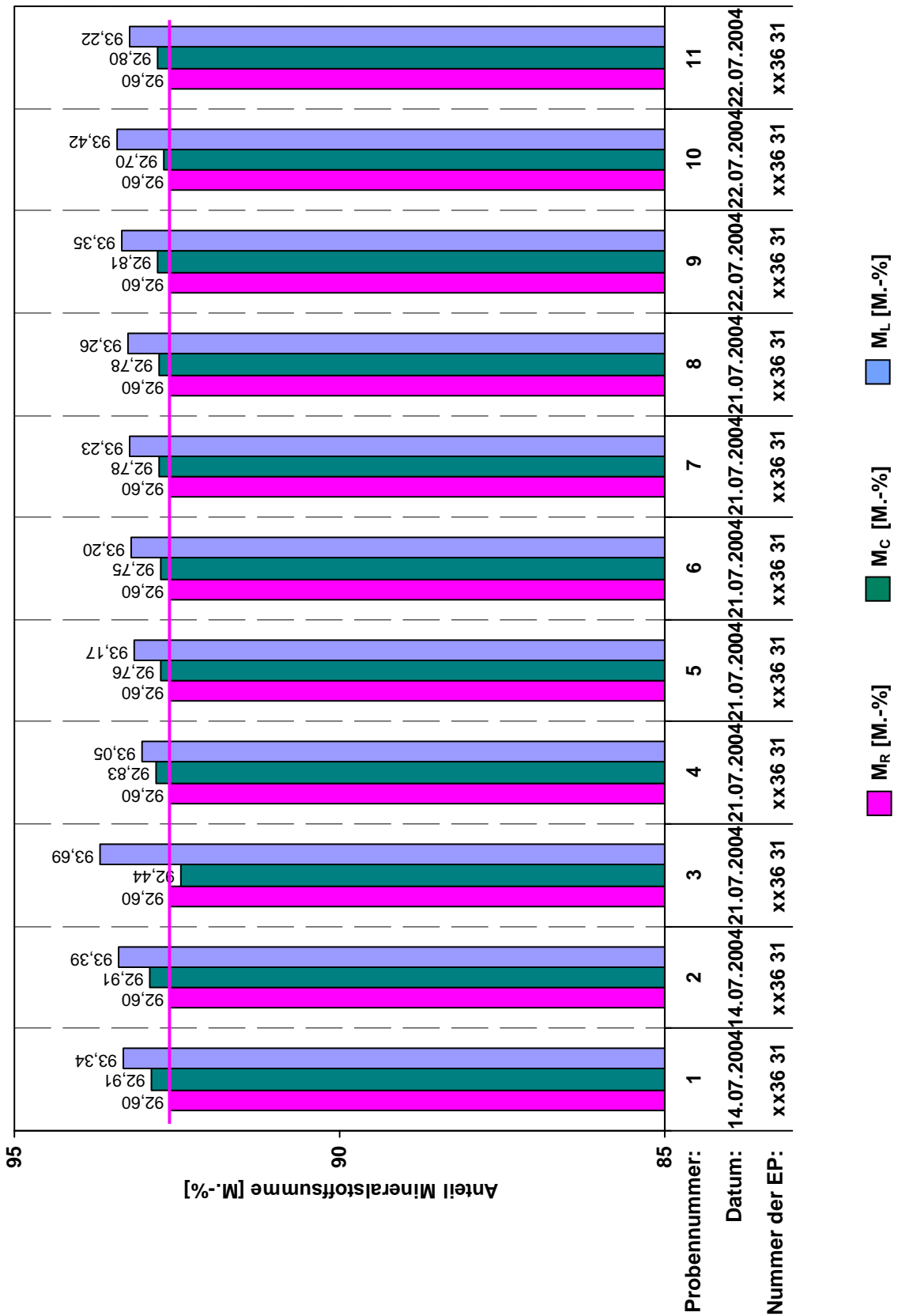
Werk 03; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



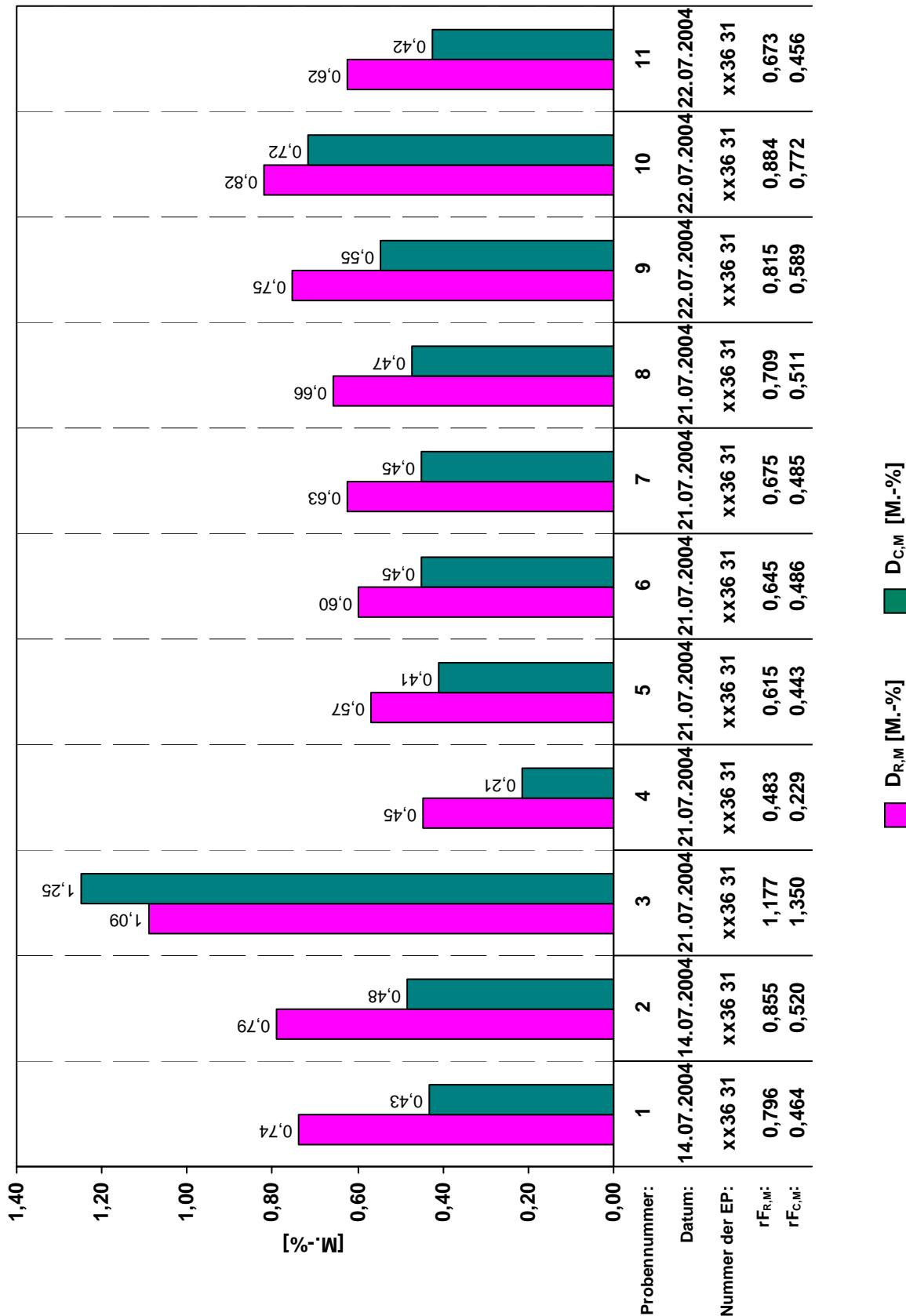
Werk 03; SMA 0/8 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



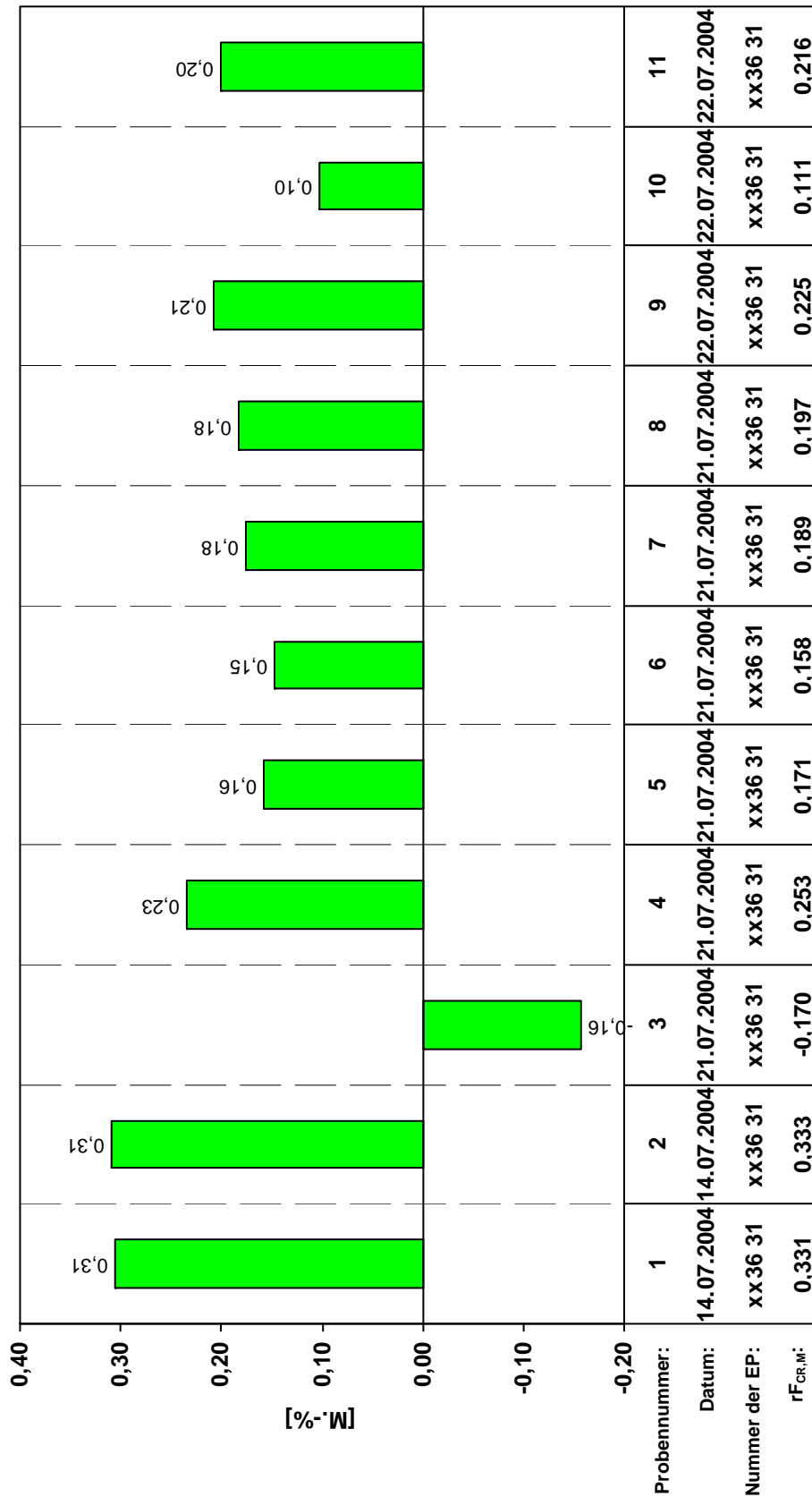
Werk 03; SMA 0/8 S

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 03; SMA 0/8 S

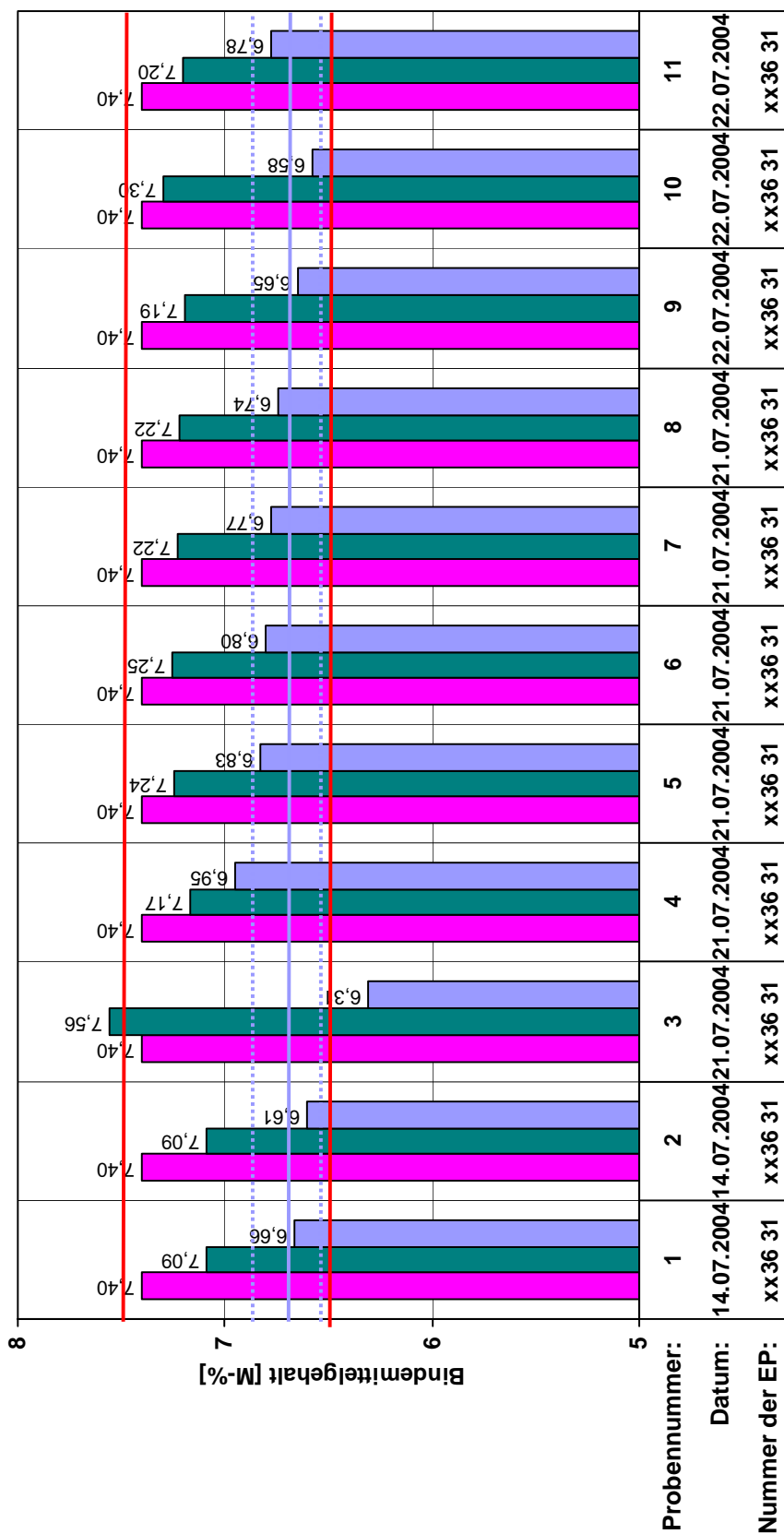
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 03; SMA 0/8 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



■ B_R [M-%]
 ■ B_C [M-%]
 ■ B_L [M-%]
 n=11

— m_{B,L} = 6,70 [M-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 7,3/6,7 [M-%]

- - - s_{L,B} = ± 0,17 [M-%]

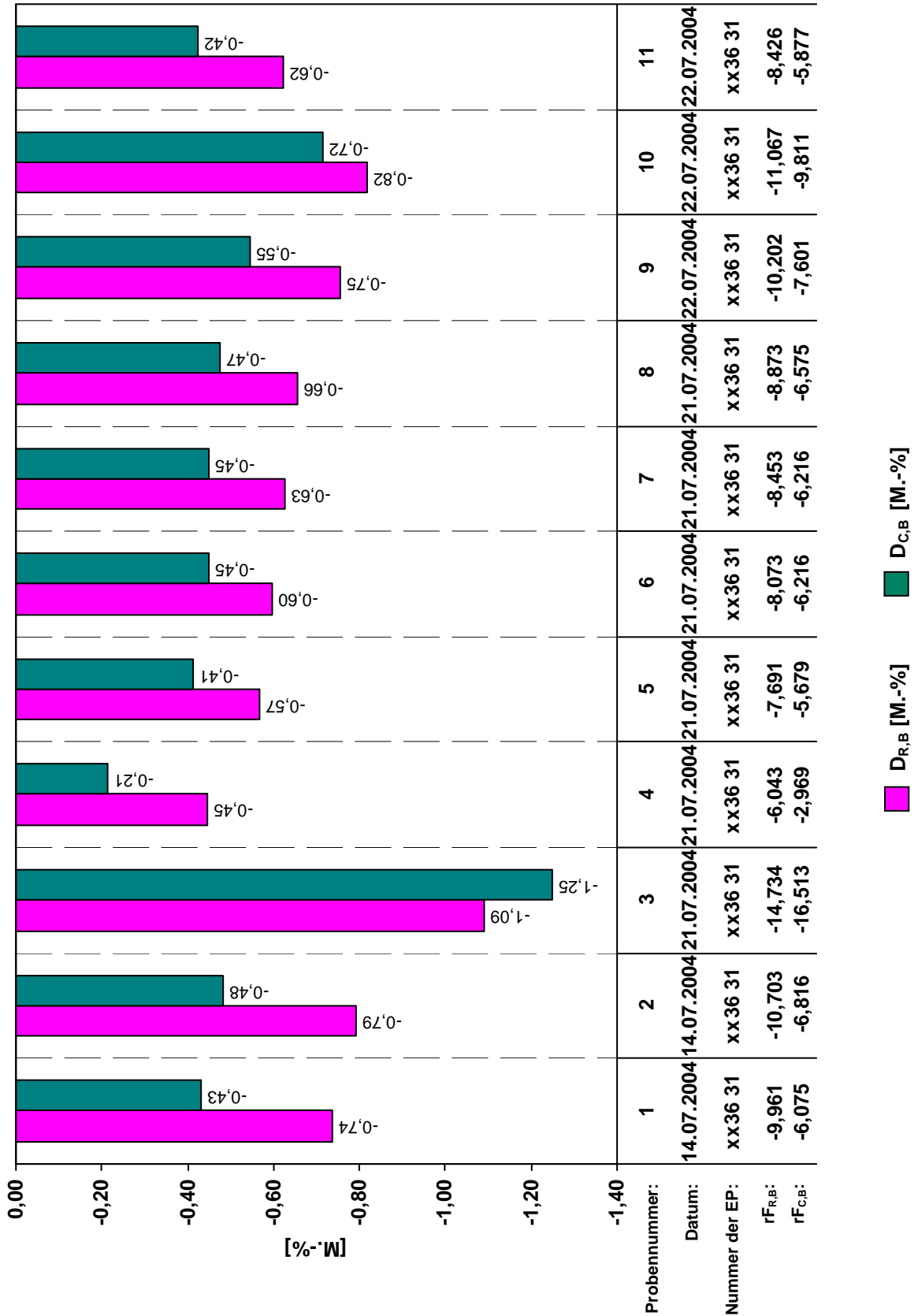
s²_{L,B} = 0,03 [-]

— Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 7,5/6,5 [M-%]

— Eignungsprüfung xx36 31: 7,0 [M-%]

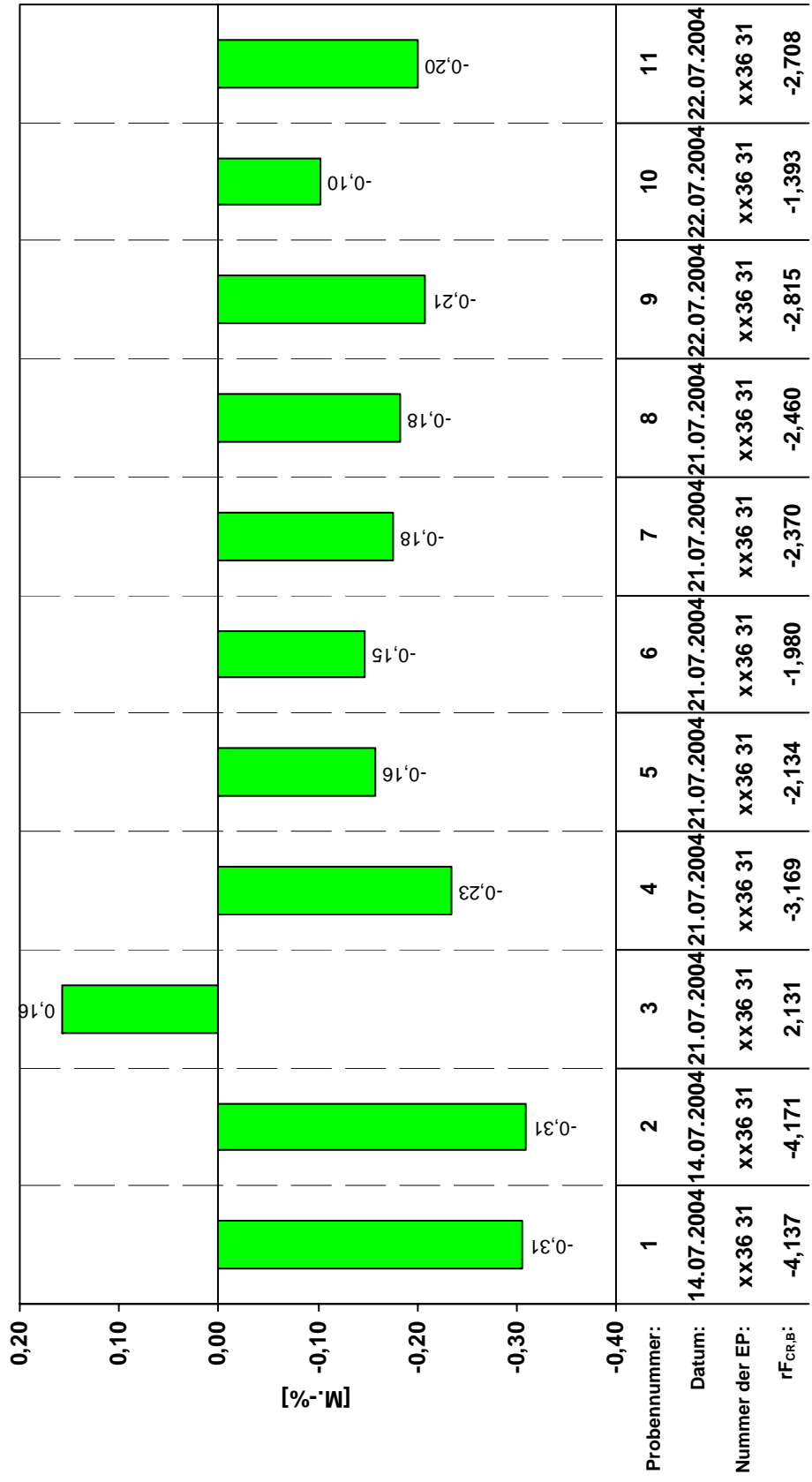
Werk 03; SMA 0/8 S

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 03; SMA 0/8 S

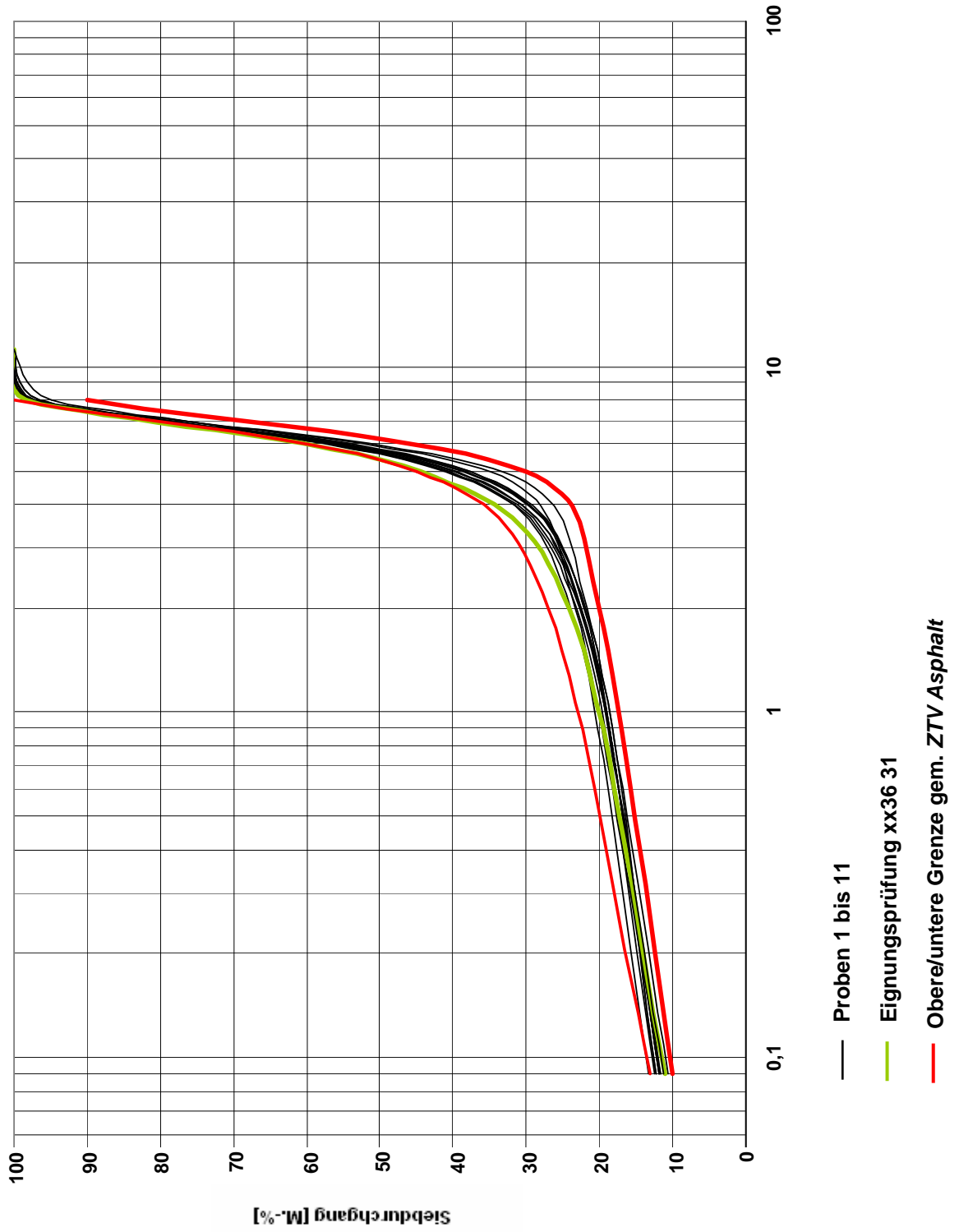
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



$D_{CR,B}$ [M.-%]

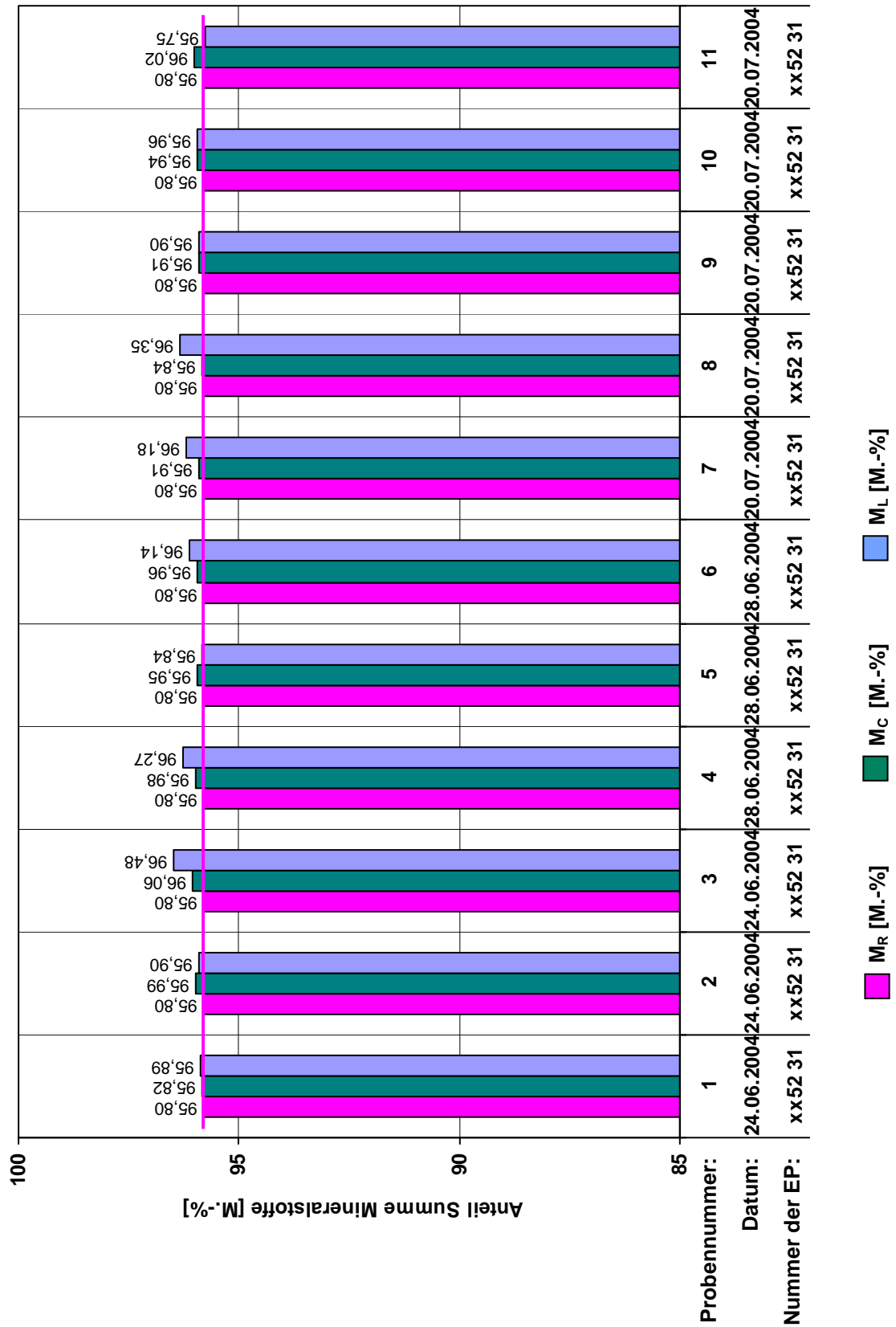
Werk 03; SMA 0/8 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



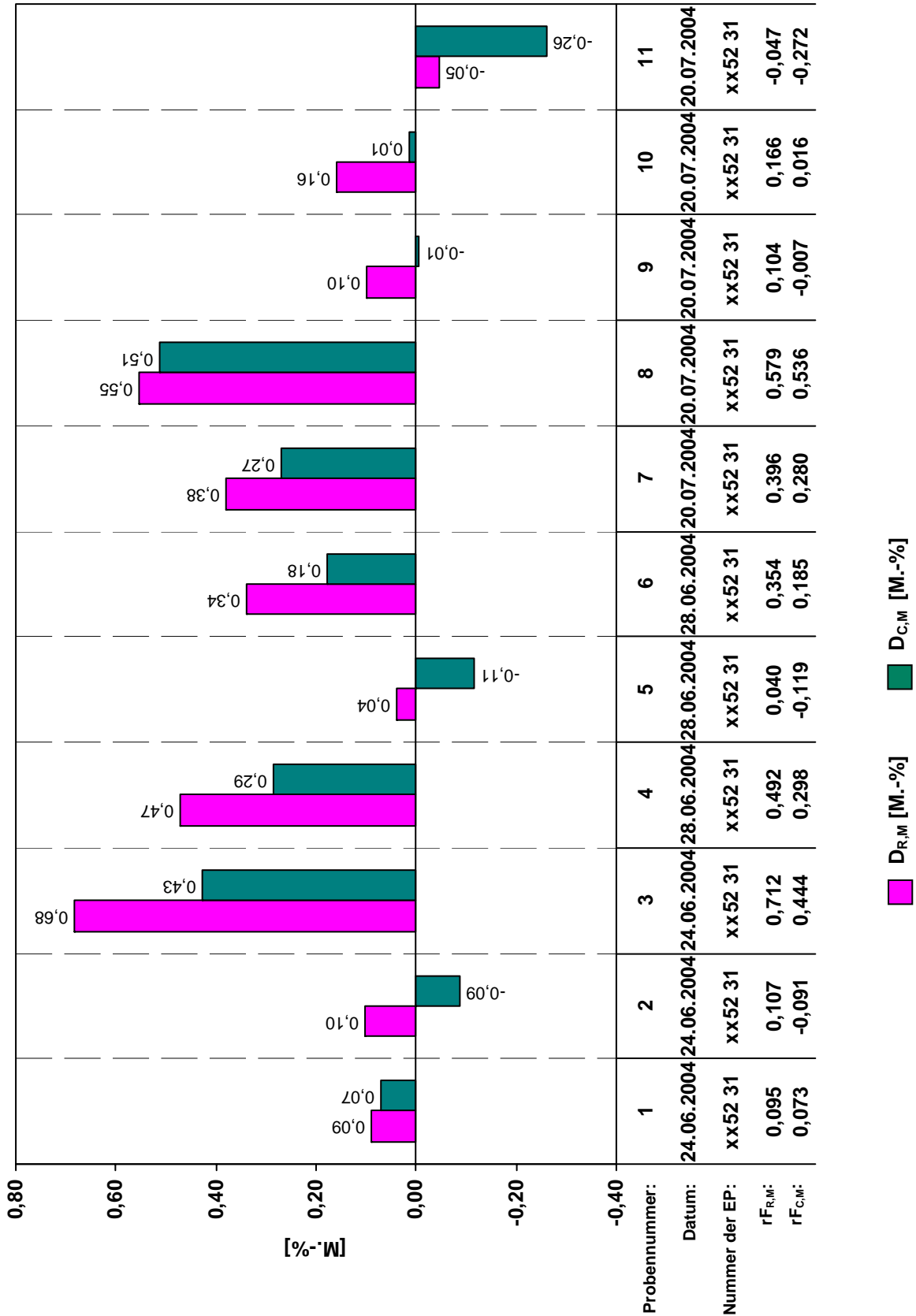
Werk 03; ABi 0/22 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



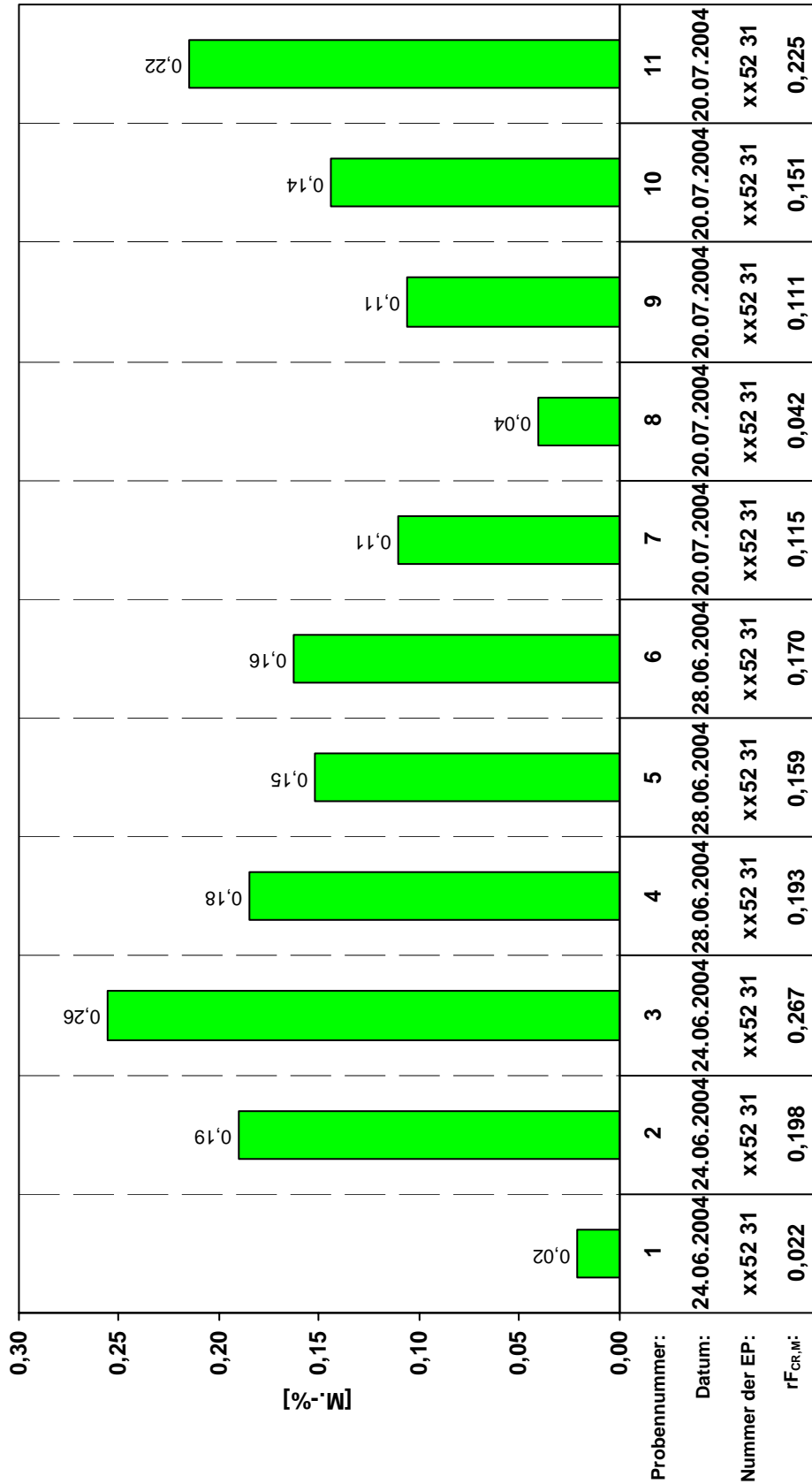
Werk 03; ABi 0/22 S

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 03; ABi 0/22 S

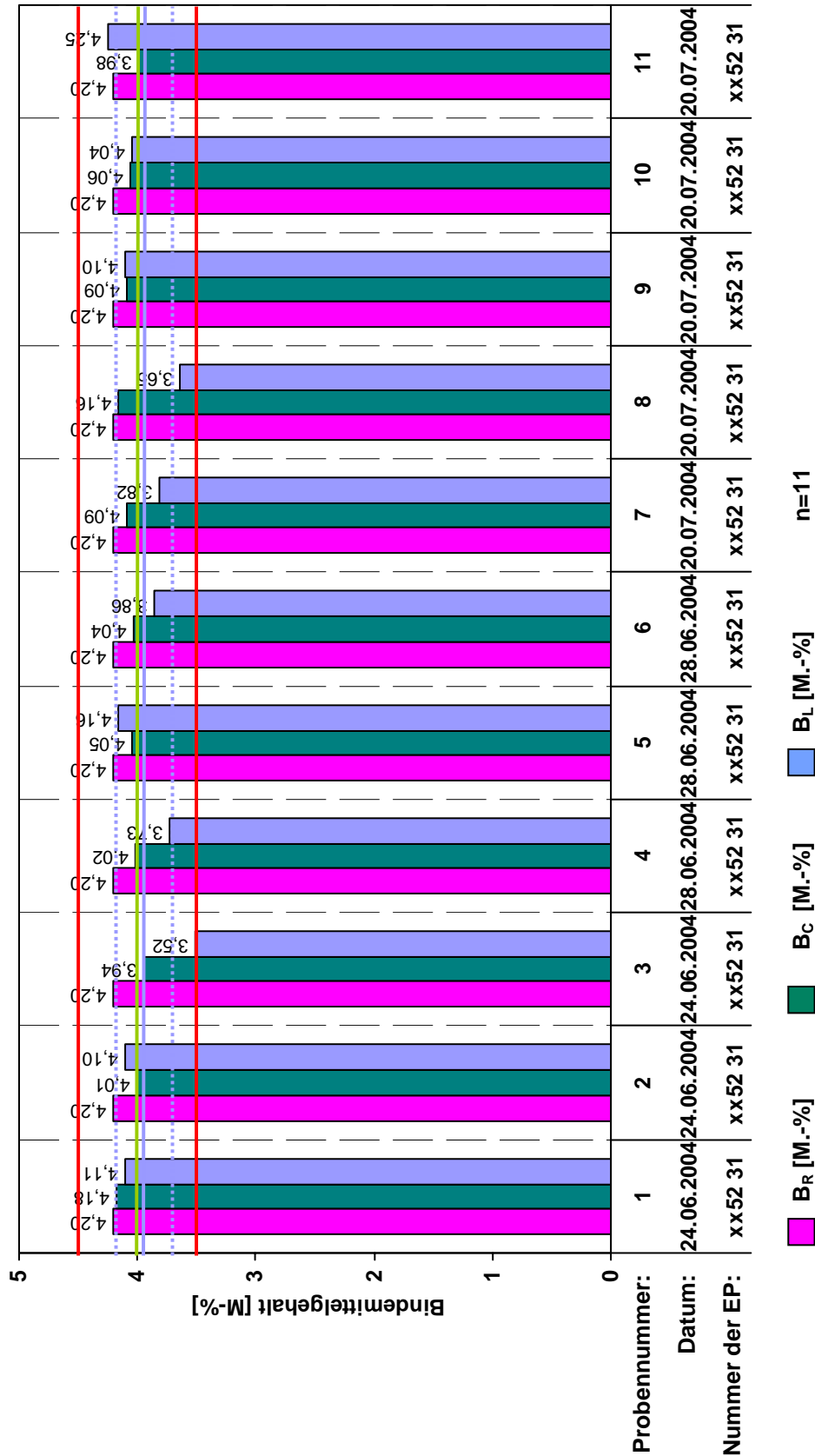
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



$D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 03; ABi 0/22 S

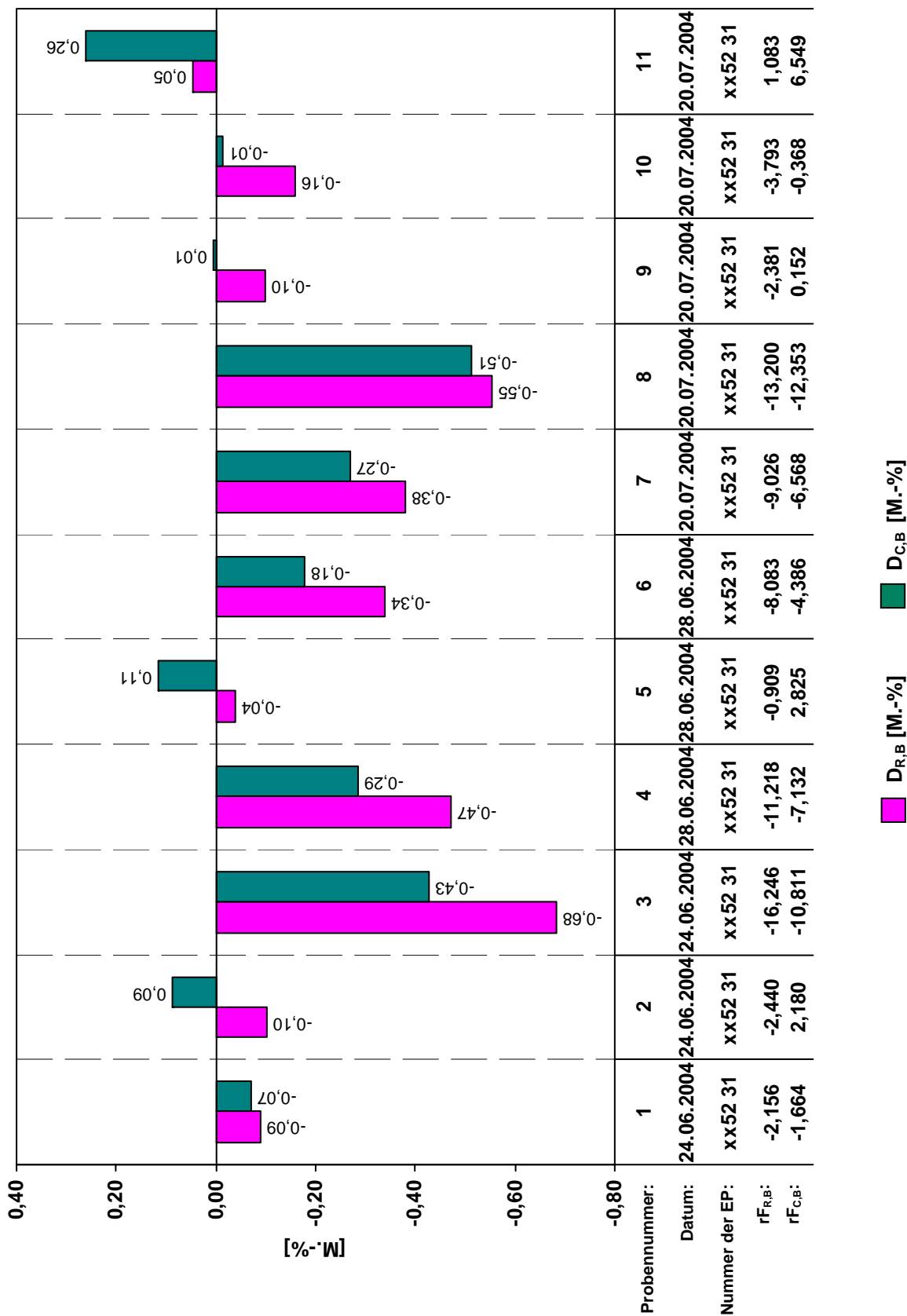
Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



- $m_{B_L} = 3,94$ [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 4,3/3,7 [M.-%]
- - - $s_{L,B} = \pm 0,24$ [M.-%]
- $s^2_{L,B} = 0,06$ [-]
- Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 4,5/3,5 [M.-%]
- Eignungsprüfung xx52 31: 4,0 [M.-%]

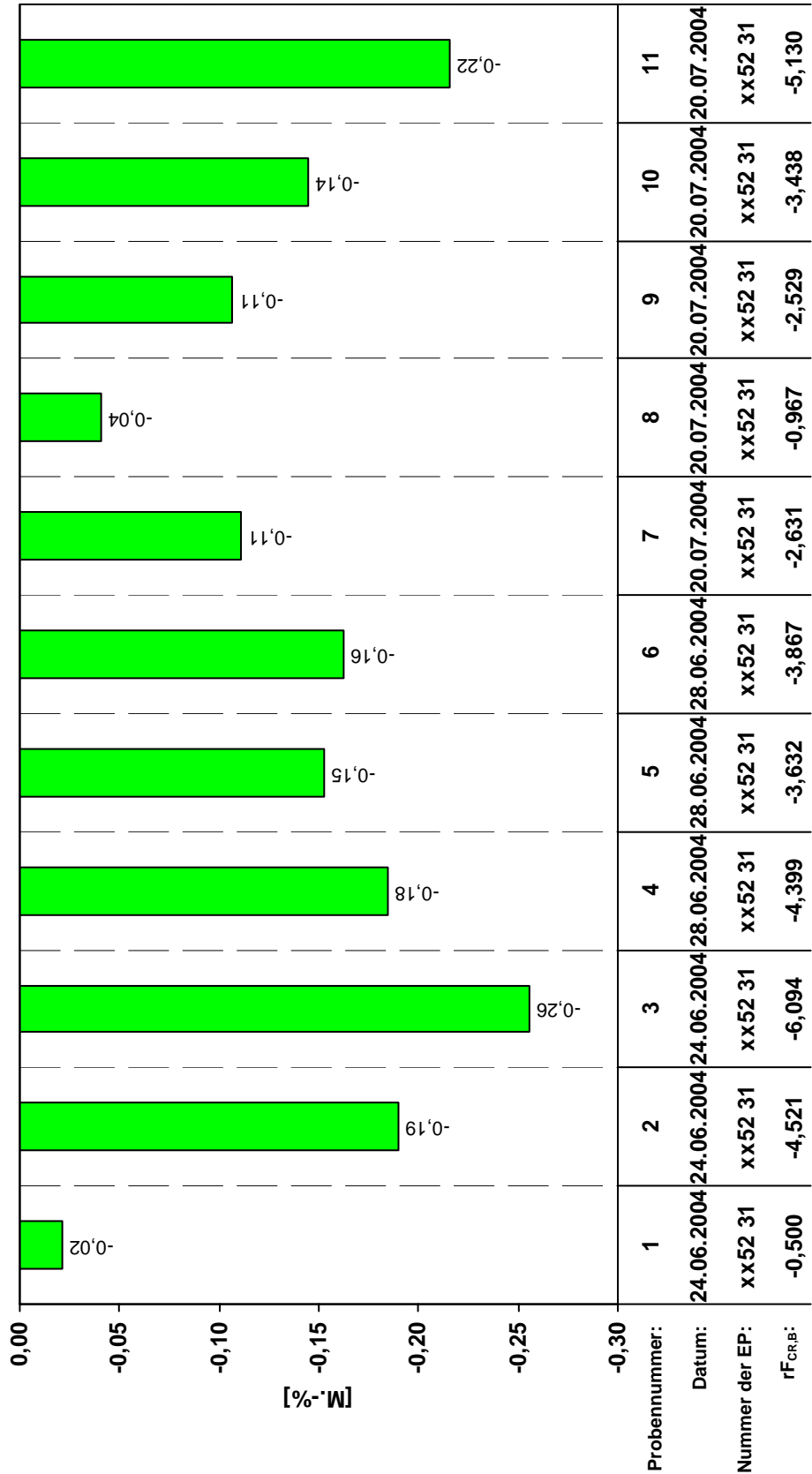
Werk 03; ABi 0/22 S

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 03; ABi 0/22 S

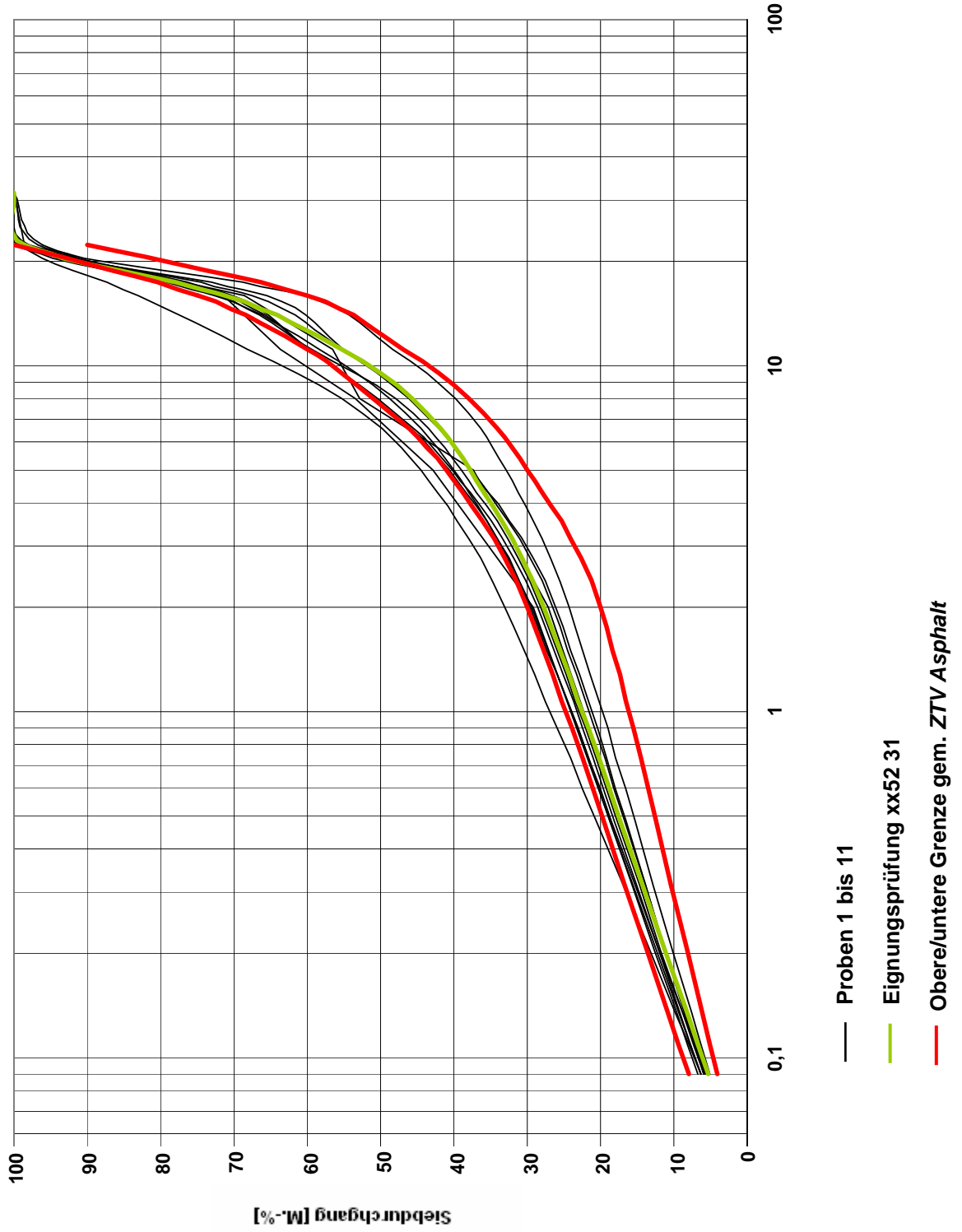
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,B}$ [M.-%]

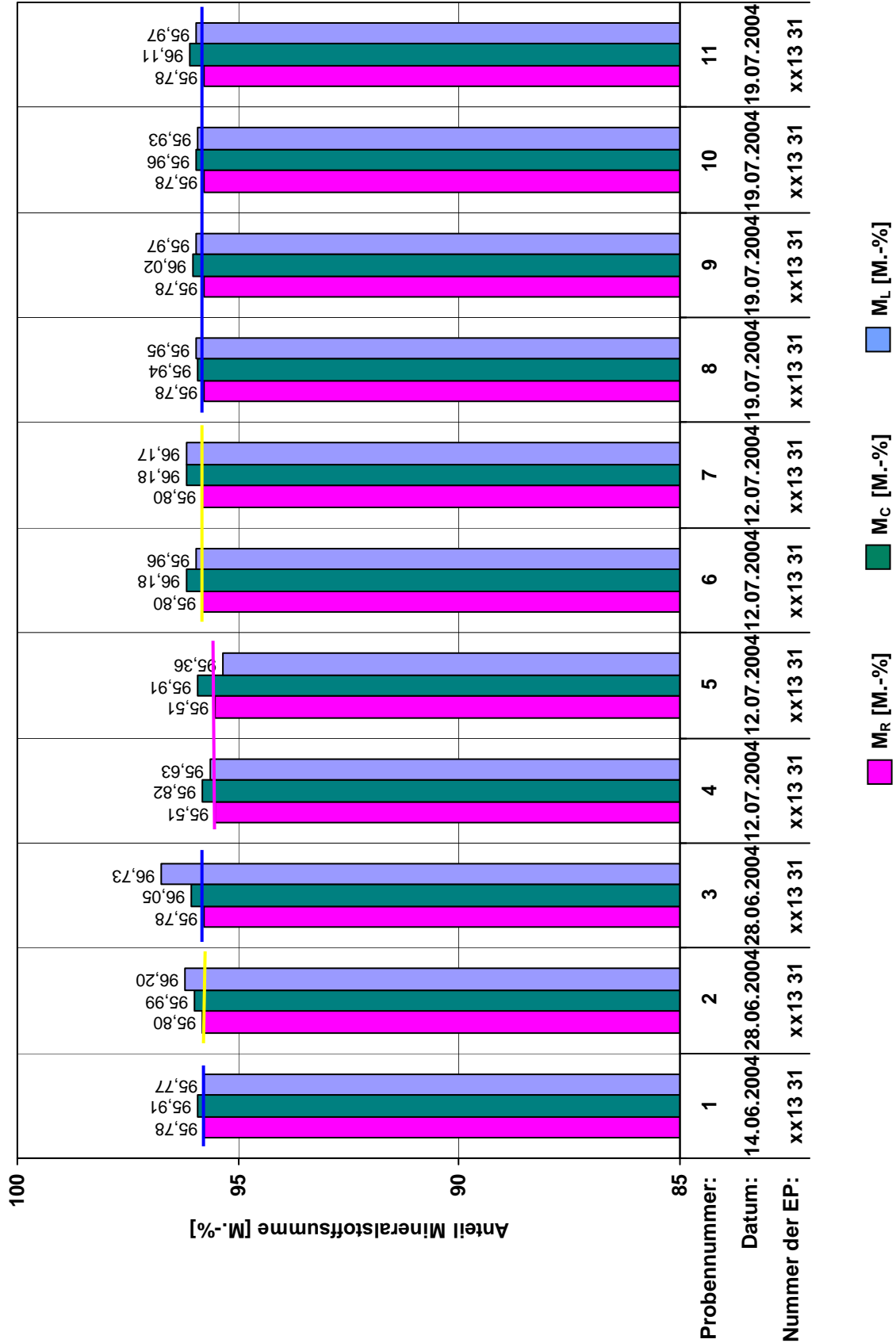
Werk 03; ABi 0/22 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



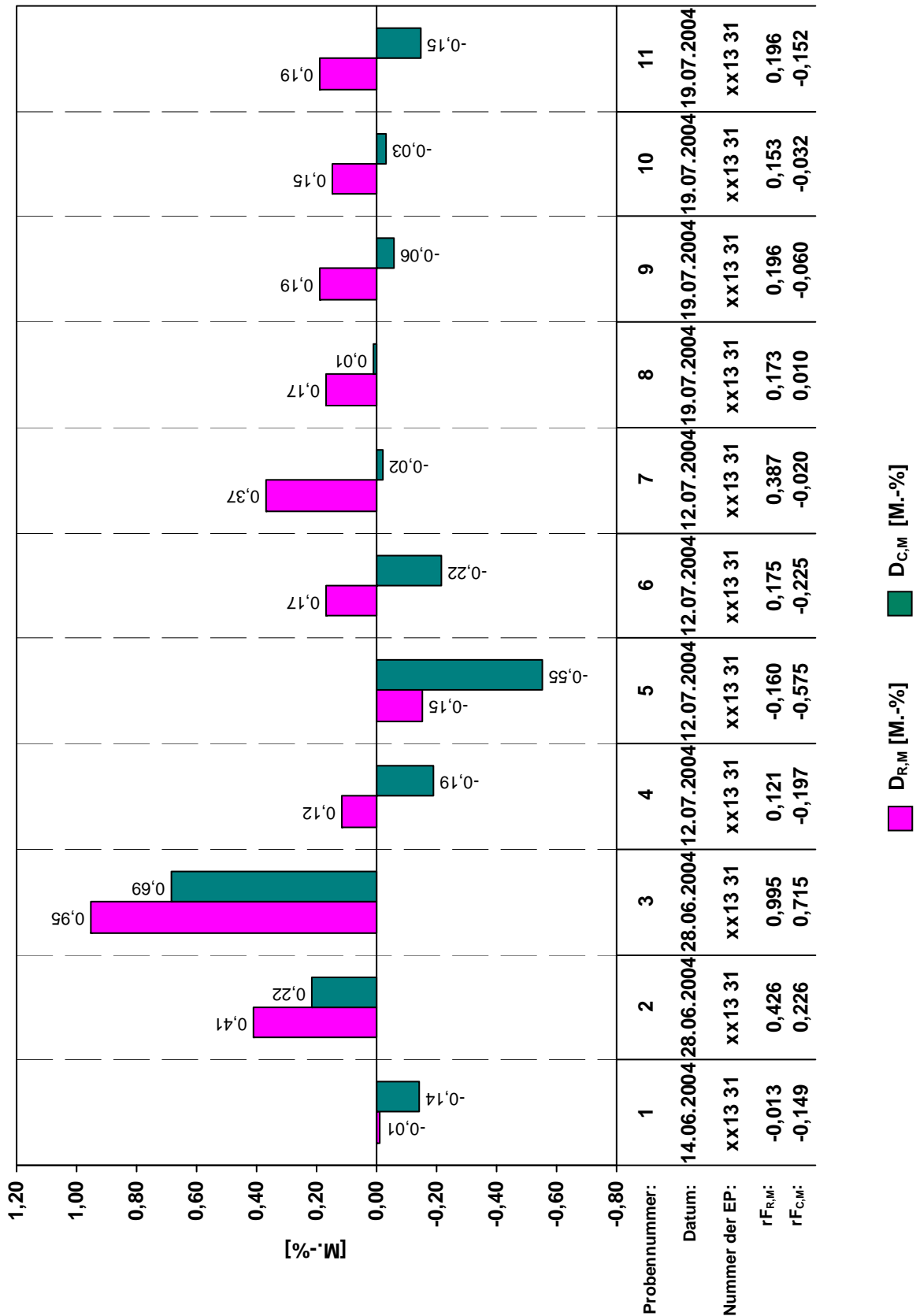
Werk 03; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



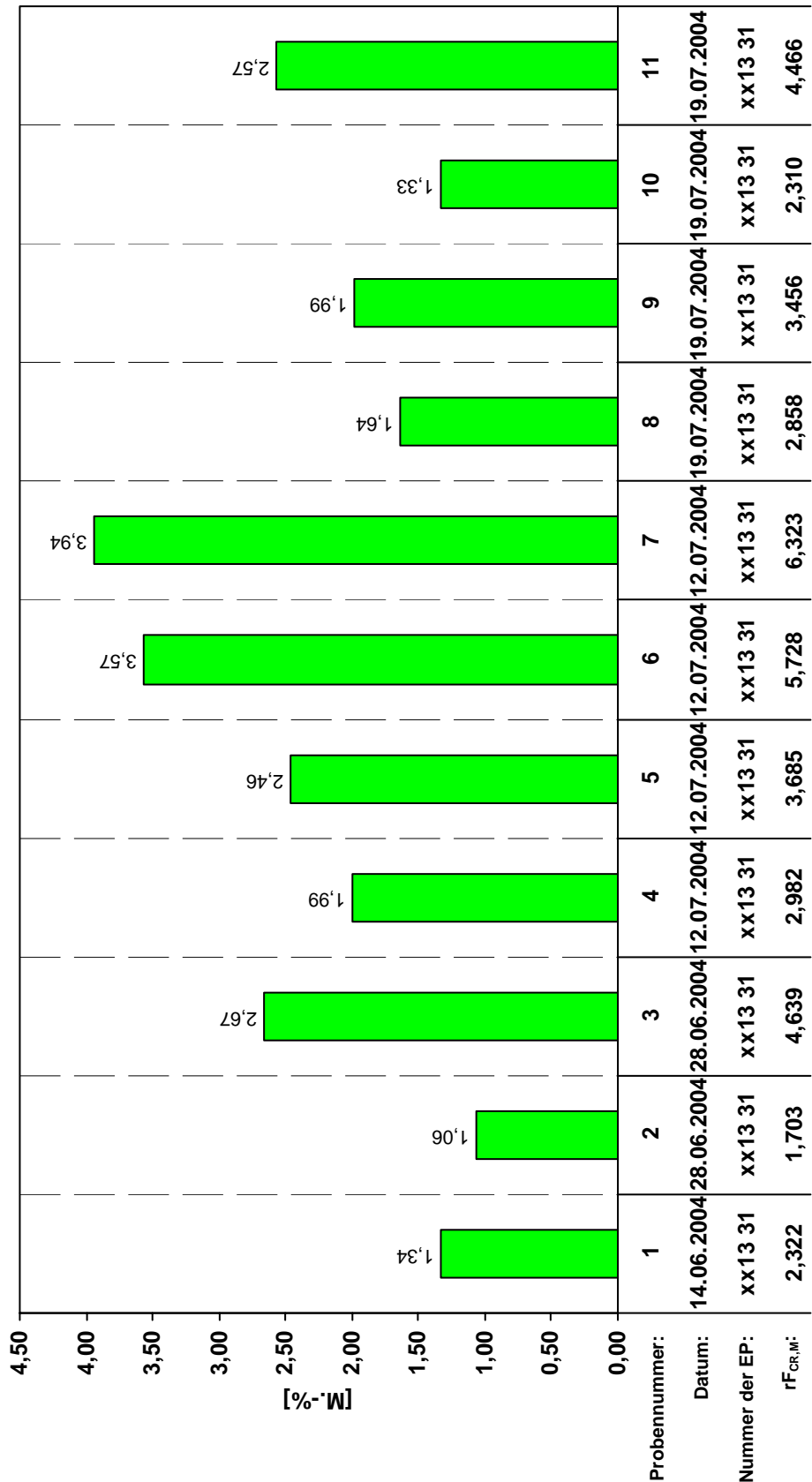
Werk 03; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 03; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

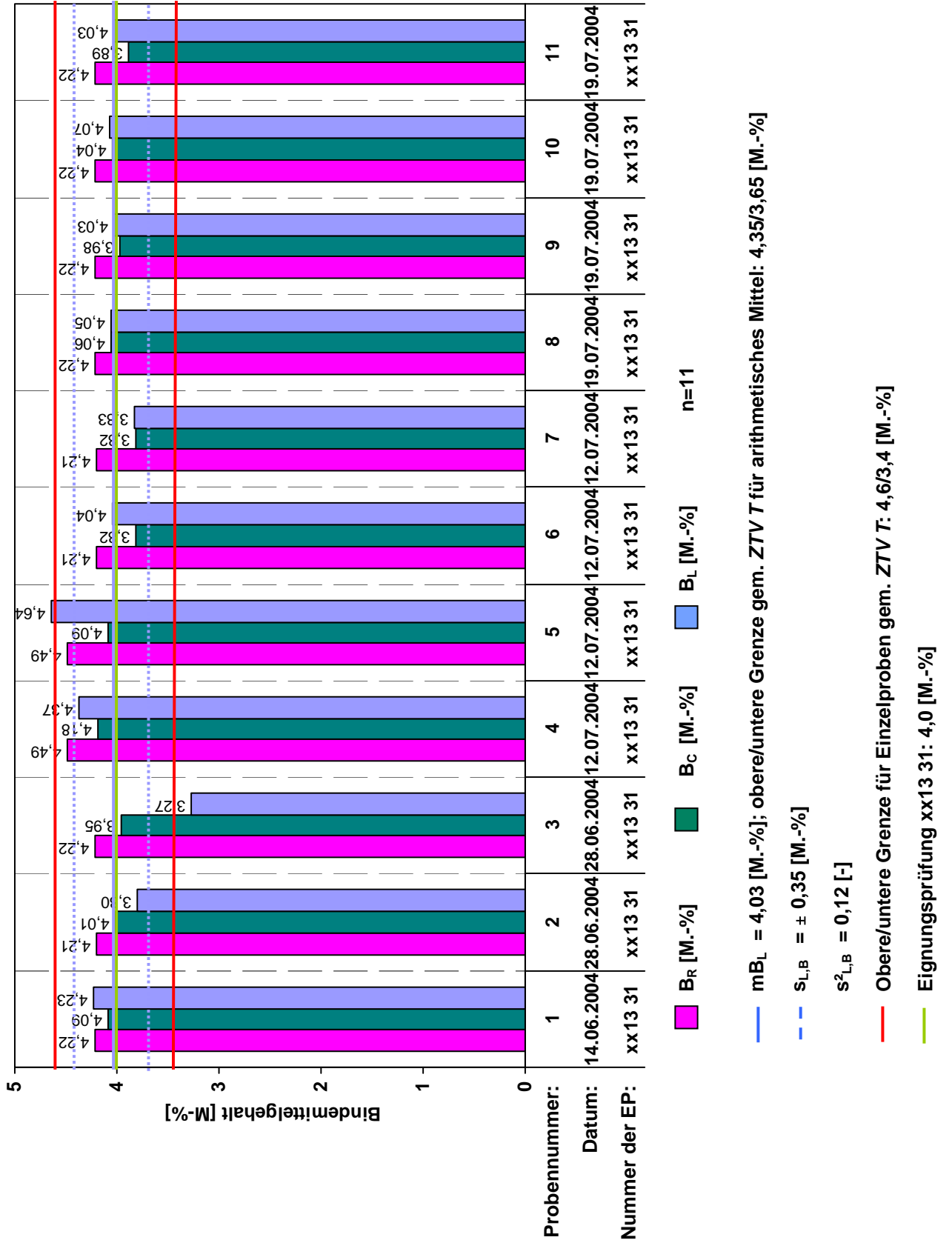
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,M}$ [%]

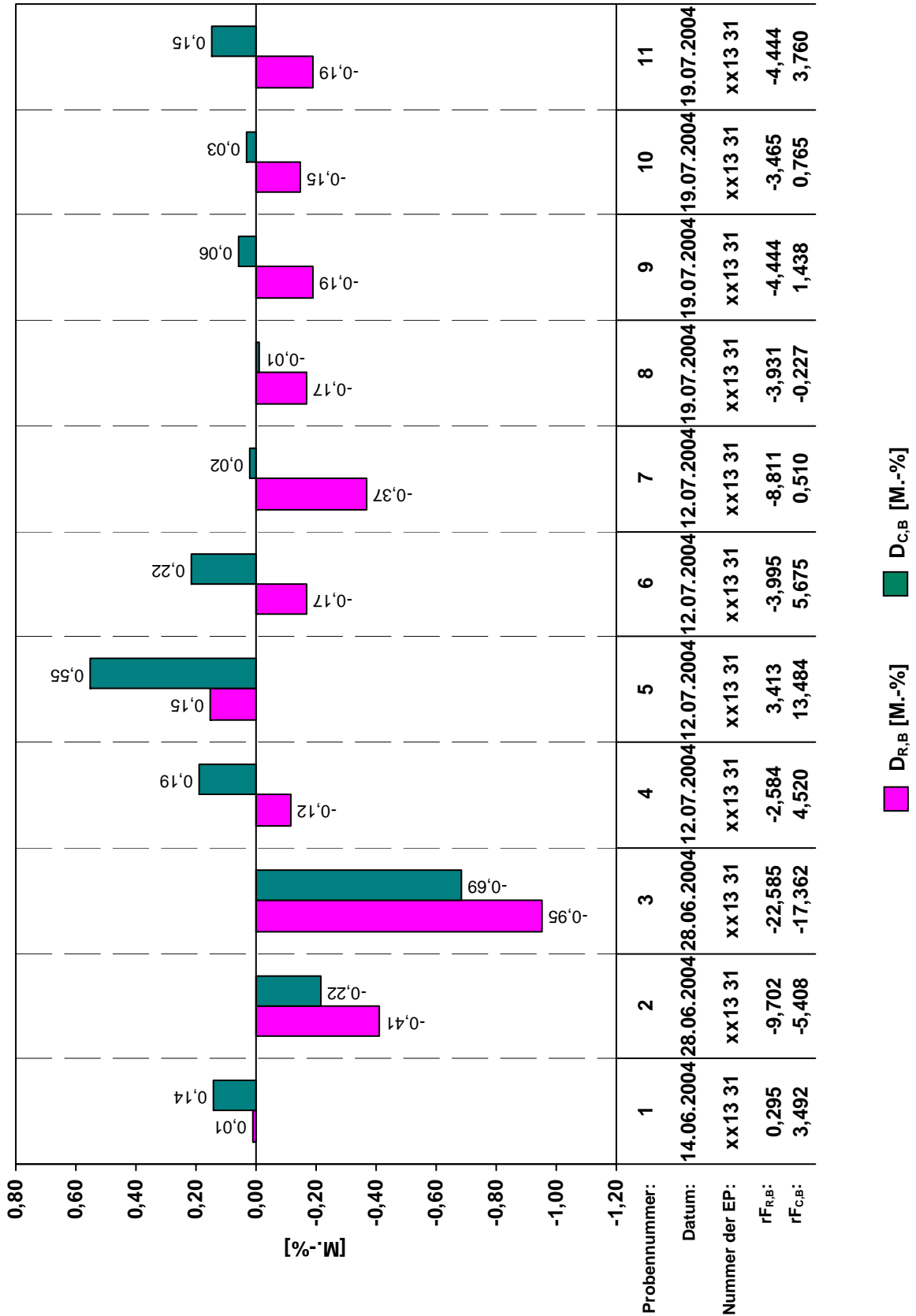
Werk 03; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



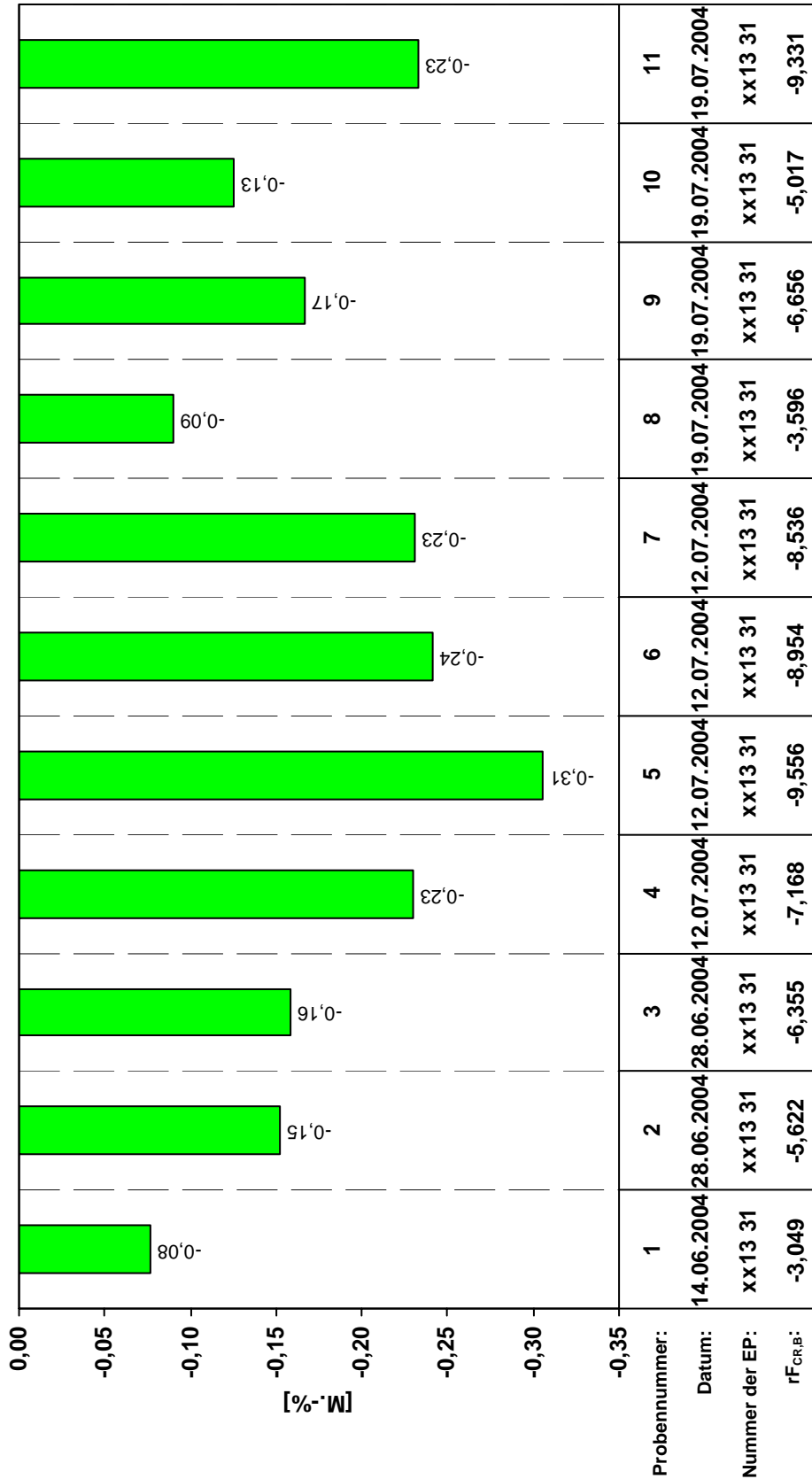
Werk 03; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung


Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 03; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

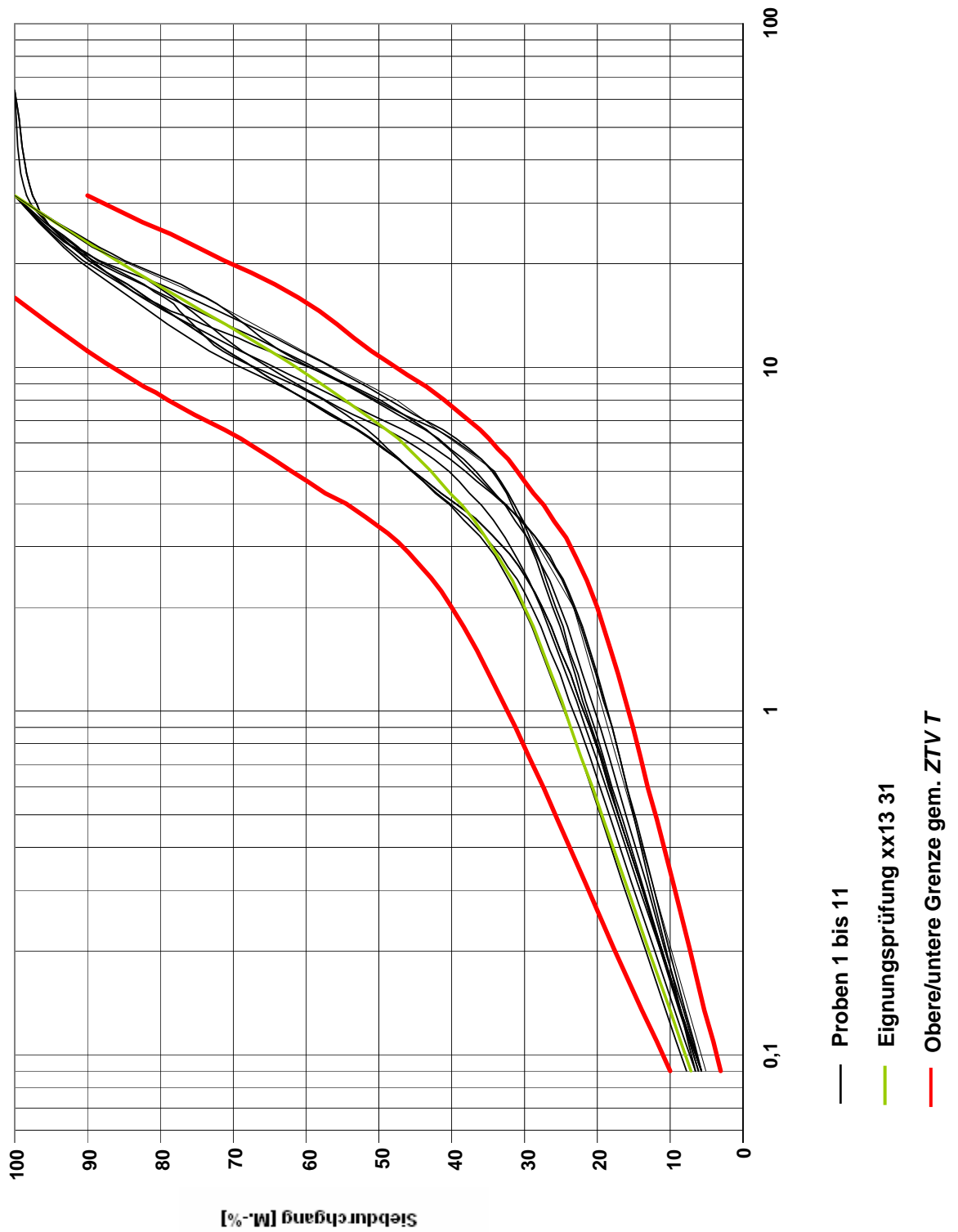
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,B}$ [%]

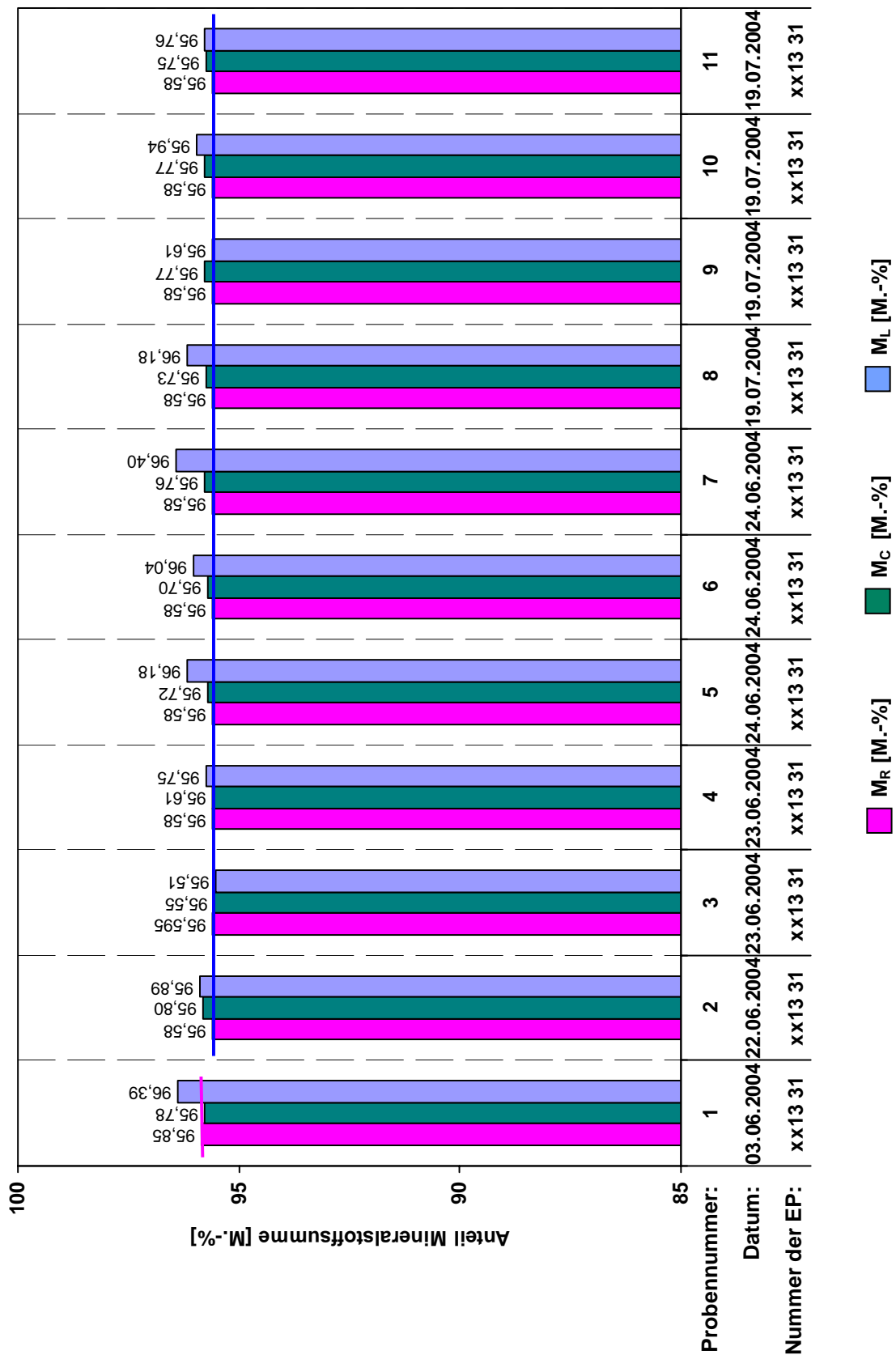
Werk 03; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



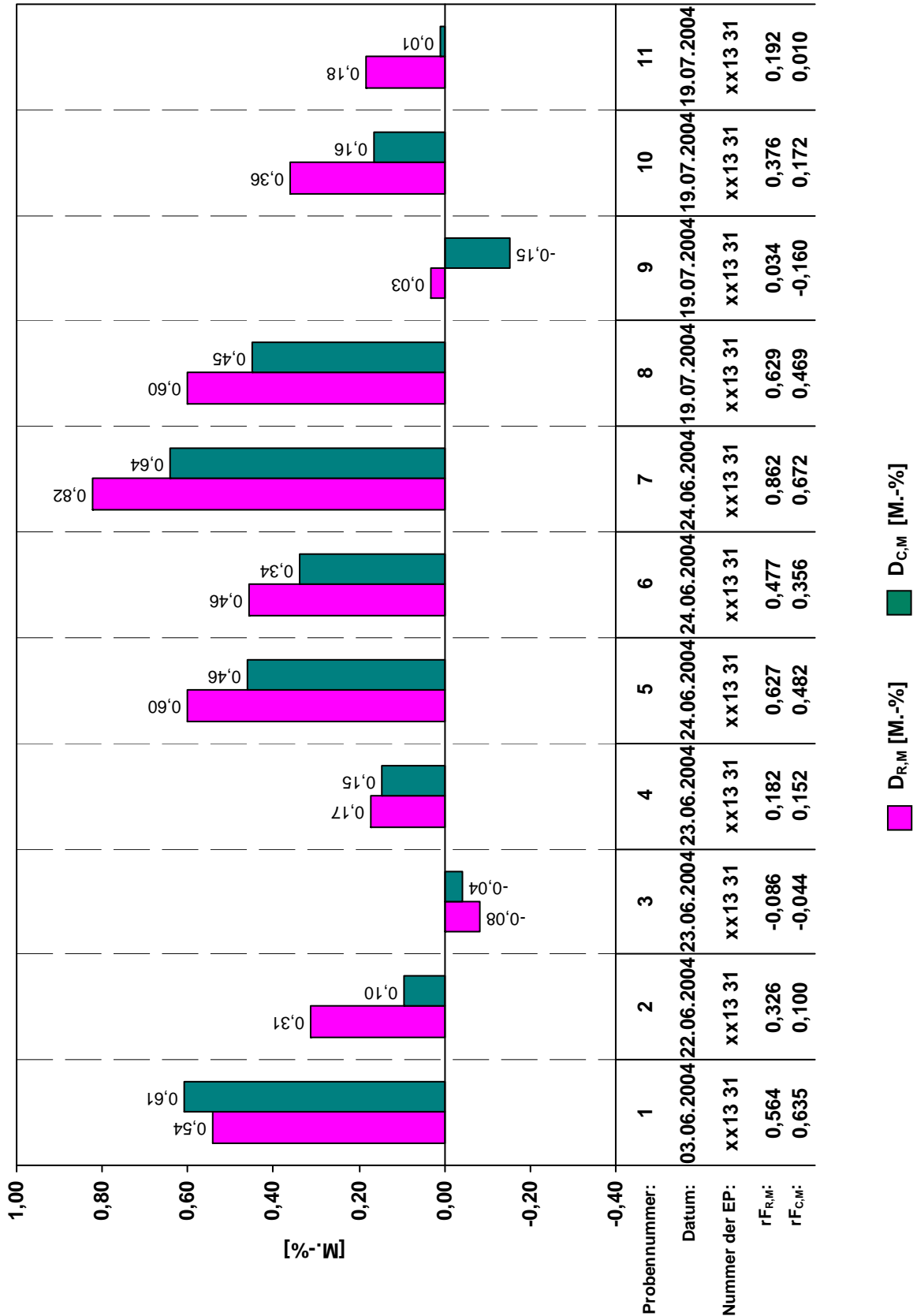
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



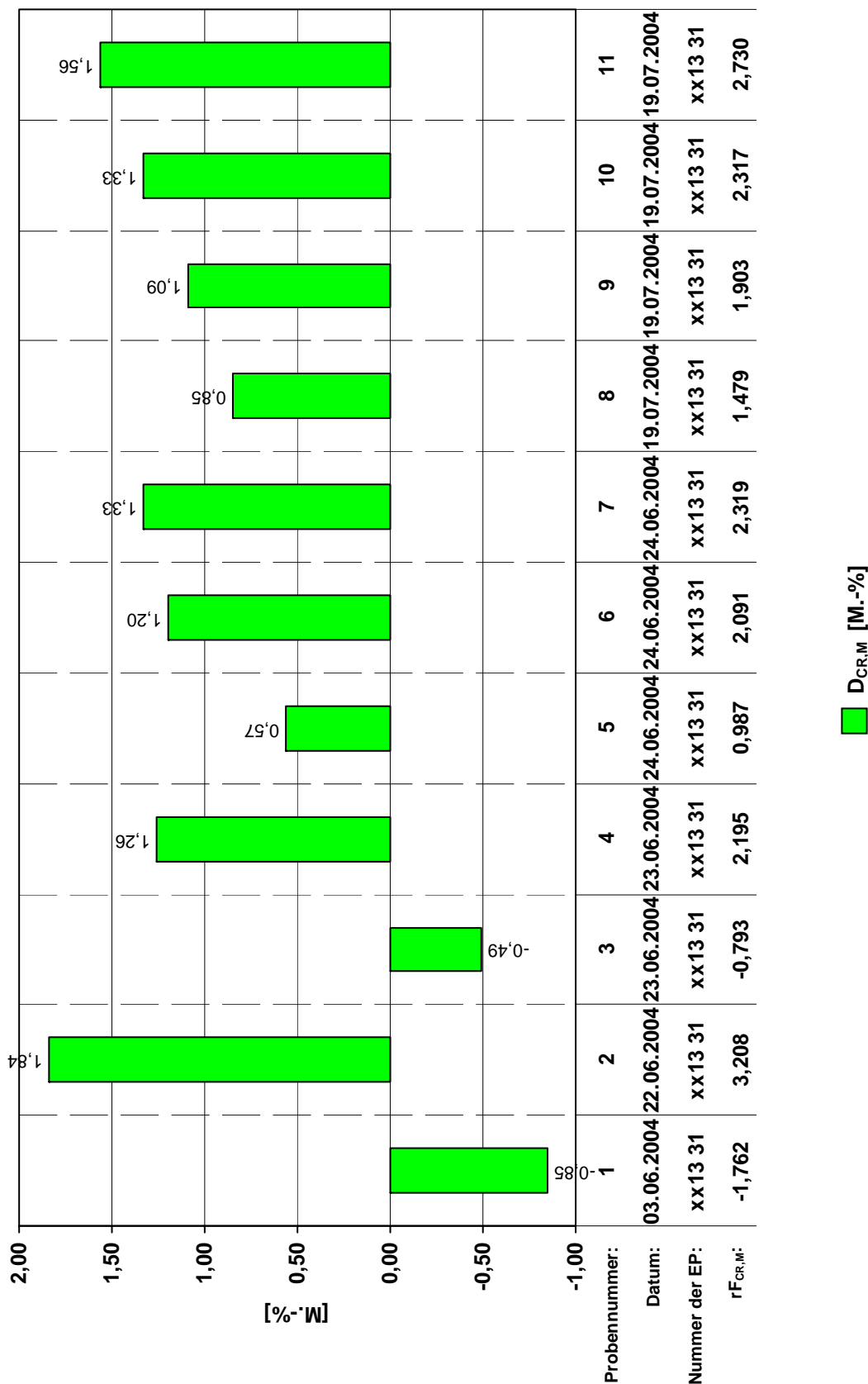
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



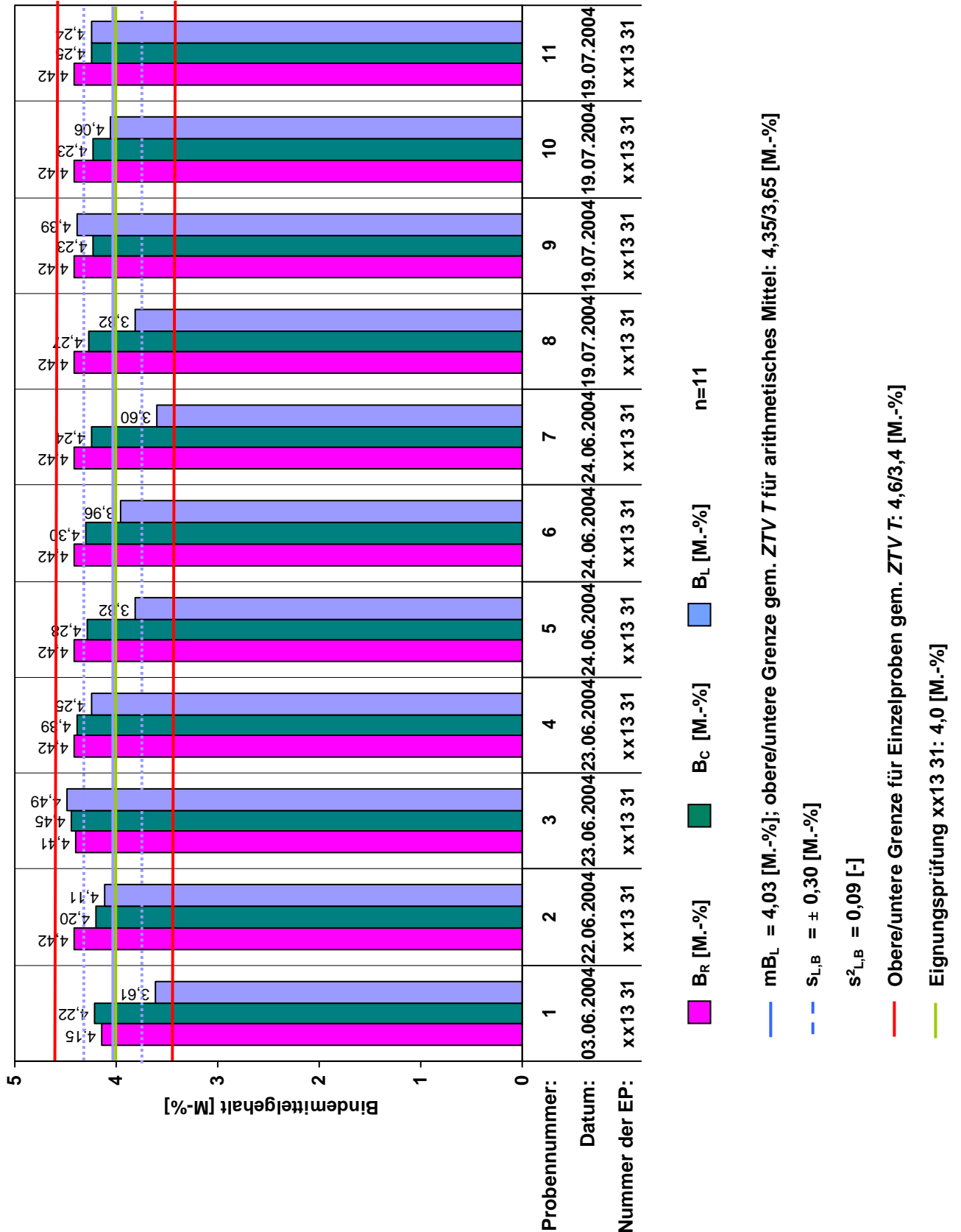
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



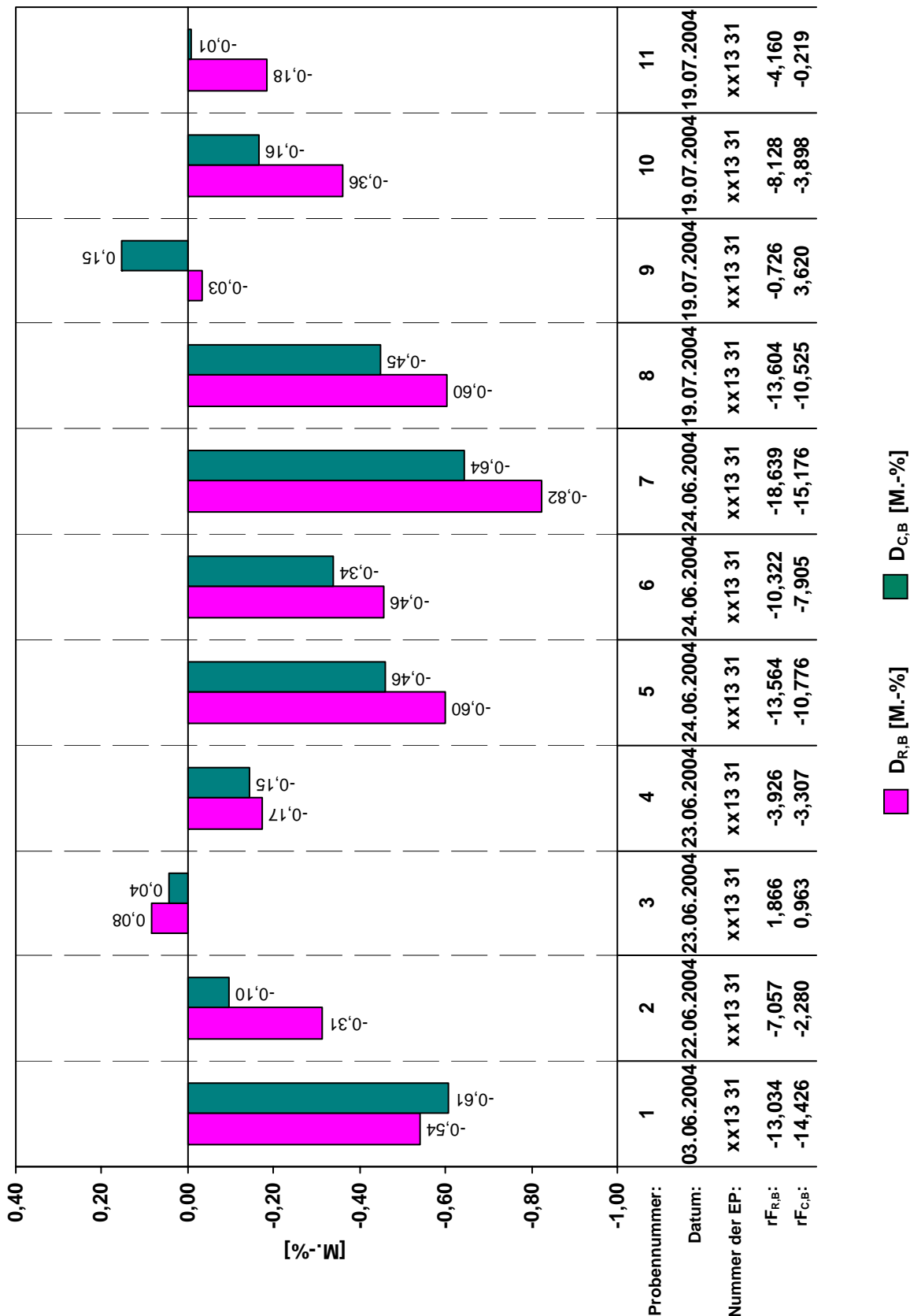
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



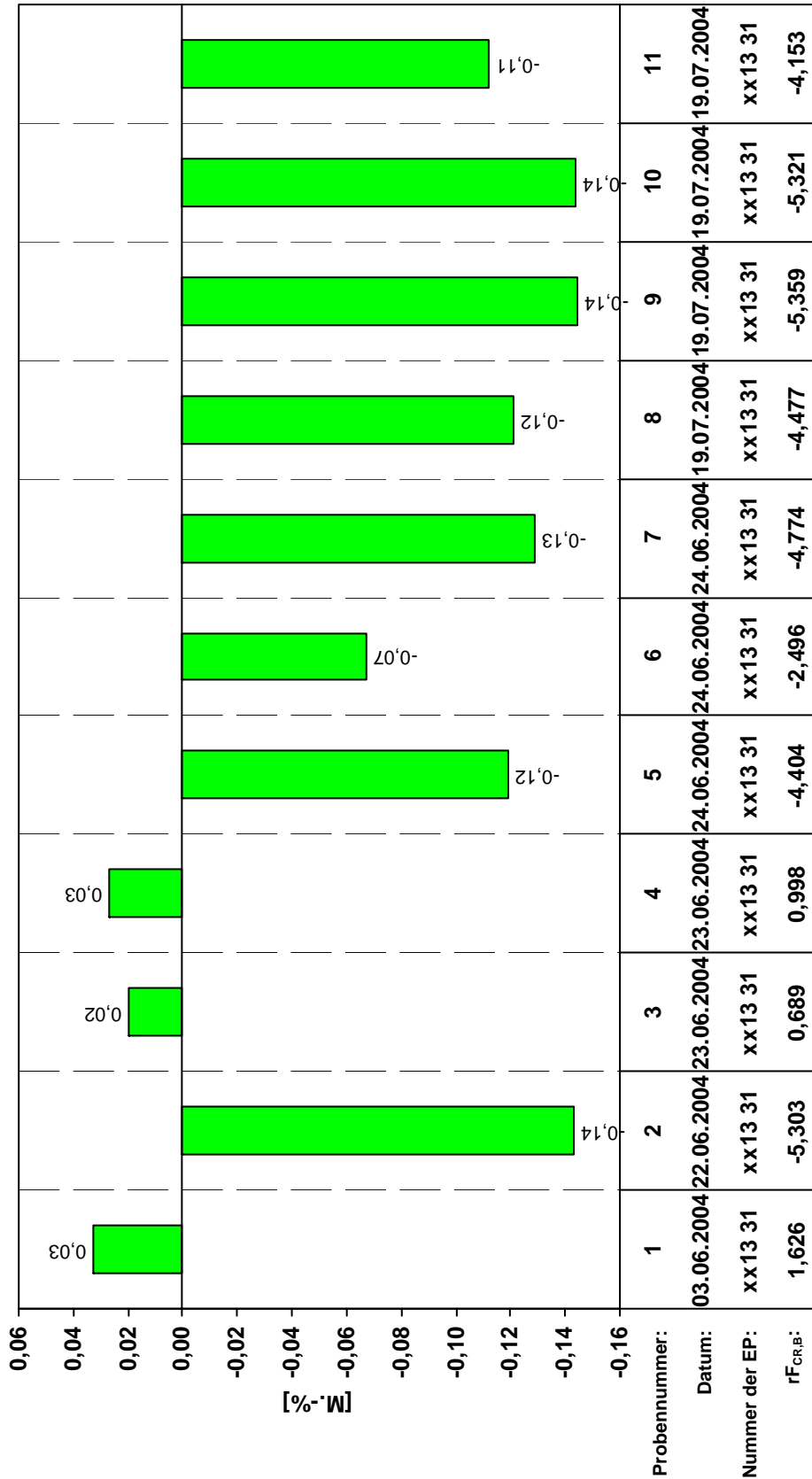
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung


Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

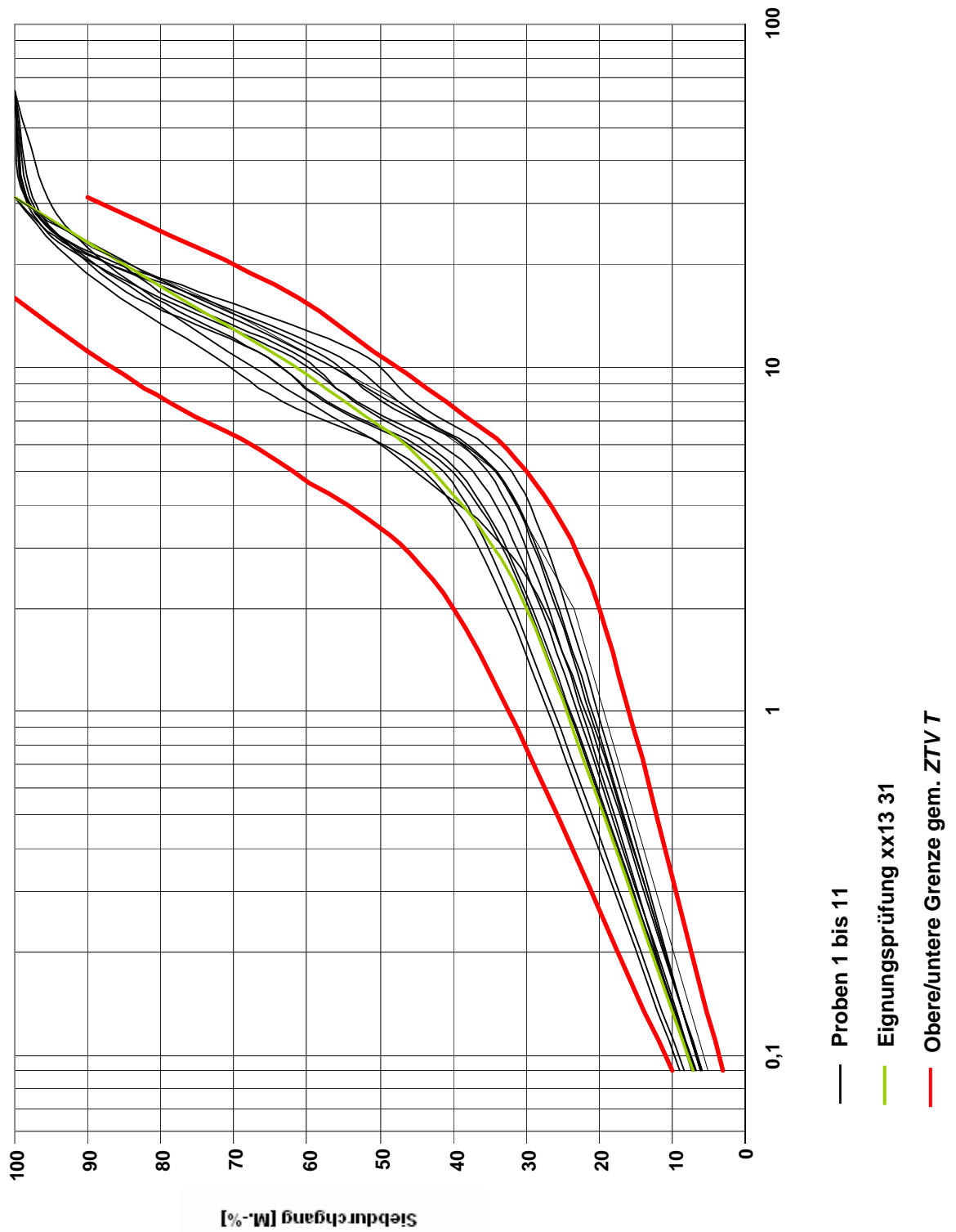
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,B}$ [M.-%]

Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



Werk 04; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



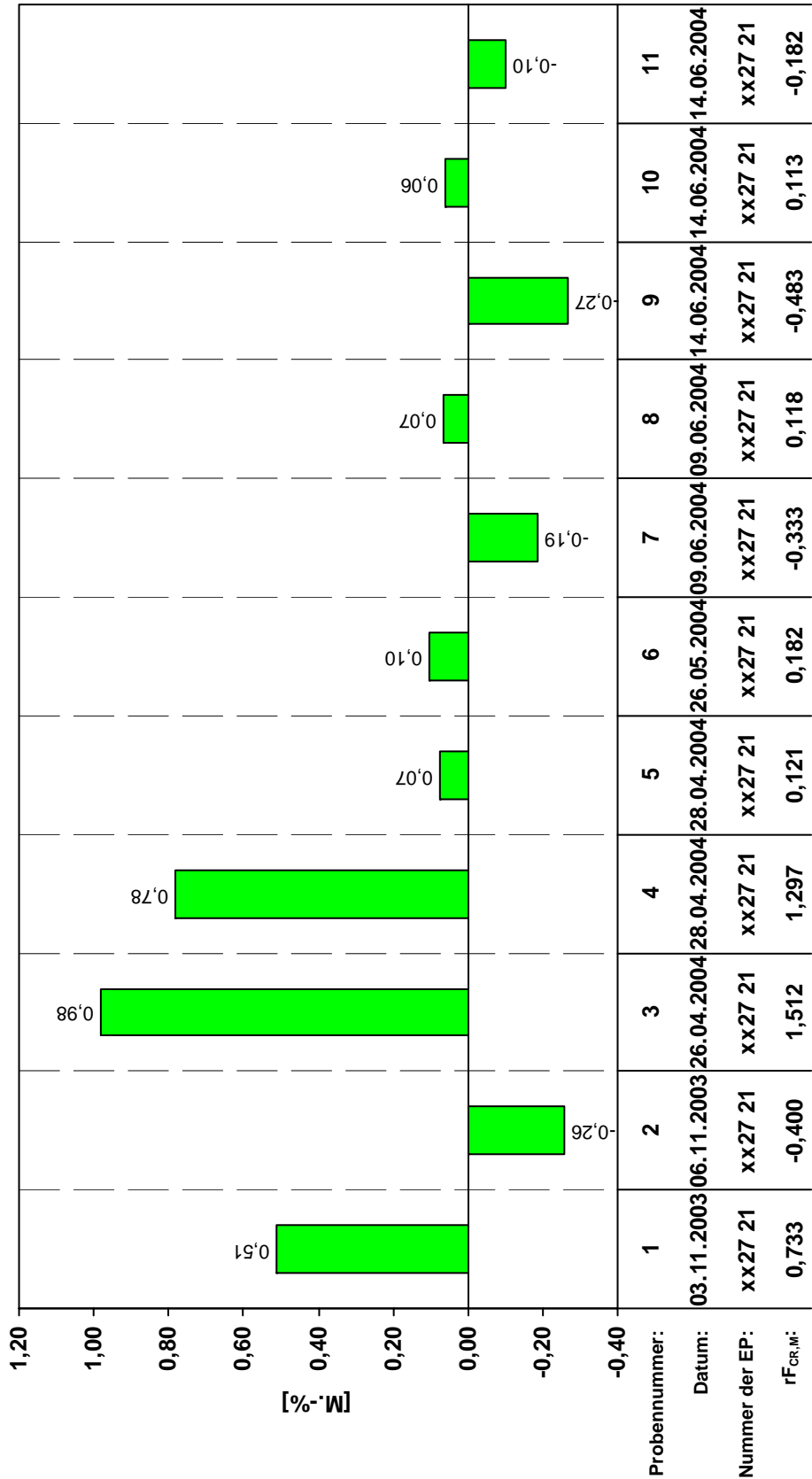
Werk 04; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 04; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

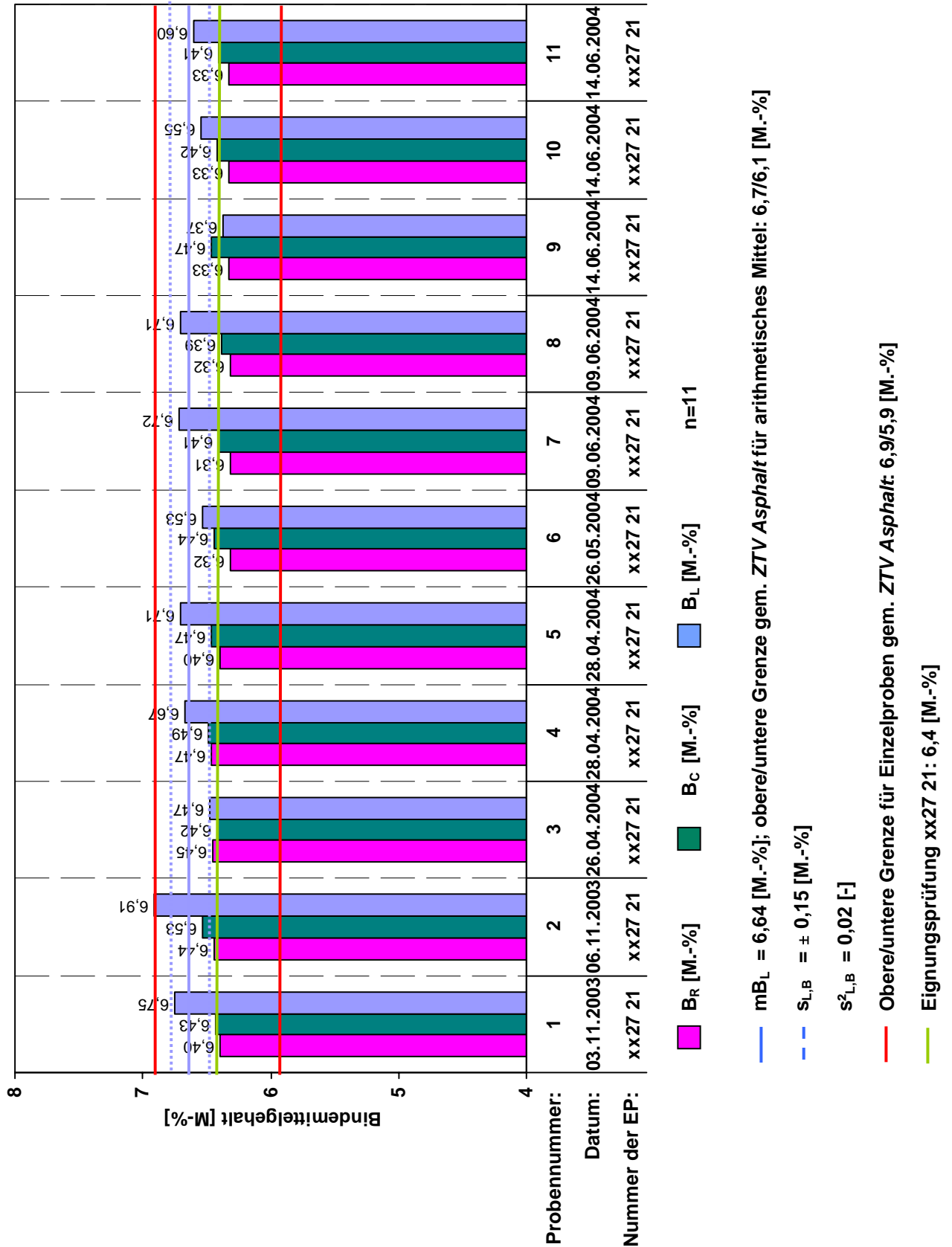
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



$D_{CR,M}$ [M.-%]

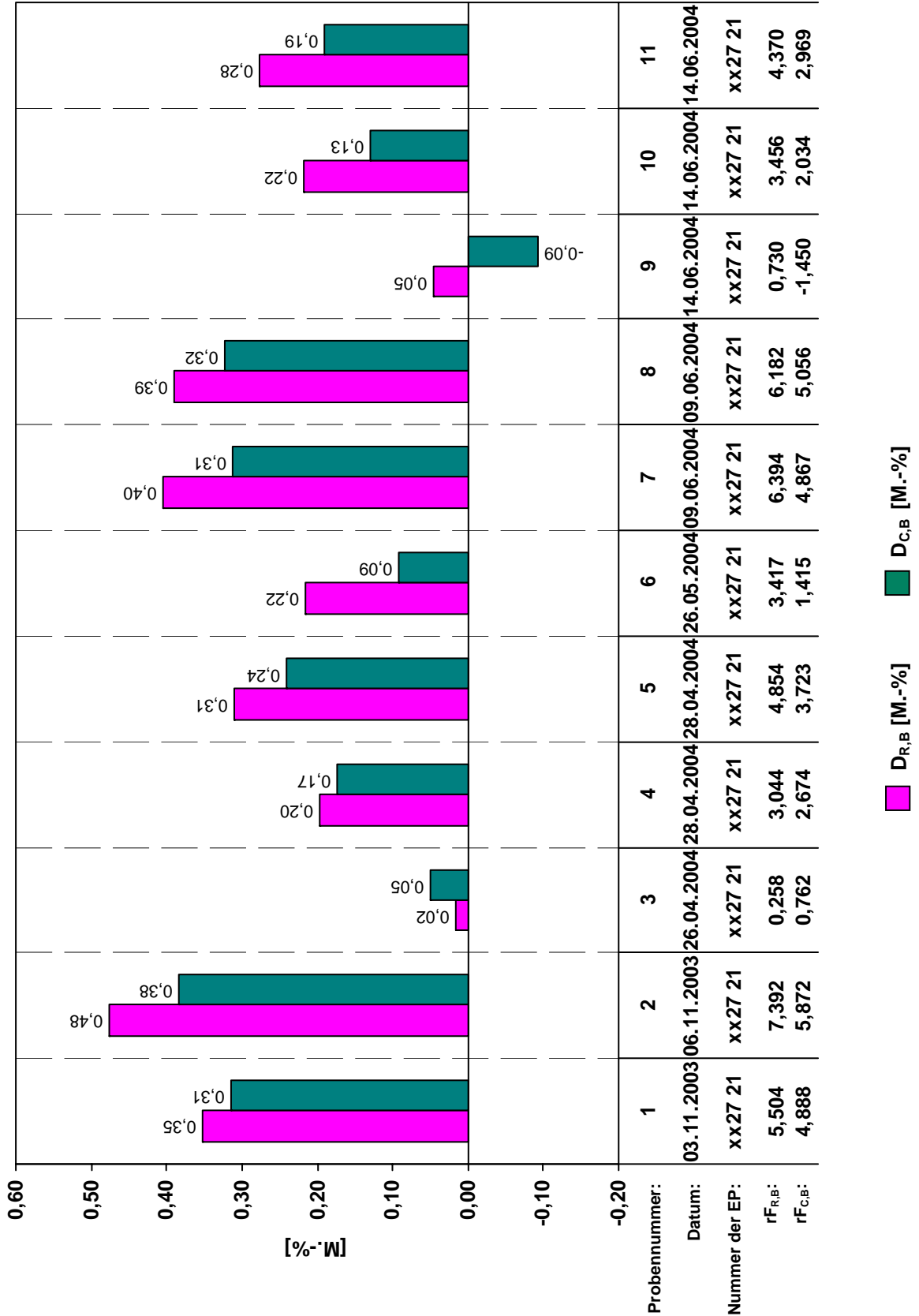
Werk 04; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



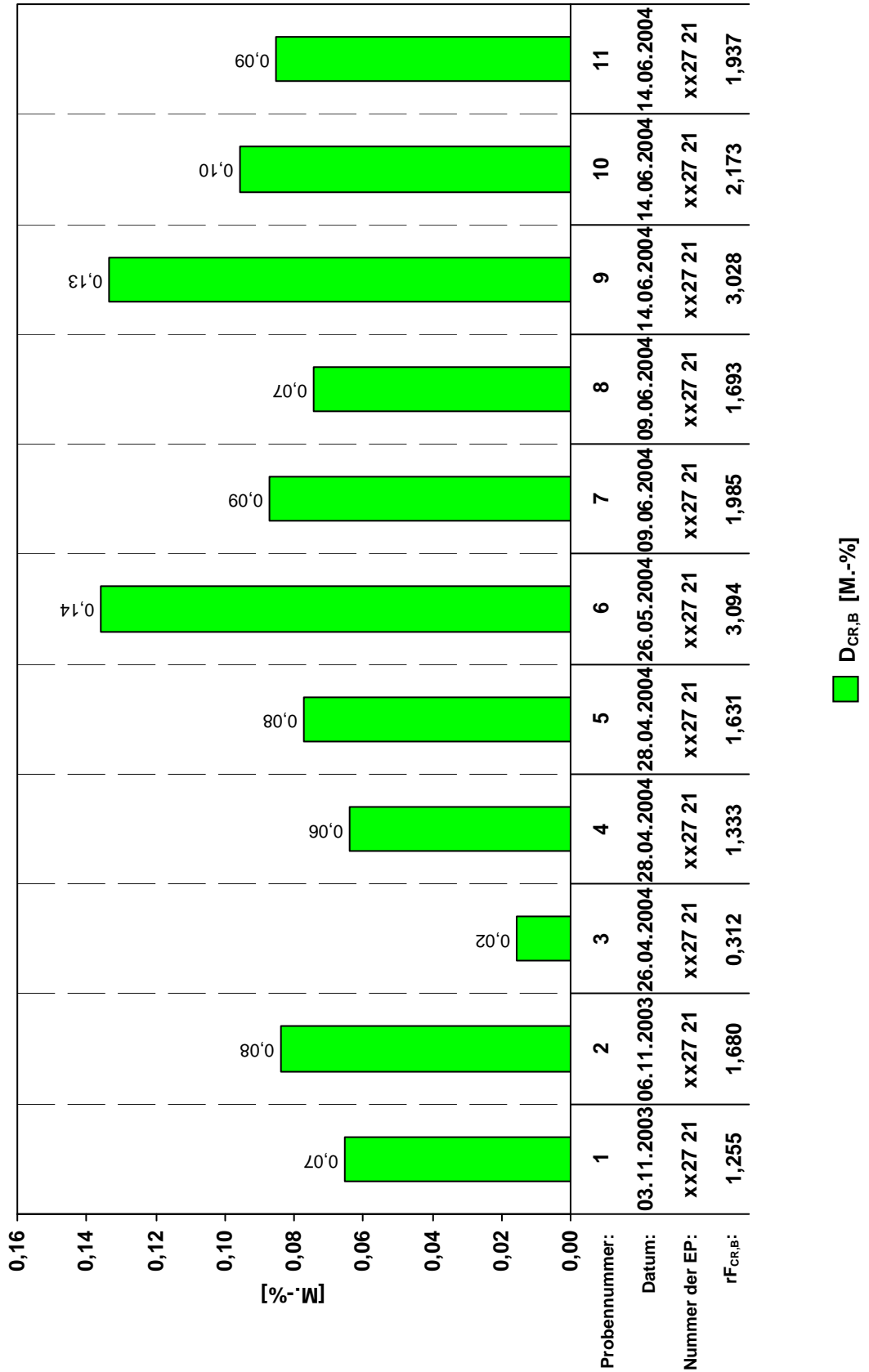
Werk 04; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



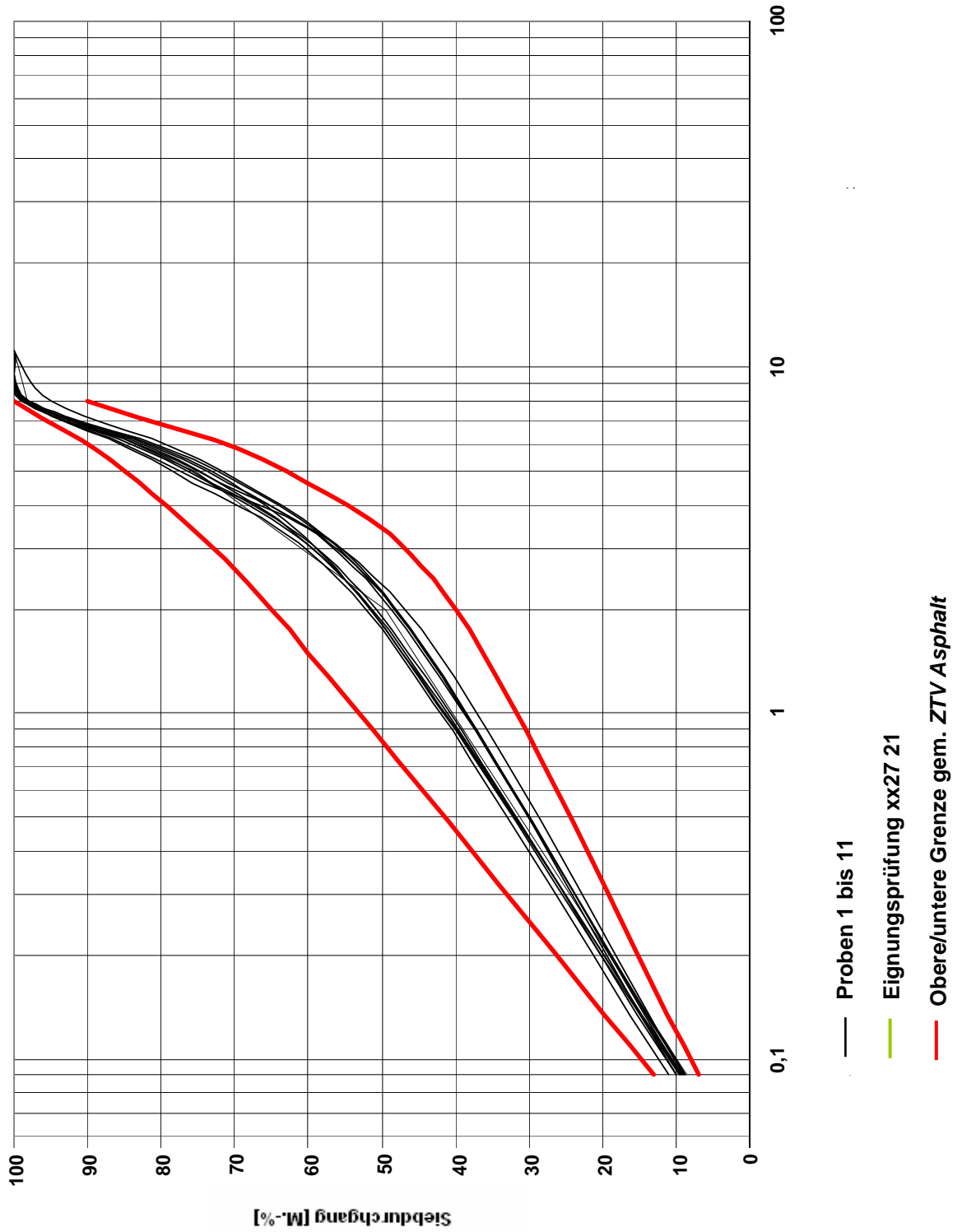
Werk 04; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



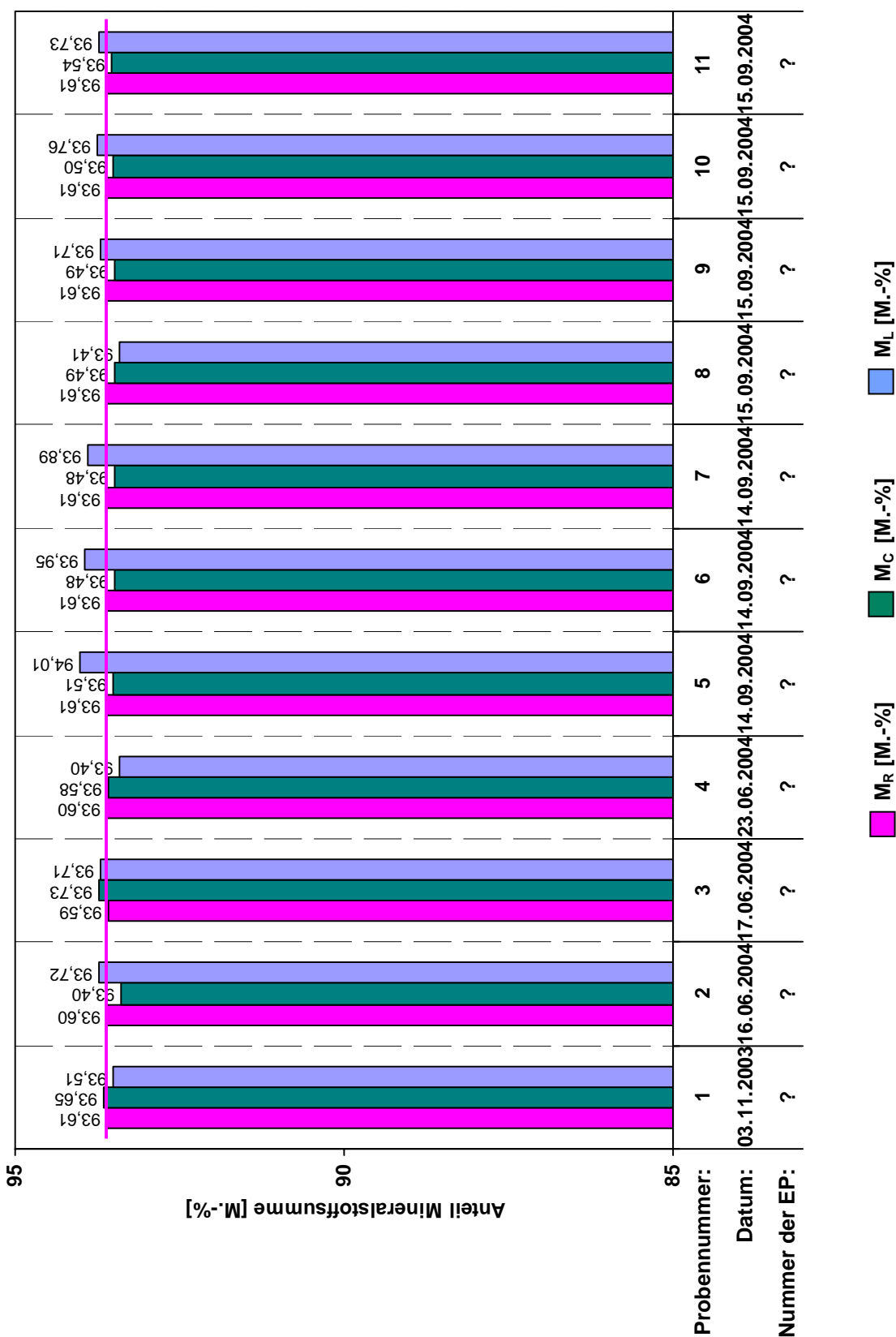
Werk 04; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



Werk 04; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



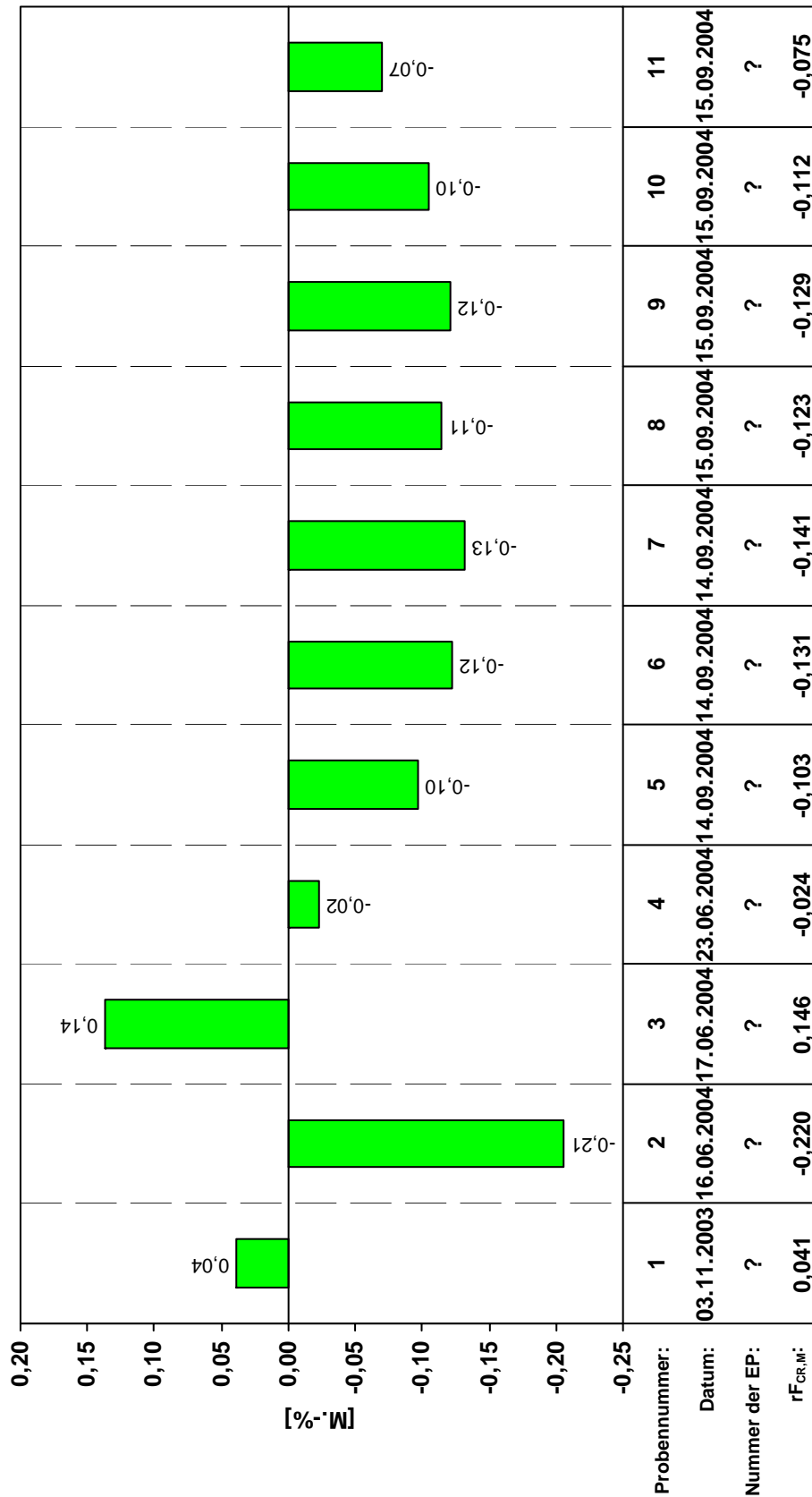
Werk 04; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 04; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

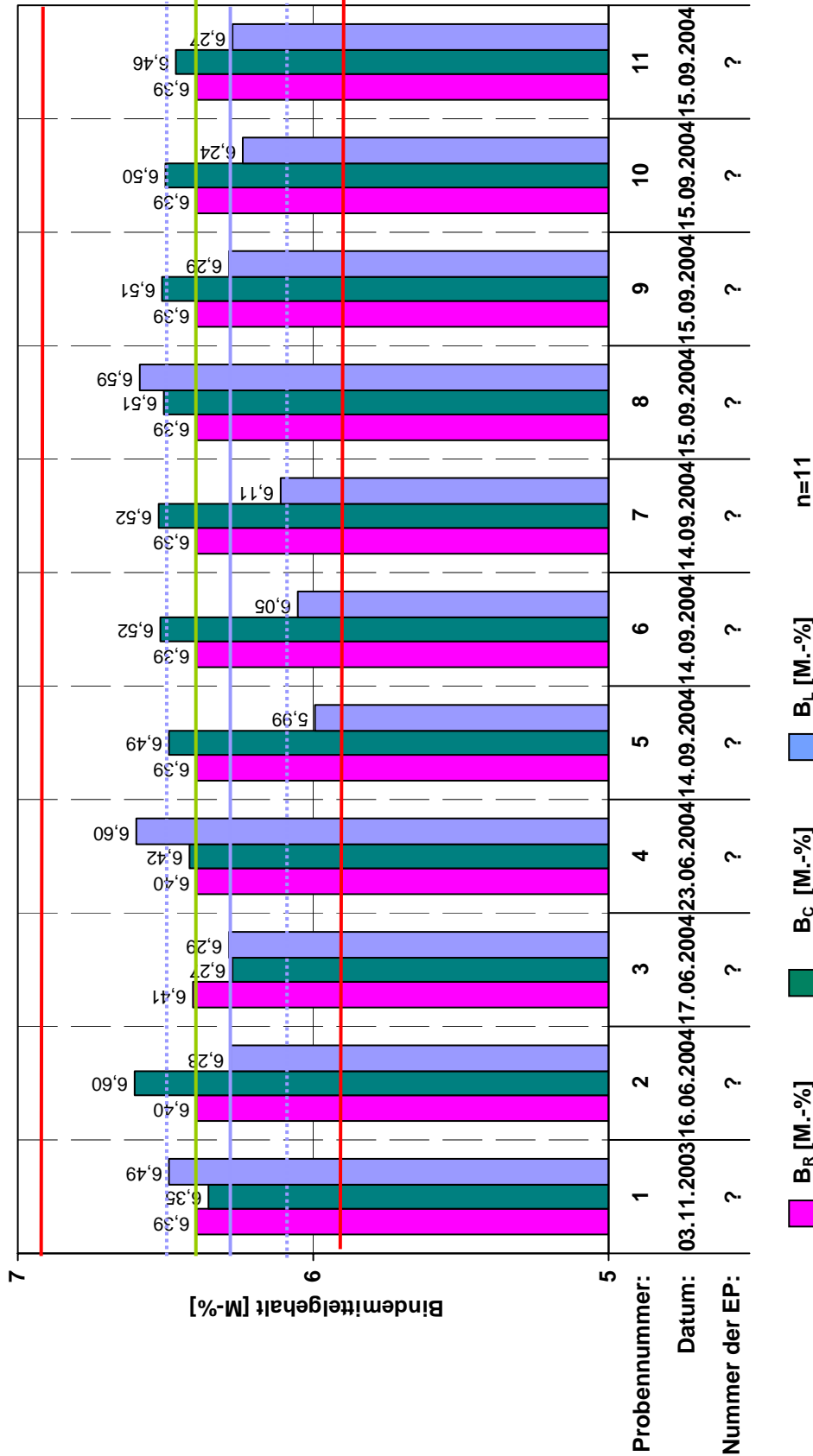
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 04; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



mB_L = 6,29 [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,7/6,1 [M.-%]

S_{L,B} = ± 0,20 [M.-%]

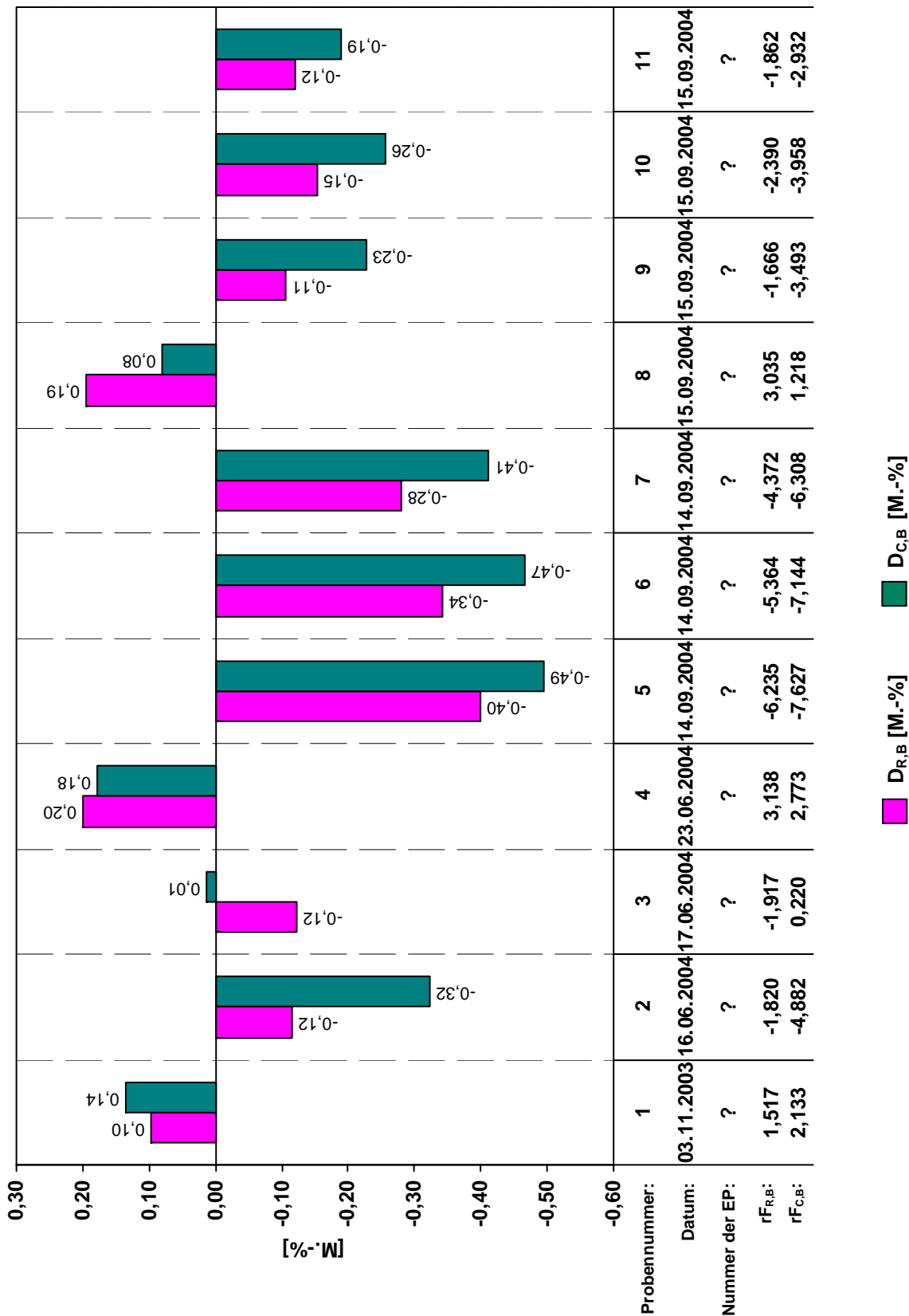
s²_{L,B} = 0,04 [-]

Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 6,9/5,9 [M.-%]

Eignungsprüfung ? : 6,4 [M.-%]

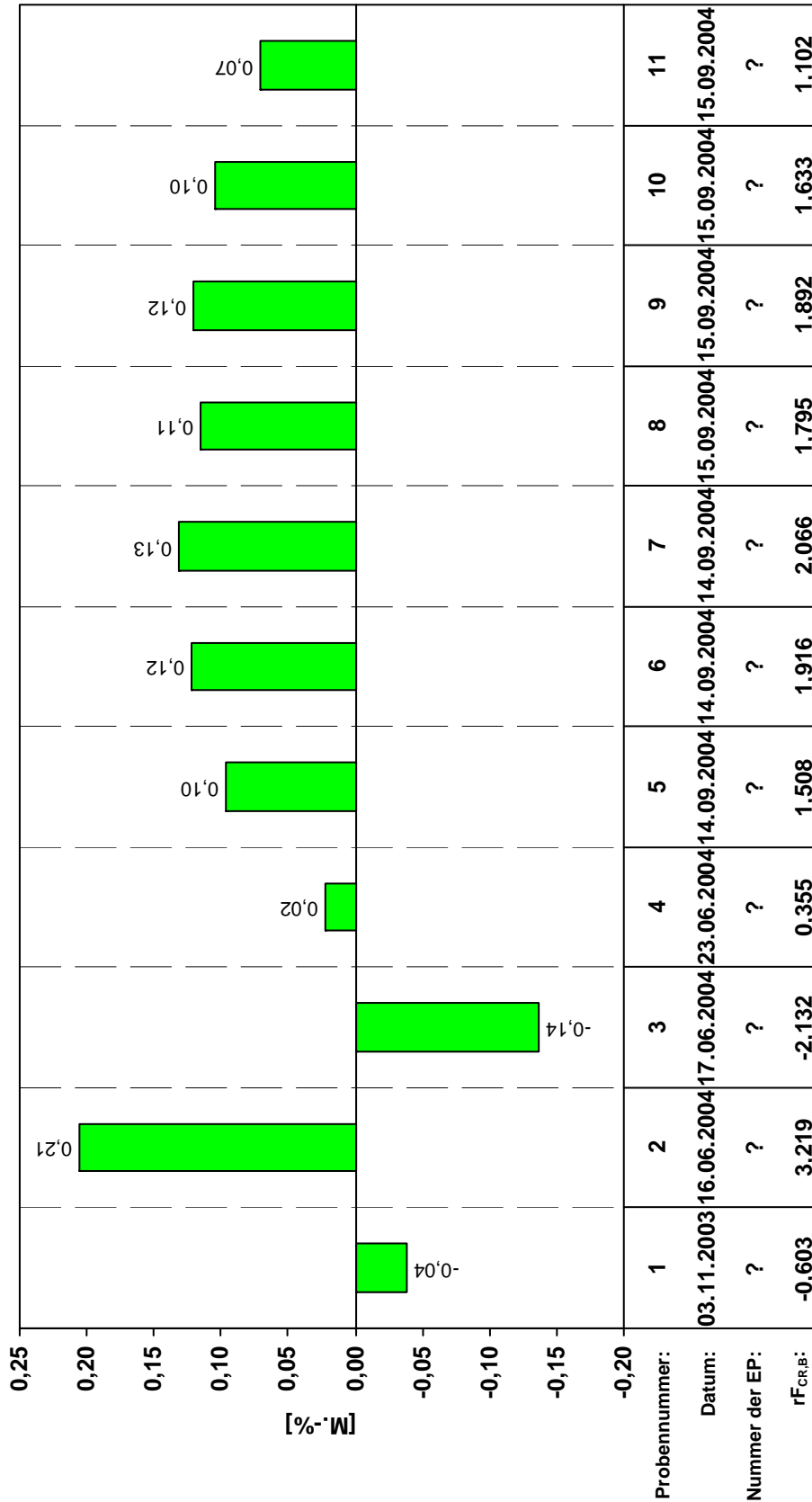
Werk 04; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 04; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

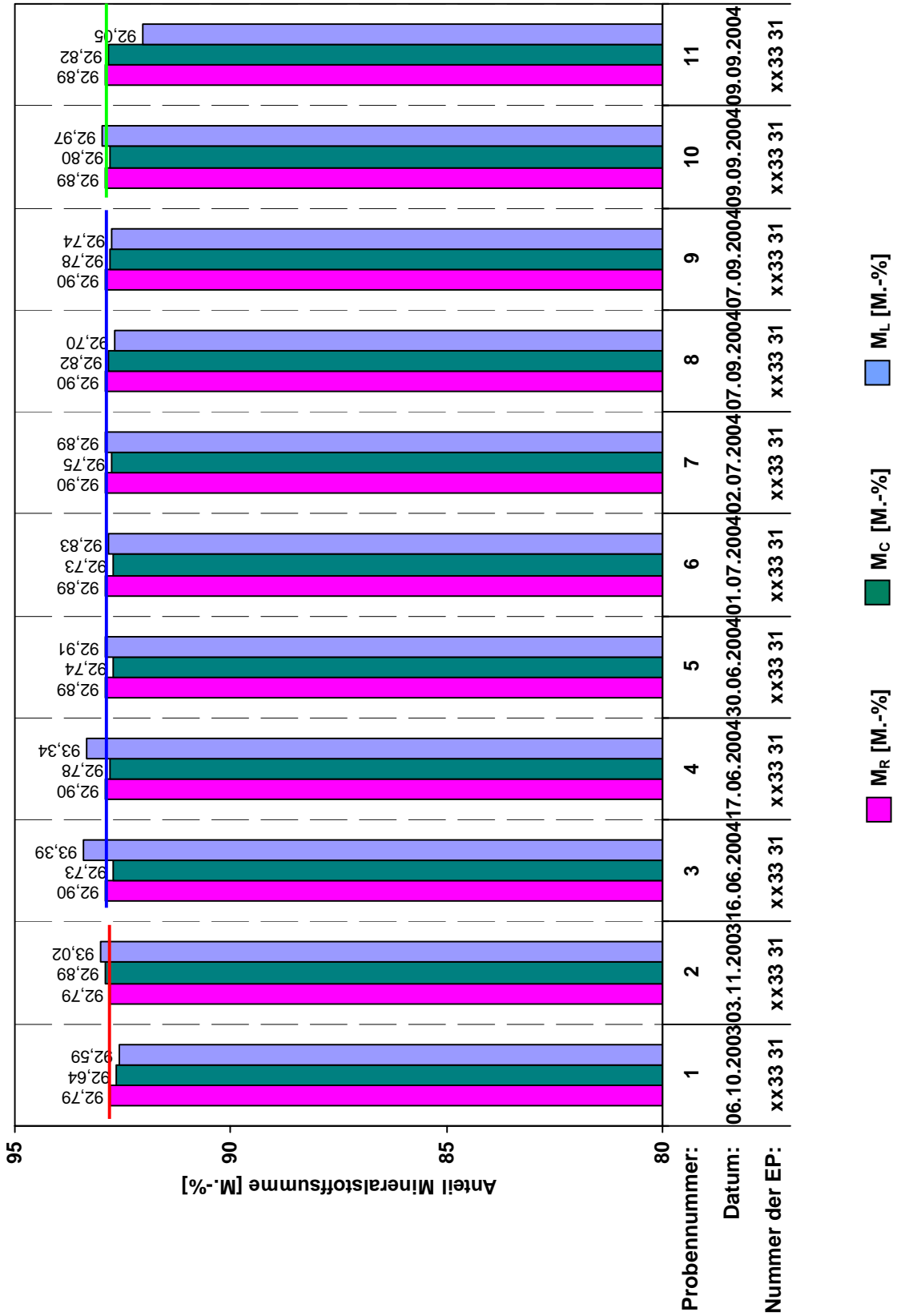
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,B}$ [M.-%]

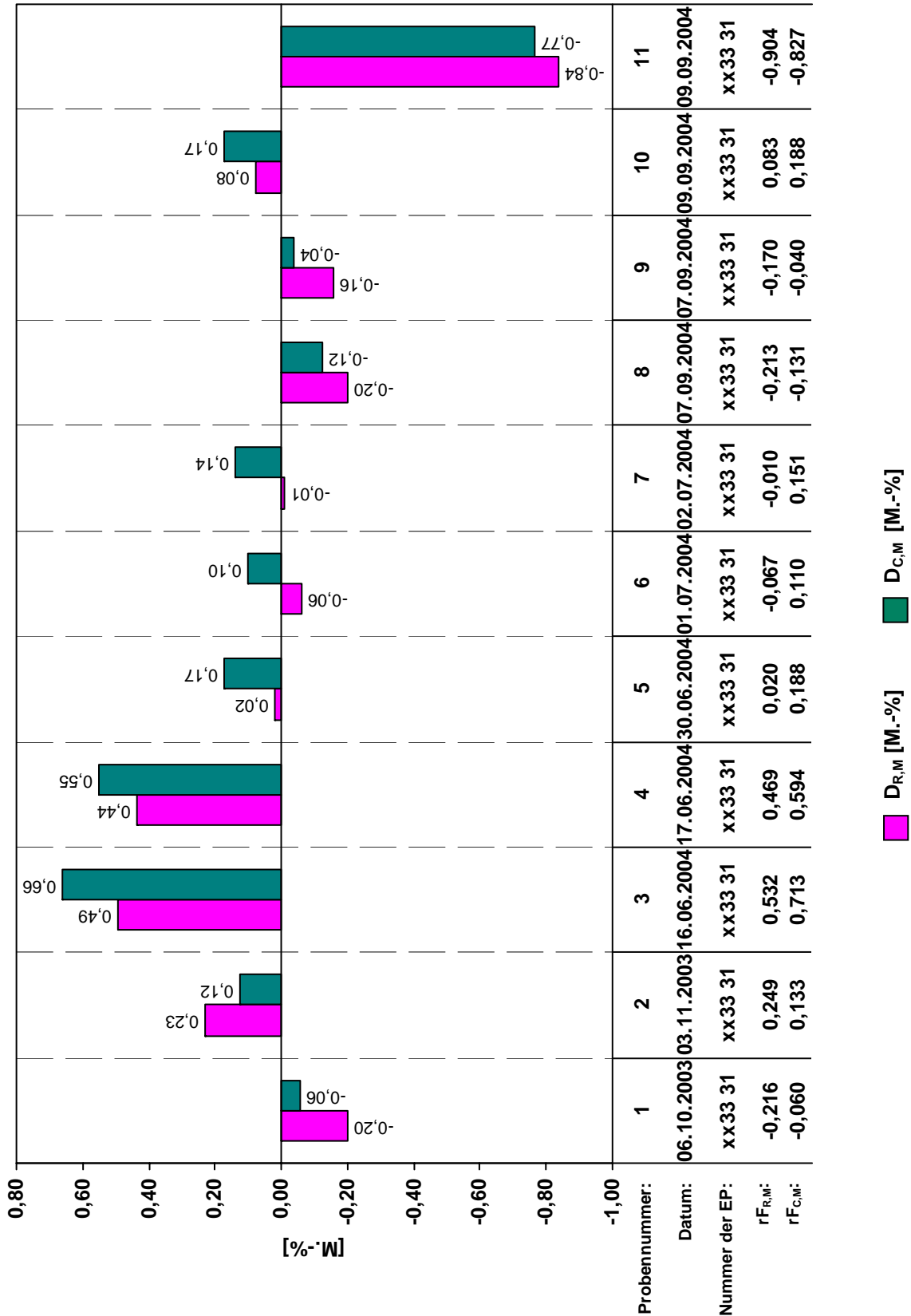
Werk 04; SMA 0/8 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



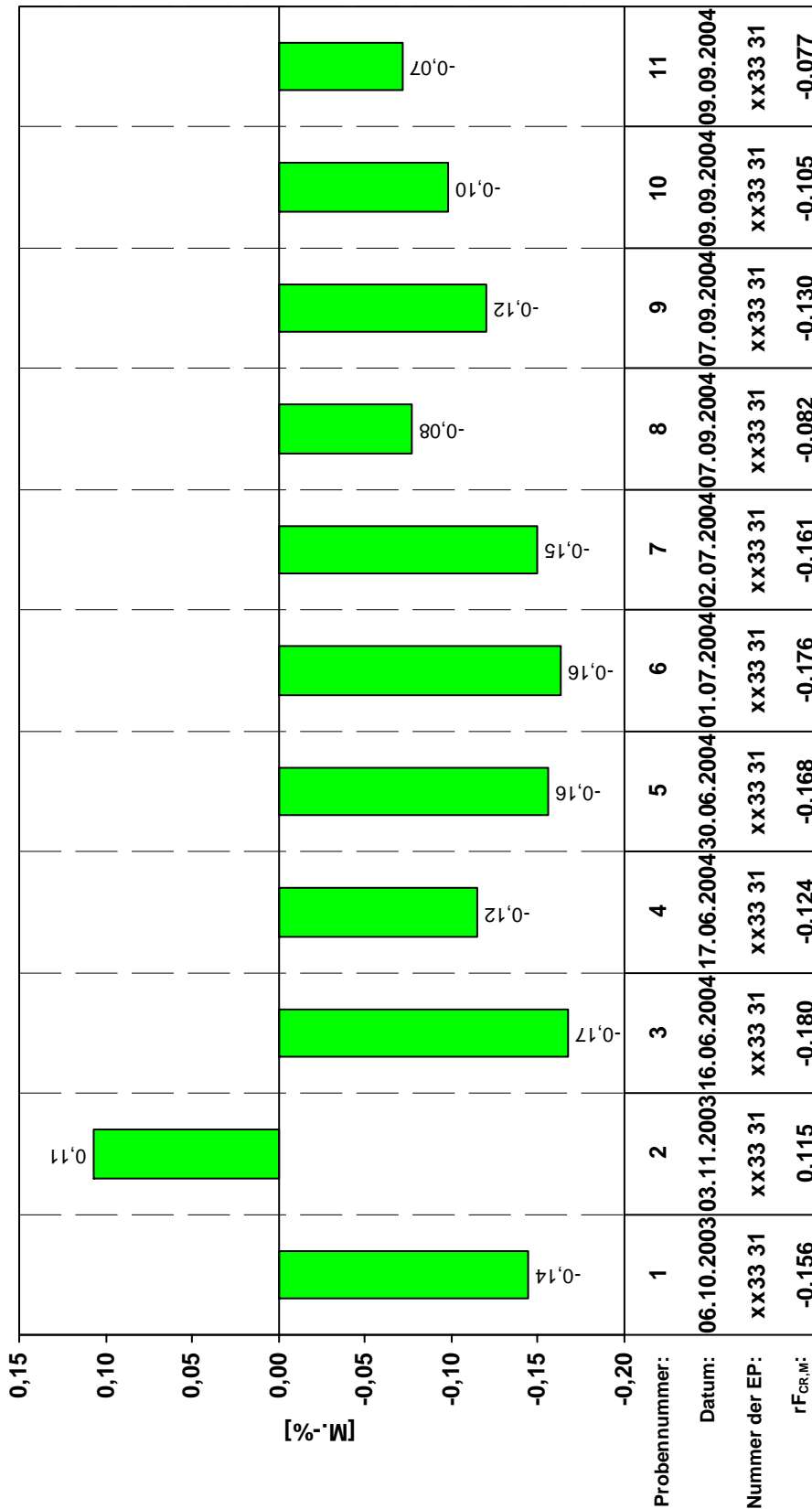
Werk 04; SMA 0/8 S

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 04; SMA 0/8 S

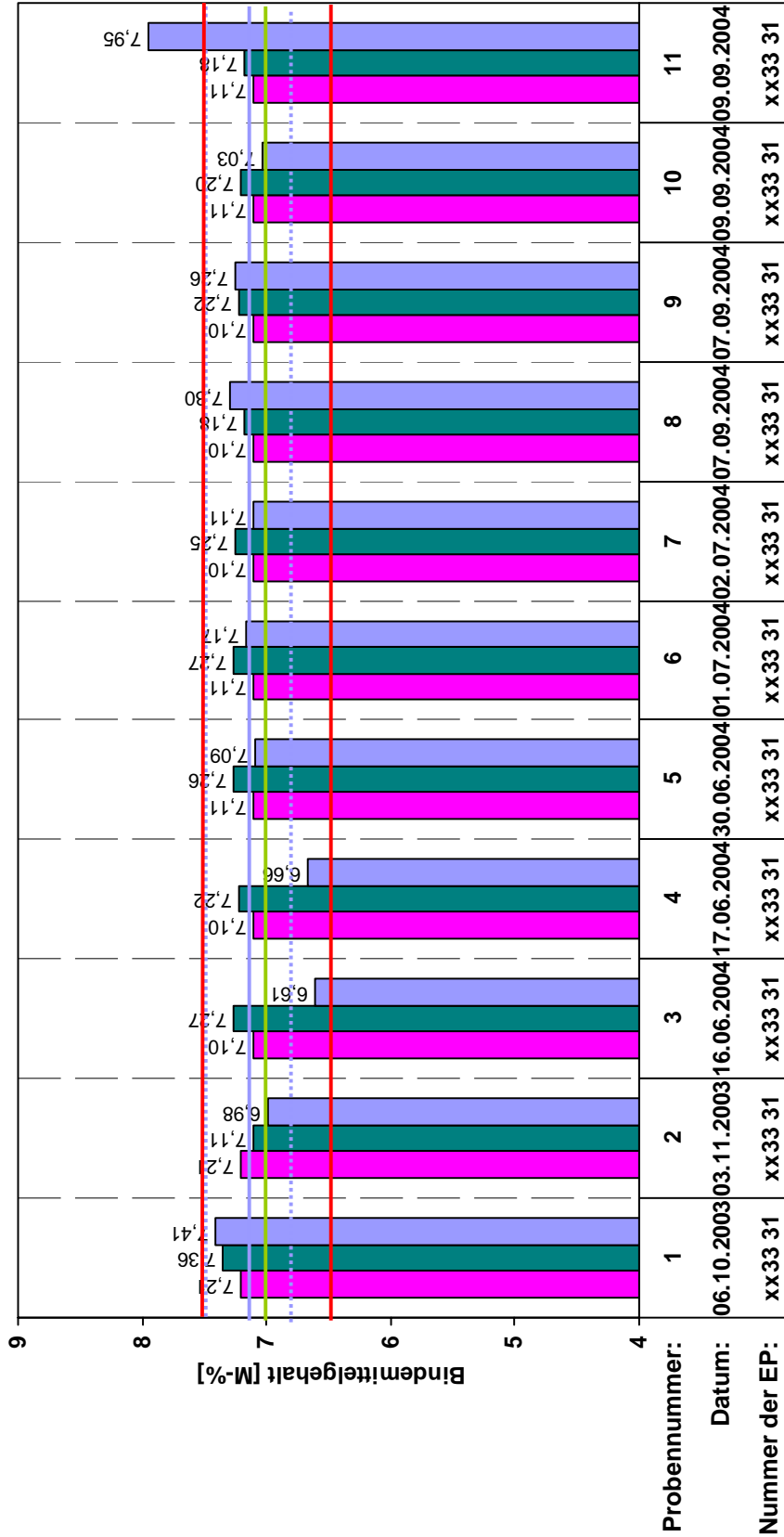
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 04; SMA 0/8 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



■ B_R [M.-%]
 ■ B_C [M.-%]
 ■ B_L [M.-%]
 n=11

— m_{B_L} = 7,14 [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 7,3/6,7 [M.-%]

— s_{L,B} = ± 0,36 [M.-%]

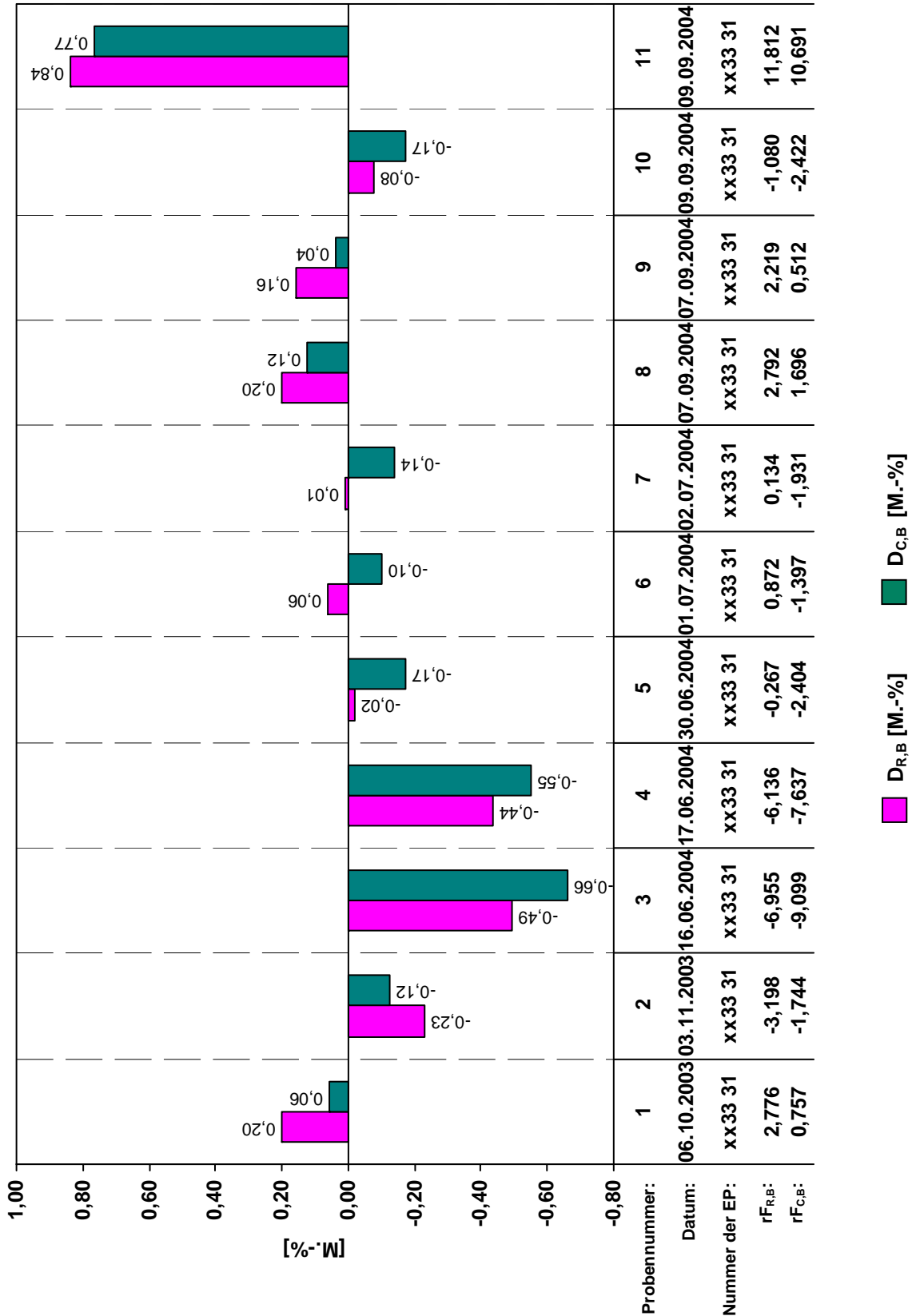
s²_{L,B} = 0,13 [-]

— Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 7,5/6,5 [M.-%]

— Eignungsprüfung xx33 31: 7,0 [M.-%]

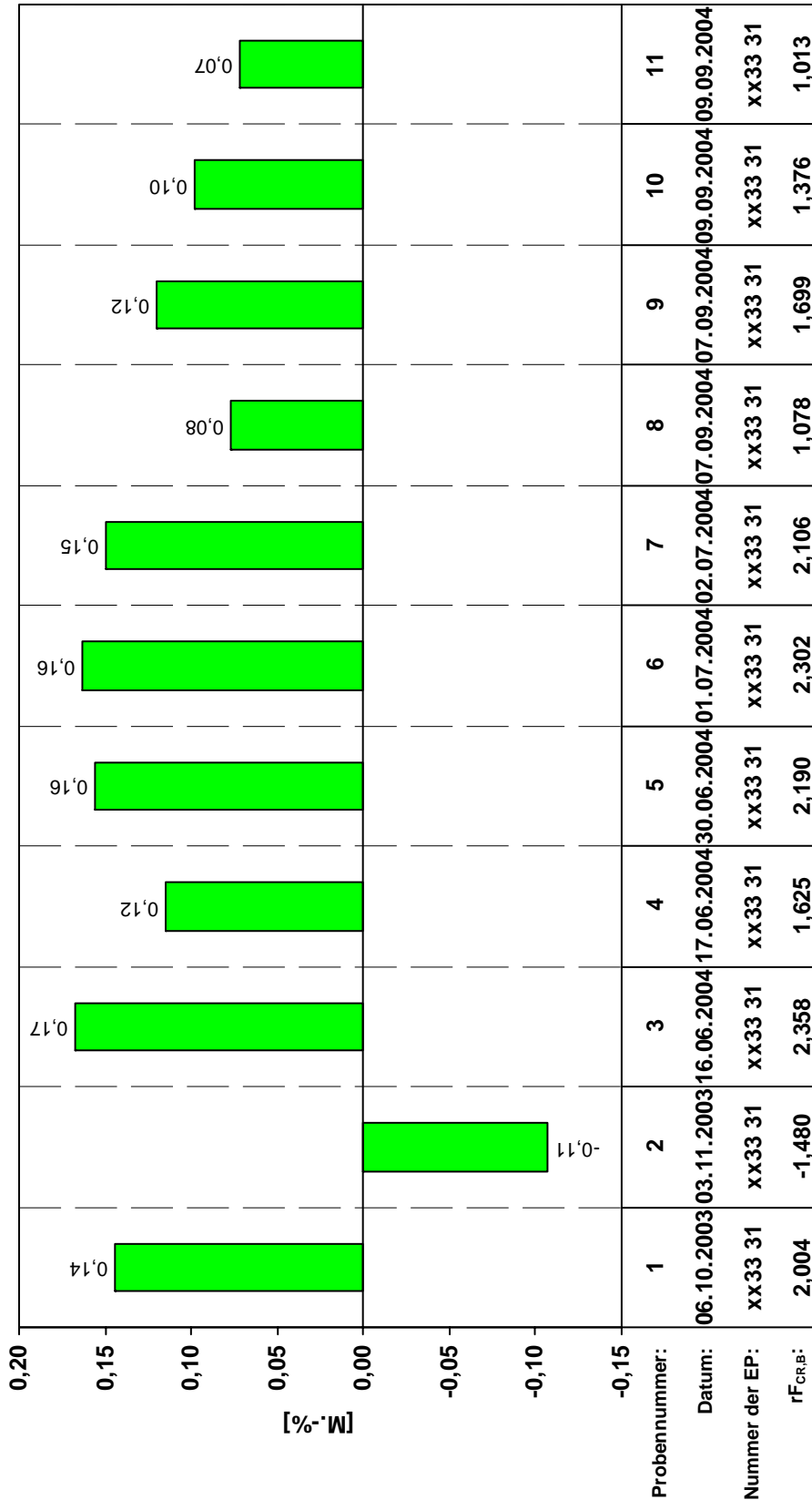
Werk 04; SMA 0/8 S

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 04; SMA 0/8 S

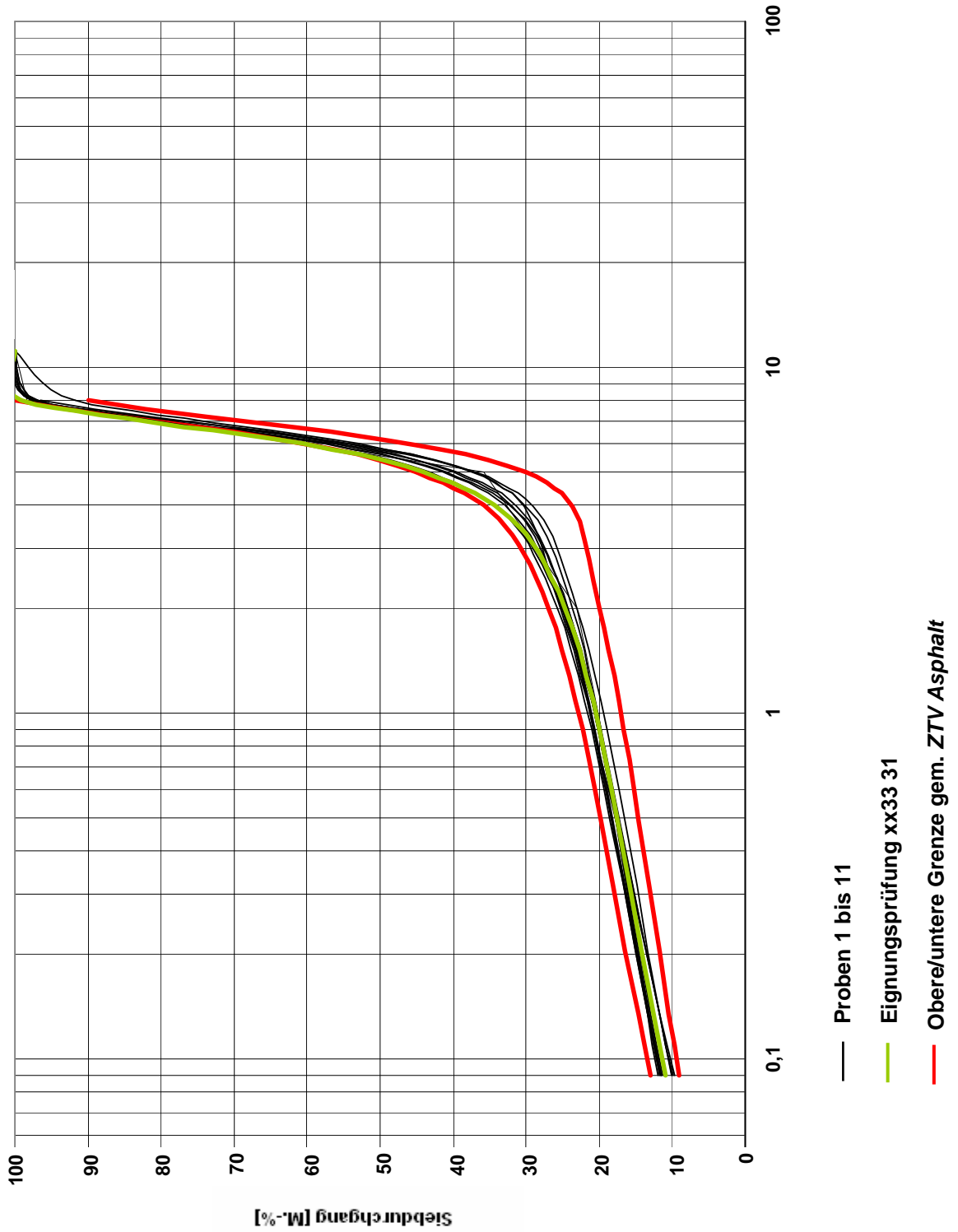
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ D_{CR,B} [M.-%]

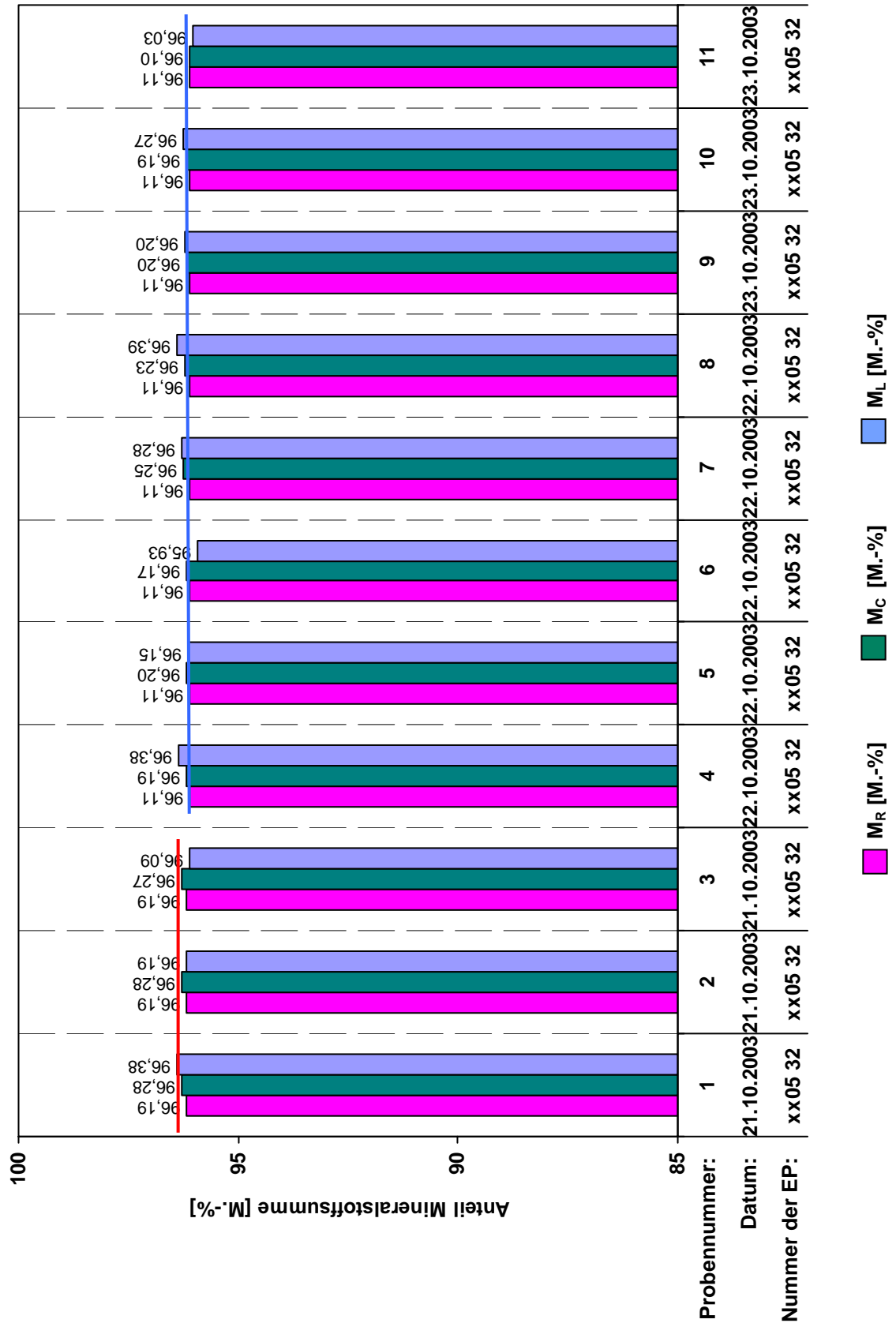
Werk 04; SMA 0/8 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



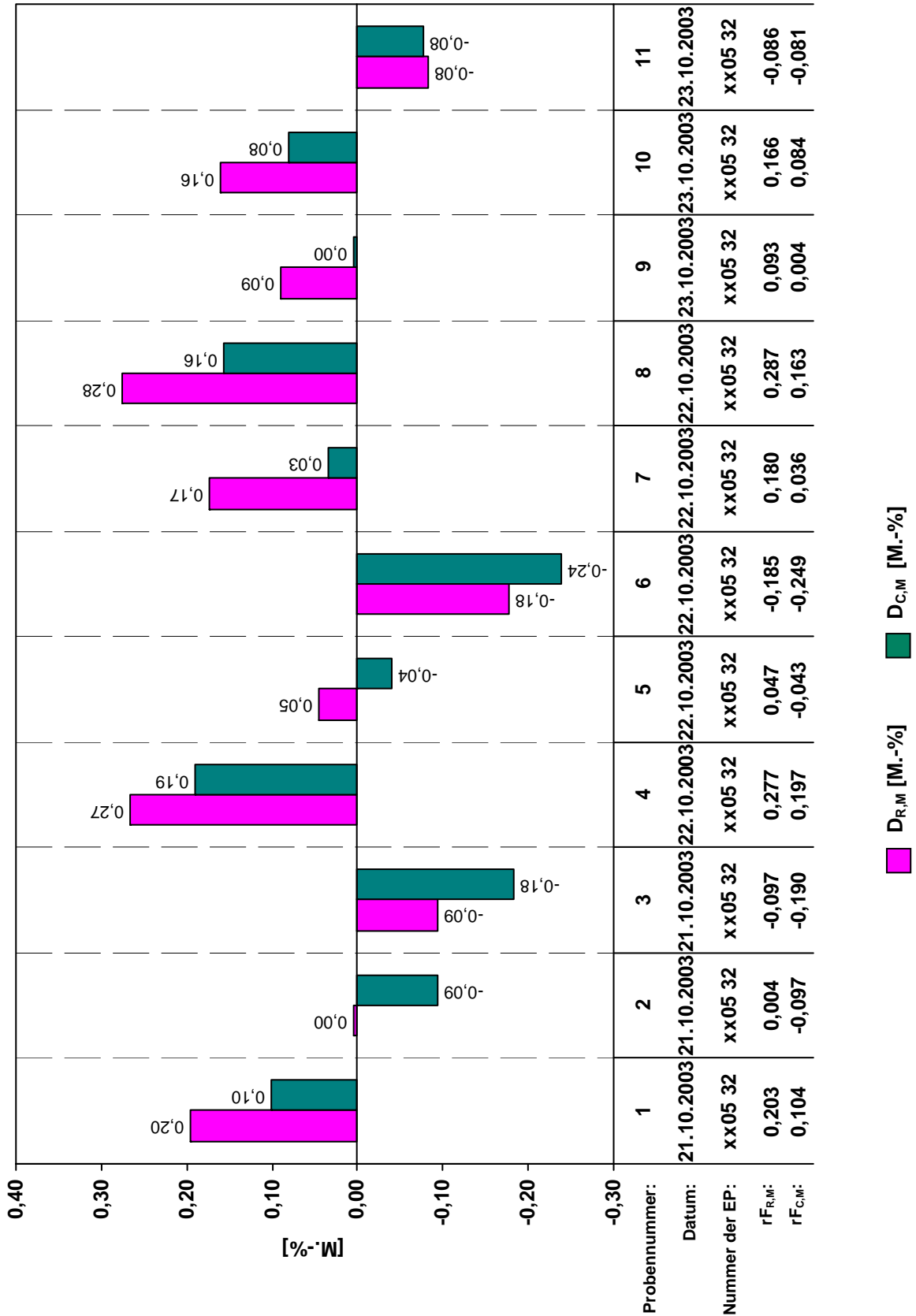
Werk 04; ABi 0/22 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



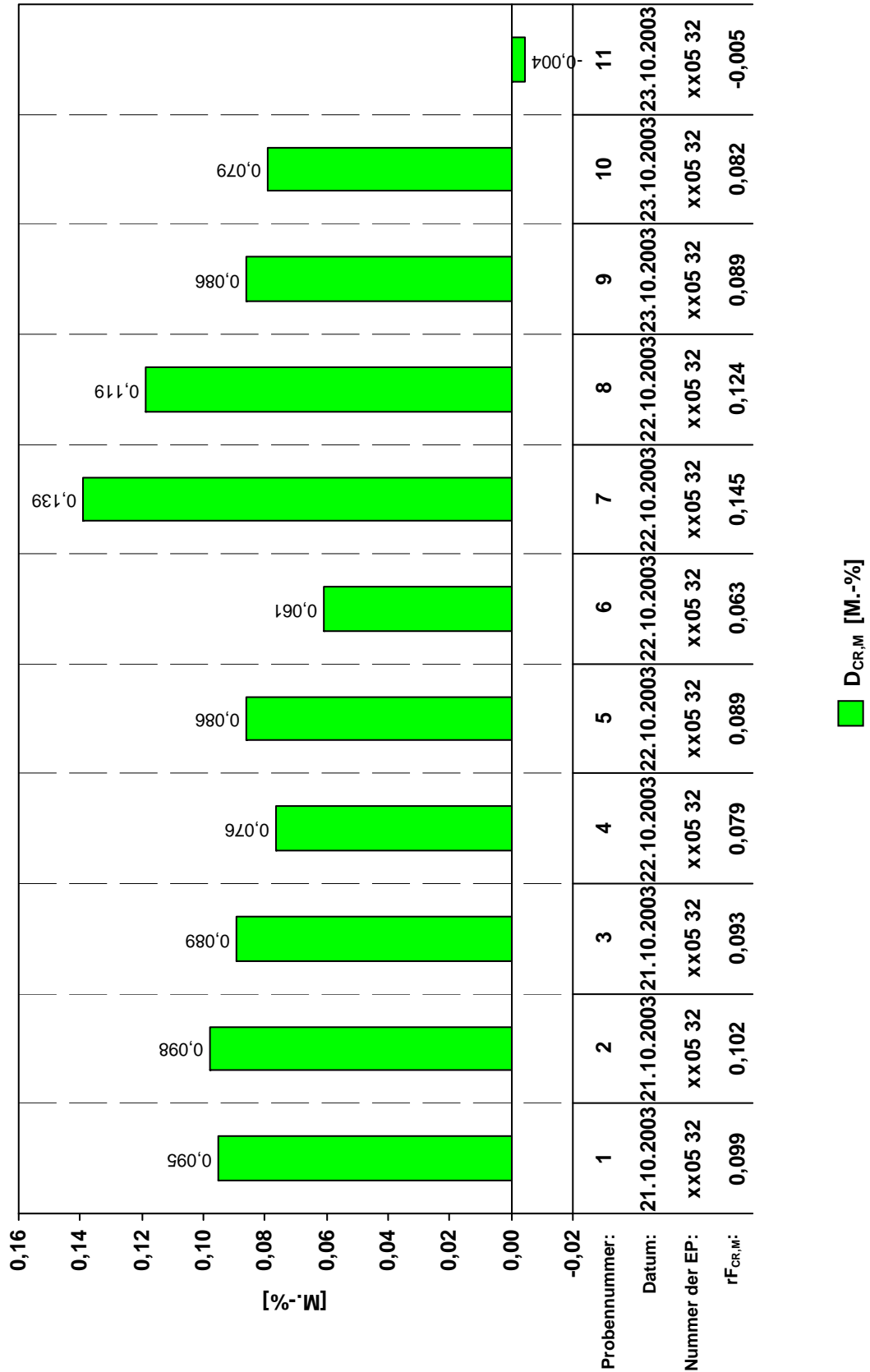
Werk 04; ABi 0/22 S

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



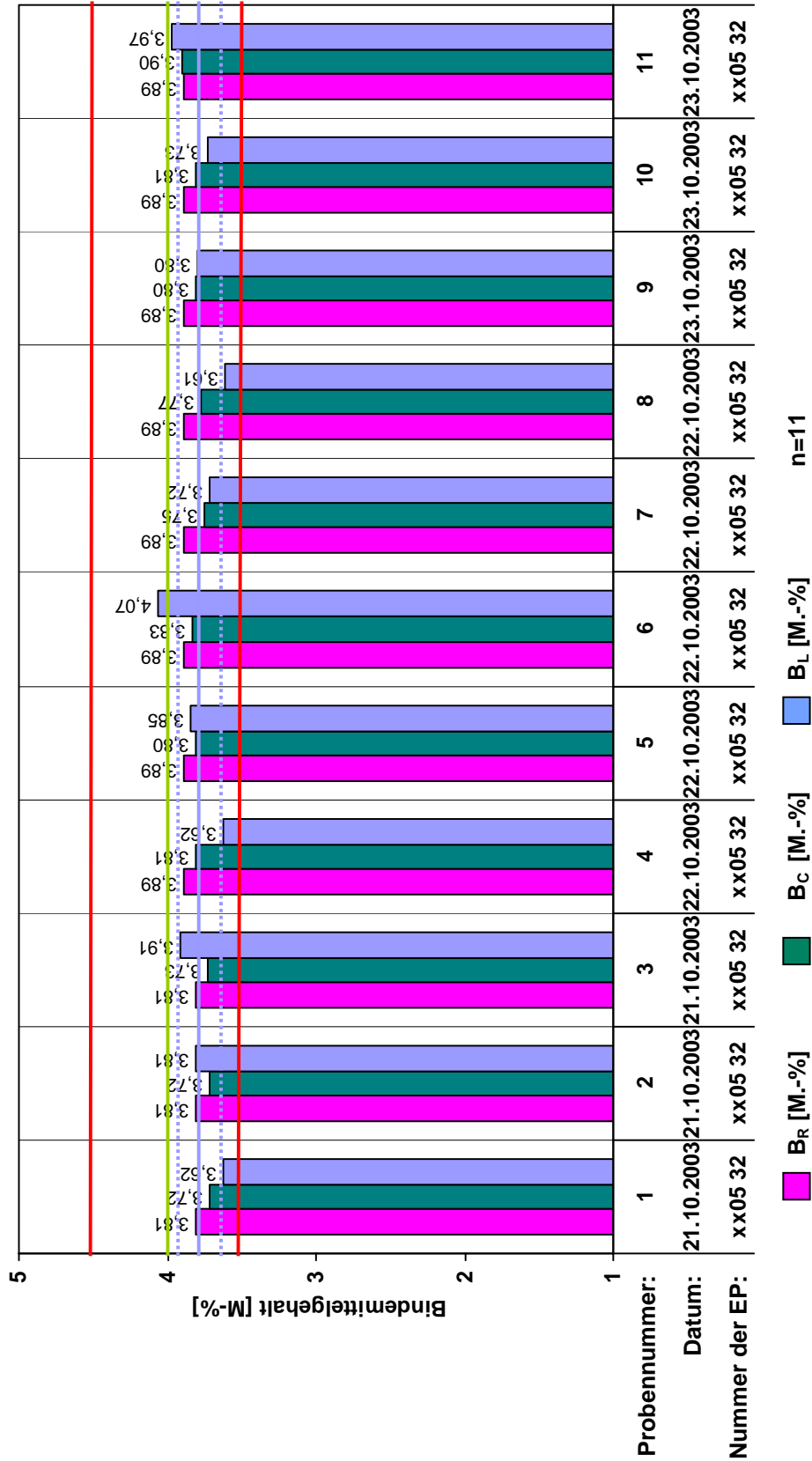
Werk 04; ABi 0/22 S

Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



Werk 04; ABi 0/22 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



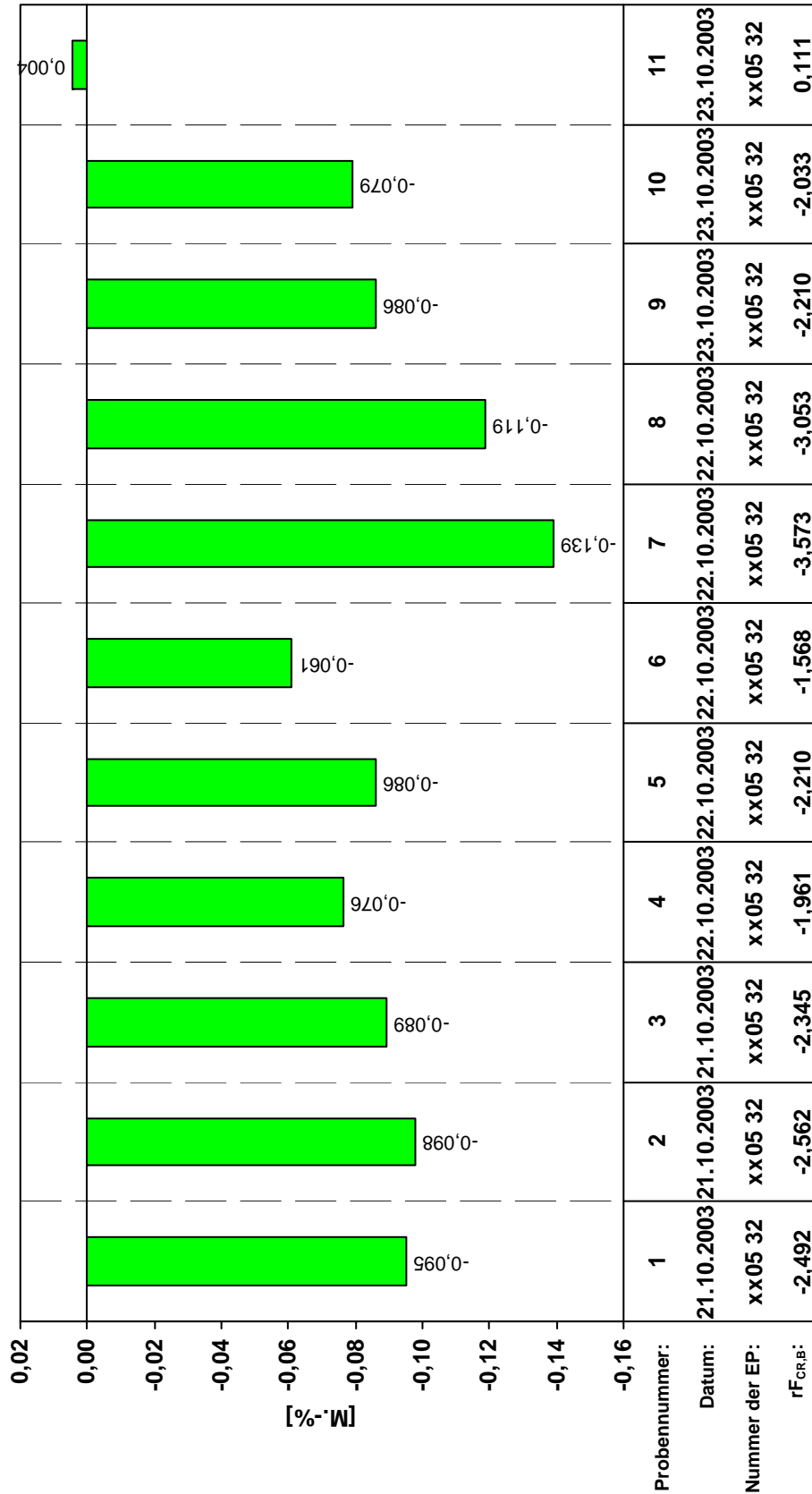
Werk 04; ABi 0/22 S

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 04; ABi 0/22 S

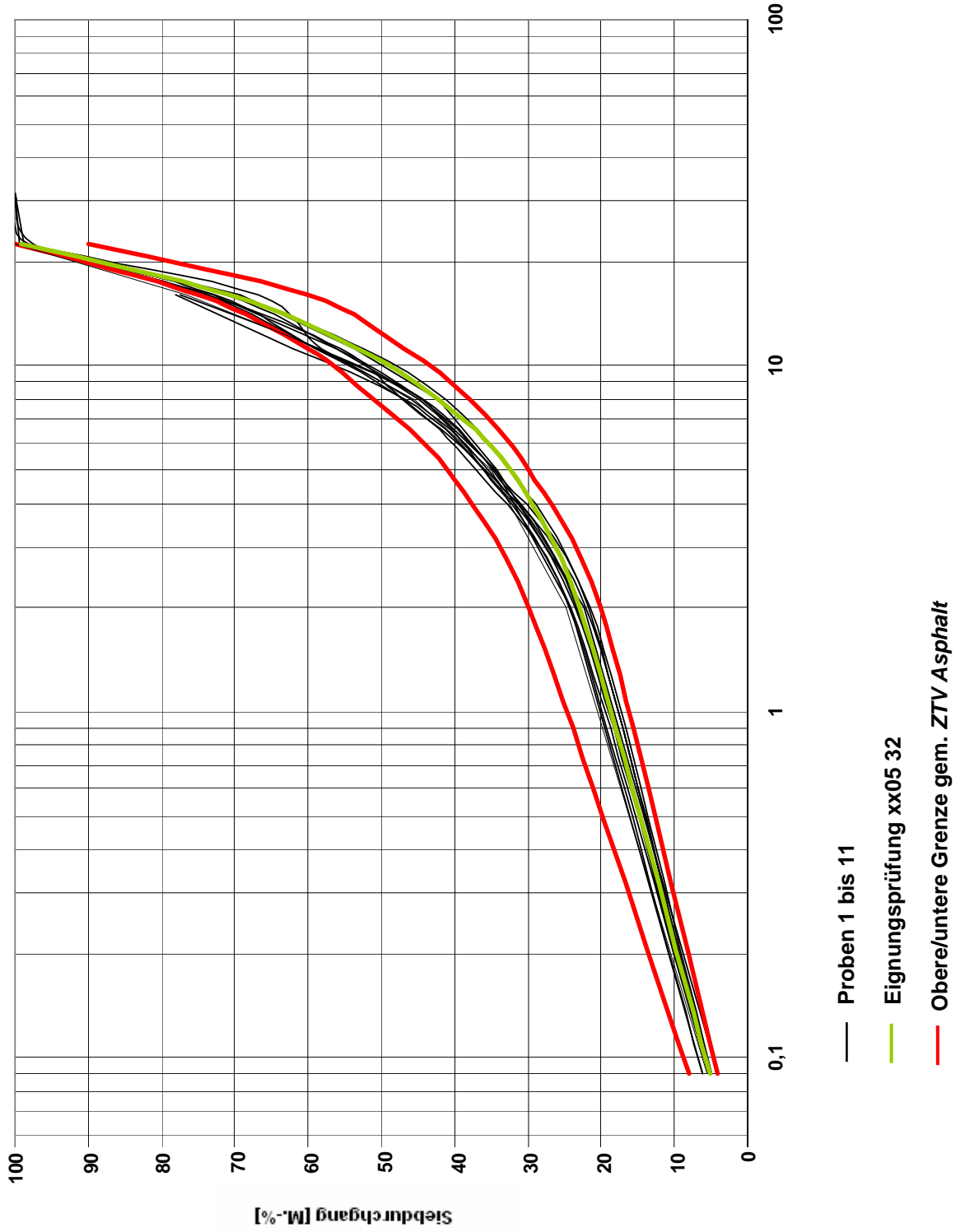
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



$D_{CR,B}$ [%-W]

Werk 04; ABi 0/22 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



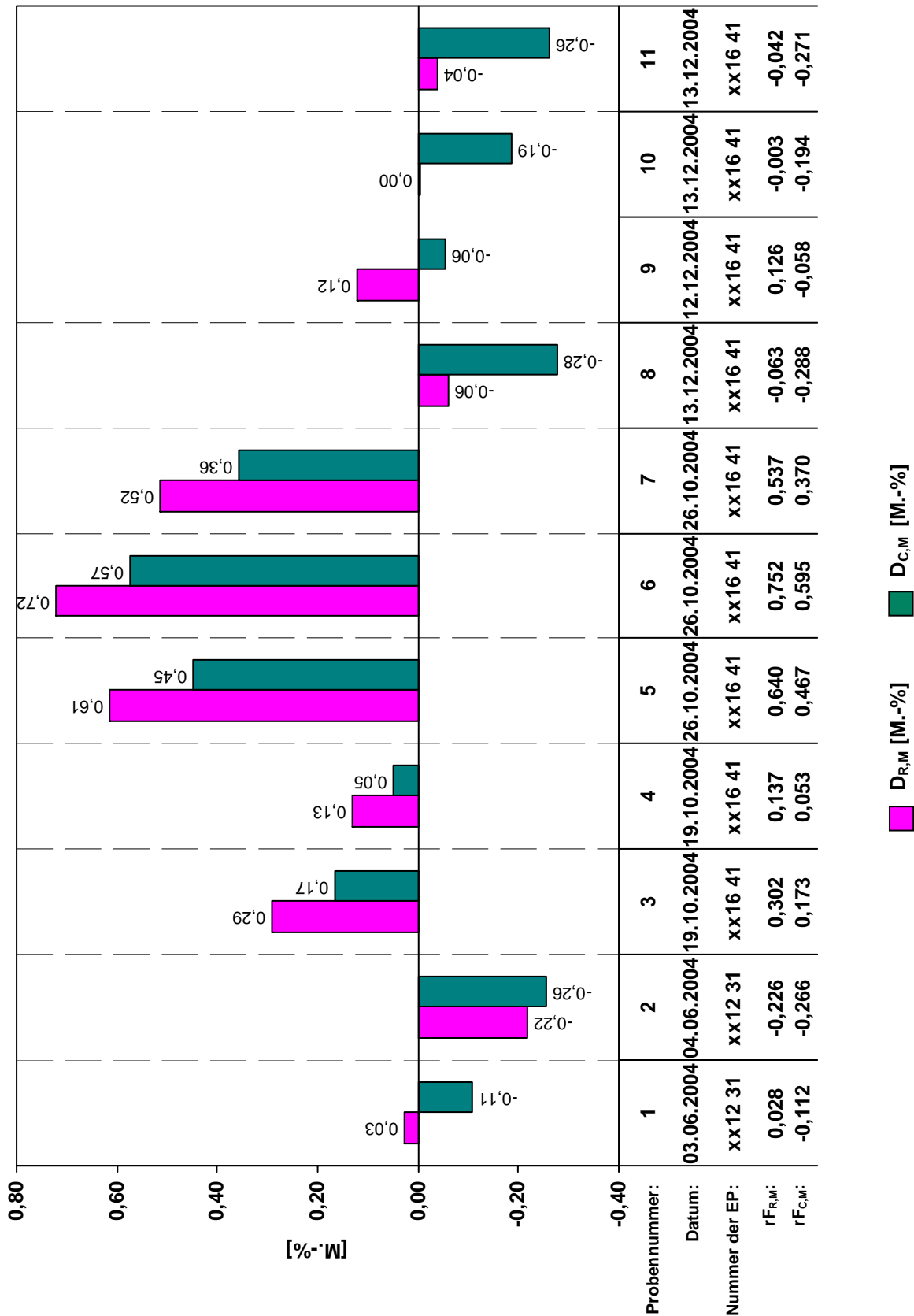
Werk 04; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



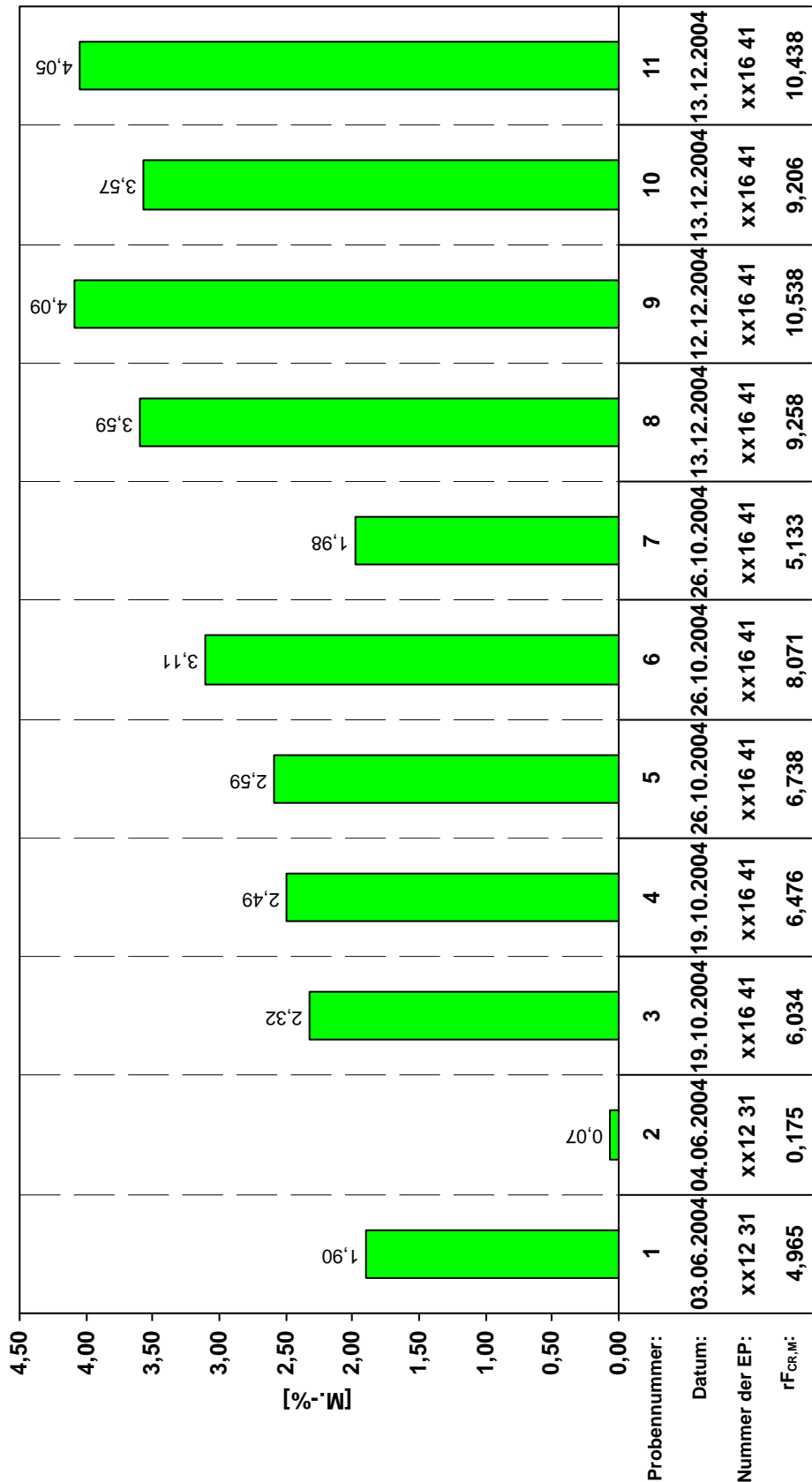
Werk 04; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 04; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

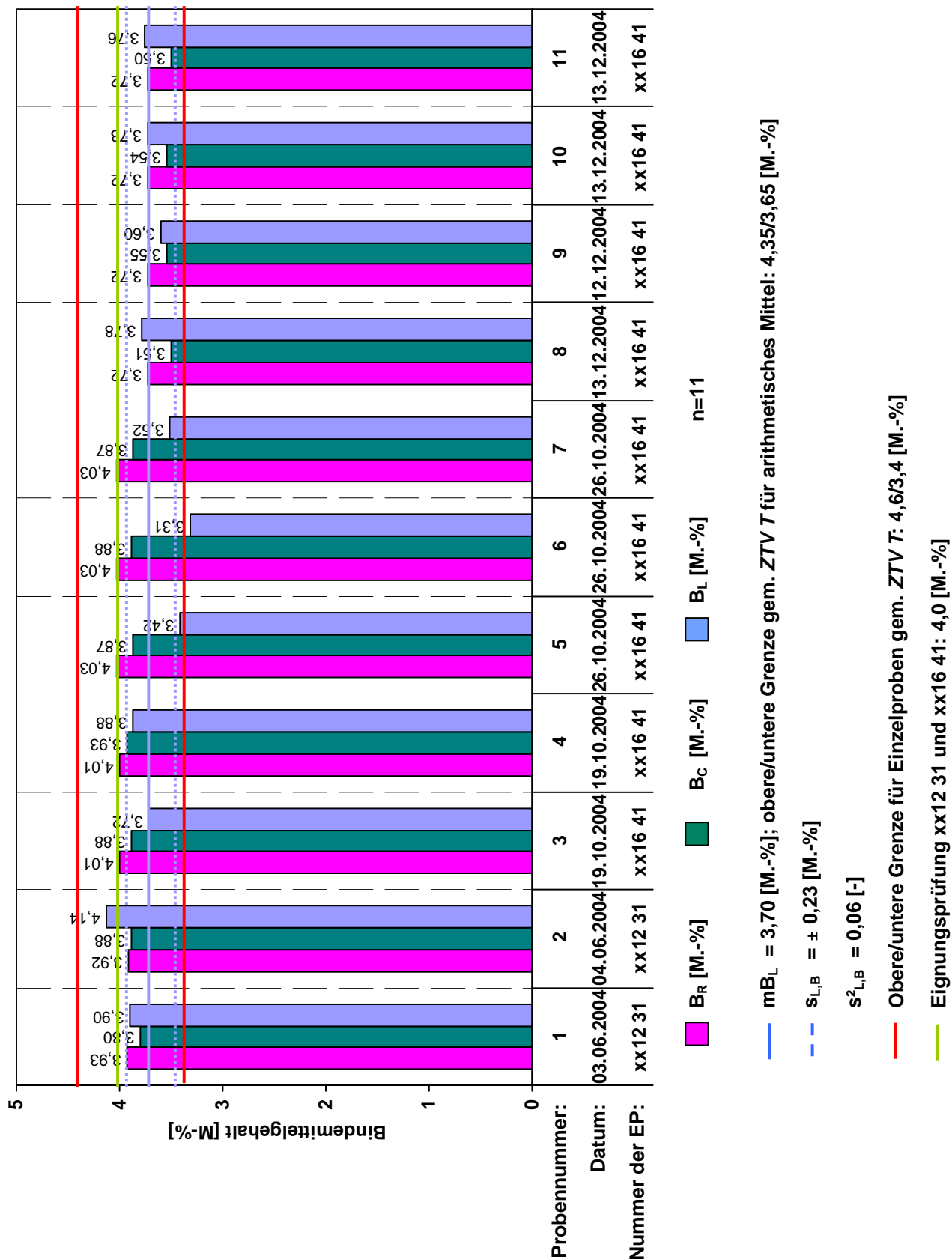
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



$D_{CR,M}$ [%]

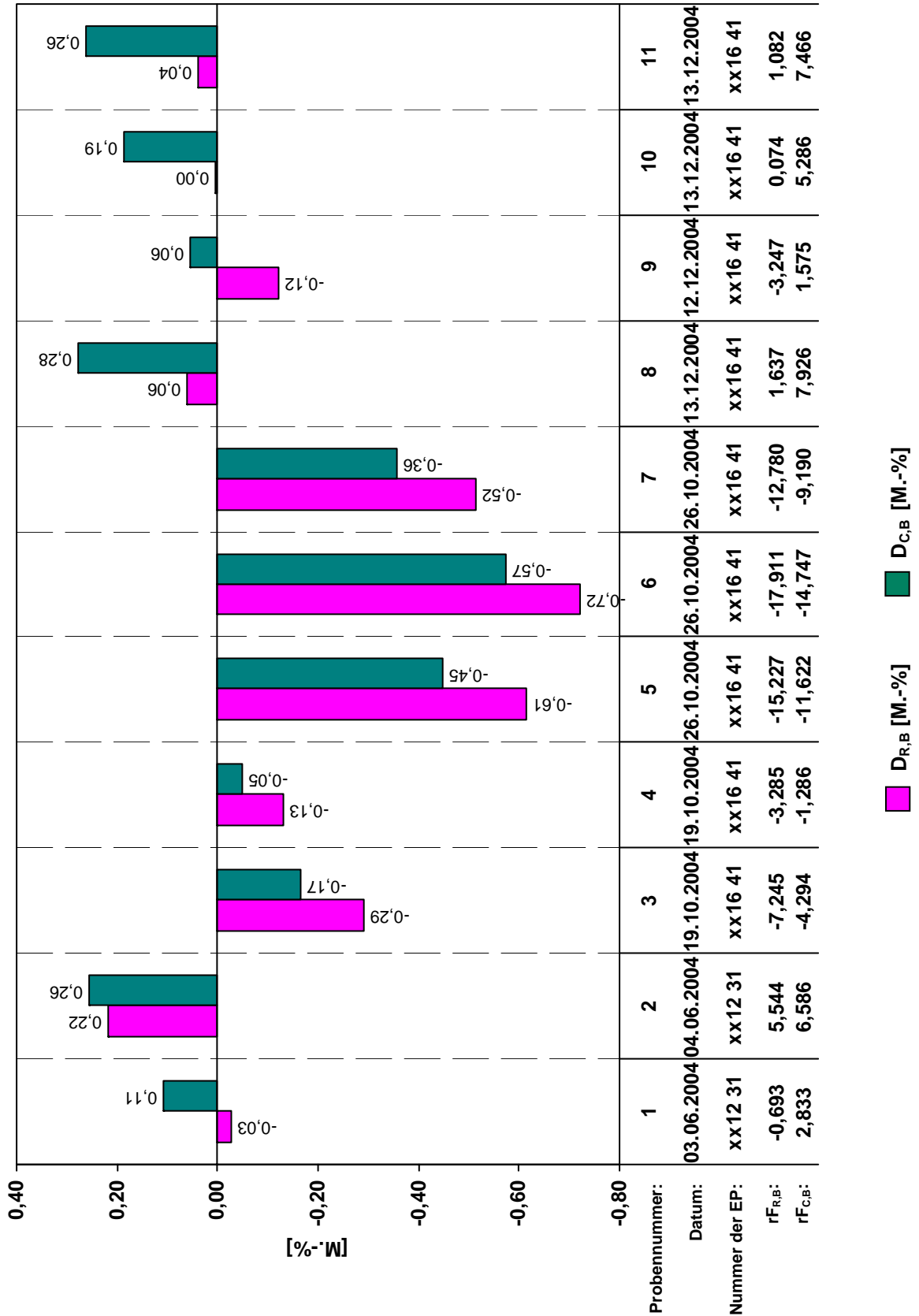
Werk 04; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



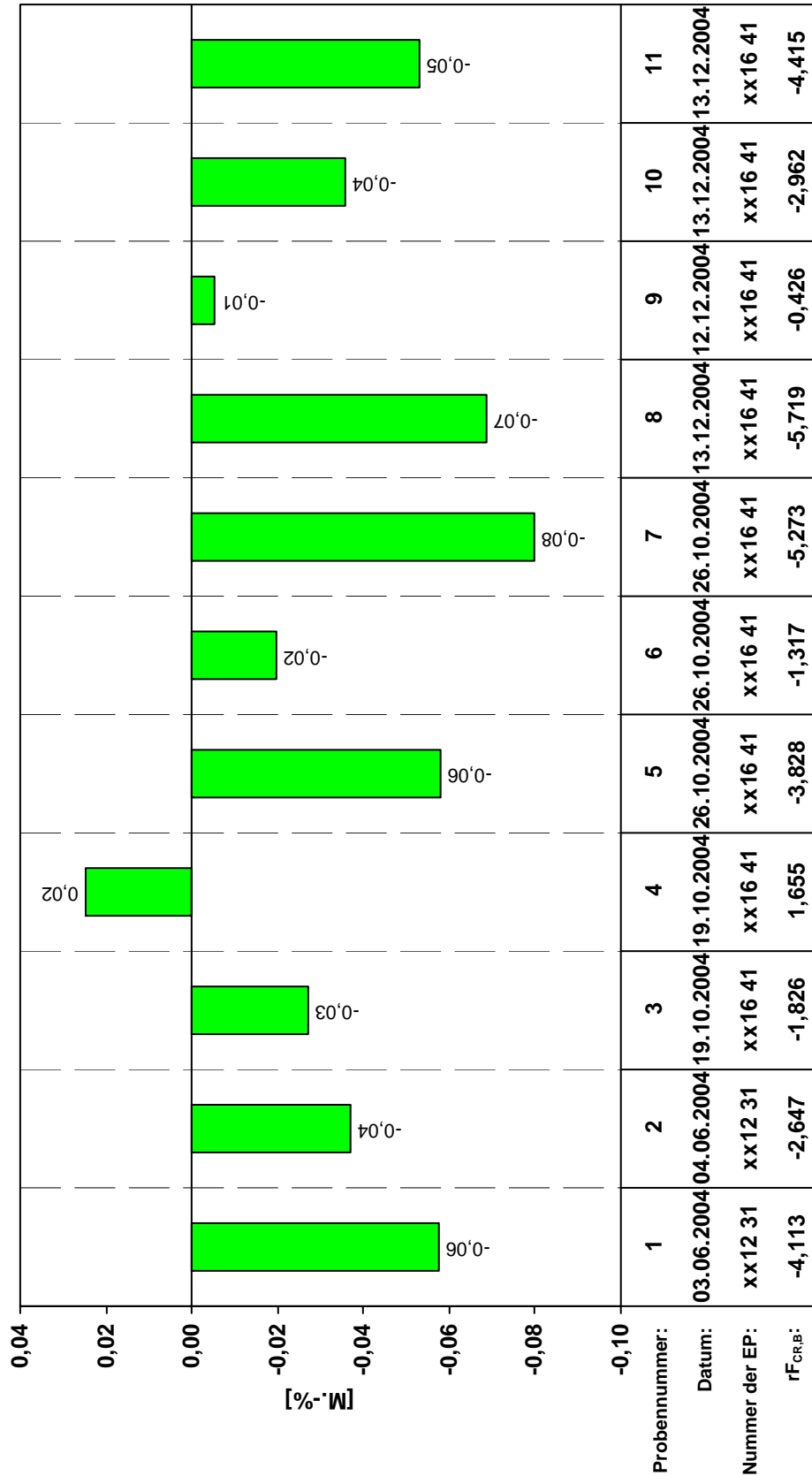
Werk 04; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 04; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

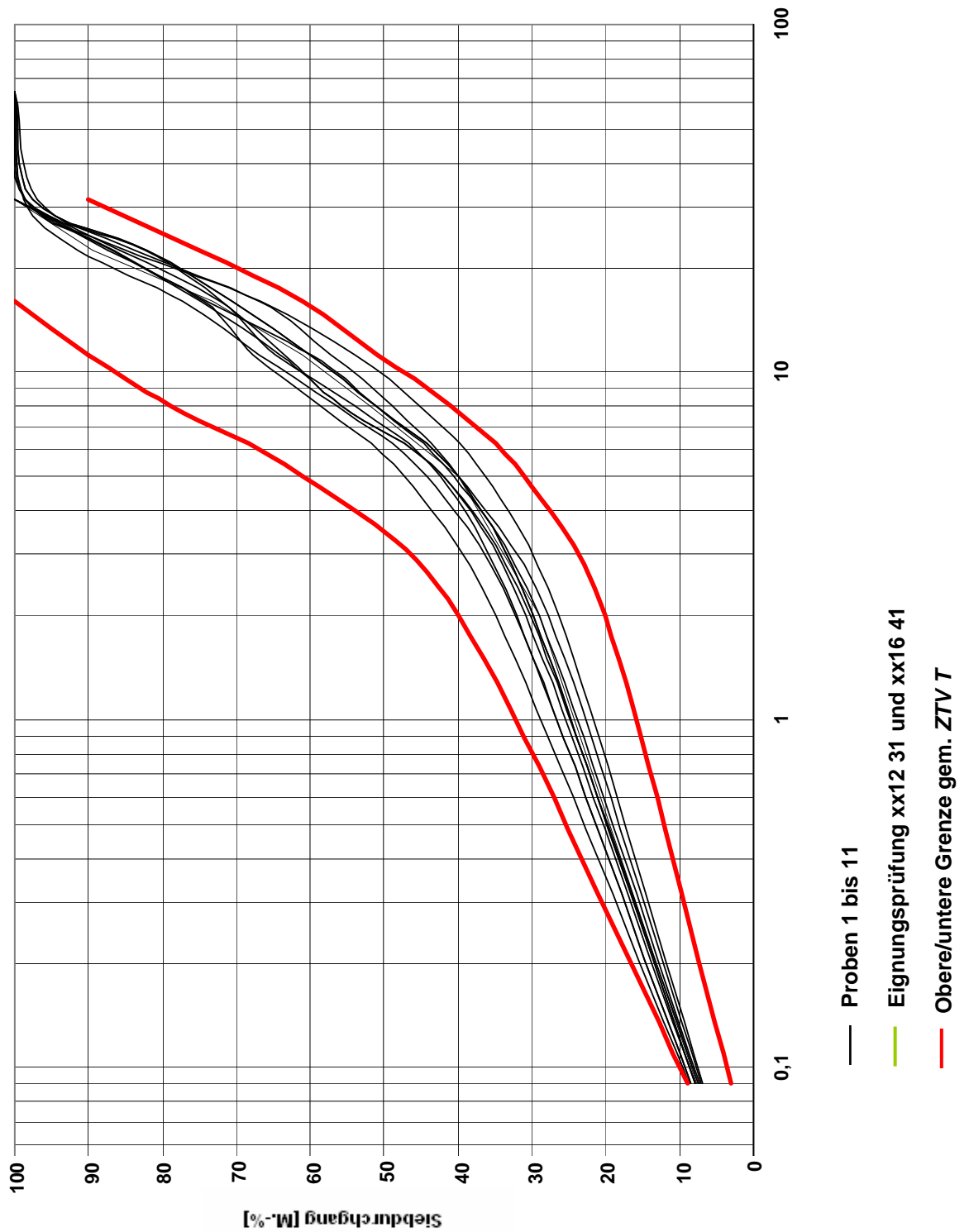
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,B}$ [%]

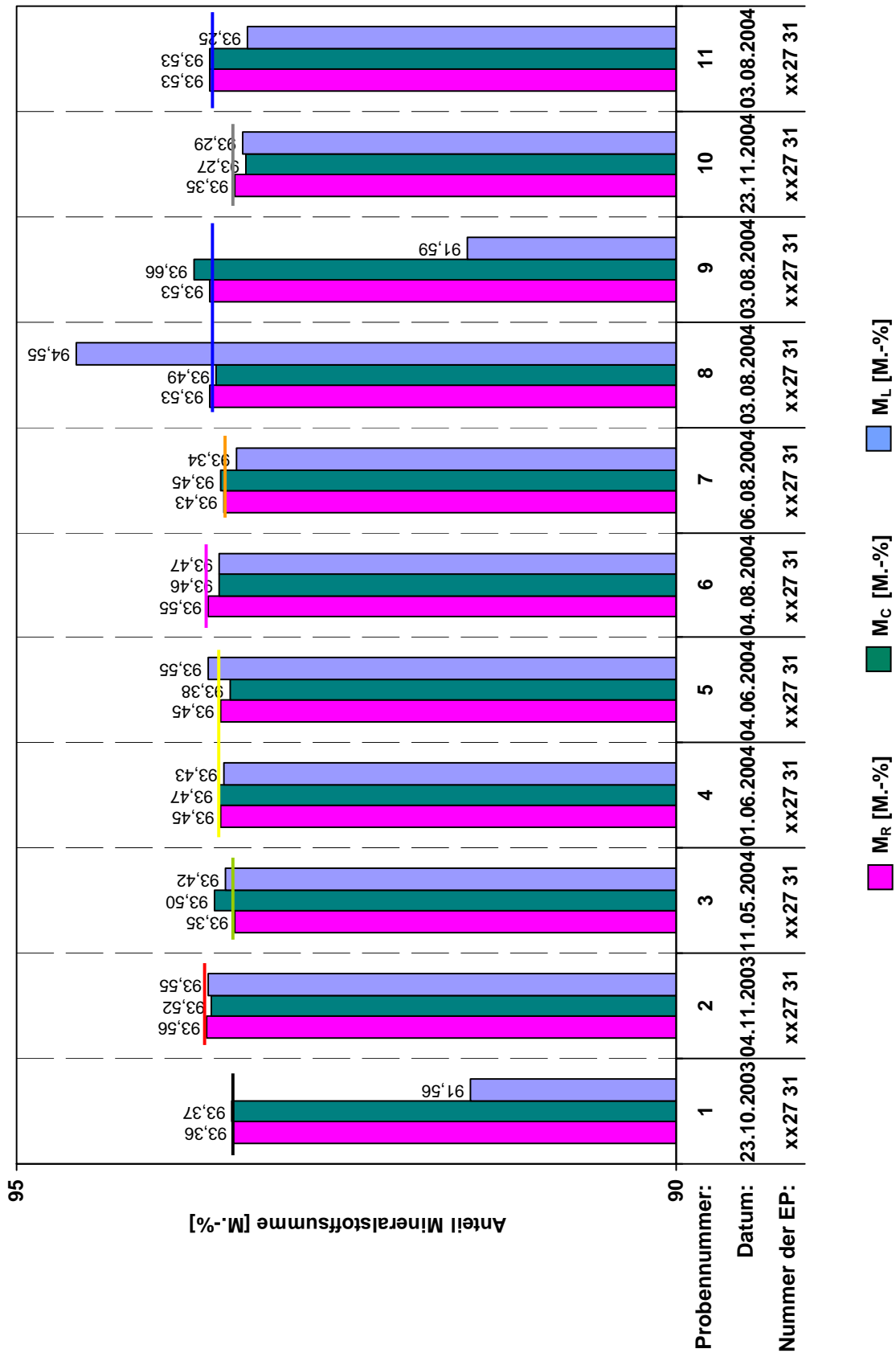
Werk 04; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



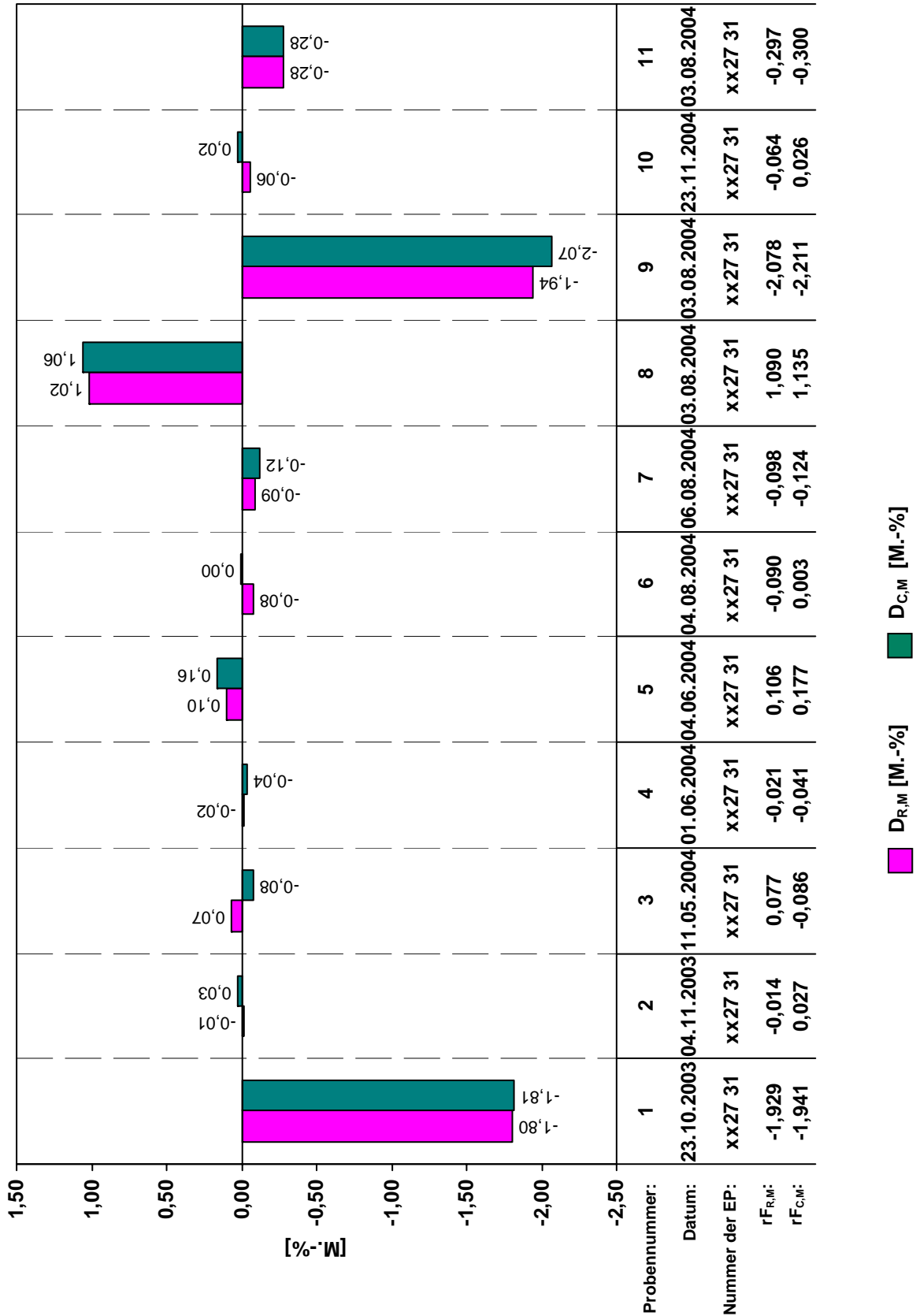
Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



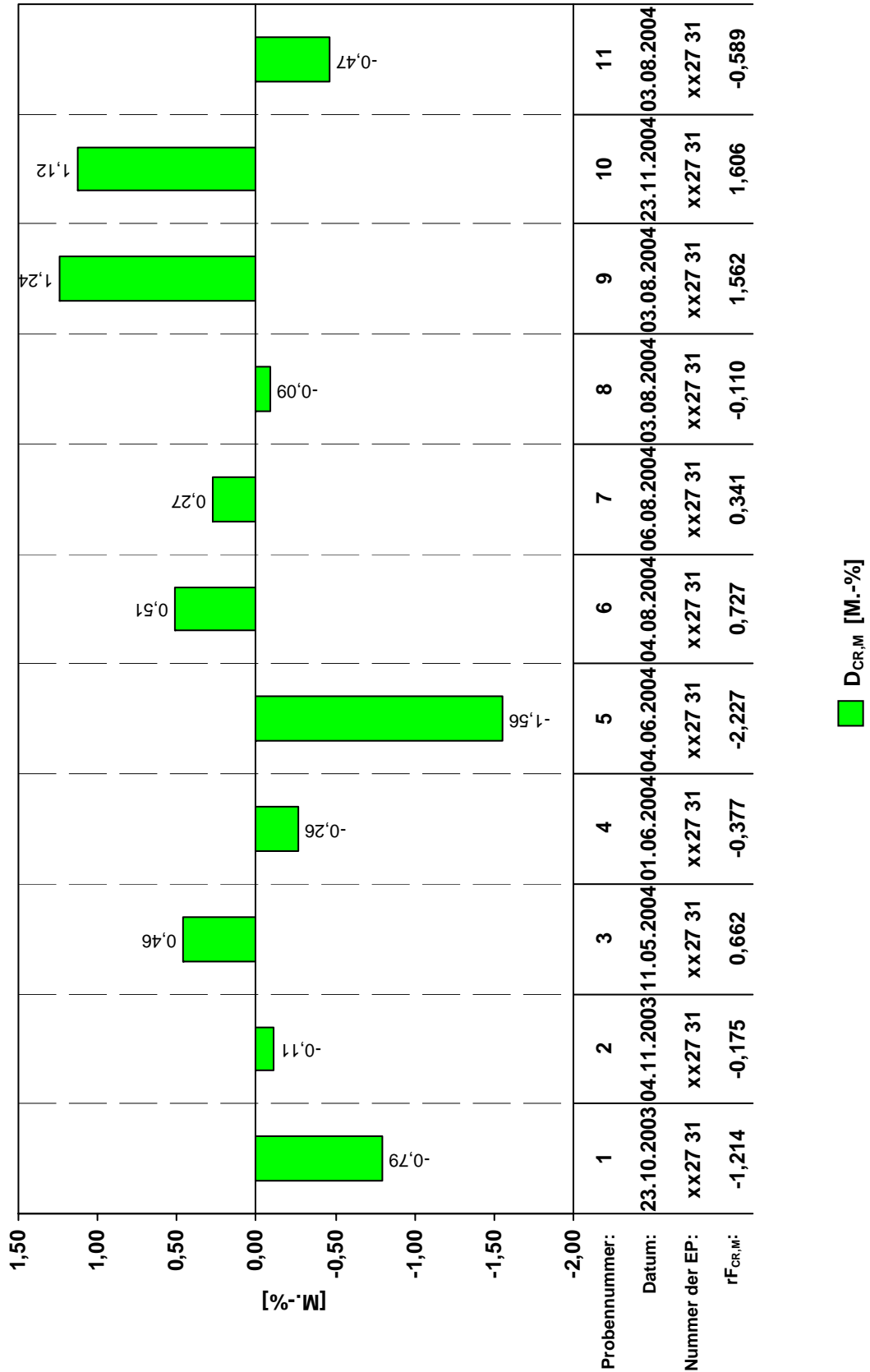
Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



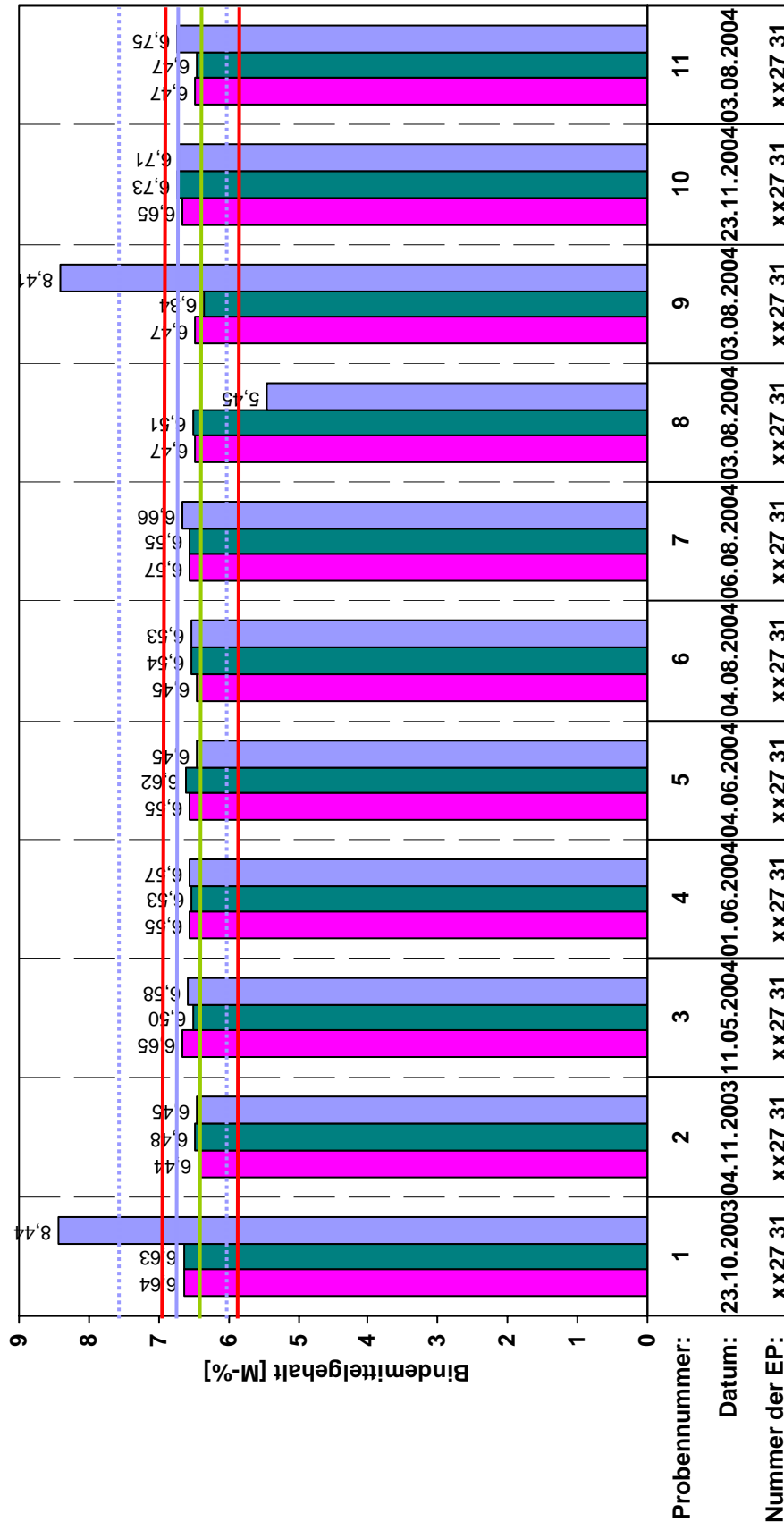
Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnem RC-Anteil)



■ B_R [M.-%]
 ■ B_C [M.-%]
 ■ B_L [M.-%]
 n=11

— m_{BL} = 6,82 [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,7/6,1 [M.-%]

- - - s_{L,B} = ± 0,87 [M.-%]

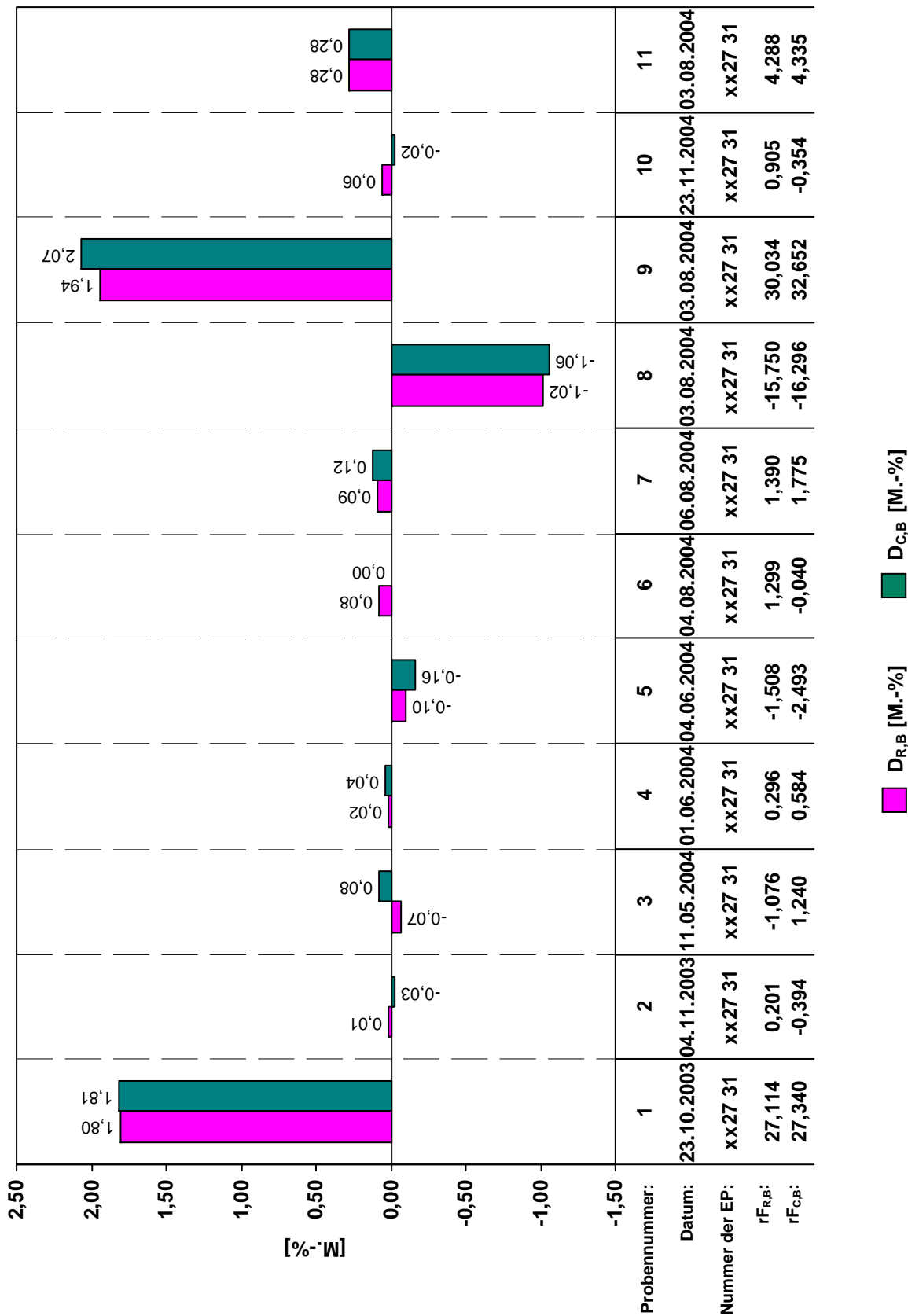
s²_{L,B} = 0,76 [-]

— Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 6,9/5,9 [M.-%]

— Eignungsprüfung xx27 31: 6,4 [M.-%]

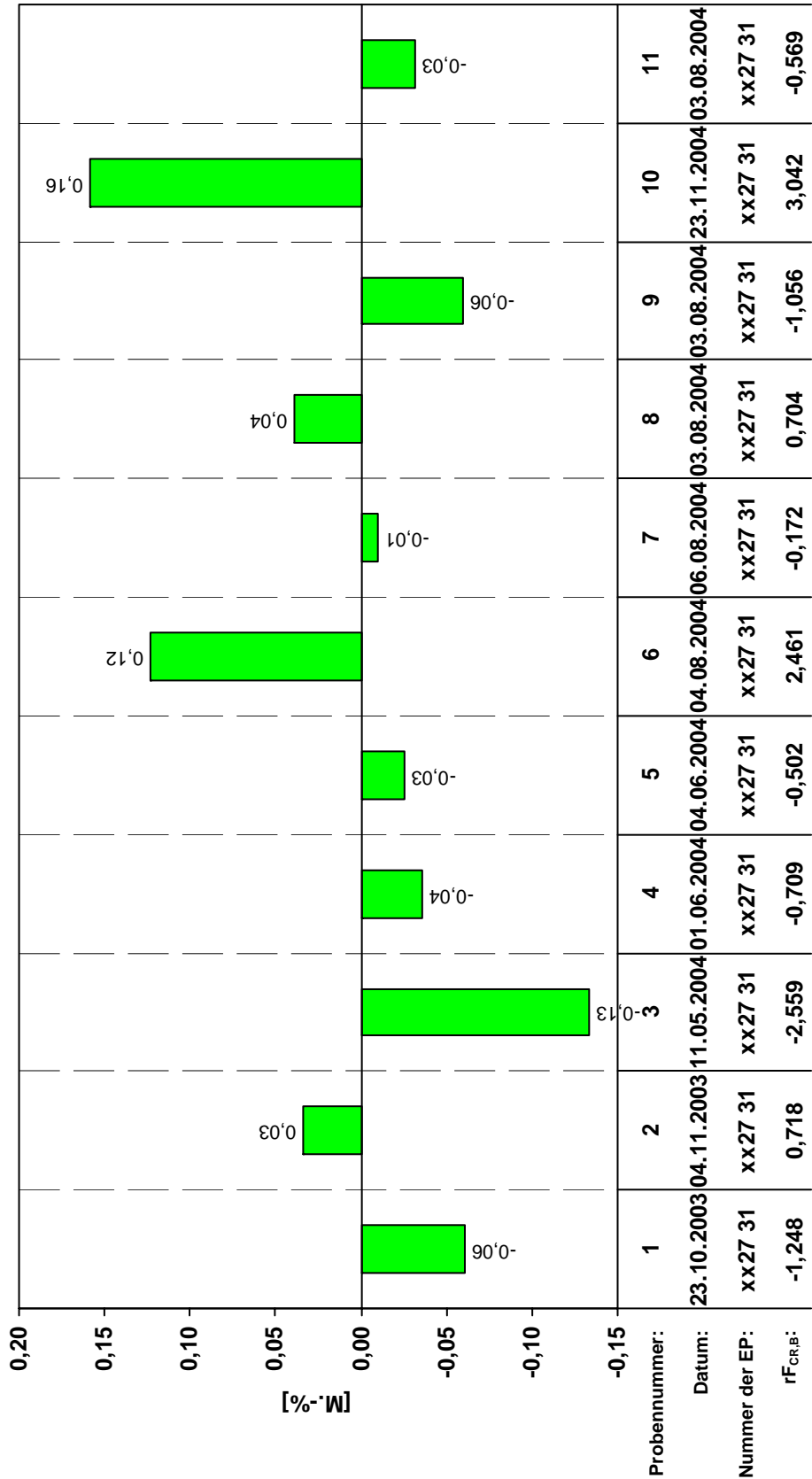
Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

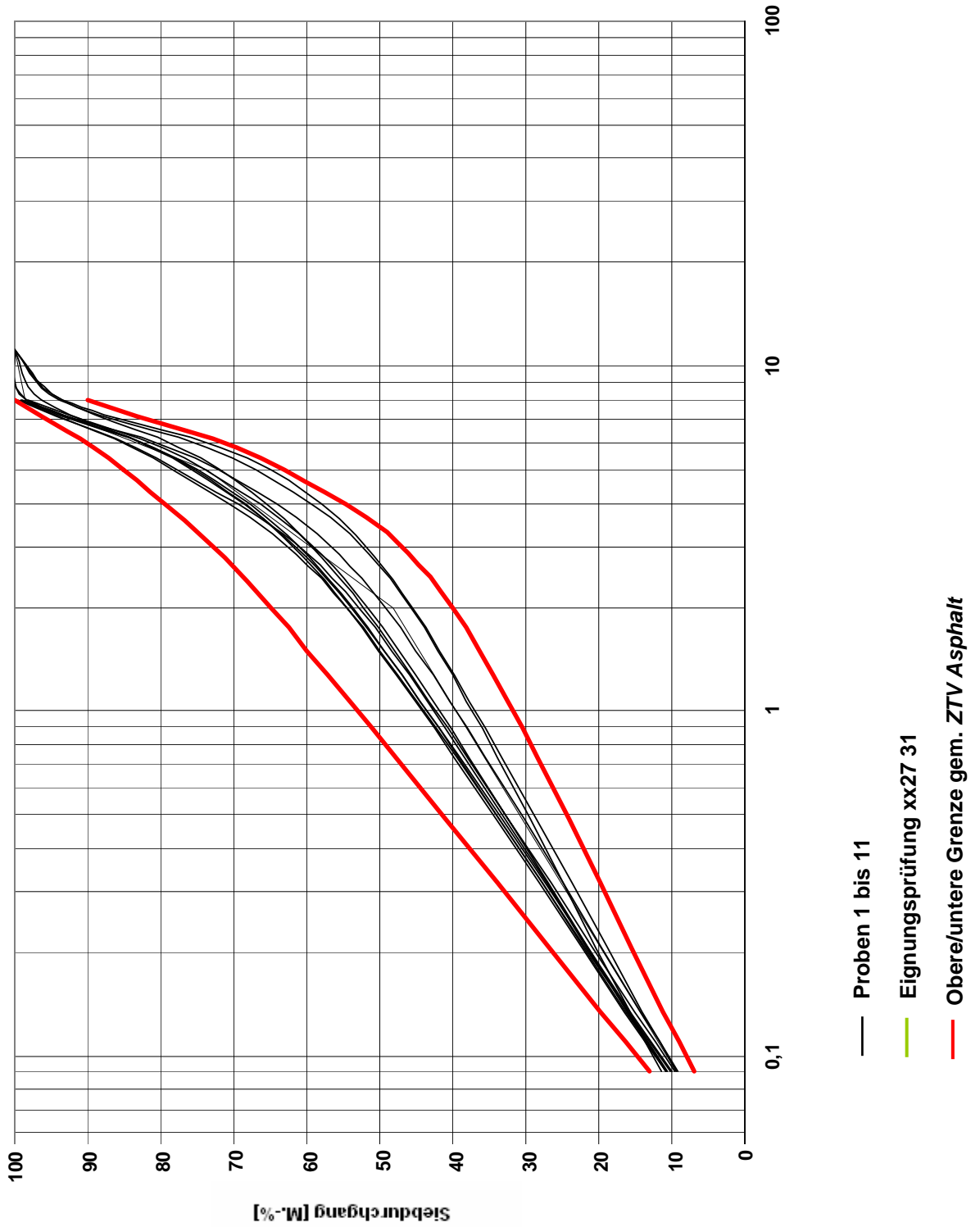
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



 $D_{CR,B}$ [M.-%]

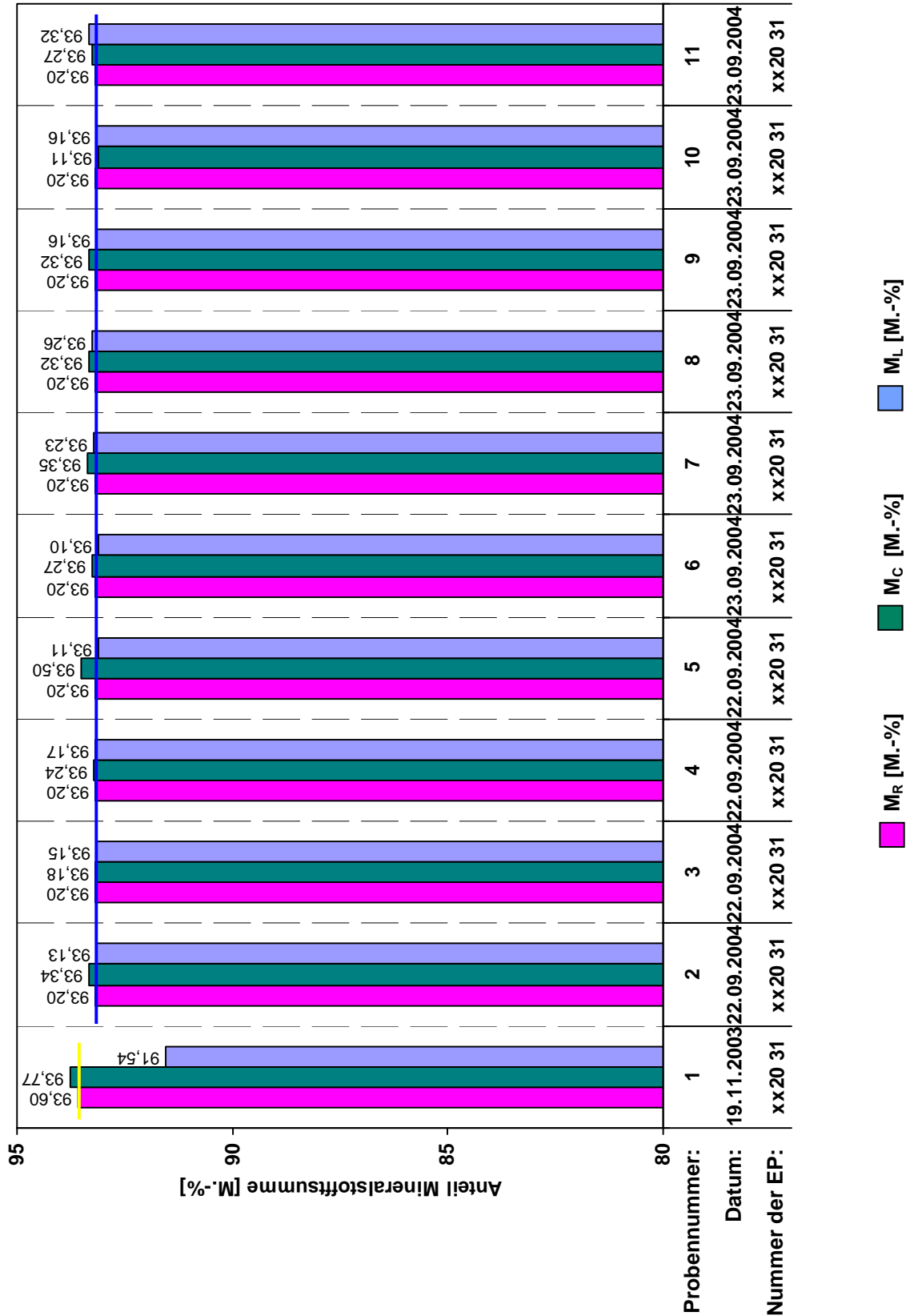
Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



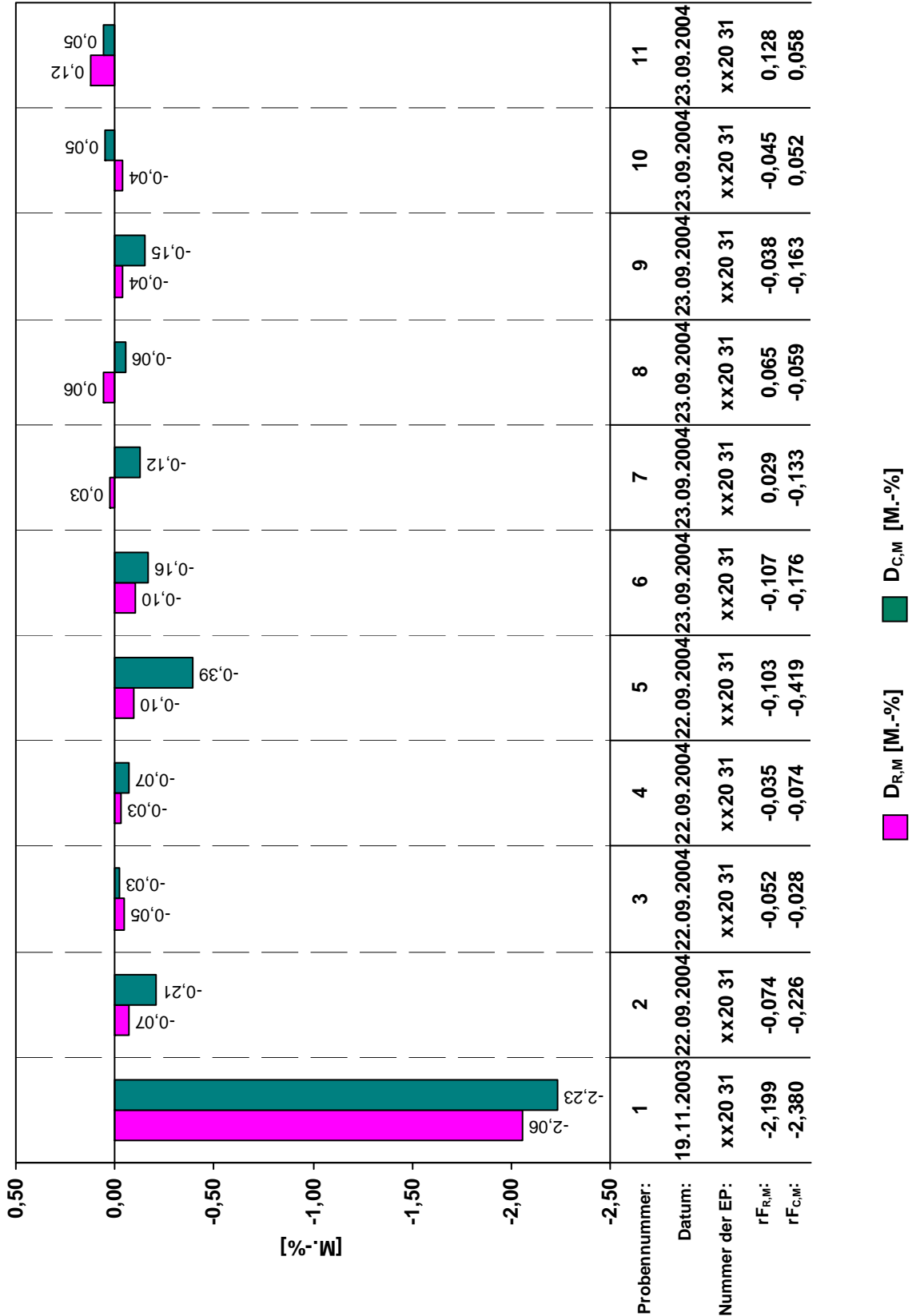
Werk 06; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



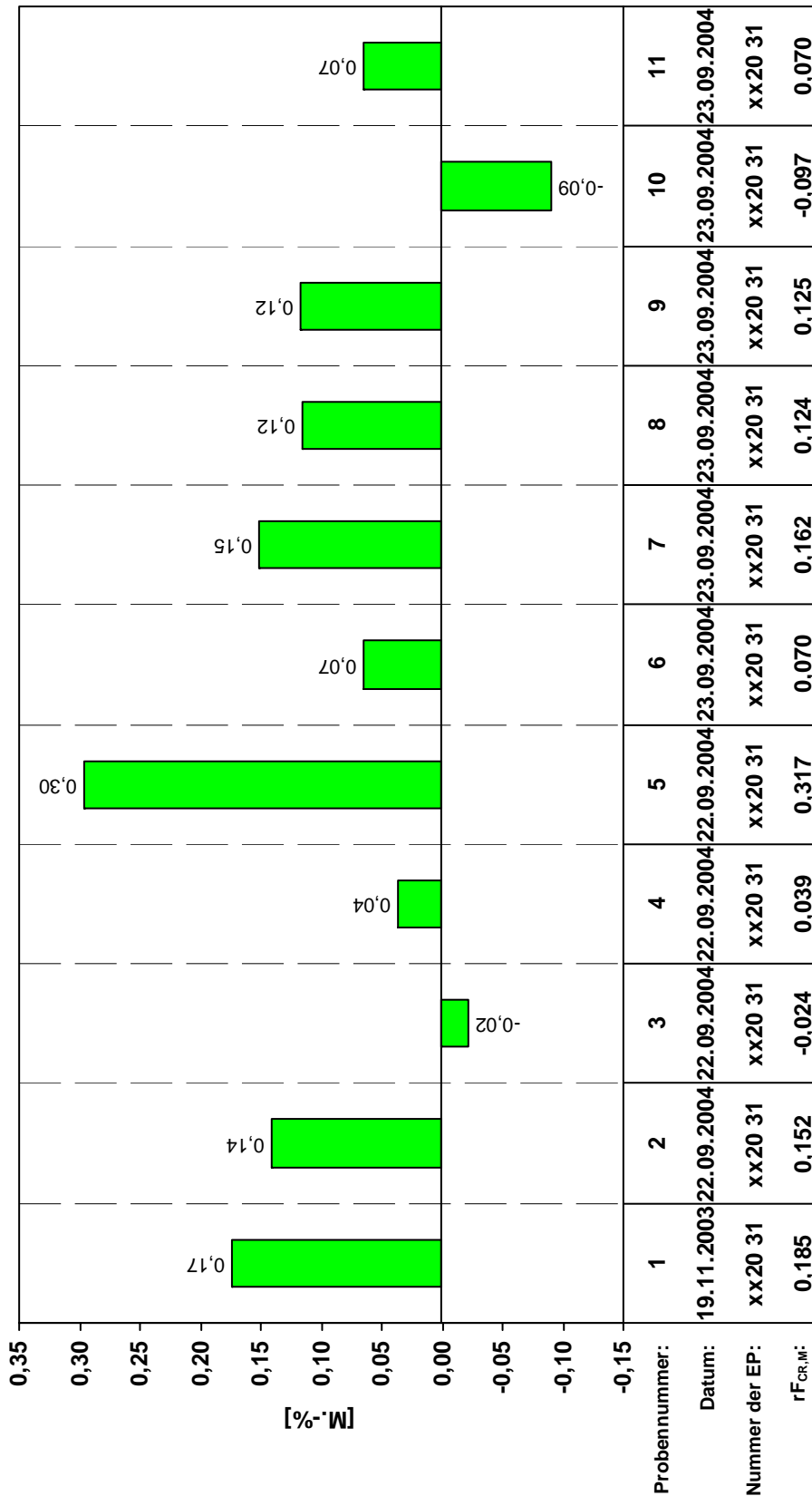
Werk 06; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 06; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

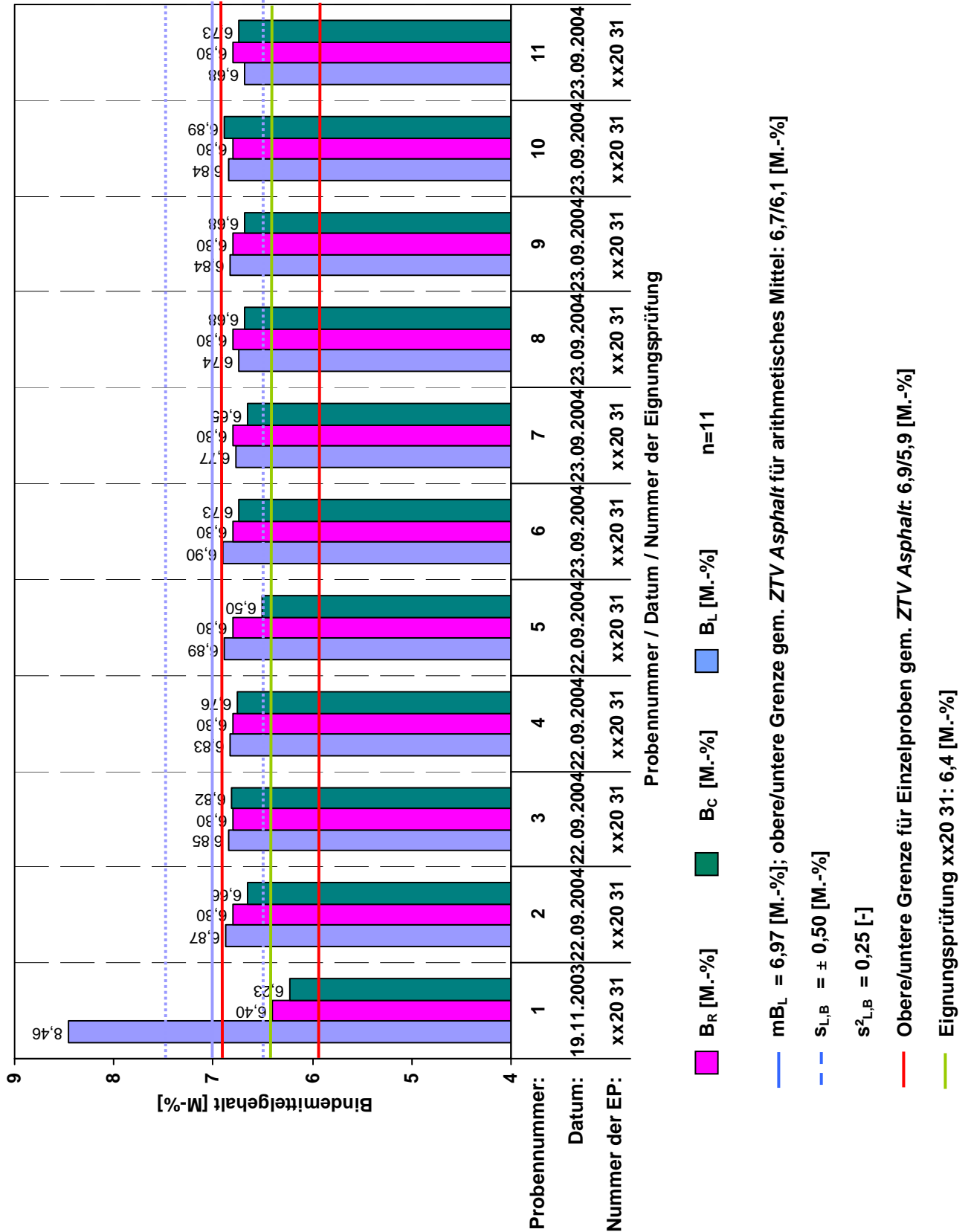
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

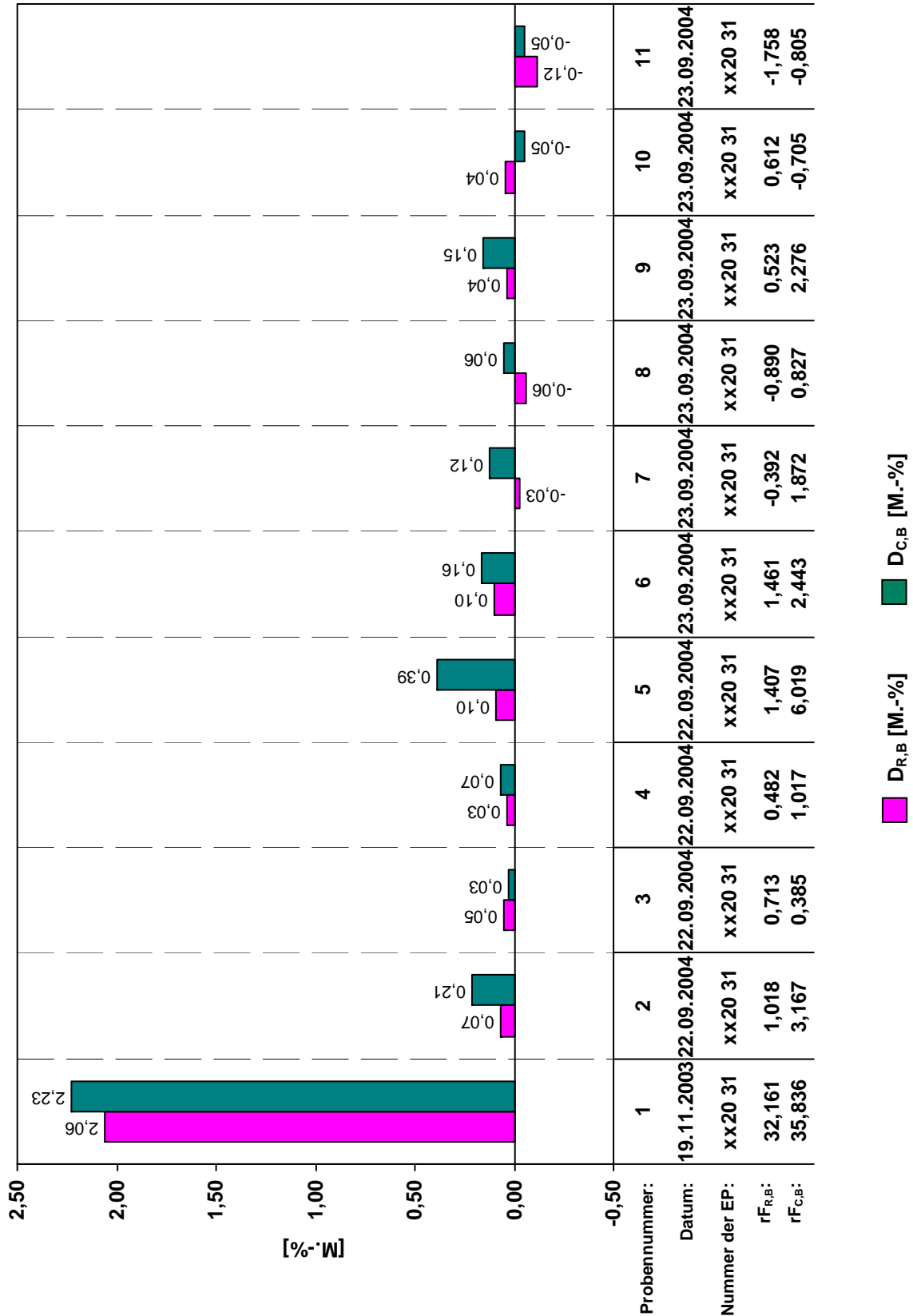
Werk 06; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



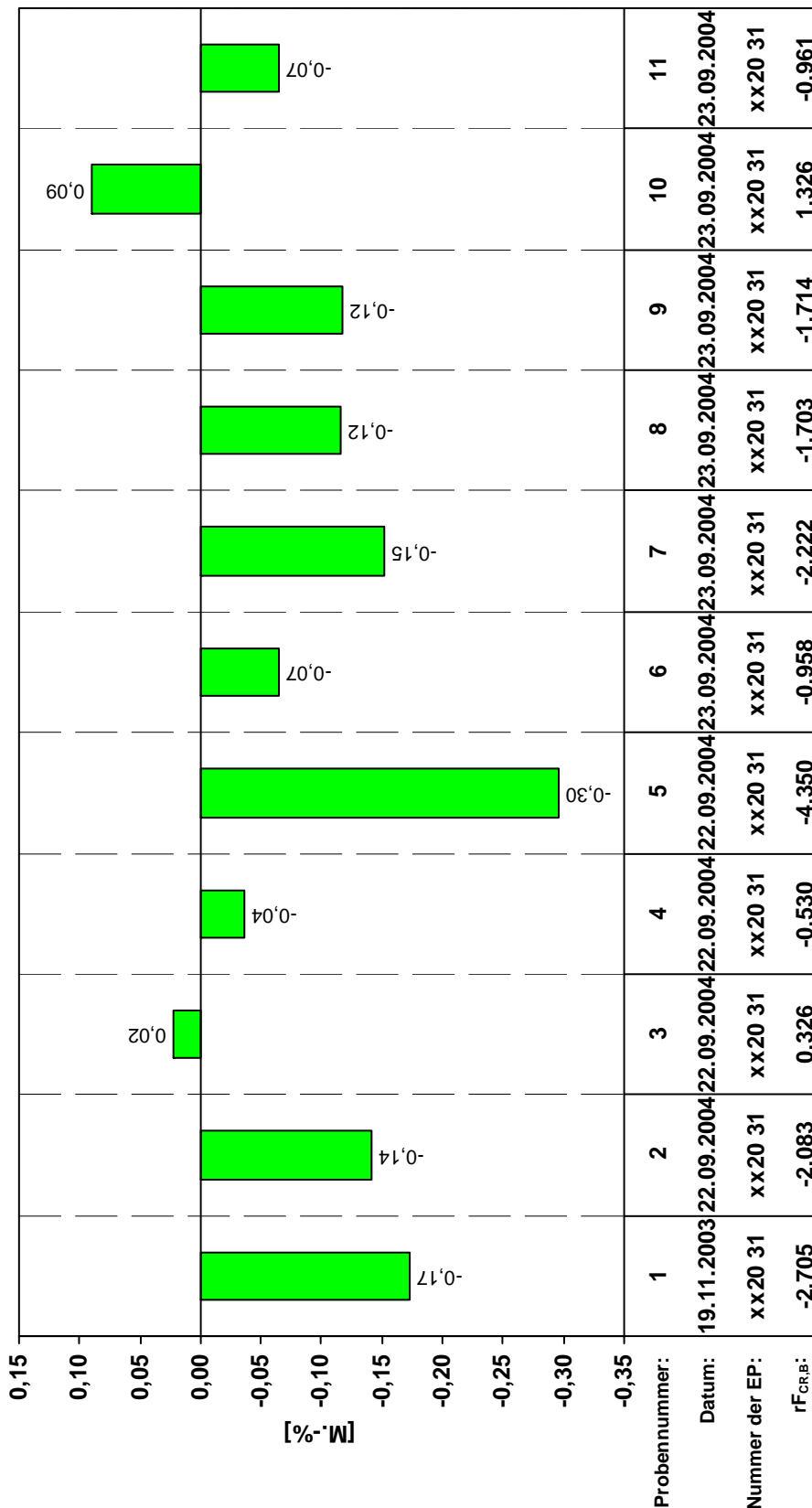
Werk 06; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 06; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

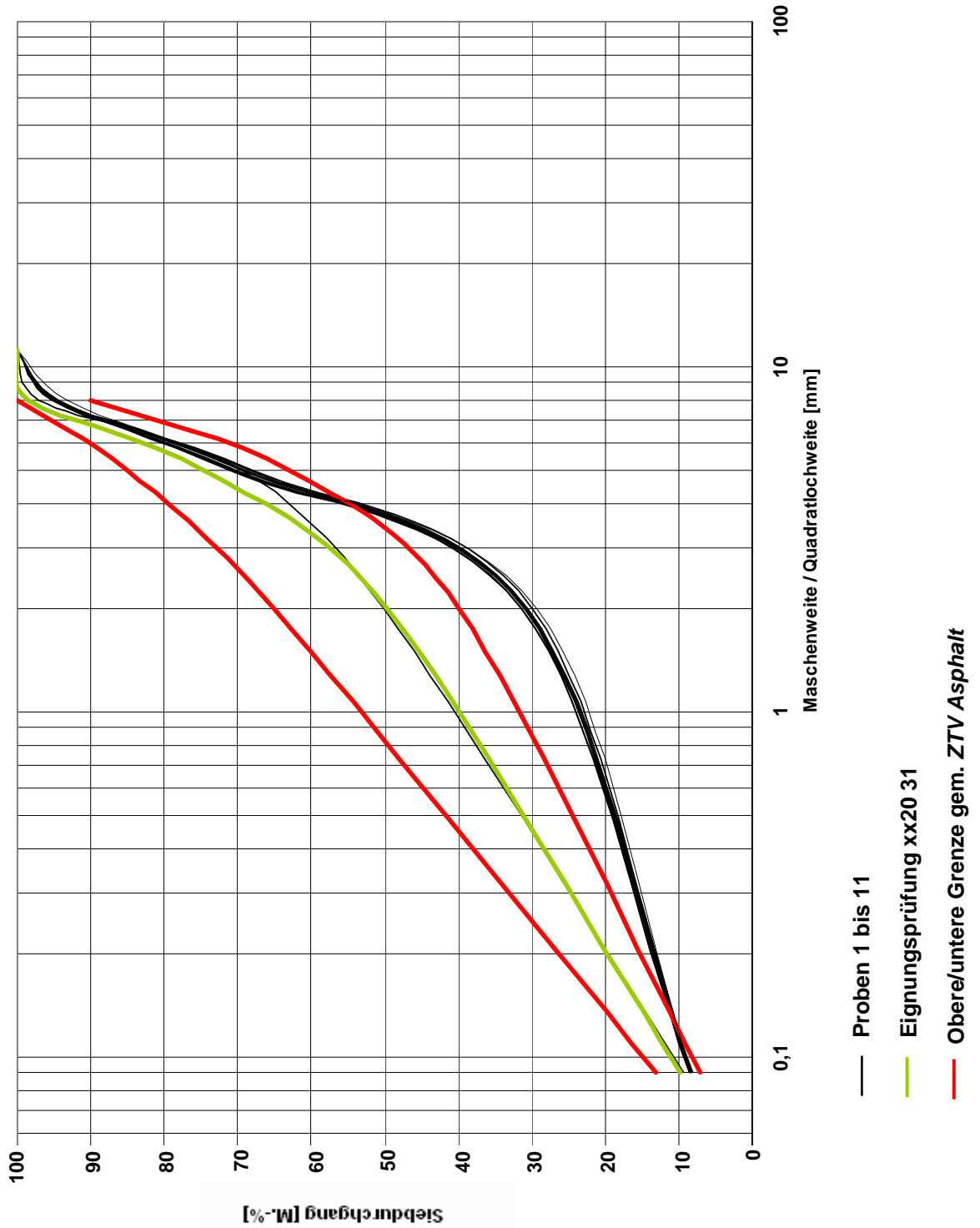
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,B}$ [M.-%]

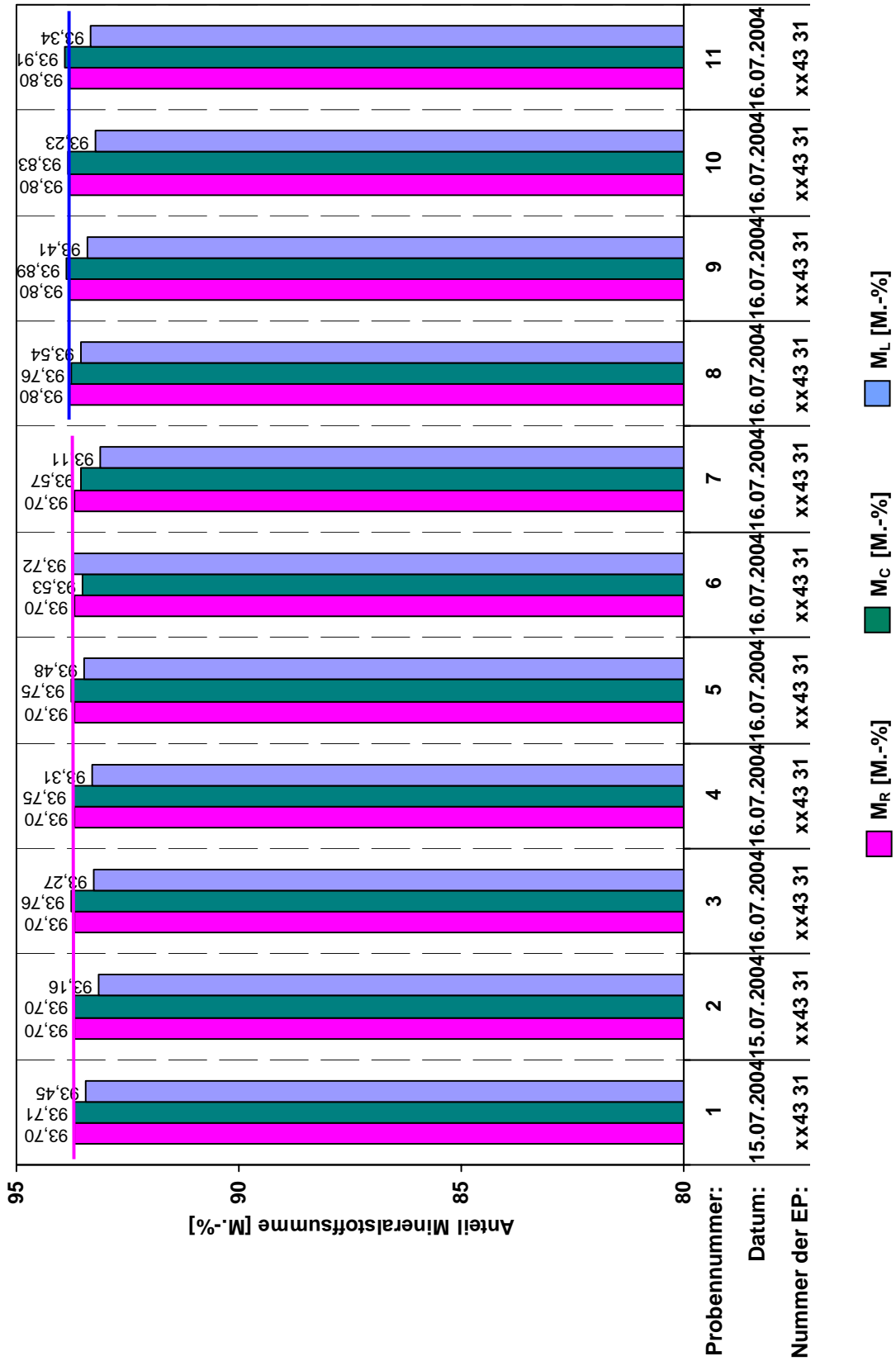
Werk 06; AB 0/8 ohne Asphaltgranulat

Sieblinien-Diagramme (Probe 1 bis 11)



Werk 06; SMA 0/11 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme



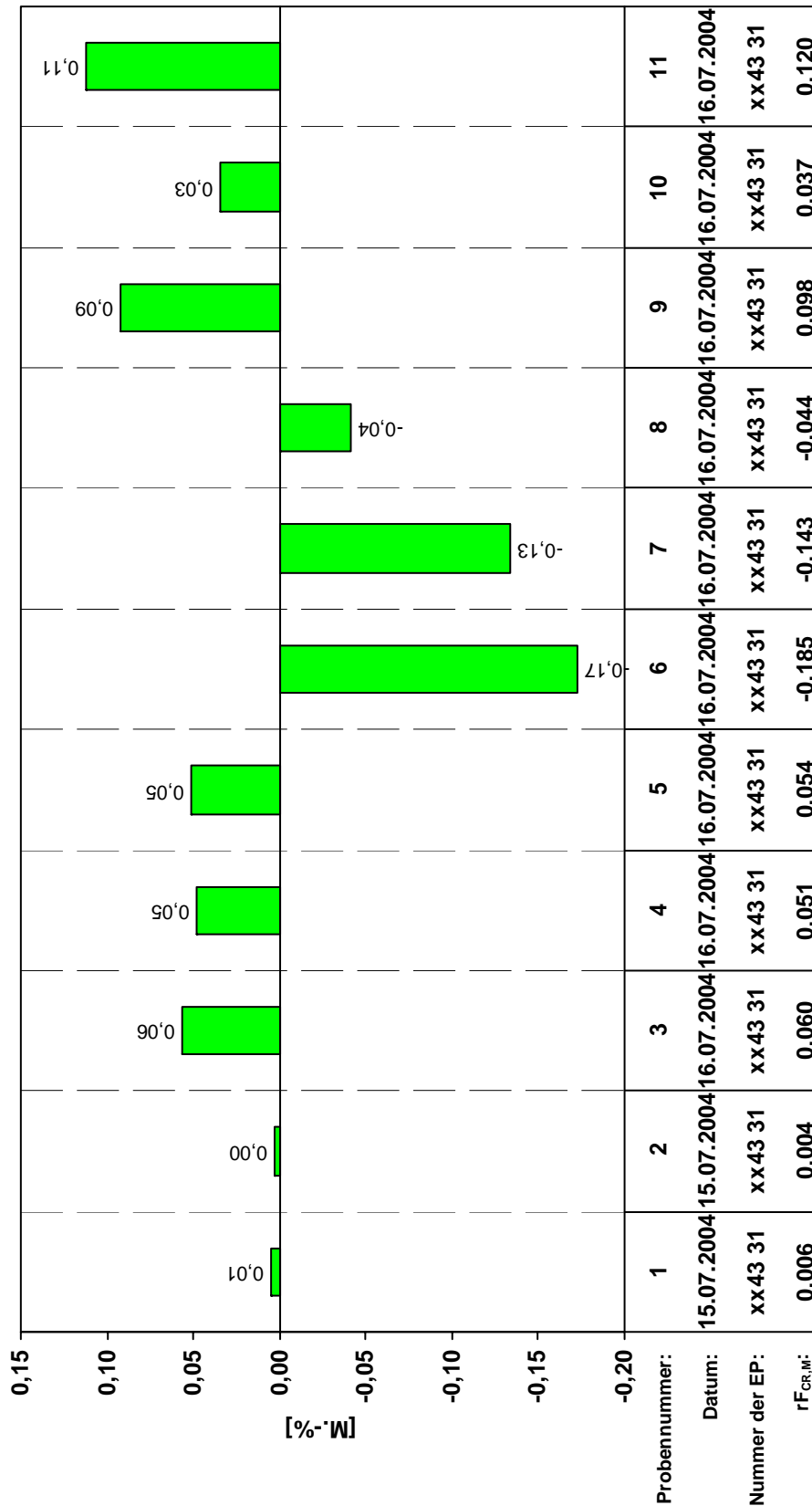
Werk 06; SMA 0/11 S

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 06; SMA 0/11 S

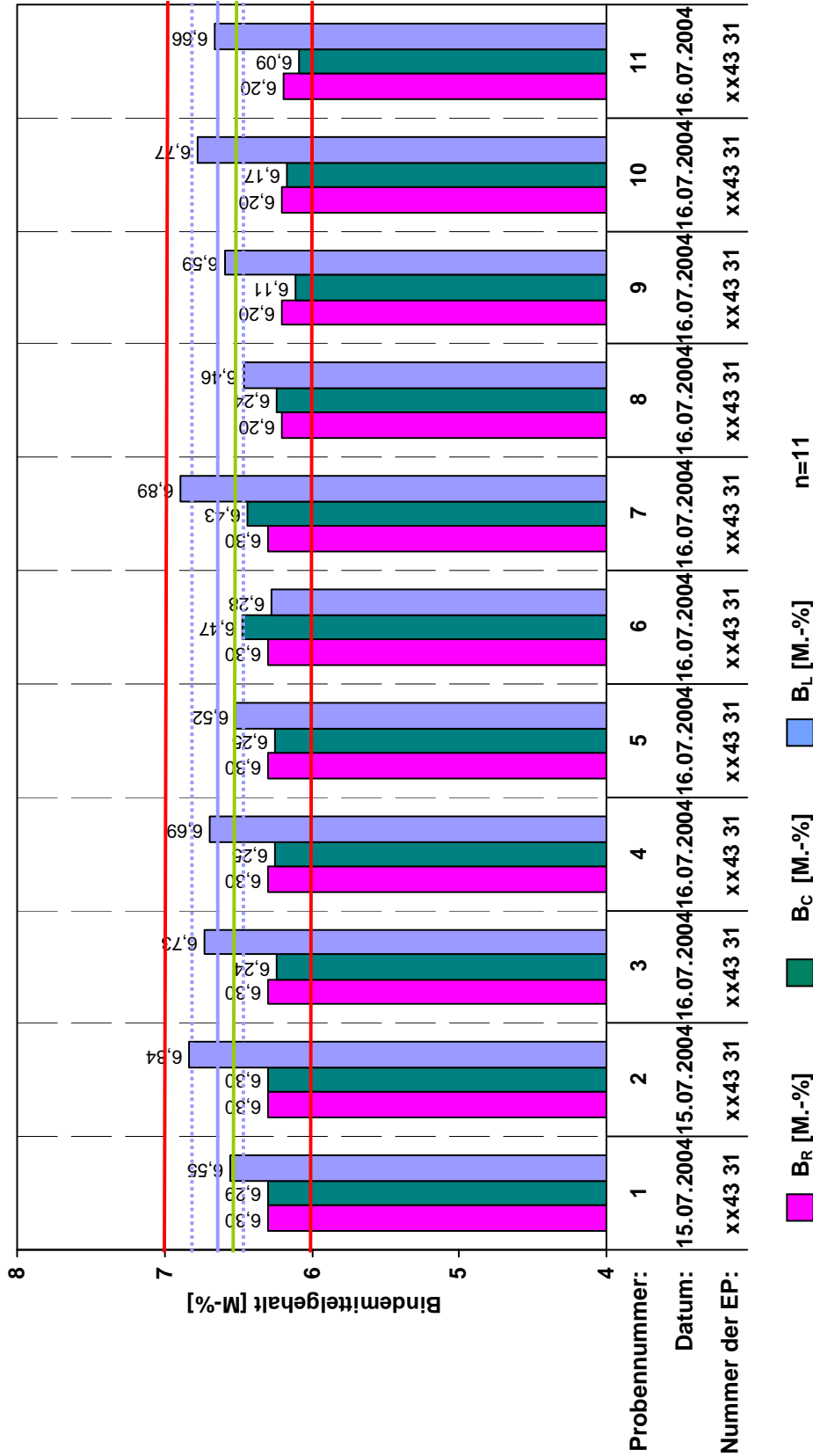
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 06; SMA 0/11 S

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt



$m_{B_L} = 6,63$ [M.-%]; obere/untere Grenze gem. ZTV Asphalt für arithmetisches Mittel: 6,8/6,2 [M.-%]

$S_{L,B} = \pm 0,18$ [M.-%]

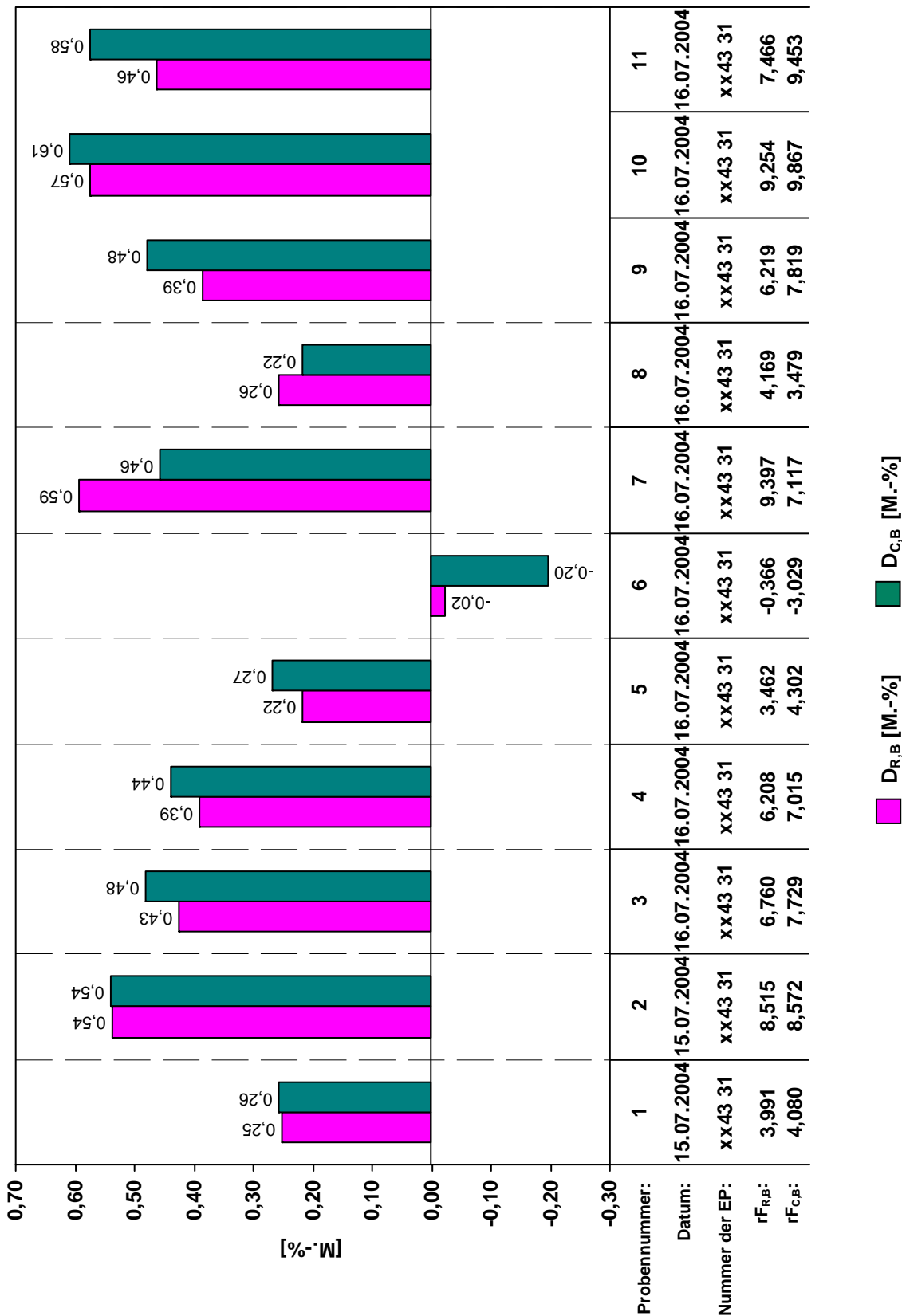
$s^2_{L,B} = 0,03$ [-]

Obere/untere Grenze für Einzelproben gem. ZTV Asphalt: 7,0/6,0 [M.-%]

Eignungsprüfung xx43 31: 6,5 [M.-%]

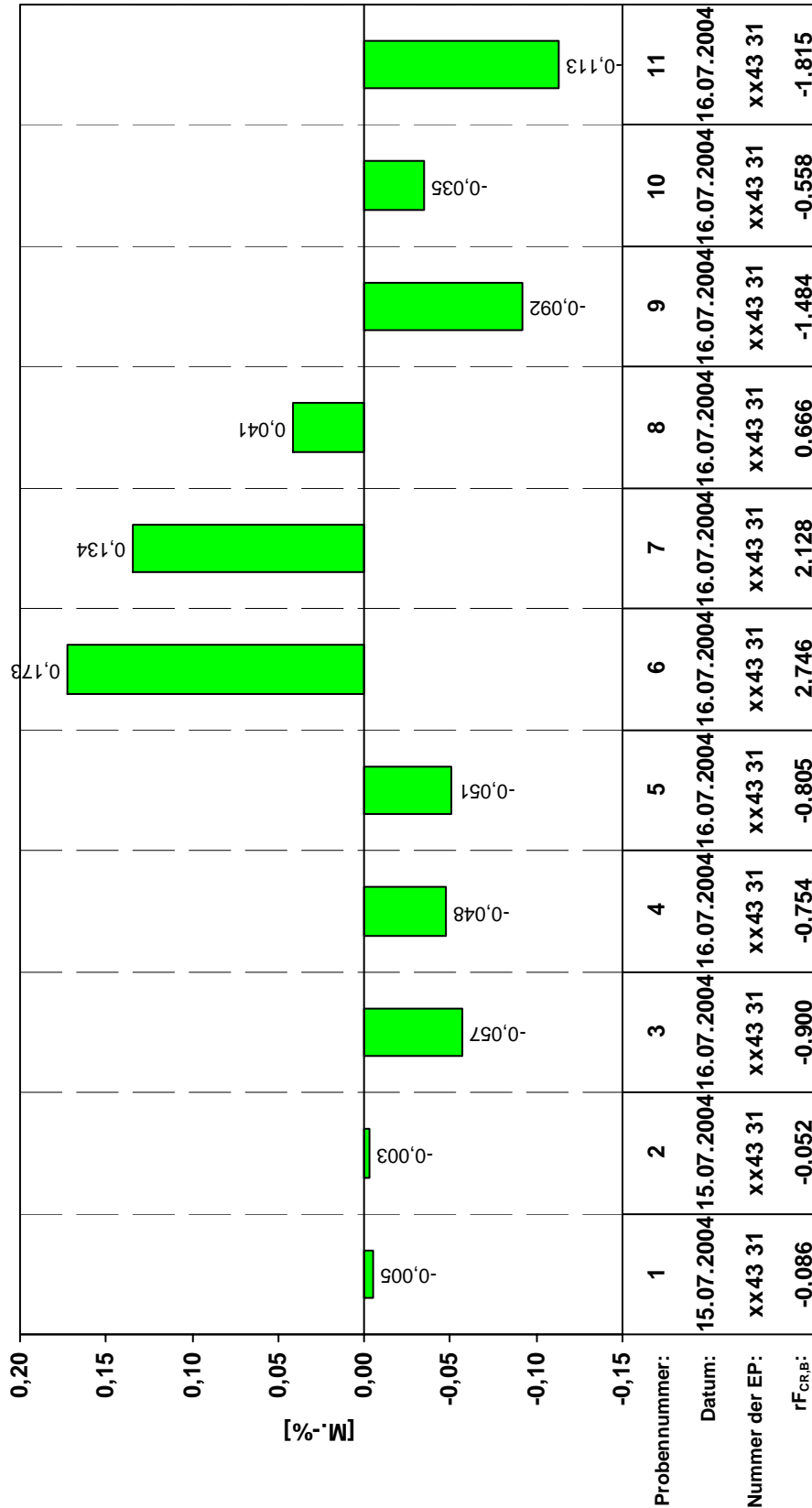
Werk 06; SMA 0/11 S

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert



Werk 06; SMA 0/11 S

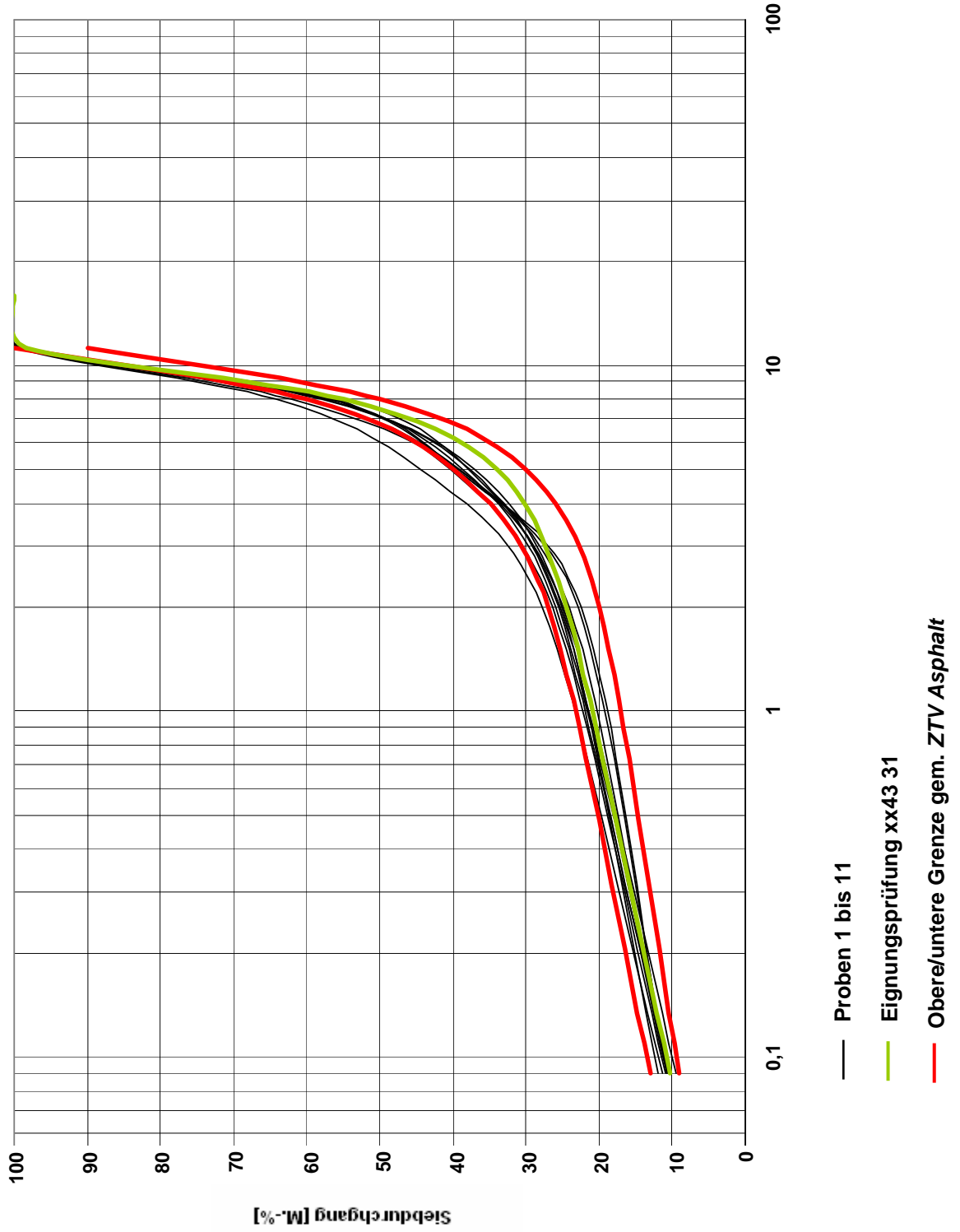
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,B}$ [M.-%]

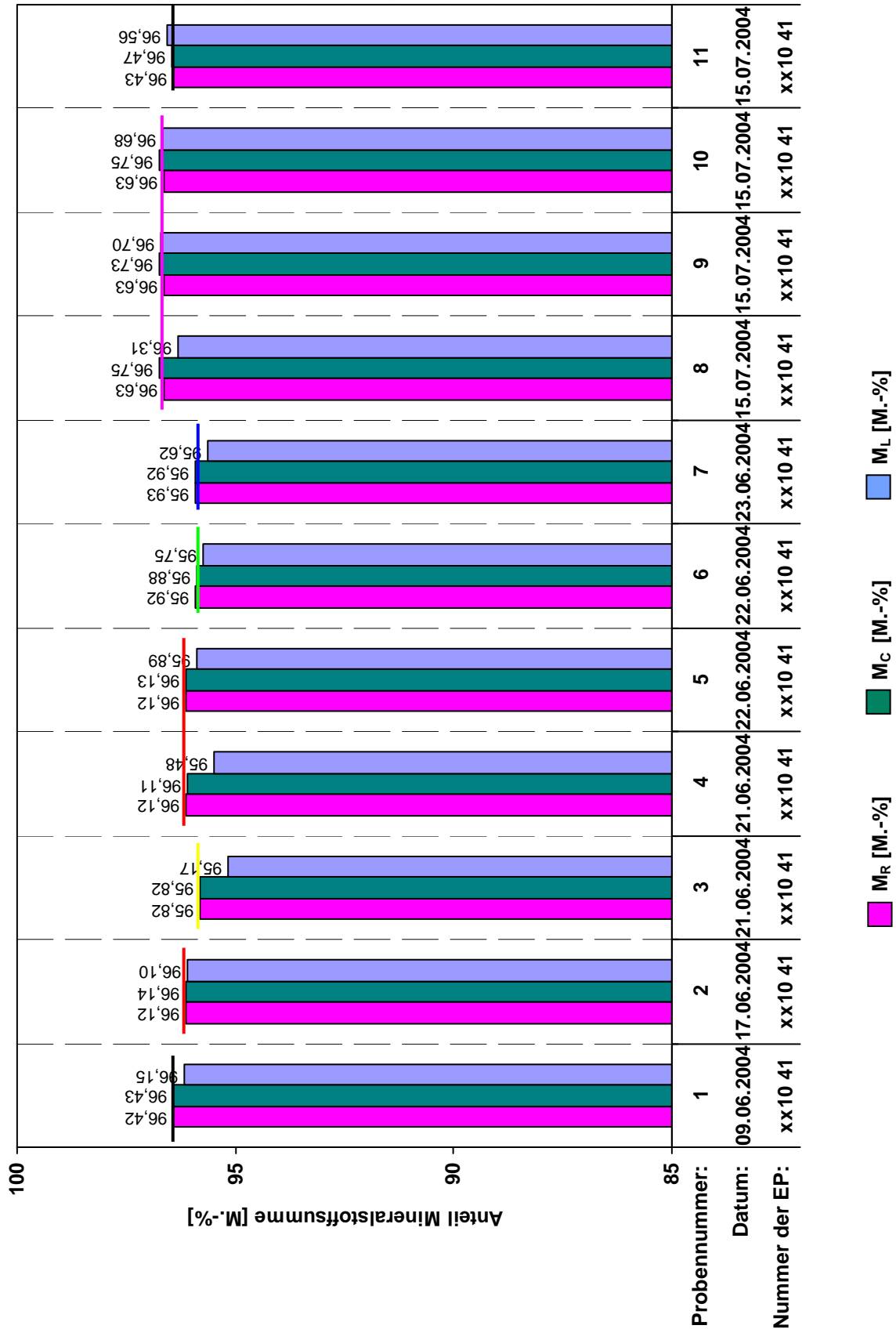
Werk 06; SMA 0/11 S

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



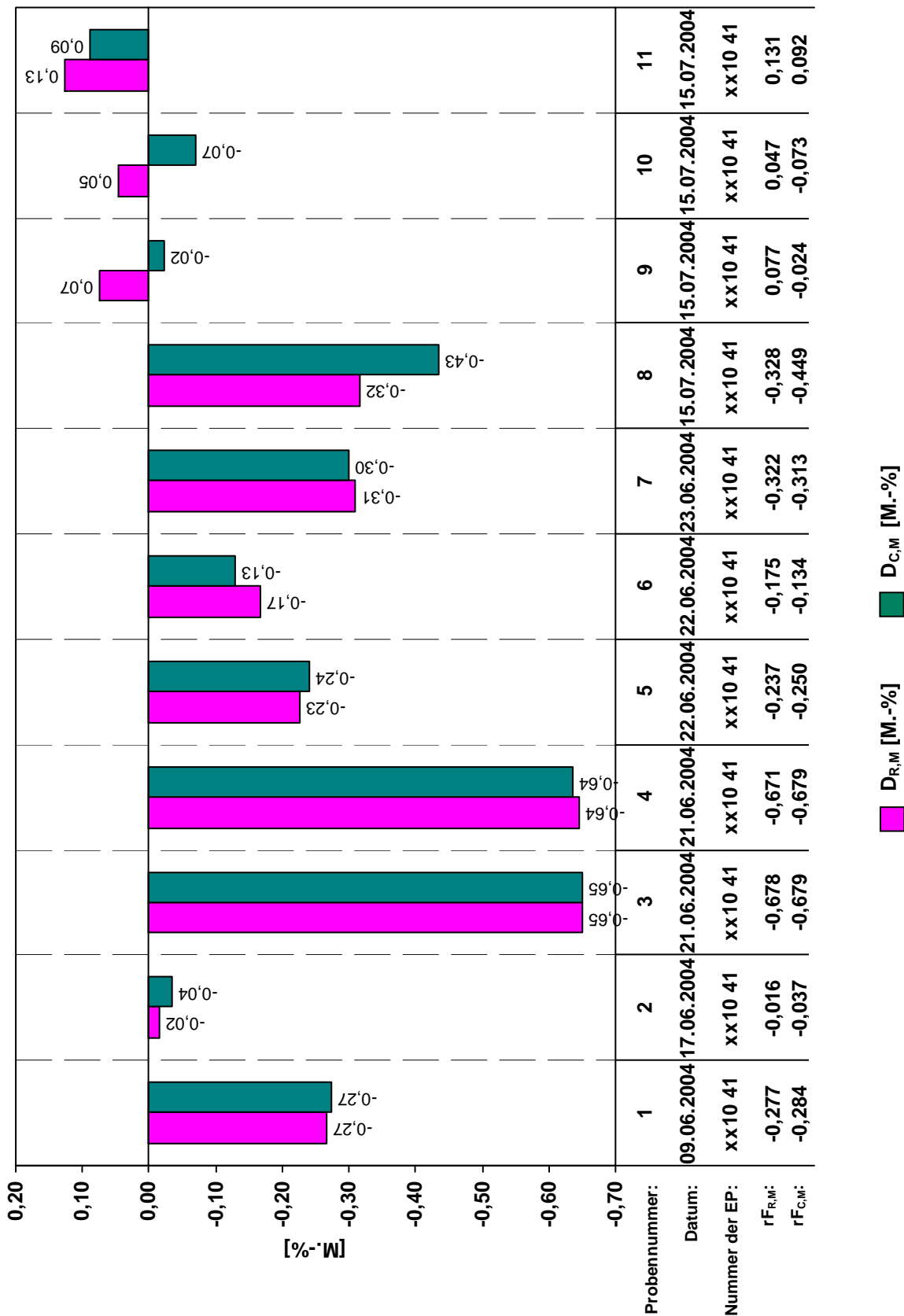
Werk 06; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Anteil Mineralstoffsumme (mit berechnetem RC-Anteil)



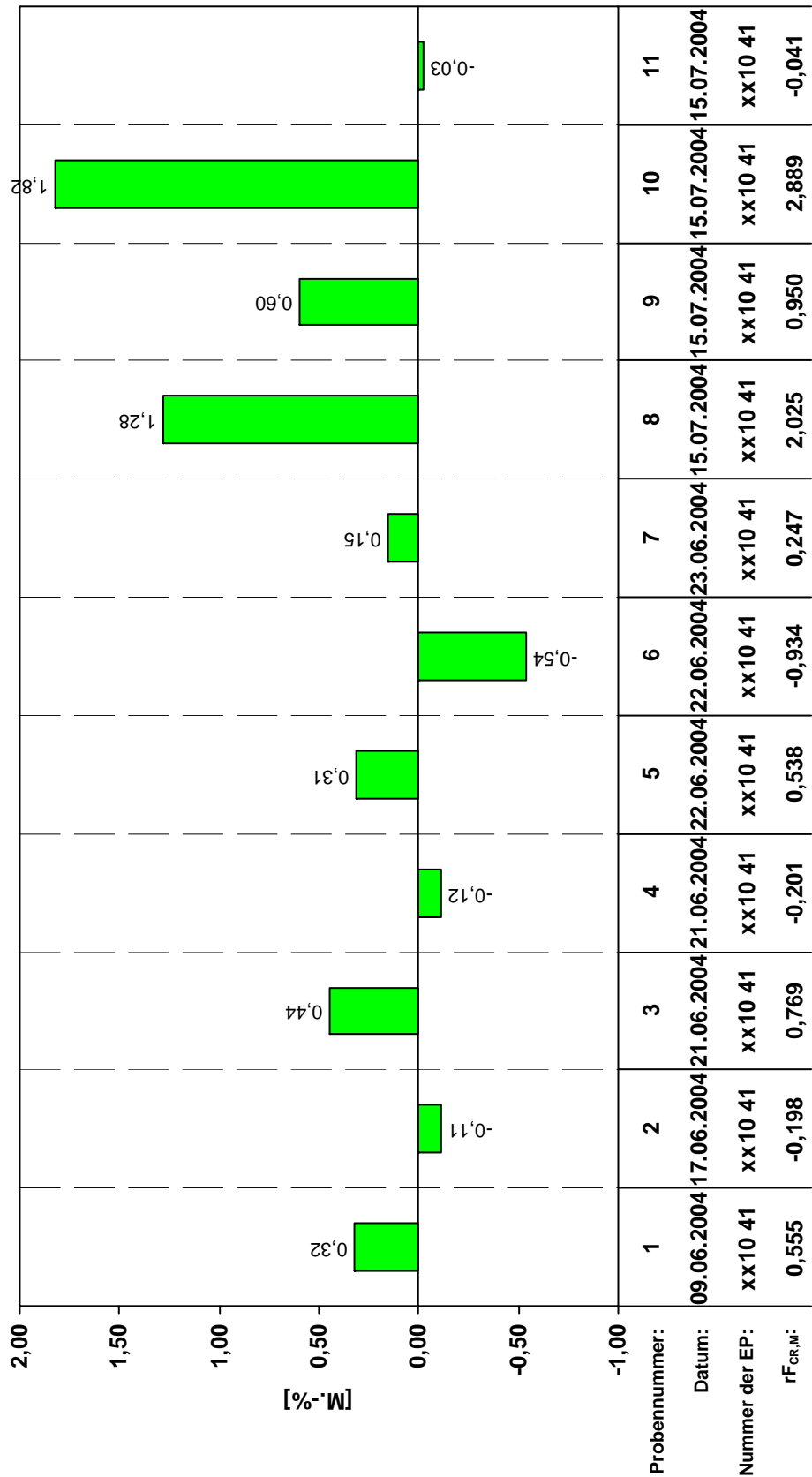
Werk 06; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,M}$ bzw. $D_{C,M}$: Anteil Mineralstoffsumme; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 06; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

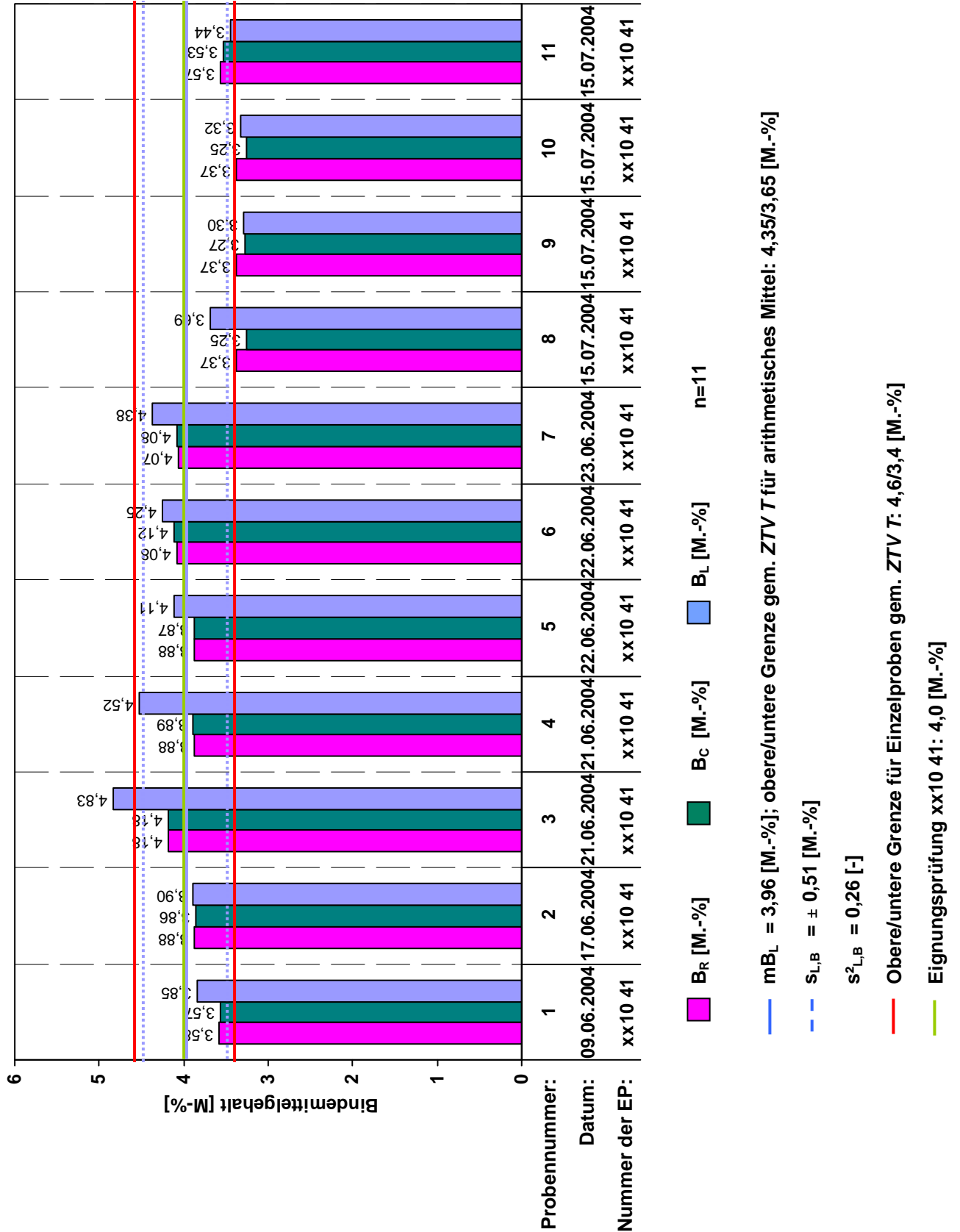
Differenz $D_{CR,M}$: Anteil Mineralstoffsumme Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,M}$ [M.-%]

Werk 06; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Gegenüberstellung Soll/Ist: Bindemittelgehalt (mit berechnetem RC-Anteil)



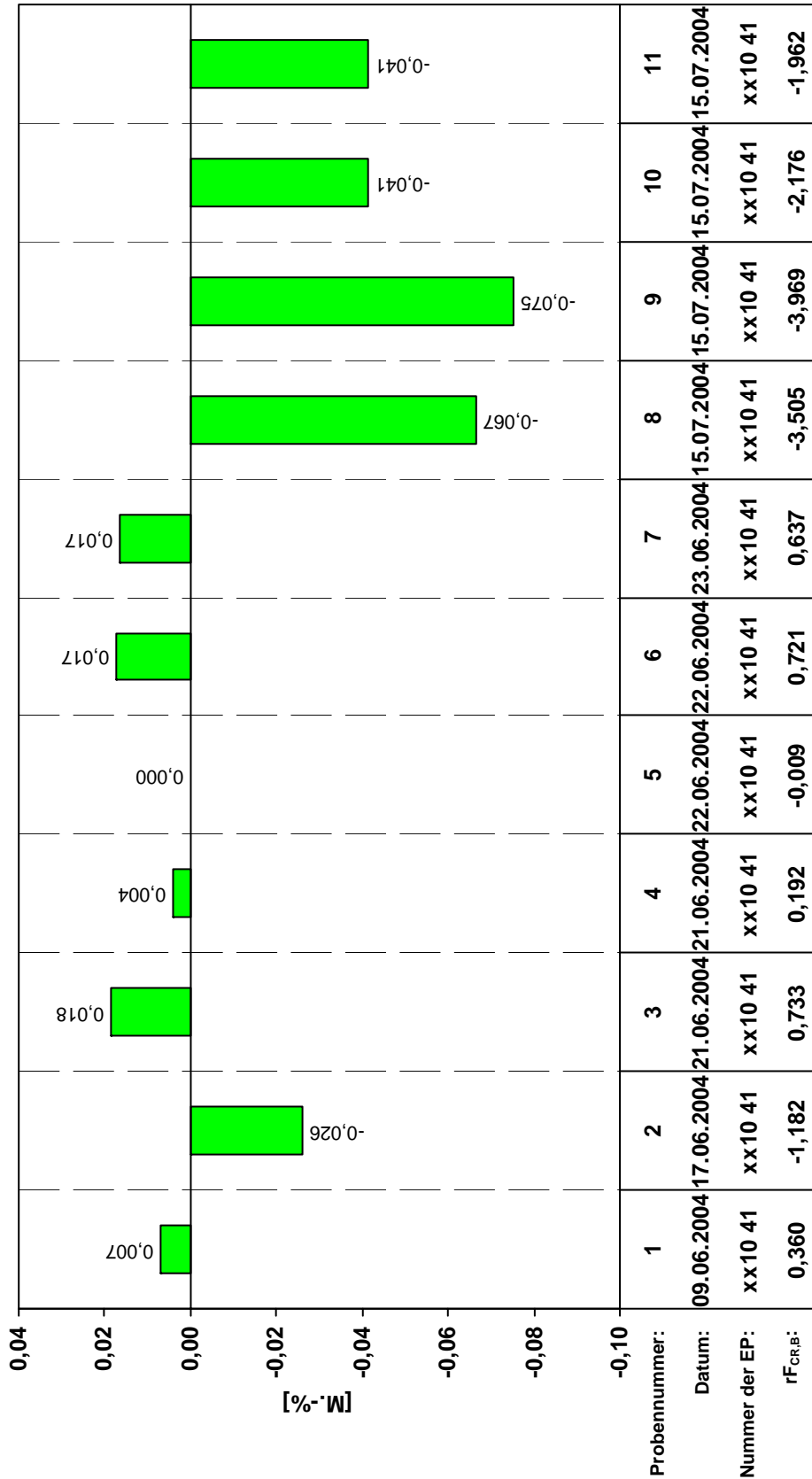
Werk 06; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Differenz $D_{R,B}$ bzw. $D_{C,B}$: Bindemittelgehalt; korrigierter Laborwert minus Rezepturwert bzw. Chargenprotokollwert (mit berechnetem RC-Anteil)



Werk 06; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

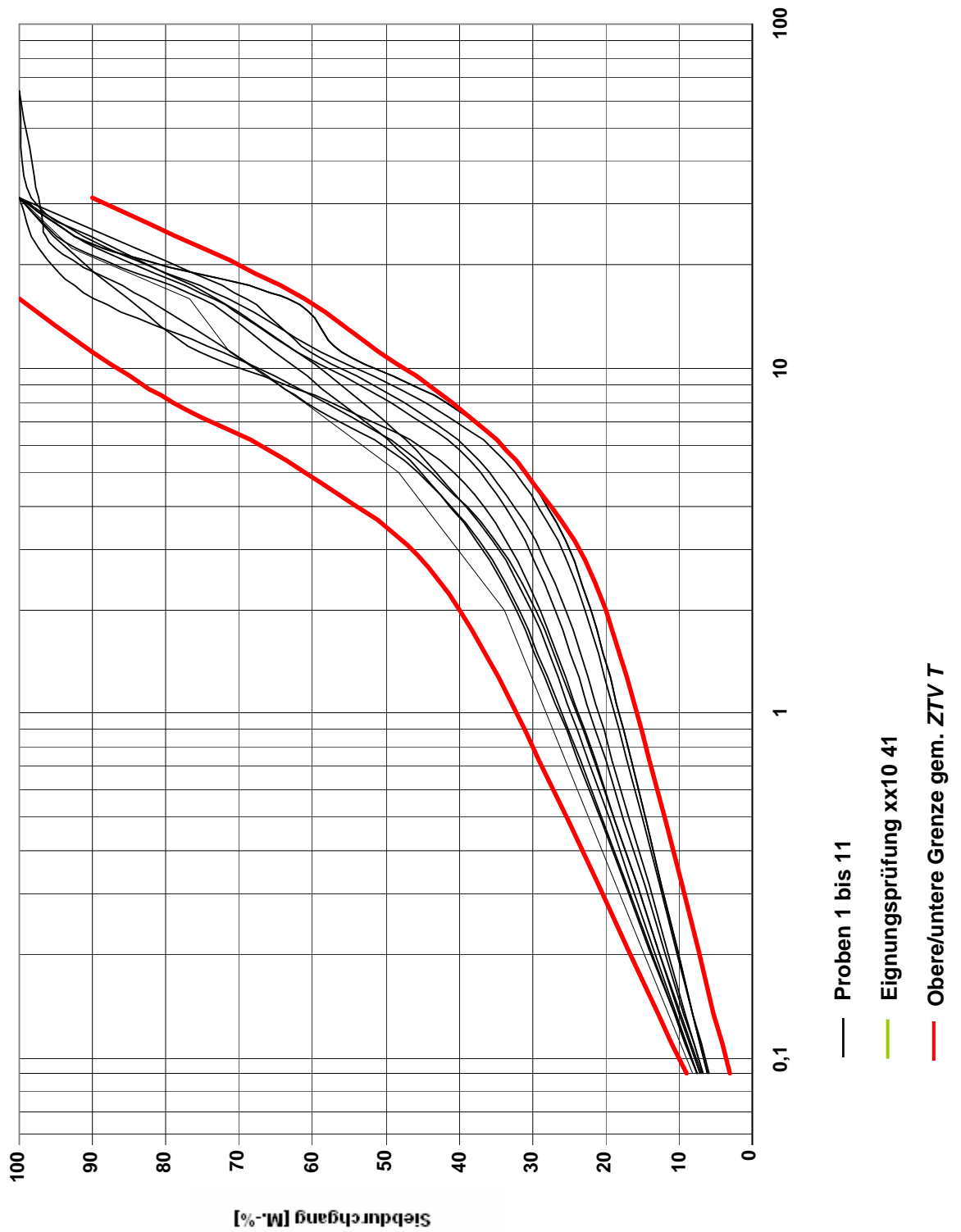
Differenz $D_{CR,B}$: Bindemittelgehalt Einwaage; Chargenprotokollwert minus Rezepturwert



■ $D_{CR,B}$ [M.-%]

Werk 06; ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung

Sieblinien-Diagramme (Proben 1 bis 11)



Zusammenfassung der relativen Fehler:

Anteil Mineralstoffsumme

\bar{x} Mittelwert
 s Standardabweichung
 s^2 Varianz

Proben 1 bis 6 n = 6
 Proben 7 bis 11 n = 5

Anteil Mineralstoffsumme
 Relativer Fehler Laborwert gegen Rezeptur

n=11	AB 0/8 mit Asphaltgranulat		AB 0/8 ohne Asphaltgranulat		SMA 0/8 S		SMA 0/11 S		ABI 0/22 S		ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung		ATS 0/32 CS mit Siebumgehung							
	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2						
Werk 01	-0,25	0,26	0,07	0,07	-	-	-0,49	0,20	0,04	-	-	-0,19	0,47	0,22	-0,36	0,29	0,08			
Werk 02	-0,03	0,18	0,03	0,03	-	-	-0,36	0,23	0,05	-	-	-0,07	0,51	0,26	-0,15	0,27	0,07			
Werk 02	-0,79	0,47	0,22	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Werk 03	-0,24	0,60	0,36	0,25	0,50	0,25	0,76	0,18	0,03	-	-	0,27	0,25	0,06	0,24	0,30	0,09	0,38	0,29	0,08
Werk 04	-0,28	0,15	0,02	0,11	0,21	0,05	-0,02	0,39	0,15	-	-	0,08	0,16	0,03	0,20	0,32	0,10	-	-	-
Werk 06	-0,26	0,97	0,93	0,22	0,66	0,44	-	-	0,20	0,04	-	-	-0,22	0,28	0,08	-	-	-	-	-

Anteil Mineralstoffsumme
 Relativer Fehler Laborwert gegen Chargenprotokoll

n=11	AB 0/8 mit Asphaltgranulat		AB 0/8 ohne Asphaltgranulat		SMA 0/8 S		SMA 0/11 S		ABI 0/22 S		ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung		ATS 0/32 CS mit Siebumgehung							
	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2						
Werk 01	-0,33	0,35	0,12	0,27	0,07	-	-	-0,51	0,44	0,19	-	-	-0,35	0,50	0,25	-0,67	0,31	0,09		
Werk 02	-0,11	0,22	0,05	-	-	-	-0,09	0,20	0,04	-	-	-	-0,53	0,57	0,32	-0,32	0,30	0,09		
Werk 02	-0,90	0,59	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Werk 03	-0,27	0,59	0,35	0,19	0,50	0,25	0,57	0,29	0,08	-	-	0,12	0,25	0,06	-0,04	0,32	0,10	0,26	0,28	0,08
Werk 04	-0,21	0,15	0,02	0,19	0,26	0,07	0,09	0,40	0,16	-	-	-0,01	0,14	0,02	0,04	0,32	0,10	-	-	-
Werk 06	-0,26	1,00	0,99	0,32	0,70	0,48	-	-	0,25	0,06	-	-	-0,26	0,26	0,07	-	-	-	-	-

Anteil Mineralstoffsumme
 Relativer Fehler Chargenprotokoll gegen Rezeptur

n=11	AB 0/8 mit Asphaltgranulat		AB 0/8 ohne Asphaltgranulat		SMA 0/8 S		SMA 0/11 S		ABI 0/22 S		ATS 0/32 CS ohne Siebumgehung		ATS 0/32 CS mit Siebumgehung							
	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2						
Werk 01	-2,58	5,12	26,20	0,24	0,05	0,003	-	-	0,02	0,47	0,22	-	-	4,93	4,35	18,88	-5,44	6,36	40,50	
Werk 02	-6,40	4,44	19,74	-	-	-	-0,27	0,13	0,02	-	-	-	-	12,87	2,00	4,01	5,40	1,90	3,60	
Werk 02	1,91	3,12	9,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Werk 03	0,38	1,84	3,38	0,06	0,05	0,003	0,18	0,14	0,02	-	-	0,15	0,07	0,01	3,68	1,47	2,16	1,52	1,51	2,29
Werk 04	0,24	0,67	0,45	-0,08	0,10	0,01	-0,11	0,08	0,01	-	-	0,09	0,04	0,00	7,00	3,02	9,09	-	-	-
Werk 06	0,02	1,15	1,31	0,10	0,11	0,01	-	-	0,01	-	-	0,60	1,08	1,16	-	-	-	-	-	-

Zusammenfassung der relativen Fehler:

Bindemittelgehalt

\bar{x} Mittelwert
s Standardabweichung
s² Varianz

Proben 1 bis 6 n = 6
Proben 7 bis 11 n = 5

Anteil Mineralstoffsumme
Relativer Fehler Laborwert gegen Rezeptur

n=11	AB 0/8 mit Asphaltgranulat			AB 0/8 ohne Asphaltgranulat			SMA 0/8 S			SMA 0/11 S			ABI 0/22 S			ATS 0/32 CS ohne Siebung			ATS 0/32 CS mit Siebung		
	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²
Werk 01	3,95	4,12	16,95	7,82	4,51	20,31	-	-	-	7,83	3,40	11,56	-	-	-	4,89	12,34	152,31	8,79	6,94	48,14
Werk 02	0,42	2,76	7,60	-	-	-	-	-	-	5,61	3,51	12,29	-	-	-	1,72	12,75	162,58	3,84	6,87	47,24
Werk 03	3,54	8,69	75,55	-3,54	7,14	50,97	-9,48	2,28	5,19	-	-	-	-6,22	5,64	31,85	-5,48	6,73	45,31	-8,30	6,23	38,78
Werk 04	4,15	2,26	5,11	-1,63	3,13	9,78	0,27	5,07	25,74	-	-	-	-2,00	3,92	15,39	-4,73	7,61	57,86	-	-	-
Werk 06	4,29	13,07	170,92	3,21	9,65	93,14	-	-	-	5,92	2,92	8,56	-	-	-	5,44	6,81	46,44	-	-	-

Anteil Mineralstoffsumme
Relativer Fehler Laborwert gegen Chargenprotokoll

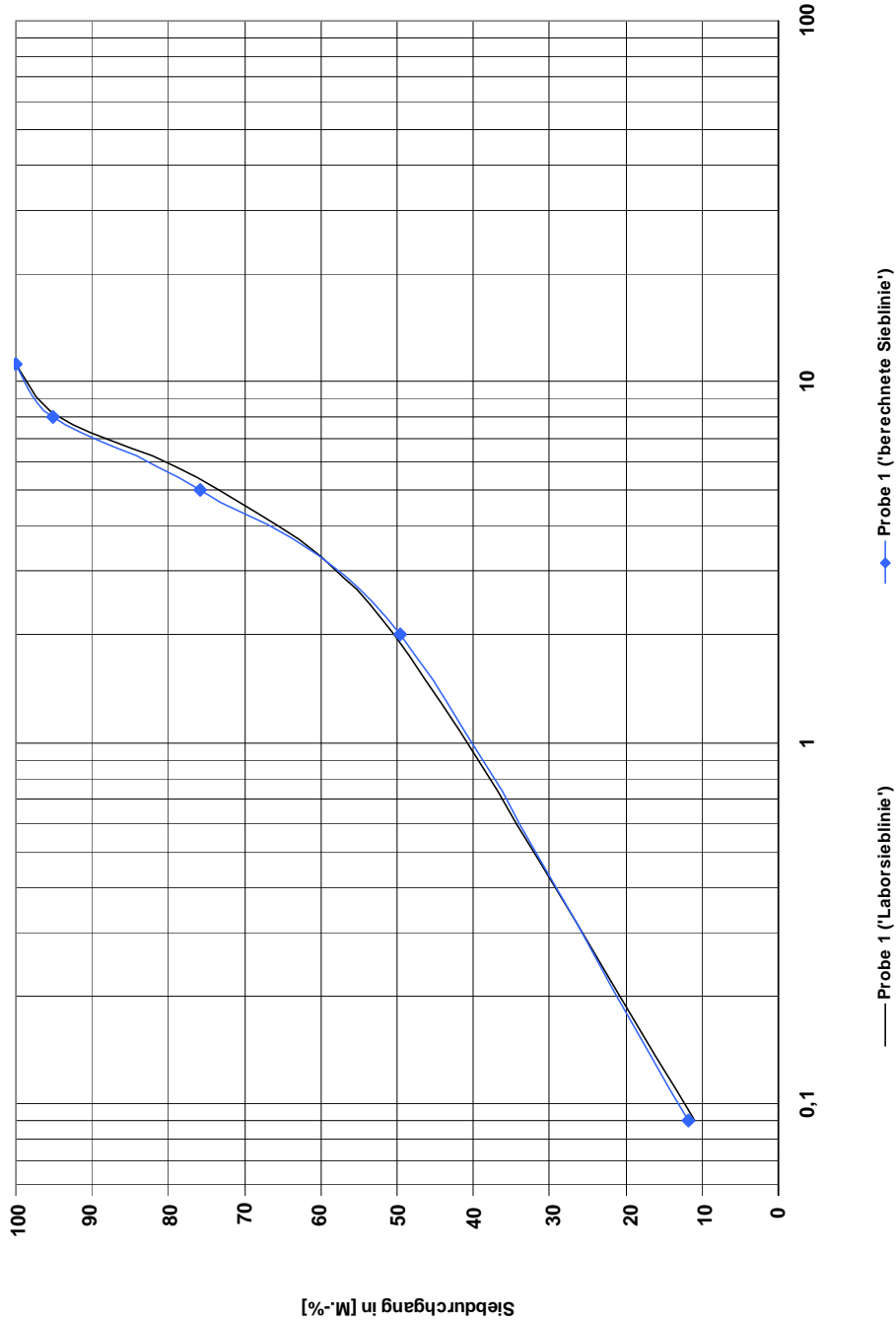
n=11	AB 0/8 mit Asphaltgranulat			AB 0/8 ohne Asphaltgranulat			SMA 0/8 S			SMA 0/11 S			ABI 0/22 S			ATS 0/32 CS ohne Siebung			ATS 0/32 CS mit Siebung		
	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²
Werk 01	5,47	5,75	33,11	12,26	5,44	29,59	-	-	-	8,46	6,92	47,88	-	-	-	9,66	13,64	185,93	17,69	8,05	64,80
Werk 02	1,74	3,45	11,91	-	-	-	-	-	-	1,38	2,95	8,73	-	-	-	15,22	16,57	274,55	8,62	8,18	66,87
Werk 03	3,89	8,68	75,42	-2,76	7,30	53,24	-7,31	3,45	11,93	-	-	-	-2,87	5,92	35,06	0,97	7,64	58,41	-5,81	6,34	40,14
Werk 04	2,98	2,20	4,84	-2,73	3,76	14,12	-1,18	5,14	26,42	-	-	-	0,16	3,59	12,90	-0,86	8,06	64,93	-	-	-
Werk 06	4,40	13,77	189,70	4,76	10,48	109,91	-	-	-	6,04	3,69	13,65	-	-	-	6,45	6,36	40,45	-	-	-

Anteil Mineralstoffsumme
Relativer Fehler Chargenprotokoll gegen Rezeptur

n=11	AB 0/8 mit Asphaltgranulat			AB 0/8 ohne Asphaltgranulat			SMA 0/8 S			SMA 0/11 S			ABI 0/22 S			ATS 0/32 CS ohne Siebung			ATS 0/32 CS mit Siebung		
	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²	\bar{x}	s	s ²
Werk 01	-4,06	5,07	25,66	-3,93	1,15	1,31	-	-	-	-0,20	7,46	55,67	-	-	-	-5,57	11,47	131,47	-23,69	10,57	111,67
Werk 02	-7,04	4,78	22,82	-	-	-	-	-	-	4,17	1,95	3,82	-	-	-	-17,79	11,60	134,65	-5,28	13,57	184,23
Werk 03	-0,20	1,88	3,52	-0,80	0,78	0,61	-2,29	1,69	2,87	-	-	-	-3,43	1,69	2,84	-6,71	2,25	5,08	-3,00	2,76	7,61
Werk 04	1,83	0,78	0,62	1,16	1,47	2,15	1,48	1,09	1,18	-	-	-	-2,17	0,93	0,87	-2,81	2,21	4,87	-	-	-
Werk 06	0,01	1,63	2,67	-1,42	1,53	2,33	-	-	-	-0,08	1,42	2,03	-	-	-	-0,92	1,74	3,03	-	-	-

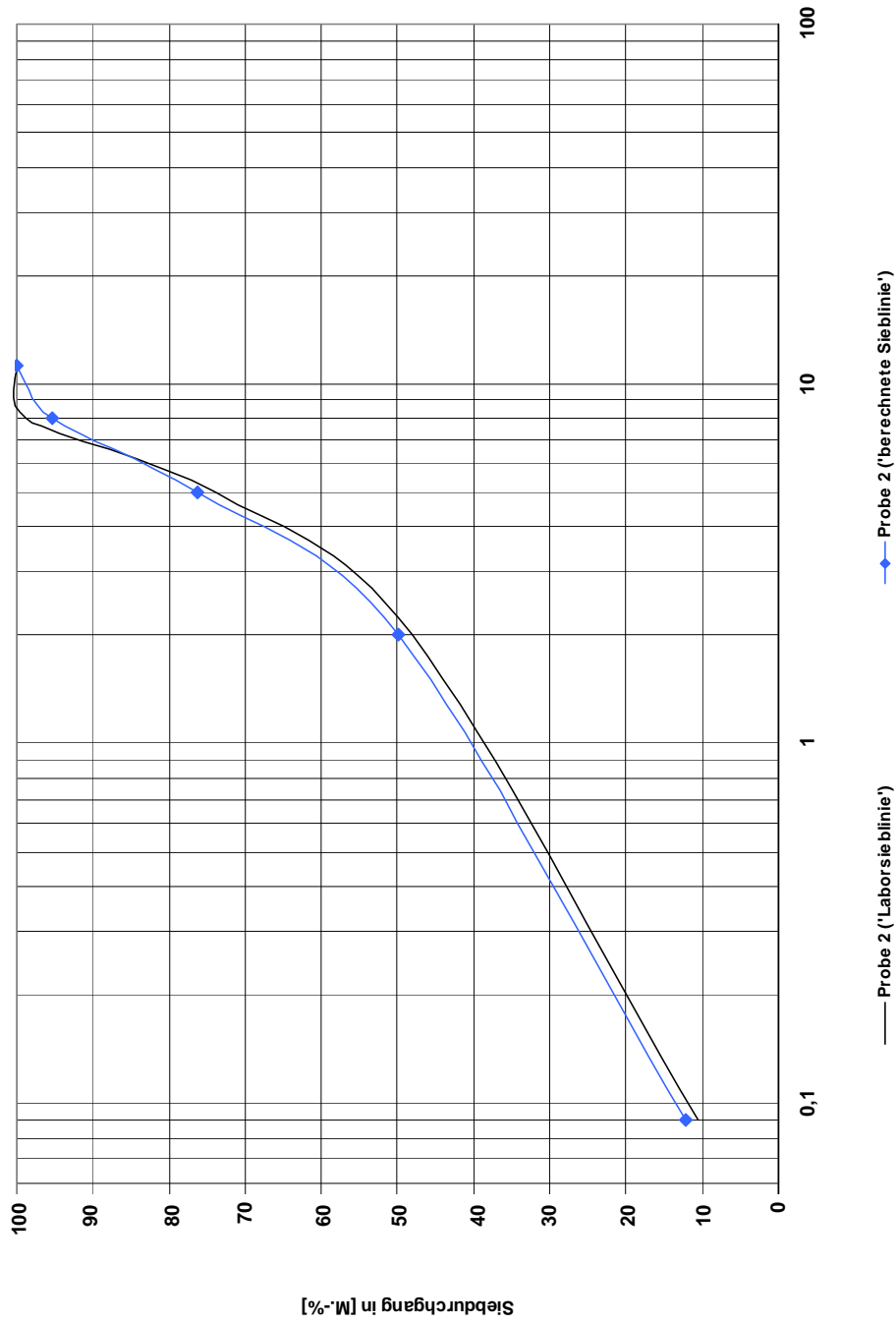
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 1)



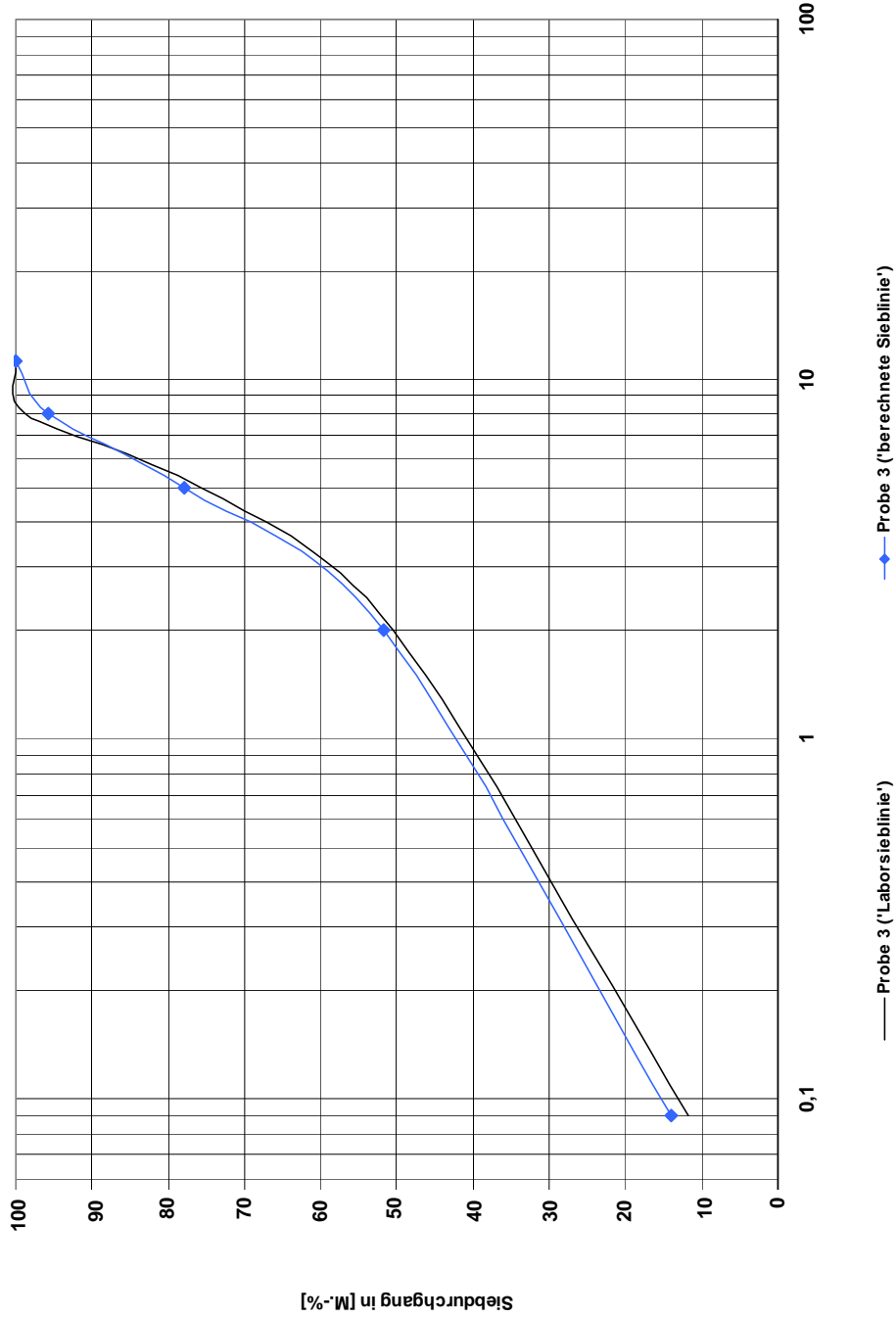
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 2)



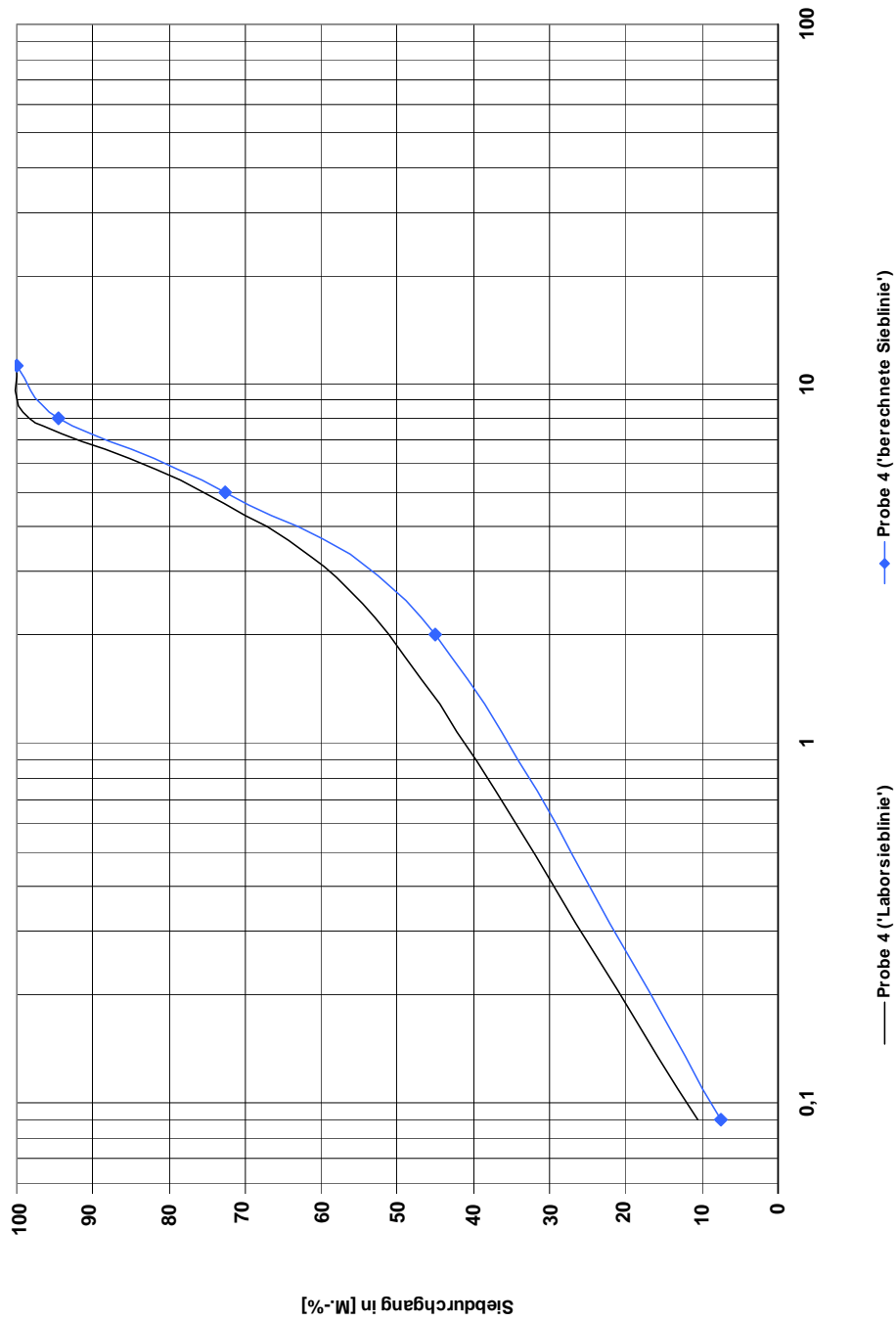
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 3)



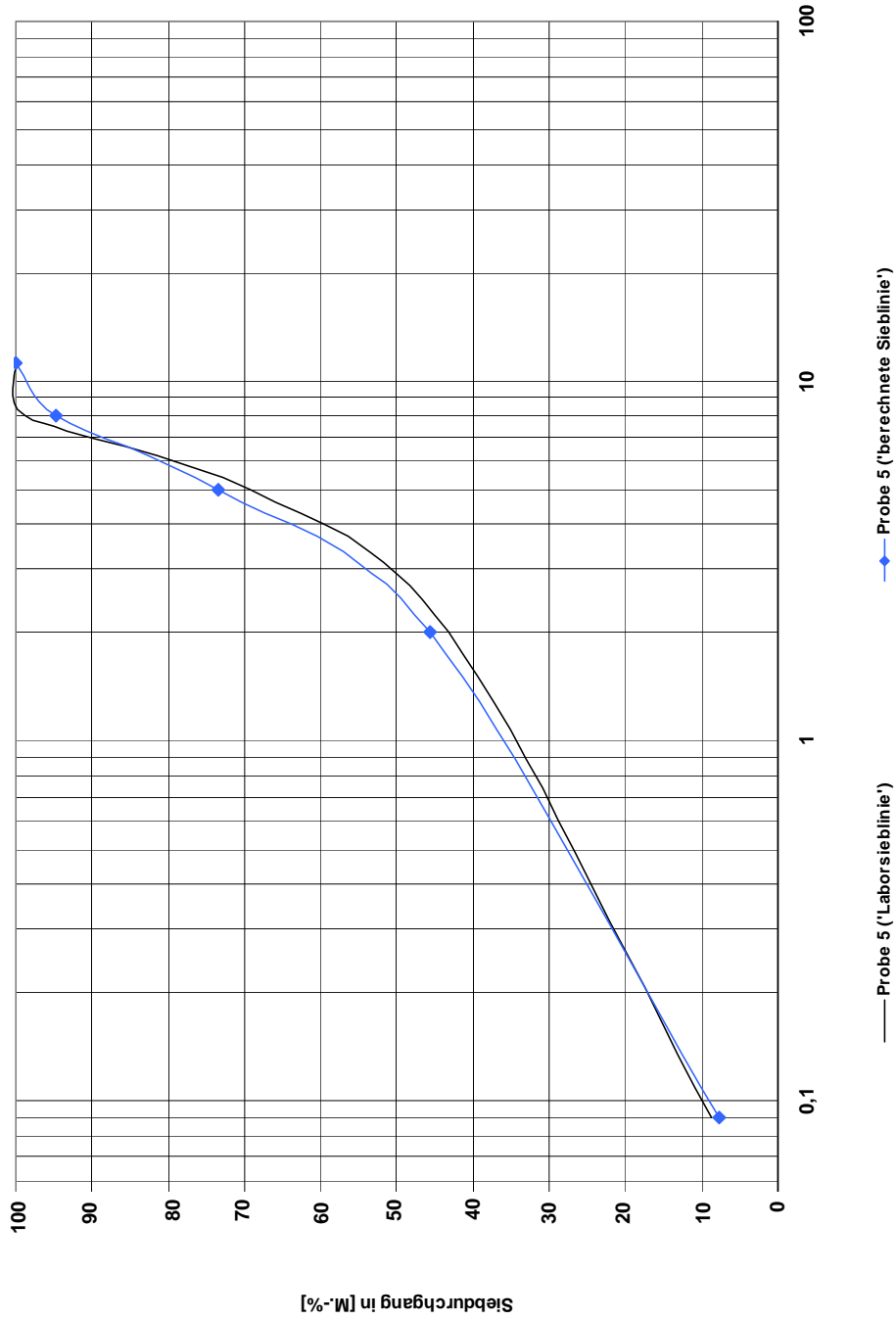
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 4)



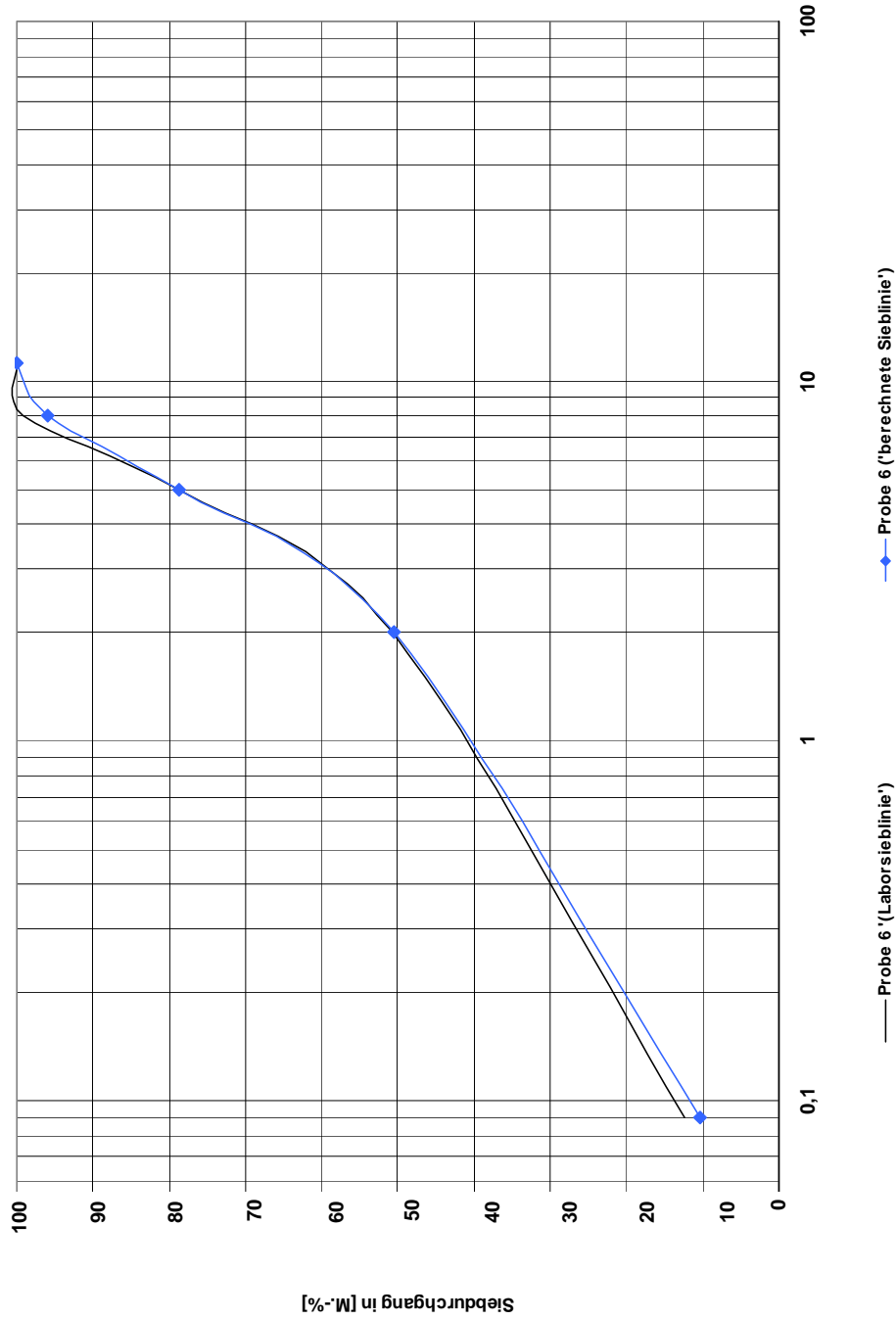
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 5)



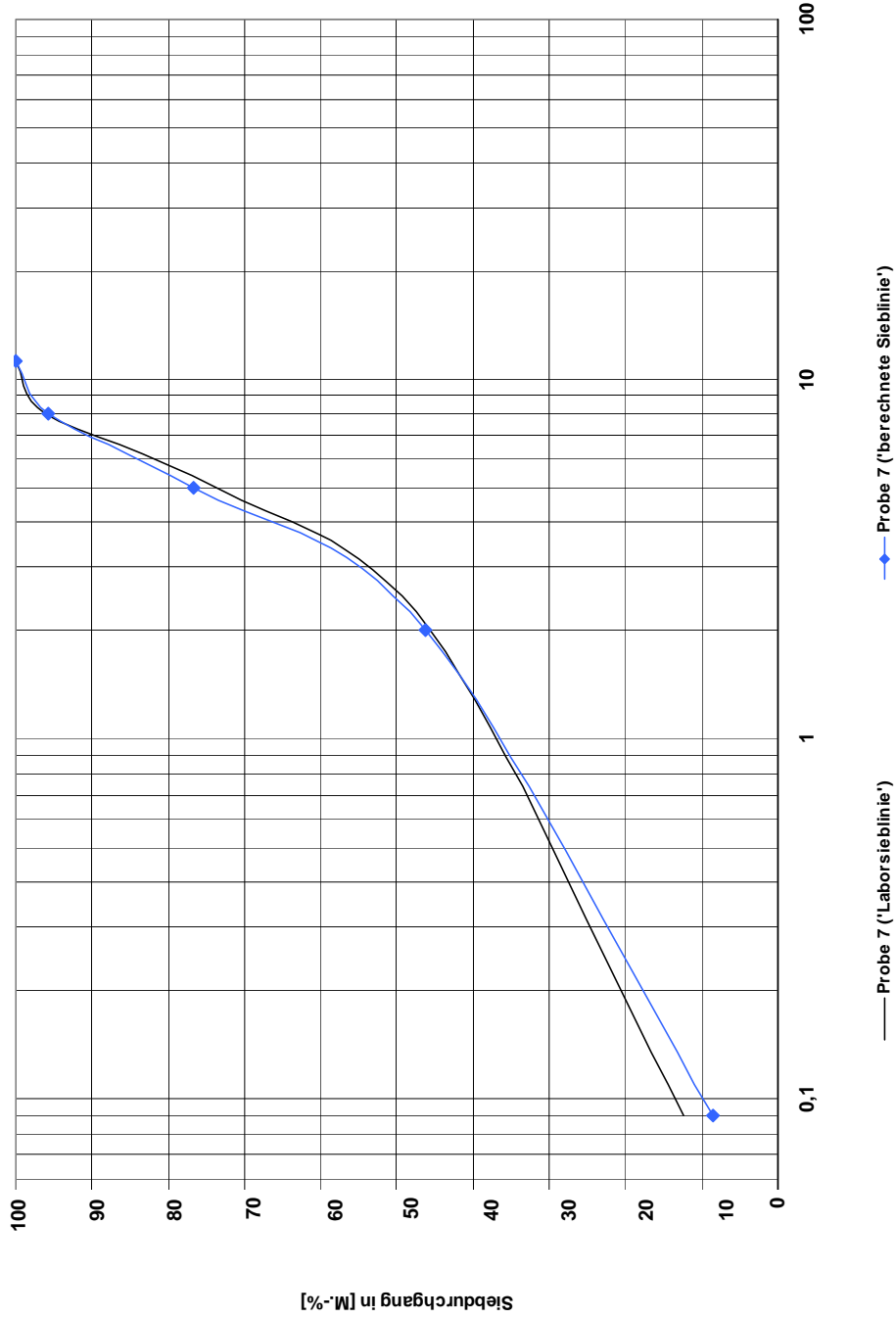
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 6)



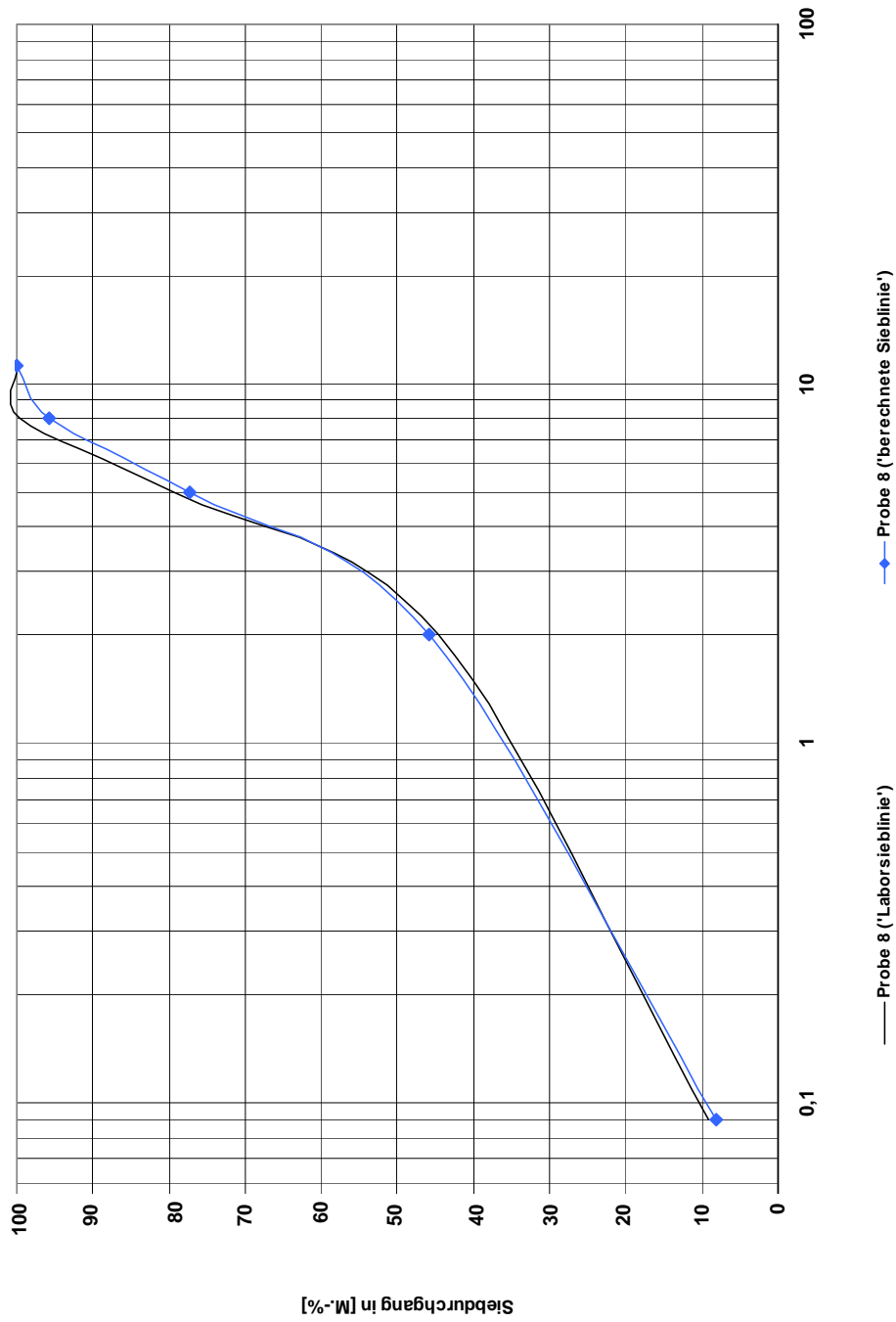
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 7)



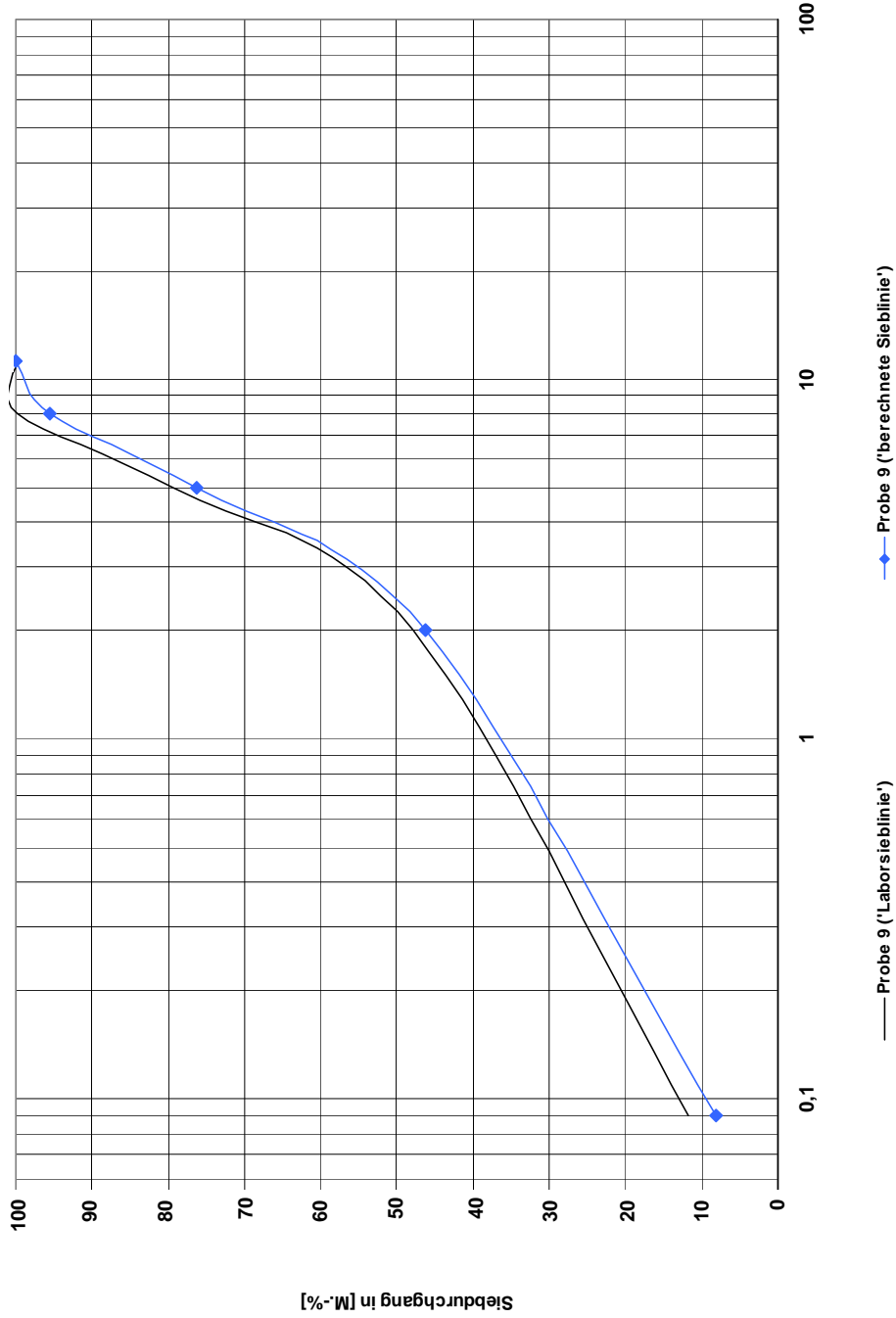
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 8)



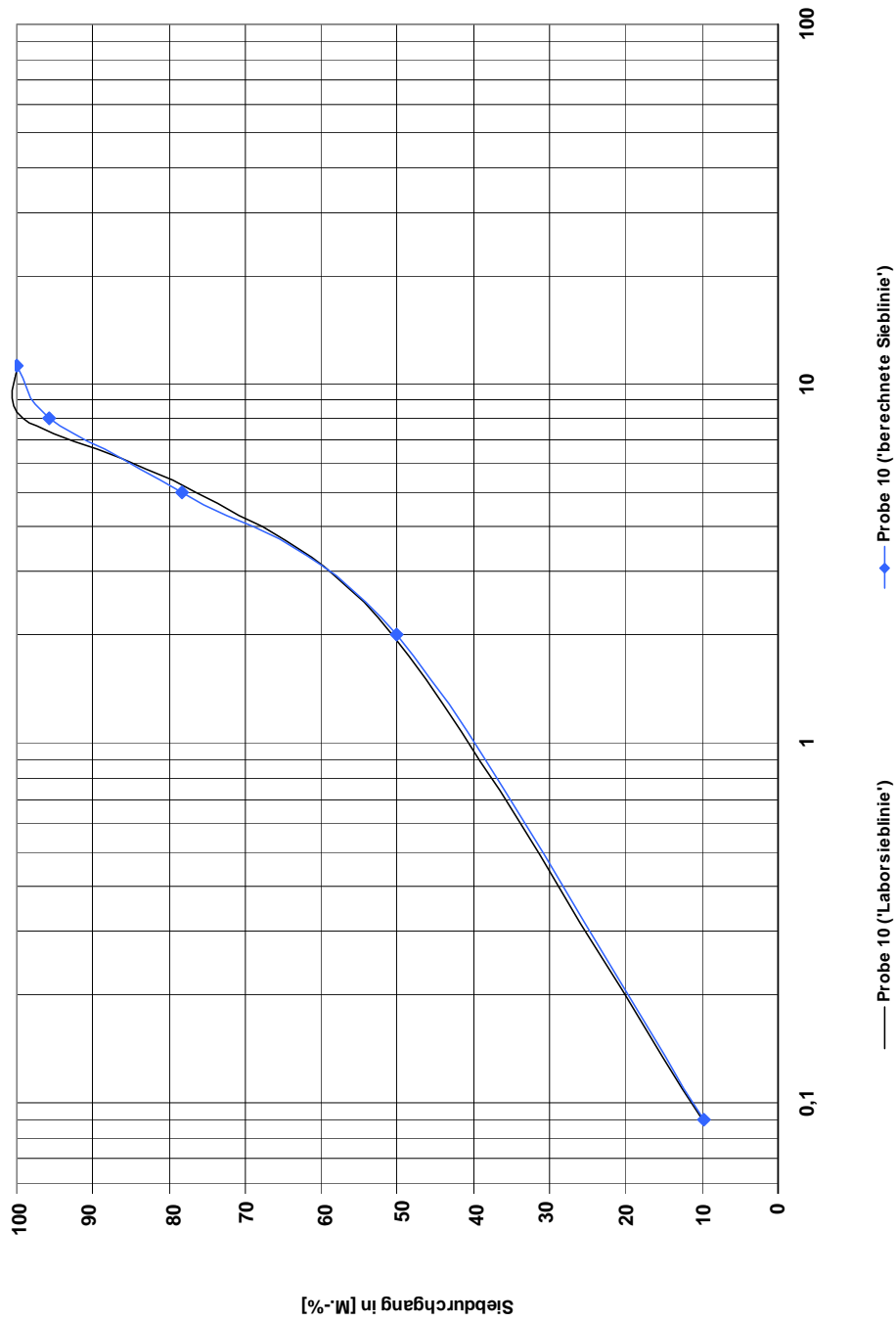
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 9)



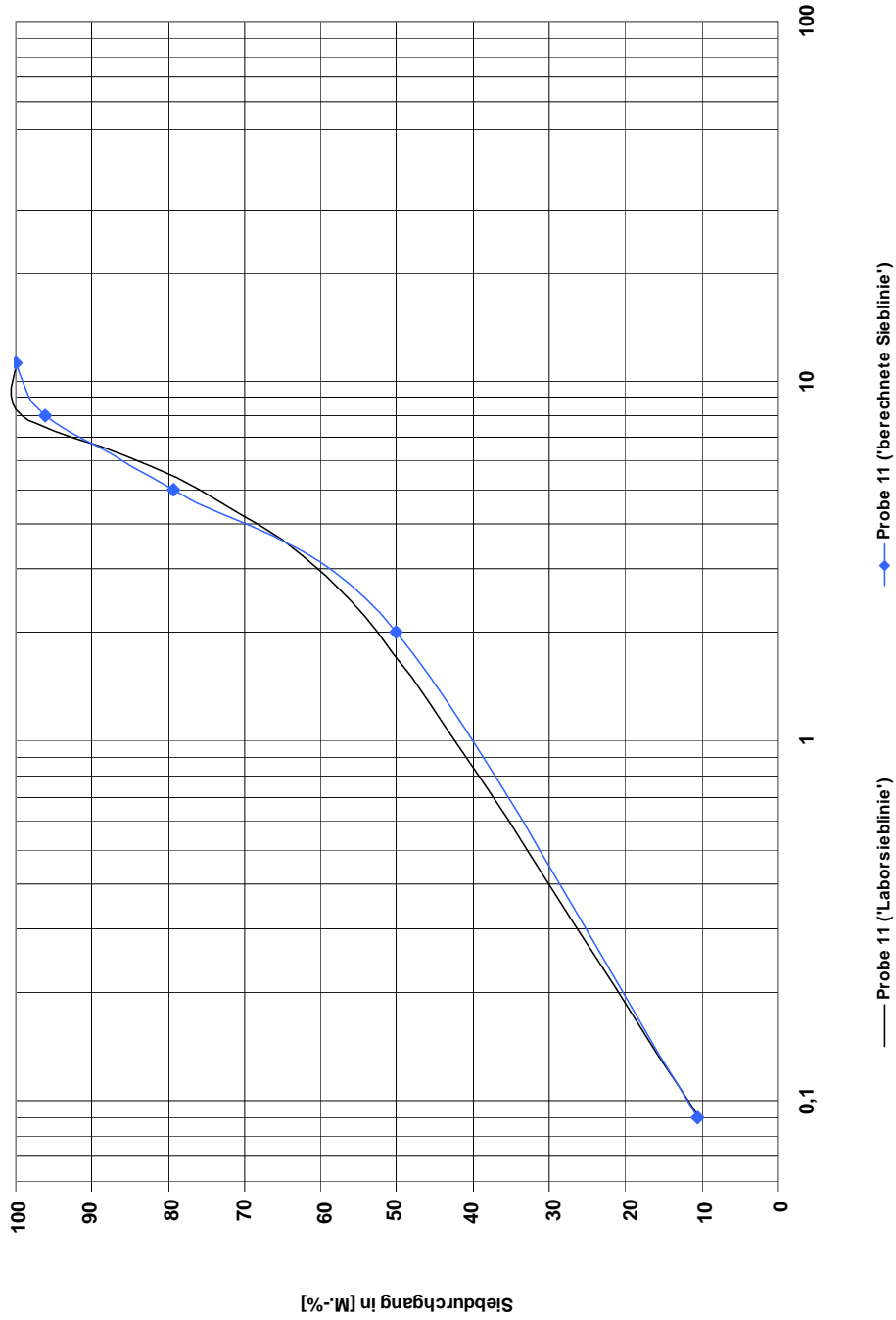
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: Laborsieblinie und berechnete Sieblinie (Probe 10)



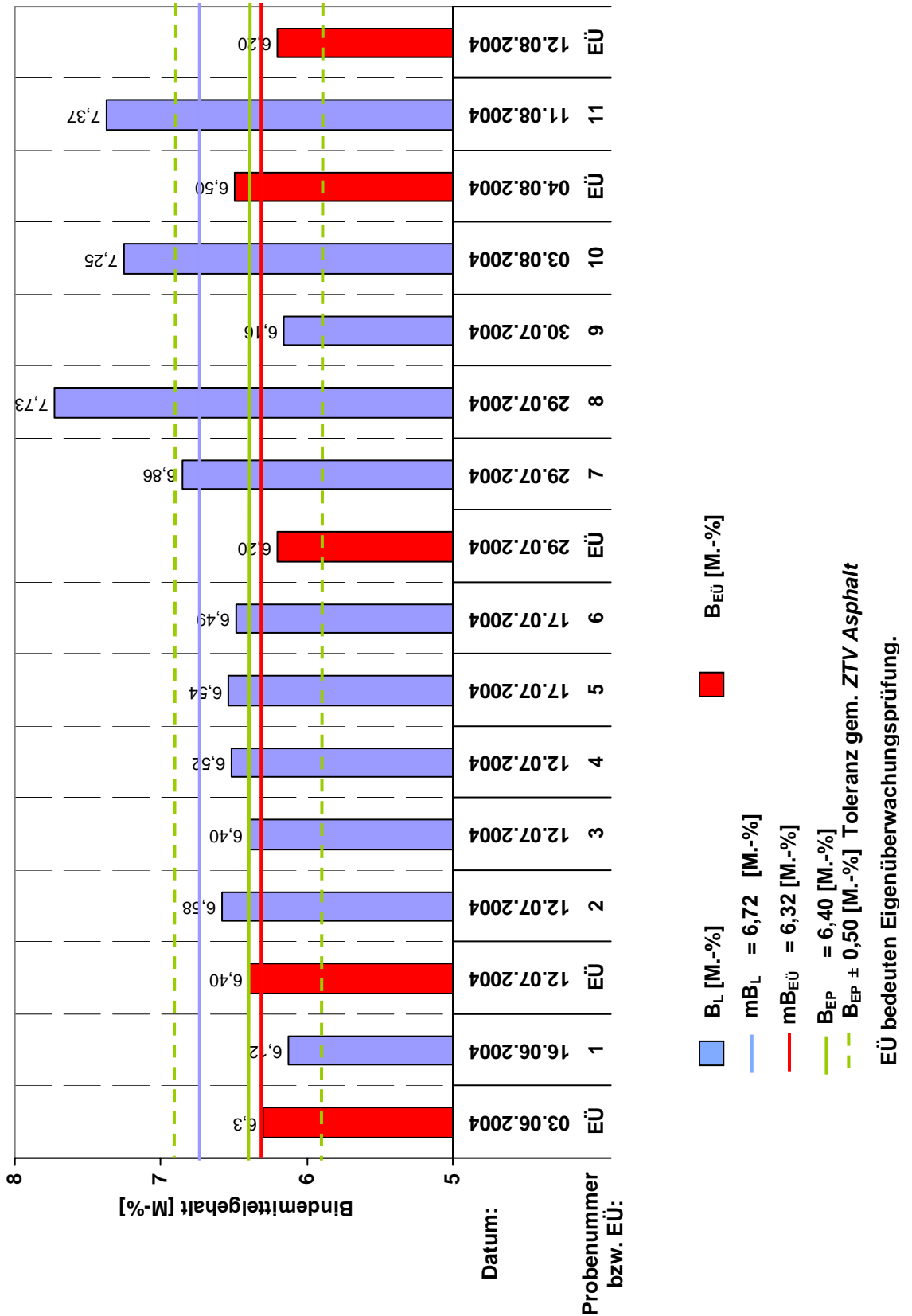
Werk 02; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: *Laborsieblinie und berechnete Sieblinie* (Probe 11)



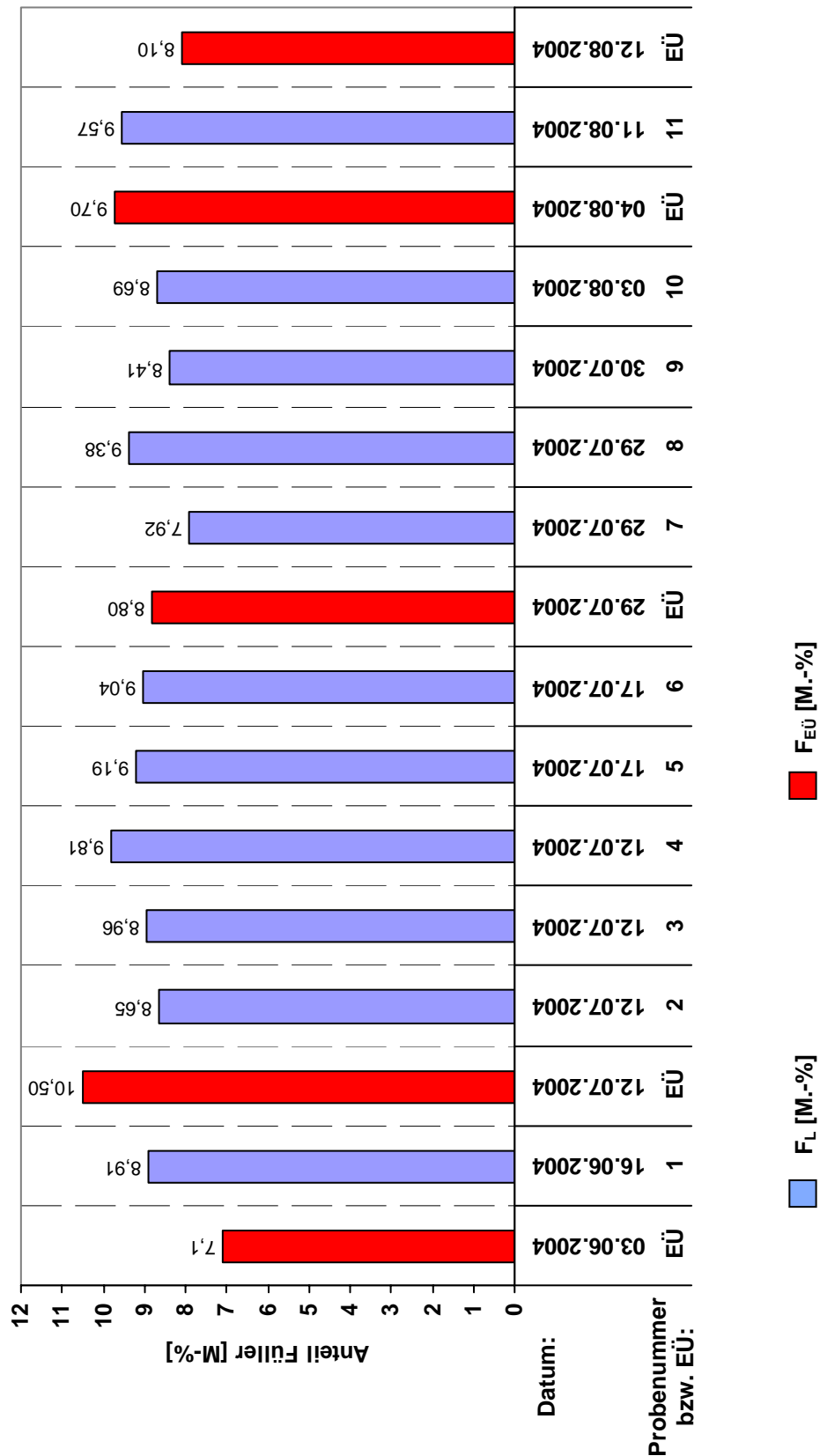
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Bindemittelgehalt



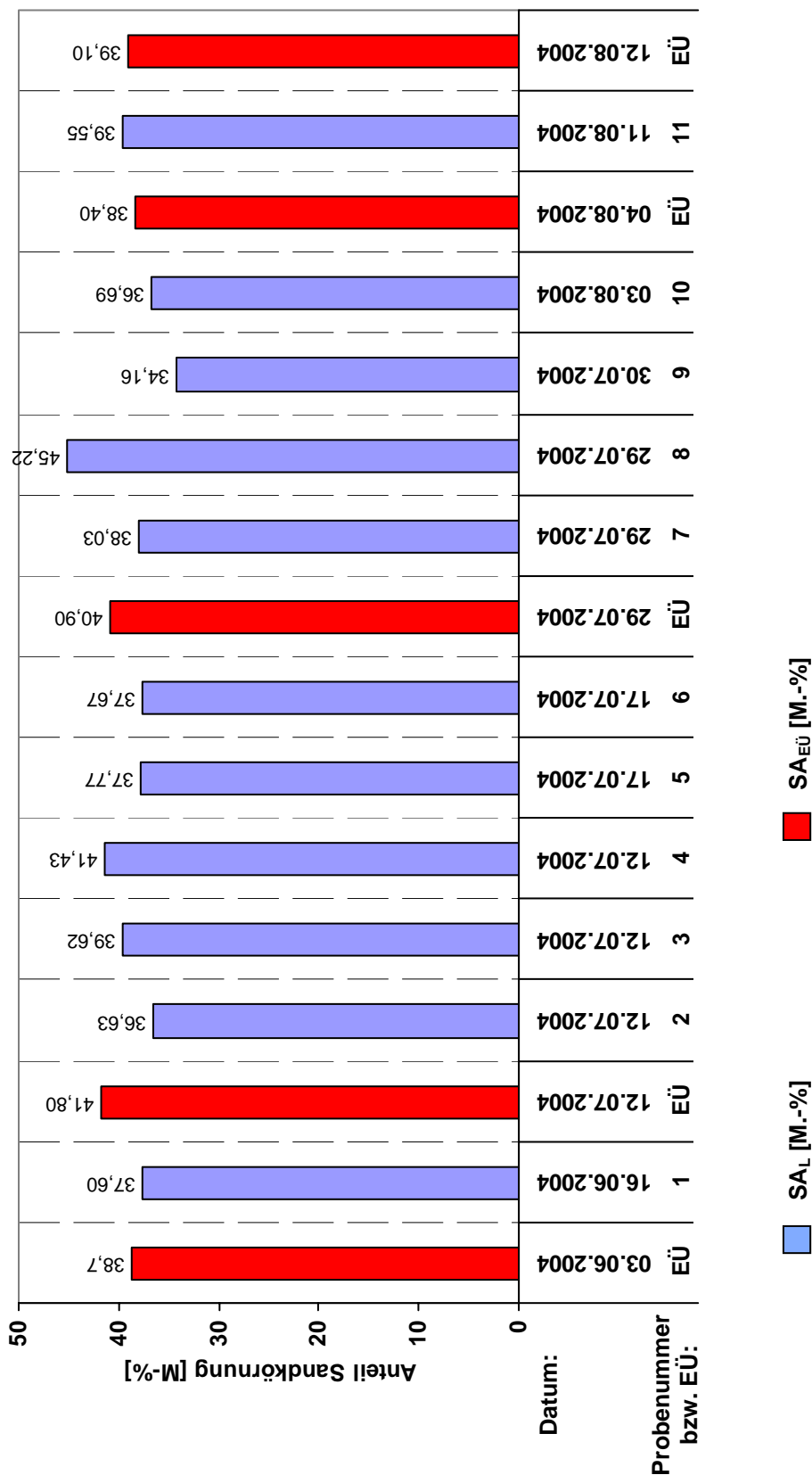
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Füller



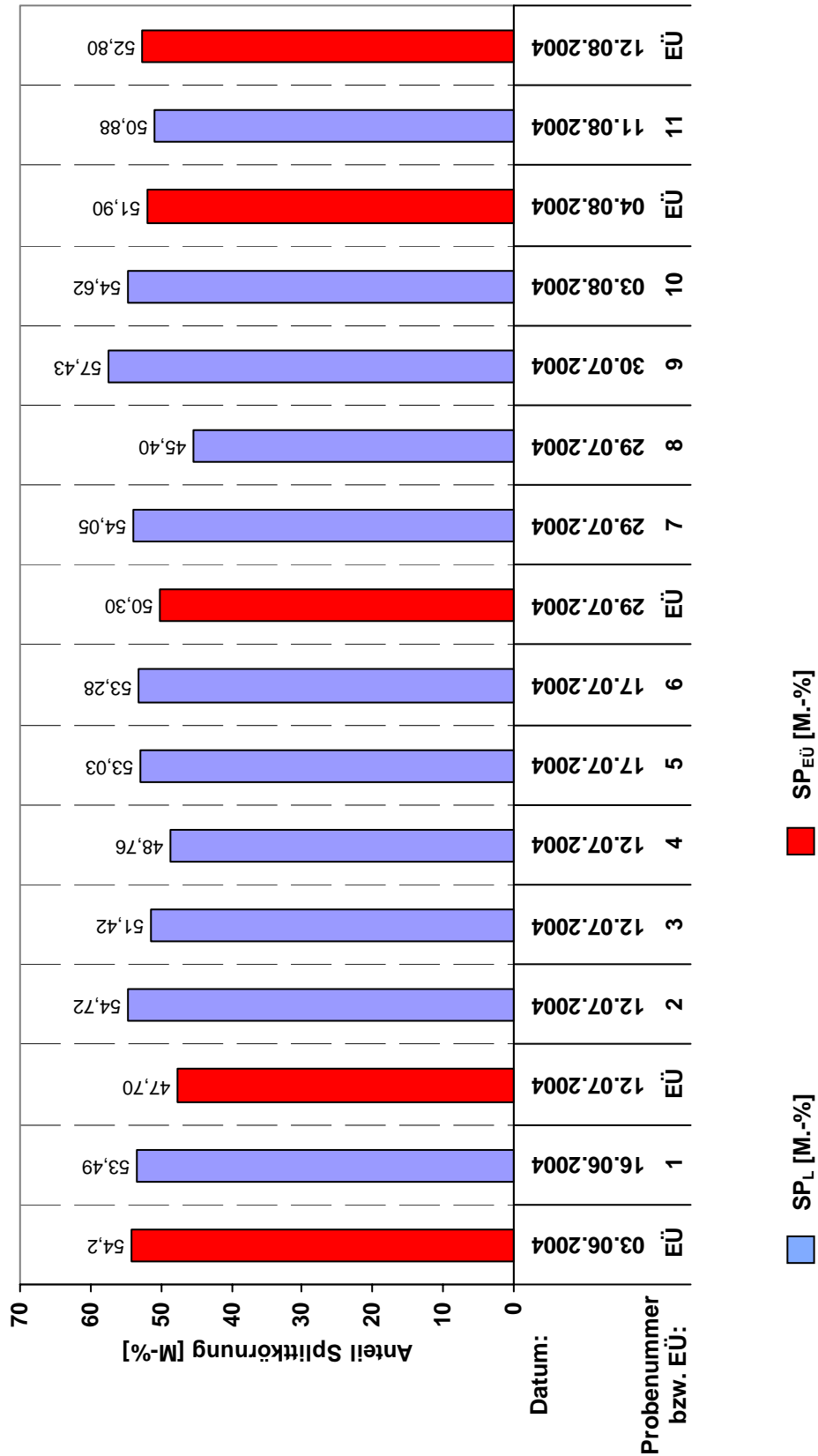
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Sandkörnung



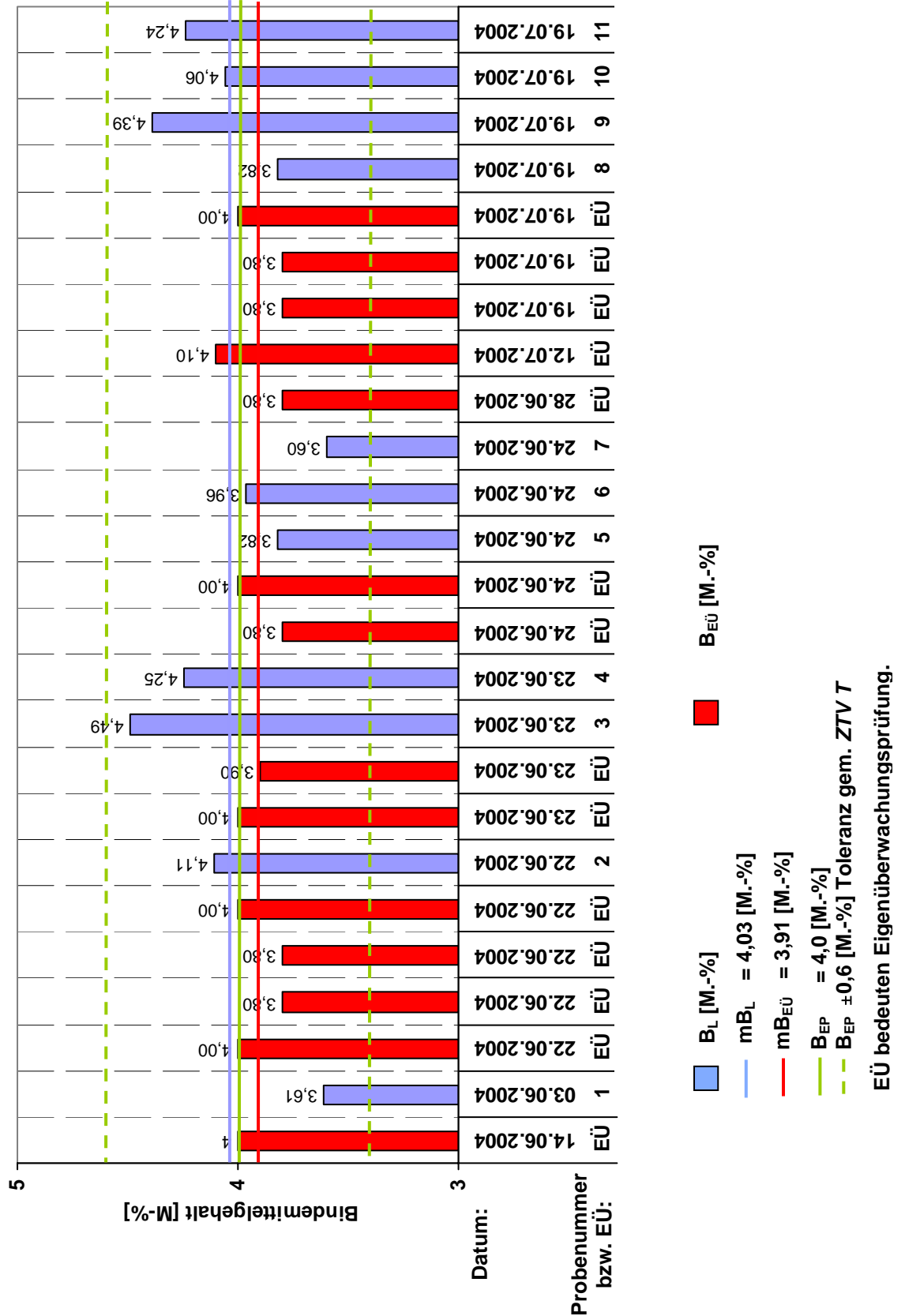
Werk 03; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Splittkörnung



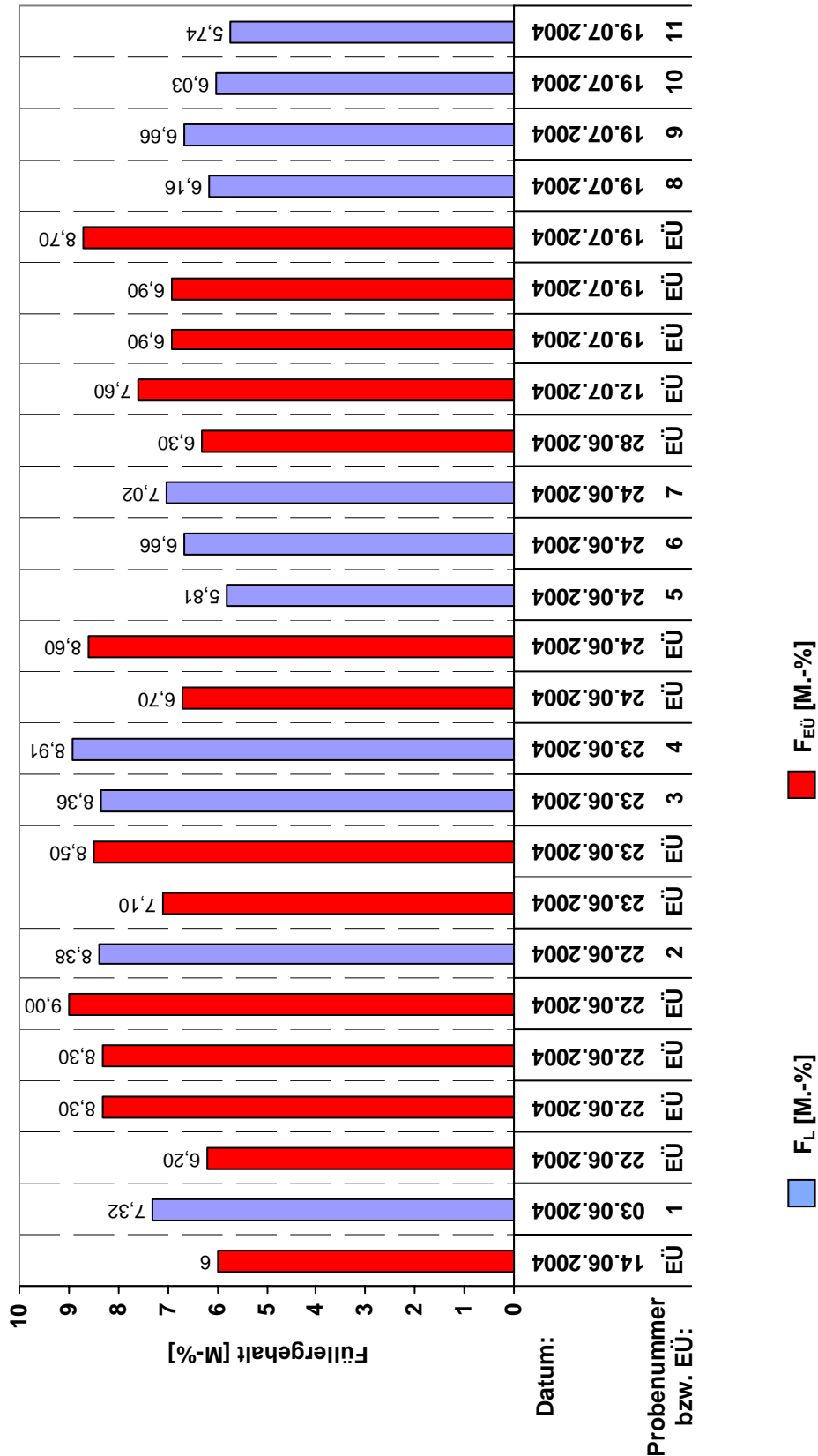
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Bindemittelgehalt



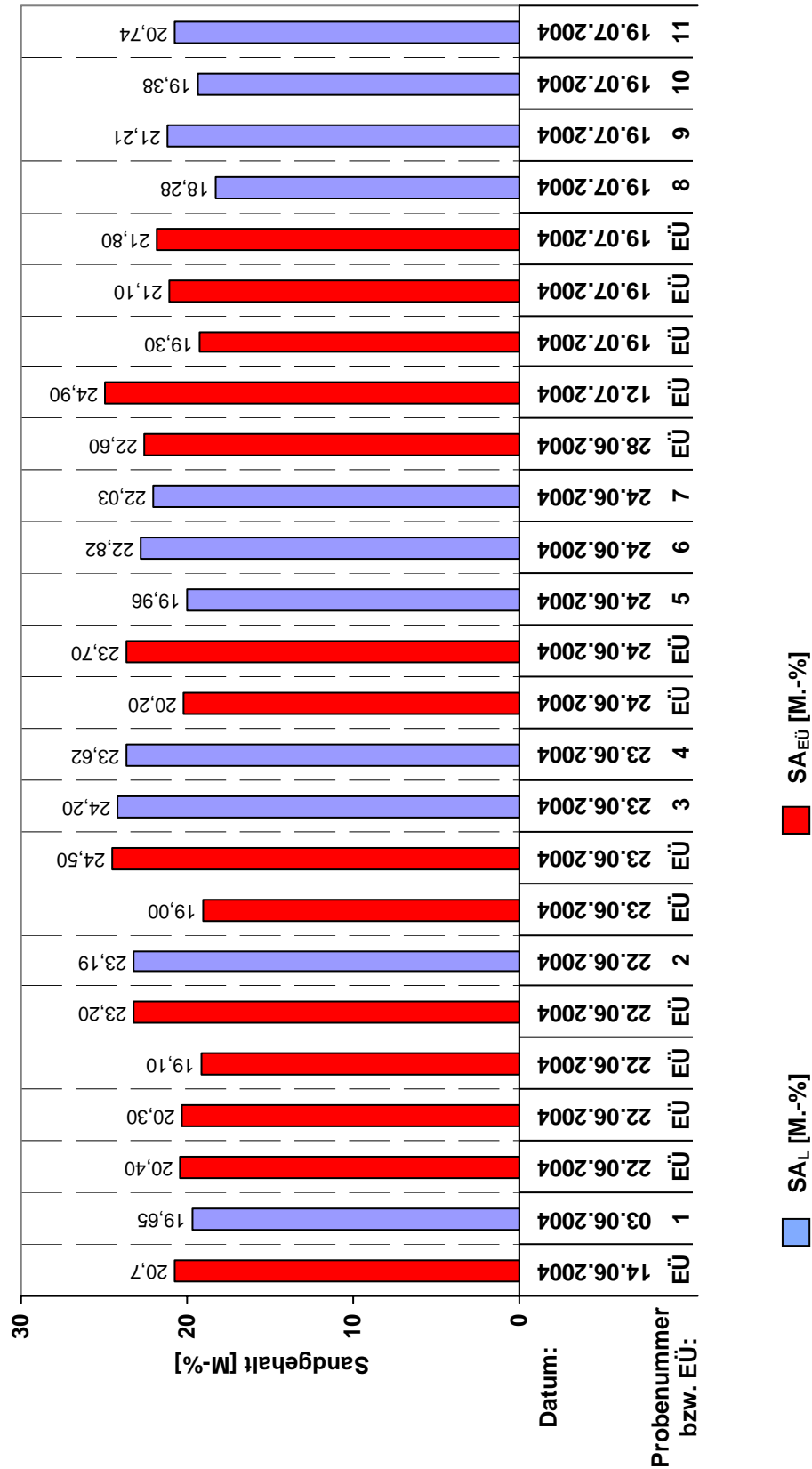
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der
Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Füller



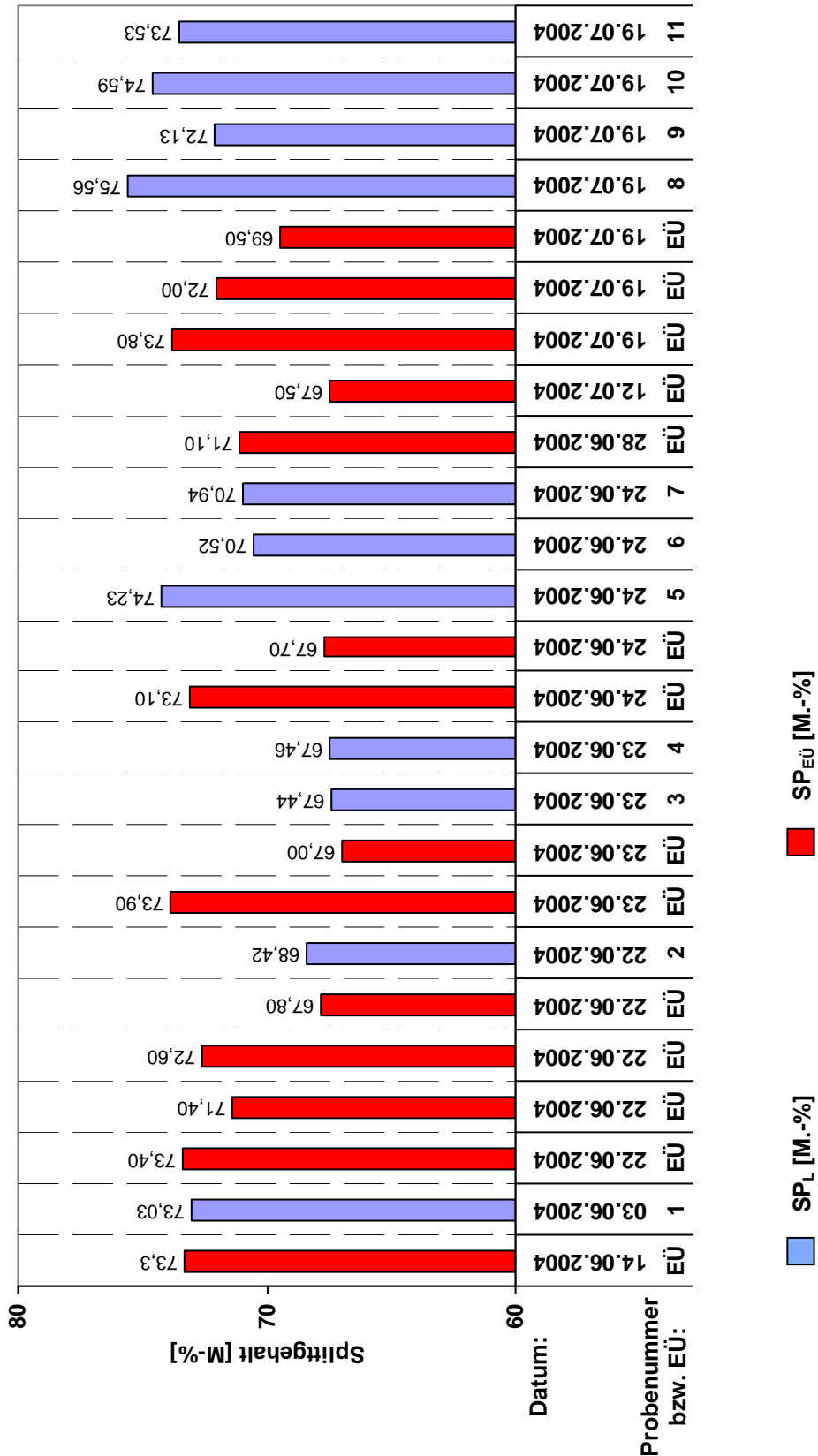
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Sandkörnung



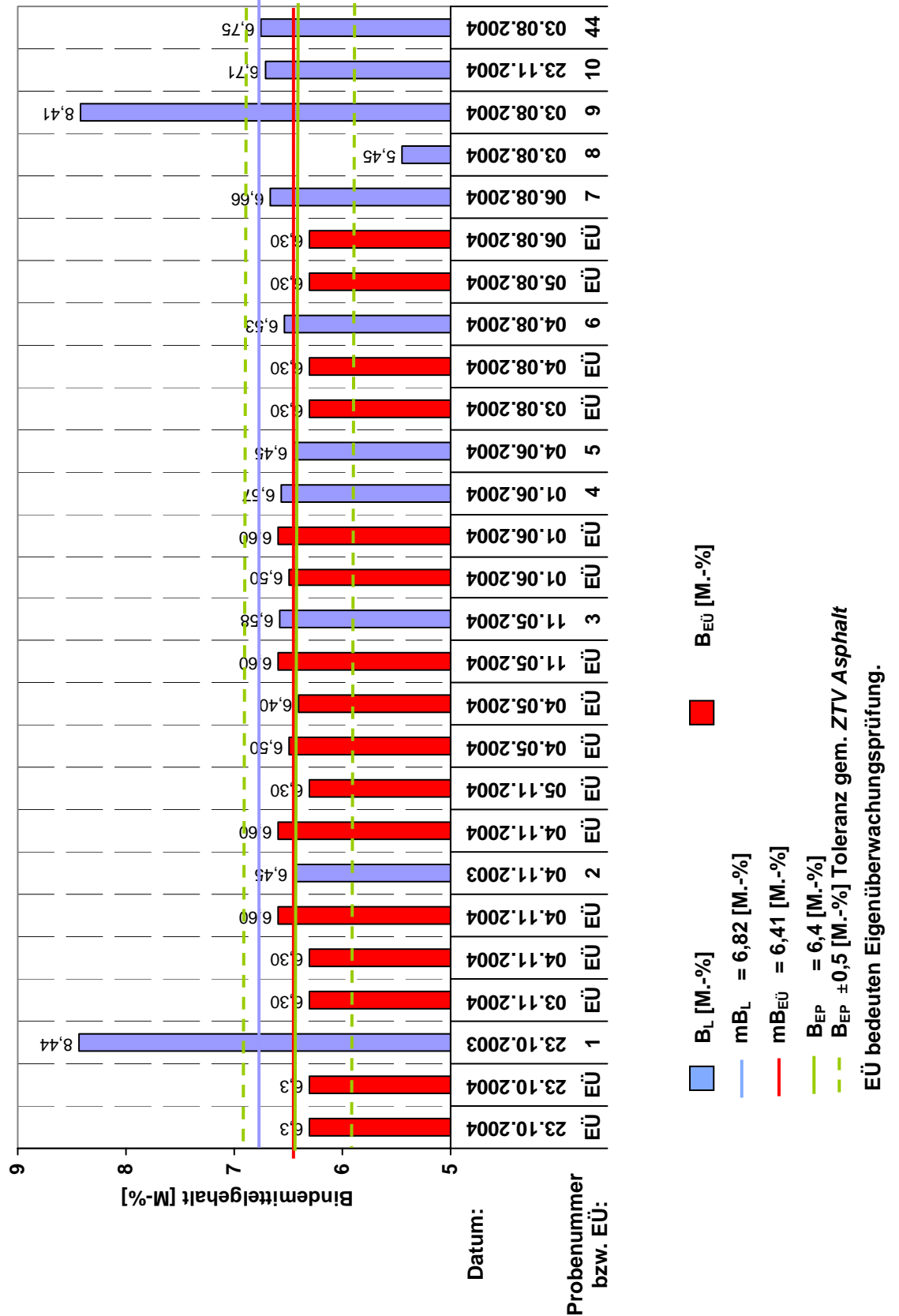
Werk 03; ATS 0/32 CS mit Siebumgehung

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Splittkörnung



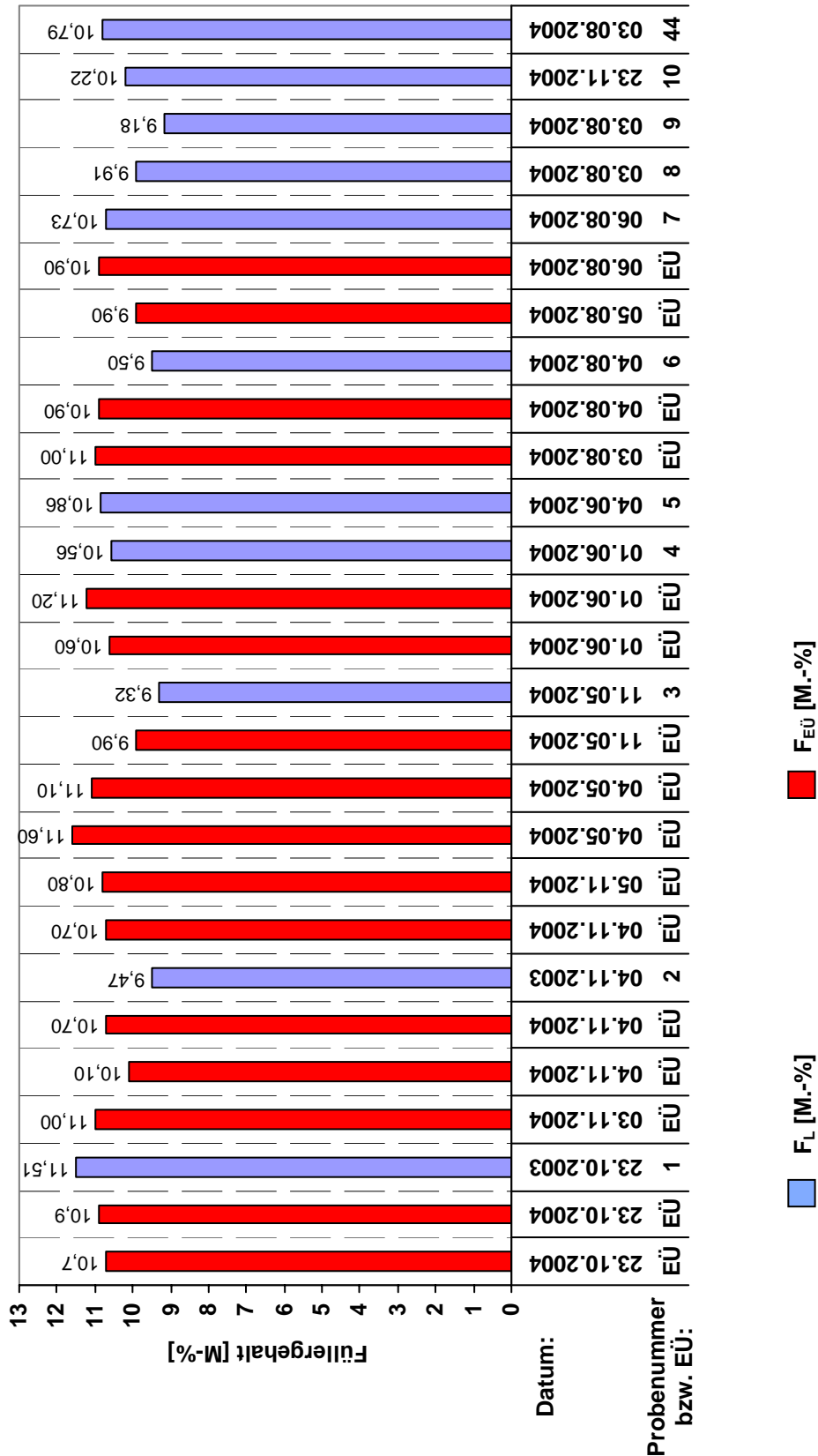
Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Bindemittelgehalt



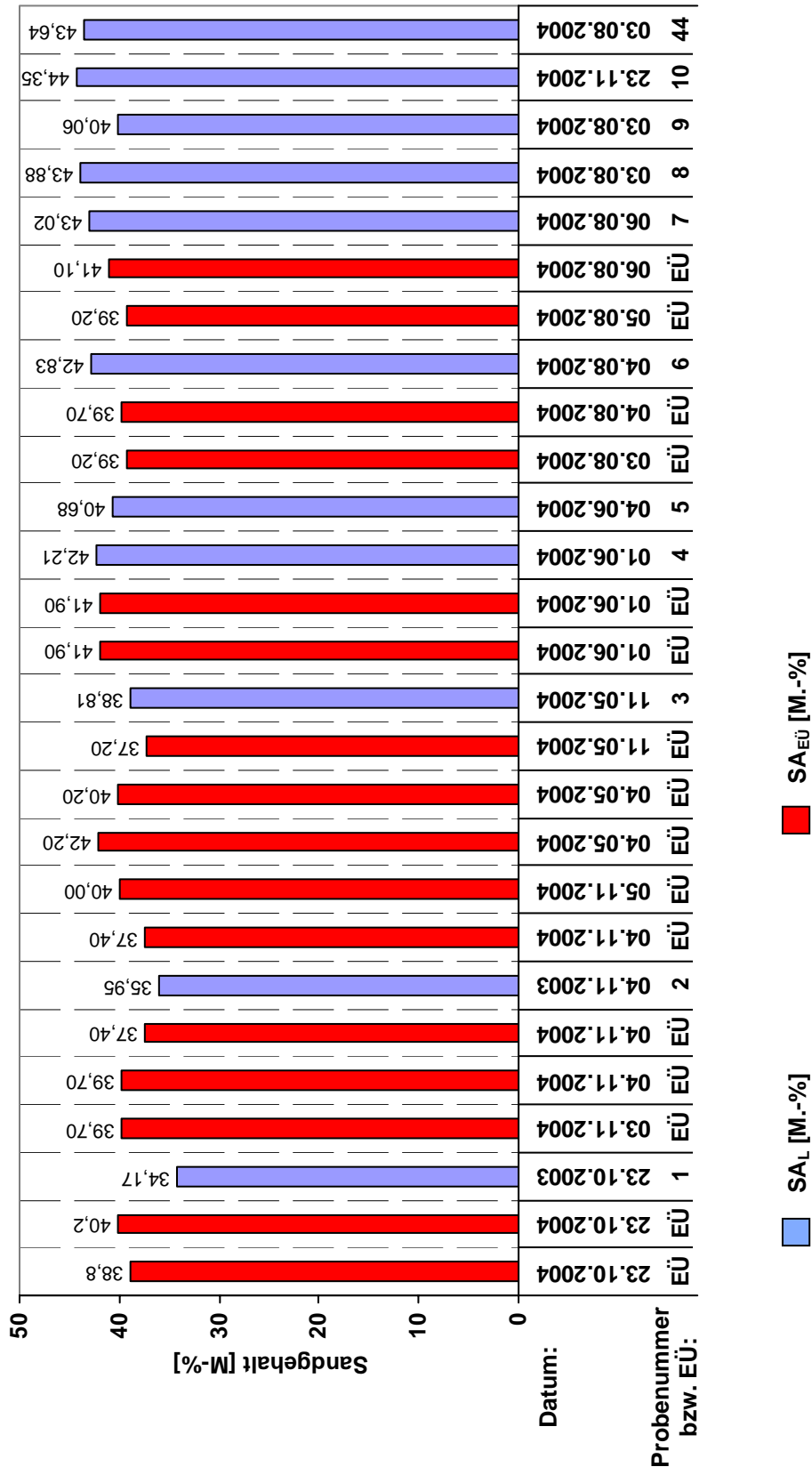
Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Füller



Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Sandkörnung



Werk 06; AB 0/8 mit Asphaltgranulat

Gegenüberstellung: korrigierter Laborwert und Wert der Eigenüberwachungsprüfung für Anteil Splittkörnung

