

EINBAUEN + VERDICHTEN

SMI

*Schweizerische Mischgut-Industrie
Industrie suisse des enrobés bitumineux
Industria svizzera delle miscele bituminose*

www.mischgut-industrie.ch



*Schweizerische Mischgut-Industrie
Industrie suisse des enrobés bitumineux
Industria svizzera delle miscele bituminose*

EINBAUEN + VERDICHTEN

Verfasser: Mathias Blumer, dipl. Ing. ETH †

Überarbeitung: Hansjörg Byland, dipl. Ing. ETH
5106 Veltheim

Herausgeber: SMI, Schweizerische Mischgut-
Industrie, Fachverband für
bituminöses Mischgut
c/o Belag und Beton AG
6023 Rothenburg

Druck: Offset Rüegg AG, 8904 Aesch

Inhalt

I. Vorbereitung der Einbauarbeiten

- | | |
|--|----|
| 1. Anforderungen | 4 |
| 2. Einfluss der Witterung | 10 |
| 3. Belagsaufbau und Wahl von
Mischgutsorte und -typ | 12 |
| 4. Vorbereiten der Unterlage | 20 |
| 5. Planung des Arbeitsablaufes | 24 |
| 6. Organisation der Mischgutlieferung | 29 |

II. Einbauen

- | | |
|----------------------------------|----|
| 7. Maschineller Einbau | 34 |
| 8. Naht- und Randausbildung | 38 |
| 9. Einbau mit Nivellierautomatik | 42 |

III. Verdichten

- | | |
|---------------------------------------|----|
| 10. Vorverdichtung durch den Fertiger | 44 |
| 11. Belagswalzen | 47 |
| 12. Welche Walzen? | 51 |
| 13. Einsatz der Walzen | 59 |
| 14. Beispiel: Einbau Fahrbahnbelag | 64 |
| 15. Einbaumängel vermeiden | 67 |

Vorwort

Die Schweizerische Mischgutindustrie SMI, ein Zusammenschluss von Mischgutlieferwerken aus der ganzen Schweiz und Lichtenstein, ist an einer fachgerechten Anwendung von bitumenhaltigem Mischgut interessiert. Mit dieser 4. überarbeiteten Auflage 2005 (1981/1989/1998) des Handbuchs «Einbauen und Verdichten», kommen wir der grossen Nachfrage der letzten Jahre nach. Dem Praktiker, der die Mischgutverarbeitung auf der Baustelle durchführt oder auch überwacht, wird mit diesem Handbuch ein geeignetes Manual zur Verfügung gestellt. Das Handbuch ist entsprechend dem neuen Normenwerk und den neuen Einbautechniken angepasst worden und soll auch als Hilfsmittel für Fachlehrer und Lehrmeister in der Ausbildung von Strassenbauern dienen.

Der Inhalt zeigt im Wesentlichen auf, wie bitumenhaltiges Mischgut richtig bestellt, transportiert, eingebaut und verdichtet wird. Die richtige Vorbereitung und Handhabung eines Belagseinbaues kann so präventiv zur Minderung von Belagsschäden beitragen. Das Mobilitätsbedürfnis jedes einzelnen von uns ist ungebrochen hoch und wird in Zukunft weiter steigen. Seit 1981 hat die Mobilität in unserem Lande um 30 Prozent zugenommen und stellt an unseren wichtigsten Verkehrsträger grosse Anforderungen. Wir haben gezeigt, dass wir mit unseren Produkten diesen Anforderungen durch zahlreiche Innovationen in der Produktion von bitumenhaltigem Mischgut, wie auch in den Bauverfahren, genüge leisten können. Der bitumenhaltige Strassenbau ist also gut gerüstet und bereit, durch wirtschaftlich machbare und ökologisch sinnvolle Lösungen in der Zukunft zu bestehen.

Rico Bargetzi, Präsident
SMI Schweizerische Mischgutindustrie

I. Vorbereitung der Einbauarbeiten

1. Anforderungen

In den Normen sind die Anforderungen an die Ebenheit von Deckschichten festgelegt, die beim Belagseinbau erfüllt werden müssen. Dabei gelten für unterschiedliche Strassenkategorien unterschiedliche Anforderungen.

Anforderungen an die Ebenheit von Fahrbahndeckschichten nach Norm SN 640 521

Strassentypen	Hochleistungsstrassen (HLS)	Hauptverkehrsstrassen (HVS)	Verbindungsstrassen (VS)
Goniograph			
–Winkelwert W	max. 10‰	max. 14‰	max. 14‰
–Standardabweichung sw	max. 1.4‰	max. 1.8‰	max. 2.2‰
Muldentiefe unter der 4-m-Latte	max. 4 mm	max. 5 mm	max. 6 mm

Nach heutigem Kenntnisstand sind Dichte und Hohlraumgehalt der eingebauten Schichten von ausschlaggebender Bedeutung für ihr Gebrauchsverhalten. Hohlraumreiche und unzureichend verdichtete Beläge unterliegen vermehrt den negativen Einwirkungen des Wassers, sind anfälliger für Frostschäden und Rissbildungen und werden rascher abgenutzt. Bei zu geringem Hohlraumgehalt andererseits besteht die Gefahr, dass die eingebauten Schichten bei hohen Temperaturen und grosser Beanspruchung bleibende Verformungen erleiden. Deshalb ist ein hoher Verdichtungsgrad anzustreben, und die in der Norm angegebenen Grenzen des Hohlraumgehaltes dürfen weder überschritten noch unterschritten werden.

Anforderungen an den Verdichtungsrad eingebauter Beläge nach Norm SN 640 430

Anforderungen an die Verdichtungsgrade der eingebauten Schichten						
Schichten und Sorten	Einzelwerte			Mittelwerte		
	Typ L [%]	Typ N [%]	Typ S,H [%]	Typ L [%]	Typ N [%]	Typ S,H [%]
Deckschichten						
AC 4	≥ 96.0			≥ 97.0		
AC 8	≥ 96.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 98.0	≥ 98.0
AC 11	≥ 96.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 98.0	≥ 98.0
AC 16	≥ 96.0	≥ 97.0		≥ 96.0	≥ 97.0	
Binder- und Tragschichten						
AC B 11, AC T 11	≥ 96.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 98.0	≥ 98.0
AC B 16, AC T 16	≥ 96.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 97.0	≥ 98.0	≥ 98.0
AC B 22, AC T 22	≥ 96.0	≥ 97.0	≥ 98.0	≥ 98.0	≥ 99.0	≥ 99.0 ¹⁾
AC T 32			≥ 98.0			≥ 99.0 ¹⁾
Fundationsschichten						
AC F 22		≥ 96.0			≥ 98.0	
AC F 32		≥ 97.0			≥ 98.0	

¹⁾ Bei HM-Sollwerten an der oberen Grenze gemäss Norm SN 640 431-1NA sind höhere Verdichtungsgrade anzustreben.



Anforderungen an den Hohlraumgehalt eingebauter Beläge nach Norm SN 640 430

Grenzwerte der Hohlraumgehalte eingebauter Beläge						
Schichten und Sorten	Einzelwerte			Mittelwerte		
	Typ L [Vol.-%]	Typ N [Vol.-%]	Typ S,H [Vol.-%]	Typ L [Vol.-%]	Typ N [Vol.-%]	Typ S,H [Vol.-%]
Deckschichten						
AC 4	1.0...9.0			2.0...8.0		
AC 8	1.5...8.0	2.0...8.0	2.0...7.5	2.0...7.0	2.5...6.5	2.5...6.0
AC 11	1.5...8.0	2.0...8.0	2.0...7.5	2.0...7.0	2.5...6.5	2.5...6.0
AC 16	1.5...8.0	2.0...8.0		2.0...7.0	2.5...6.5	
Binder- und Tragschichten						
AC B 11, AC T 11	1.5...9.0	2.0...8.5	2.0...7.5	2.0...7.0	2.5...6.5	2.5...6.0
AC B 16, AC T 16	1.5...9.0	2.0...8.5	2.0...7.5	2.0...7.0	2.5...6.5	2.5...6.0
AC B 22, AC T 22	1.5...9.0	2.0...8.5	2.0...8.0	2.0...7.0	2.5...6.5	2.5...6.5
AC T 32			2.0...8.0			2.5...6.5
Fundationsschichten						
AC F 22	1.5...14.0			2.0...12.0		
AC F 32	1.5...14.0			2.0...12.0		

Beläge aus Recyclingmischgut

Recyclingmischgut ist bituminöses Mischgut, dem ein bestimmter Anteil Asphaltgranulat beigemischt worden ist. Recyclingmischgut ist dem ausschliesslich aus neuen Mineralstoffen bestehenden Mischgut gleichwertig. Für die damit hergestellten Beläge und Fundationsschichten gelten die Anforderungen der Norm SN 640 430.

Fundationsschichten

Die Schicht unter der Tragschicht, welche die Last auf den Unterbau verteilt und die Unterlage für den Belag bildet, wird als Fundationsschicht bezeichnet. Neben der am häufigsten verwendeten Fundationsschicht aus Kiessand gelangen

auch Asphaltfundationsschichten und hydraulisch gebundene Fundationsschichten (Zementstabilisierungen) zur Anwendung. Die Fundationsschichten sind immer mit einem Belag zu überdecken, dessen Minimaldicke von der Verkehrslastklasse abhängt (siehe Seite 12).

Mit den Anforderungen an die Projektgenauigkeit der Fundationsschichten soll gewährleistet werden, dass die für die darüberliegenden Schichten verlangten Dicken eingehalten werden können.

Übliche Anforderungen an Höhenlage und Ebenheit von Fundationsschichten

	Asphaltfundationsschicht und Zementstabilisierung		Kiessand- Fundationsschicht
	einschichtig	zweischichtig	
Abweichungen bezügl. Projekthöhe	max. ± 20 mm	max. ± 10 mm	max. ± 10 mm
Muldentiefe unter der 4-m-Latte	max. 15 mm	max. 10 mm	max. 10 mm

Schichtdicken

Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen müssen die verlangten Schichtdicken präzise eingehalten werden. Bei Einhaltung der vereinbarten Ebenheit der Unterlage und sofern ein Einbau des Belages in gleichmässiger Schichtdicke vereinbart worden ist, gelten nach Norm SN 640 430 die folgenden Anforderungen:

- Die aus dem Mischgutverbrauch berechnete mittlere Schichtdicke darf höchstens $\pm 5\%$ von der vereinbarten Sollstärke abweichen. Bei mehrschichtigem Einbau der gleichen Sorte gilt diese Anforderung nur für die Gesamt-

dicke aller aus der gleichen Mischgutsorte bestehenden Schichten.

- Die an Bohrkernen bestimmten Einzelwerte dürfen bei Schichtdicken < 30 mm höchstens $\pm 25\%$ und bei dickeren Schichten höchstens $\pm 20\%$ von der vereinbarten Sollstärke abweichen.

Bei diesen harten Bedingungen kommt der laufenden Kontrolle des Mischgutverbrauchs grosse Bedeutung zu.

Bei Annahme eines Raumgewichtes von 2.4 t/m^3 (= 24 kg je m^2 und je cm Fertigschichtdicke) und konstanter Einbaubreite beträgt die Soll-Mischgutmenge M

$$M = \text{Länge [m]} \times \text{Breite [m]} \times \text{Schichtdicke [cm]} \times 0.024 \text{ [t]}$$

Umgekehrt kann die Länge L berechnet werden, für die eine bestimmte Mischgutmenge (z.B. eine Lastwagenladung) reicht

$$L = \frac{\text{Mischgutmenge [t]}}{\text{Breite [m]} \times \text{Schichtdicke [cm]} \times 0.024} \text{ [m]}$$

Für Lademengen von 16 t (3-Achser) bzw. 20 t (4-Achser) können die Tabellen auf Seite 9 benützt werden.

1 Lastwagen à 16 t reicht für eine Einbaulänge von ... m¹

Schicht- dicke	Einbaubreite in m ¹												
	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
2 cm	166.7	148.1	133.3	121.2	111.1	102.6	95.2	88.9	83.3	78.4	74.1	70.2	66.7
3 cm	111.1	98.8	88.9	80.8	74.1	68.4	63.5	59.3	55.6	52.3	49.4	46.8	44.4
4 cm	83.3	74.1	66.7	60.6	55.6	51.3	47.6	44.4	41.7	39.2	37.0	35.1	33.3
5 cm	66.7	59.3	53.3	48.5	44.4	41.0	38.1	35.6	33.3	31.4	29.6	28.1	26.7
6 cm	55.6	49.4	44.4	40.4	37.0	34.2	31.7	29.6	27.8	26.1	24.7	23.4	22.2
7 cm	47.6	42.3	38.1	34.6	31.7	29.3	27.2	25.4	23.8	22.4	21.2	20.1	19.0
8 cm	41.7	37.0	33.3	30.3	27.8	25.6	23.8	22.2	20.8	19.6	18.5	17.5	16.7
9 cm	37.0	32.9	29.6	26.9	24.7	22.8	21.2	19.8	18.5	17.4	16.5	15.6	14.8
10 cm	33.3	29.6	26.7	24.2	22.2	20.5	19.0	17.8	16.7	15.7	14.8	14.0	13.3

1 Lastwagen à 20 t reicht für eine Einbaulänge von ... m¹

Schicht- dicke	Einbaubreite in m ¹												
	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
2 cm	208.3	185.2	166.7	151.5	138.9	128.2	119.0	111.1	104.2	98.0	92.6	87.7	83.3
3 cm	138.9	123.5	111.1	101.0	92.6	85.5	79.4	74.1	69.4	65.4	61.7	58.5	55.6
4 cm	104.2	92.6	83.3	75.8	69.4	64.1	59.5	55.6	52.1	49.0	46.3	43.9	41.7
5 cm	83.3	74.1	66.7	60.6	55.6	51.3	47.6	44.4	41.7	39.2	37.0	35.1	33.3
6 cm	69.4	61.7	55.6	50.5	46.3	42.7	39.7	37.0	34.7	32.7	30.9	29.2	27.8
7 cm	59.5	52.9	47.6	43.3	39.7	36.6	34.0	31.7	29.8	28.0	26.5	25.1	23.8
8 cm	52.1	46.3	41.7	37.9	34.7	32.1	29.8	27.8	26.0	24.5	23.1	21.9	20.8
9 cm	46.3	41.2	37.0	33.7	30.9	28.5	26.5	24.7	23.1	21.8	20.6	19.5	18.5
10 cm	41.7	37.0	33.3	30.3	27.8	25.6	23.8	22.2	20.8	19.6	18.5	17.5	16.7

Beispiel: 7 cm AC T 22 N, Einbaubreite 3.75 m

1 Lastwagen (3-Achser) à 16 t reicht für eine Einbaulänge von 25.4 m¹

1 Lastwagen (4-Achser) à 20 t reicht für eine Einbaulänge von 31.7 m¹

2. Einfluss der Witterung

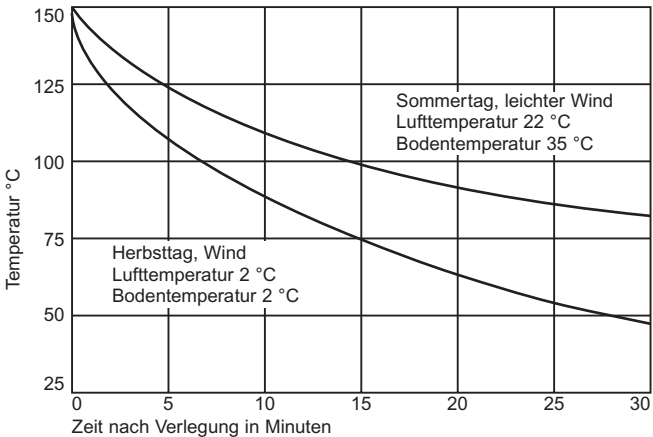
Niederschläge

Das heisse Mischgut bringt Wasser zum Verdampfen. Dabei wird dem Belag Wärme entzogen, so dass er rasch abkühlt. Die Verdichtung wird erschwert und der Schichtverbund ist gefährdet; Wellenbildungen und Walzrisse können die Folge sein.

Empfehlungen:

- Kein Belagseinbau auf ausgesprochen nasser Unterlage. Nötigenfalls vorerst abtrocknen lassen. Bei Regen Belagseinbau einstellen.
- Bei dicken Tragschichten ist das Risiko weniger gross und bei leichten Regenfällen dürfen Tragschichten eingebaut werden.

Abkühlgeschwindigkeit in 3.5 cm dickem Belag



Tiefe Temperaturen

Wie die Ergebnisse schwedischer Untersuchungen eindrücklich zeigen, kühlen an kalten Tagen verlegte dünne Belagschichten sehr rasch ab und die ausreichende Verdichtung ist nicht gewährleistet. Tiefe Bodentemperaturen und Wind wirken sich stärker aus als tiefe Lufttemperaturen.

Empfehlungen:

- Im Spätherbst, bei Temperaturen von weniger als 5° C, grundsätzlich keine dünnen Beläge einbauen. (Bei Trag- und Binderschichten von min. 6 cm Dicke ist das Risiko weniger gross und ein Einbau bei Temperaturen von 0° C ist zulässig.)
- Sofern aus zwingenden Gründen trotzdem eingebaut werden muss (z.B. weil aus Budgetgründen die Bauabrechnung noch vor dem Jahreswechsel vorliegen muss) und der Bauherr die Verantwortung übernimmt, sind besondere Massnahmen (Vorwärmen der Unterlage, Transport mit Thermomulden, hoch wirksame Verdichtungsgeräte usw.) anzuordnen.

Hohe Temperaturen

Wird bei grosser Hitze eingebaut, kann zu intensives Walzen zu einer oberflächlichen Glättung und damit zu verminderter Griffbarkeit führen. Eine zu frühe Verkehrsfreigabe kann Spurrinnen und Wellenbildungen durch Instabilität der eingebauten Schichten verursachen.

Empfehlungen:

- Mit Walzen etwas zuwarten. Möglichst auf den Einsatz von Gummiradwalzen verzichten oder höchstens 2 Übergänge damit walzen.
- Jede fertig eingebaute und verdichtete Schicht darf erst nach vollständigem Erkalten, in der Regel am nächsten Tag, für den Verkehr freigegeben werden.
- Nötigenfalls Abkühlung des Belages durch Aufbringen von Wasser beschleunigen.

3. Belagsaufbau und Wahl von Mischgutsorte und -typ

Mindestdicke und Aufteilung der bituminösen Belagsschichten

Die erforderliche Dicke des bituminösen Belages ist einerseits abhängig von der Verkehrsbeanspruchung, andererseits von der Tragfähigkeit der Unterlage und somit vom Material der Fundationsschicht. Die nachstehende Tabelle gibt die erforderlichen Mindestdicken für die drei üblichen Fundationsschichten an:










Mindestdicke der bituminösen Belagsschichten in Abhängigkeit der Verkehrslastklasse

Verkehrslast- klassen T_i	minimale Belagsdicke bei Aufbau auf...		
	Kiessandfund.	Asphaltpfund.	Zementstabi.
T_6 extrem schwer TF > 3000...10 000	270 mm	180 mm	180 mm
T_5 sehr schwer TF > 1000...3000	220 mm	150 mm	150 mm
T_4 schwer TF > 300...1000	170 mm	120 mm	120 mm
T_3 mittel TF > 3000...10 000	130 mm	100 mm	100 mm
T_2 leicht TF > 100...300	100 mm	40 mm	40 mm
T_1 sehr leicht TF \leq 30	70 mm	40 mm	40 mm

TF = tägliche äquivalente Verkehrslast

Die so ermittelte Belagsdicke wird durch eine Aufteilung in Trag- und Deckschicht, bei grösseren Stärken (für die Verkehrslastklassen T₄...T₆) in Trag-, Binder- und Deckschicht erreicht. In der Norm SN 640 430 sind typische Beispiele für eine praxisgerechte Aufteilung der Gesamtdicke in einzelne Schichten aufgeführt.

Schichtenaufteilung und Wahl des Mischguttyps gemäss SN 640 430

T _i	Beispiele der Aufteilung des Belages in Schichten (Unter Berücksichtigung der Mindestschichtdicken können auch andere Aufteilungen gewählt werden.)	
T ₆	 40 mm SMA 11 90 mm AC B 22 140 mm AC T 32	 30 mm AC MR 8 70 mm AC B 22 80 mm AC T 22 110 mm AC F 32
T ₅	 30 mm AC 8 80 mm AC B 22 110 mm AC T 32	 40 mm AC 11 100 mm AC B 22 100 mm AC F 22
T ₄	 30 mm SMA 8 60 mm AC B 16 80 mm AC T 22	 40 mm AC 11 80 mm AC B 22 60 mm AC F 22
T ₃	 40 mm AC 11 90 mm AC T 22	
T ₂	 30 mm AC 8 70 mm AC T 22	
T ₁	 70 mm AC T 22 Bei Rad- und Gehwegen darf der Belag auf 50 mm Dicke (AC 16 oder AC T 16) reduziert werden.	

T_i Verkehrslastklasse

Bei Anwendung anderer Deckschichten (AC, SMA, AC MR, Gussasphalt MA) verändert sich die Gesamtdicke des Belages nicht. Bei Verwendung von offenporigem Asphalt (PA und PA B) sind die Gesamtdicken gemäss der Norm SN 640 324 «Dimensionierung; Strassenoberbau» festzulegen.

Wahl von Mischgutsorte und Mischgutttyp

Sollen die eingebauten Beläge ein gutes Gebrauchsverhalten aufweisen, müssen Mischgutzusammensetzung und -eigenschaften auf Verkehrsbeanspruchung und klimatische Bedingungen abgestimmt werden. In der Norm SN 640 430 unterscheidet man die folgenden vier Mischguttypen:

- Mischguttyp L für leichte Beanspruchung**
- Mischguttyp N für normale Beanspruchung**
- Mischguttyp S für starke Beanspruchung**
- Mischguttyp H für sehr starke Beanspruchung**

Die nach der Belagsnorm empfohlenen Anwendungsbereiche der verschiedenen Mischguttypen sind in Abhängigkeit der Beanspruchung durch Verkehr und Klima aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

Empfehlung für die Wahl des Mischguttyps in Abhängigkeit der Verkehrsbeanspruchung und der klimatischen Bedingungen nach Norm SN 640 430

Verkehrslastklasse Ti	bei normaler Beanspruchung			bei besonderer Beanspruchung		
	A	B	C	A	B	C
T6 extrem schwer TF > 3000...10000	S	H	H	H	H	H
T5 sehr schwer TF > 1000...3000	S	S	H	S	H	H
T4 schwer TF > 300...1000	N/S	S	S	S	S	H
T3 mittel TF > 100...300	N	N	S	N	S	S
T2 leicht TF > 30...100	L	N	N	N	N	S
T1 sehr leicht TF ≥ 30	L	L	N	L	N	N

Klimatische Bedingungen

- A Höhenlage Besonders tiefe Temperaturen
 B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Mittelland)
 C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen

Nach dieser Tabelle wird zwischen normaler und besonderer Beanspruchung unterschieden. Die Beanspruchung nimmt mit zunehmender Lasteinwirkungszeit zu und ist besonders gross bei langsam rollendem und stehendem Schwerverkehr.

Eine von der Verkehrslastklasse abhängige besondere Beanspruchung liegt beispielsweise vor:

- in Verkehrsknoten mit oder ohne Kreisell
- auf Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen
- auf längeren Steigungen und Strecken mit grossem Gefälle

Eigenschaften des Mischgutes und der damit hergestellten Beläge

Die Mischguttypen unterscheiden sich sowohl beim Einbau wie auch in ihrem Gebrauchsverhalten.

Mischgut Typ L

Weiche Bindemittel, hoher Bindemittelgehalt und nur teilweise gebrochene Gesteinskörnungen machen das Mischgut geschmeidig und leicht einbaubar. Auch für Handeinbau geeignet. Eingebaute Schichten sind auch bei tiefen Temperaturen ausreichend flexibel, um sich Bewegungen der Unterlage rissefrei anpassen zu können, haben jedoch geringe Standfestigkeit.

Mischgut Typ N

Bindemittel mittlerer Härte und mittlerer Bindemittelgehalt. Mischgut vom Typ N wird im Strassenbau am meisten verwendet. Es lässt sich ohne besondere Probleme einbauen und verdichten. Hinsichtlich Zusammensetzung des Mischgutes und Festigkeitseigenschaften der damit hergestellten Beläge liegt der Typ N zwischen den Typen L und S.

Mischgut Typ S und H

Harte Bindemittel, niedriger Bindemittelgehalt und gebrochene Zuschlagstoffe machen das Mischgut sperrig und schwer verdichtbar. Deckschichten vom Typ S zeichnen sich durch einen hohen Verformungswiderstand aus, neigen aber eher zu Rissbildungen bei tiefen Temperaturen und Absanden. Sie sollen nur dort eingebaut werden, wo tatsächlich grosse Beanspruchungen zu erwarten sind.

In der Tabelle auf Seite 18 sind die in den Normen SN 640 430 definierten Mischgutsorten und die entsprechenden Schichtdickenbereiche aufgeführt.

Spezielle Deckschichten

Die nachstehend aufgeführten Spezialbeläge eignen sich für Verkehrsflächen mit sehr starker Beanspruchung und werden häufig in Kombination mit hochstandfesten Trag- und Binderschichten vom Typ H eingebaut.

Splittmastixasphalt SMA (SN 640 431-5NA)

Das Mischgut besteht aus einem bindemittel- und mastixreichen Mineralstoffgemisch mit Ausfallkörnung und verfügt über eine hohe Verformungsfestigkeit und ein gutes Ermüdungs- und Kälteverhalten. Als Bindemittel wird in der Regel Polymerbitumen oder Bitumen mit stabilisierenden Zusätzen (organische oder mineralische Faserstoffe, Naturasphalte, Gummiprodukte) verwendet.

Rauasphalt AC MR (SN 640 431-1NA)

Das Mischgut besteht aus einem Mineralstoffgemisch mit einer splittreichen Ausfallkörnung und Polymerbitumen. Der grosse Splittanteil ergibt ein in sich abgestütztes verformungsfestes Korngerüst, dessen Hohlräume teilweise mit Asphaltmastix ausgefüllt sind.

Offenporiger Asphalt PA (SN 640 431-7NA)

Das Mischgut besteht aus einem sand- und füllerarmer Mineralstoffgemisch mit hohem Anteil an Grobsplitt und Polymerbitumen. Der hohe Splittgehalt ergibt ein tragfähiges und verformungsfestes Korngerüst. Um die angestrebte hohe Durchlässigkeit der PA-Deckschicht zu gewährleisten, muss der Marshallhohlraum min. 20...22 Volumen-% betragen.

Unter offenporigen Deckschichten werden – vor allem zur Verbesserung der Lärmreduktion – auch offenporige Binderschichten PA B angewendet. Für spezielle Anwendungen, z.B. zur Verhinderung von Druckspannungen unter Pflästerungen oder Sportplatzbelägen, werden auch Sickerschichten PA S eingesetzt.

Sollwertbereiche der Schichtdicken gemäss Norm SN 640 430 «Walzasphalt»

Mischgutsorten	Mischguttypen			
	L [mm]	N [mm]	S [mm]	H [mm]
Deckschichten				
AC 4	15...20			
AC 8	20...35	20...35	25...35	25...35
AC 11	35...50	35...50	35...50	35...50
AC 16	45...60	45...60		
AC MR 8		20...30		
AC MR 11		25...40		
ACVTL 8A	15...25			
ACVTL 11 C	20...30			
SMA 8		25...35		
SMA 11		30...45		
PA 8		25...35		
PA 11		35...50		
Binderschichten				
AC B 11			35...50	
AC B 16			45...70	45...70
AC B 22			65...100	65...100
PA B 16		40...80		
PA B 22		60...150		

Sollwertbereiche der Schichtdicken gemäss Norm SN 640 430 «Walzasphalt»

Mischgutsorten	Mischguttypen			
	L [mm]	N [mm]	S [mm]	H [mm]
Tragschichten				
AC T 11	30...50	30...50	35...50	
AC T 16	45...70	45...70	45...70	45...70
AC T 22	60...100	60...100	65...100	65...100
AC T 32			90...140	90...140
Fundationsschichten				
AC F 22	60...150			
AC F 32	80...200			
Sickerschichten				
PA S 16		40...80		
PA S 22		60...150		
Pa S 32		80...200		

4. Vorbereiten der Unterlage

Ähnlich wie ungünstige Witterung können auch Mängel der Unterlage den Erfolg der Einbauarbeiten in Frage stellen und Ursache von späteren Schäden sein.

Fundationsschichten aus Kiessand

Vor dem Einbau auf einer Kiessandfundationsschicht sind – insbesondere, wenn die Fundationsschicht nicht vom Belagsunternehmer erstellt wurde – Höhengenaugigkeit und Standfestigkeit der Planie zu prüfen. Damit können unerfreuliche Diskussionen um Mischgutmehrverbrauch und Schadenursachen vermieden werden.

1. Planietragfähigkeit

Zur genauen Bestimmung der Planietragfähigkeit dient der Plattendruckversuch (M_E -Wert). Für den Belagseinbau müssen gemäss Norm SN 640 585 die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- Planie für Strassen mit Schwerverkehr $M_E \leq 100 \text{ MN/m}^2$
- Planie für Strassen mit Leichtverkehr $M_E \leq 80 \text{ MN/m}^2$
(Rad- und Gehwege)

Mit dem Abrollversuch (Abfahren mit einem Lastwagen oder mit einer schweren Gummiradwalze und Beurteilung der dabei auftretenden Radspuren) kann rasch und zuverlässig festgestellt werden, ob Bereiche mit ungenügender Planietragfähigkeit vorhanden sind. Diese Stellen sind durch Nachverdichten und nötigenfalls durch Auskoffern und Materialersatz zu sanieren.

Wie die Tabelle auf Seite 12 zeigt, ist jeder Verkehrslastklasse eine bestimmte Mindestdicke des bituminösen Belages zugeordnet, wobei vorausgesetzt wird, dass der M_E -Wert auf der Planie mindestens 80 MN/m^2 beträgt. Wenn dies nicht zutrifft, muss entweder

nachverdichtet werden, oder aber die bituminösen Schichten sind zu verstärken. Zur Verstärkung eignet sich eine Asphaltfundationsschicht, die mit dem Fertiger höhengenaue eingebaut wird.

Die zur Verstärkung erforderliche Dicke der Asphaltfundationsschicht kann nach der Dimensionierungsnorm SN 640 324 in Funktion des auf der Planie vorhandenen M_E -Wertes bestimmt werden.

2. Planiegenauigkeit

Grössere örtliche Unebenheiten der Planie (z.B. Schlaglöcher) müssen unbedingt ausgebessert werden. Lang ausgezogene Mulden hingegen können mit dem maschinellen Einbau der ersten Tragschicht ausgeglichen werden, wenn hierfür ein Fertiger mit Nivellierautomatik eingesetzt wird und wenn die Übernahme des Mischgutmehrverbrauches mit dem Bauherrn vereinbart wurde.

Bituminöse Unterlage

1. Voranstrich

Alle bituminösen Schichten müssen schubfest miteinander verbunden sein. Um den einwandfreien Verbund der bitumenhaltigen Schichten zu gewährleisten ist die Unterlage mit einem Haftvermittler anzuspüren. Als Haftvermittler sind bitumenhaltige Bindemittel wie normierte Bitumenemulsionen, Haftkleber oder andere geeignete Produkte zu verwenden.

Die Dosierung richtet sich nach der Beschaffenheit der Unterlage und muss vor Einbaubeginn festgelegt werden. Es kann mit folgenden Richtwerten (effektive Bindemittelmenge) gerechnet werden:

- ca. 100...150 g/m² bei geschlossener Oberfläche
- ca. 150...200 g/m² bei poröser, ausgemagerter, rauer oder gefräster Oberfläche

Das Ansprühen hat möglichst mit Balkenbrause so zu erfolgen, dass eine gleichmässige Verteilung des Bindemittels erreicht wird. Der Haftvermittler muss abgebunden haben, bevor die nächste Schicht eingebaut wird. Auf den mit einem Haftvermittler versehenen Flächen ist jeder Verkehr, ausgenommen Mischguttransporte, untersagt. Aus Gründen der Verkehrssicherheit sind die Flächen abzusperren und zu signalisieren.

2. Profilkorrekturen

Ein Vorflicken von Hand ist immer problematisch, weil eine ausreichende Verdichtung kaum möglich ist und weil – insbesondere bei Verwendung von feinkörnigem Mischgut – eine Zwischenschicht von geringerer Standfestigkeit resultiert. Ein Profilausgleich, wie er beim Einbau auf bestehender Strasse häufig erforderlich ist, sollte deshalb maschinell vorgenommen werden. Gegebenenfalls ist der Einbau in mehr als einer Schicht vorzusehen. So ist es möglich, Mulden bis zu 50 mm Tiefe ohne manuelles Vorflicken auszugleichen.

Die besten Resultate lassen sich jedoch erzielen, wenn der Profilausgleich durch Abfräsen erfolgt. Voraussetzung ist, dass dabei eine minimale Stärke und damit auch Tragfähigkeit der verbleibenden Schicht(en) nicht unterschritten wird.

Hydraulisch gebundene Foundationsschichten (Zementstabilisierung)

Um die Zementstabilisierung vor Überbeanspruchung zu schützen und um Rissbildungen zu vermeiden, müssen die bituminösen Schichten eine Mindestdicke aufweisen (vgl. Angaben in Tabelle Seite 12). Zementstabilisierte Schichten weisen in der Regel Querrisse in mehr oder weniger regelmässigen Abständen auf. Um das Durchschlagen dieser Risse bis zur Deckschicht zu verhindern, kann eine spannungsabbauende Zwischenlage – eine so genannte SAMI

(Stress Absorbing Membrane Interlayer) – angeordnet werden. Dabei handelt es sich um eine Dickschicht-Oberflächenbehandlung mit einem polymermodifizierten Bitumen oder um ein mit einer polymermodifizierten Emulsion vollflächig verklebtes Geotextil (Geovlies oder kombiniertes System Glasgitter/Vlies).

Vor dem Belageinbau sind lockere und nicht standfeste Partien der hydraulisch stabilisierten Unterlage zu entfernen und schadhafte Stellen mit bitumenhaltigem Mischgut vorzuflicken. Ein eventuell notwendiger Profilausgleich ist mit bitumenhaltigem Mischgut auszuführen. Offene Risse sind mit geeigneten Materialien zu füllen. Die Unterlage ist gründlich zu reinigen und zur Sicherstellung des Schichtenverbundes wird in der Regel ein Voranstrich mit einer Bitumenemulsion aufgebracht.

Betonbelag

Zur Instandsetzung von leicht geschädigten Betonbelägen eignen sich einschichtige Spezialbeläge (Splittmastixasphalt SMA, Rauasphalt AC MR, Asphaltbeton für extra dünne Lagen ACVTL) in Kombination mit einer spannungsabbauenden Zwischenlage (SAMI). Damit soll verhindert werden, dass die Betonfugen in den Belag durchschlagen. Für die SAMI haben sich Stahldraht-, Karbonfaser- oder Geogitter in der Praxis bewährt.

5. Planung des Arbeitsablaufes

Beim Belagsbau sind sehr strenge Qualitätsanforderungen zu erfüllen. An einem Arbeitstag werden häufig sehr grosse Umsätze realisiert. Wenn wir Misserfolge vermeiden wollen, müssen wir uns deshalb überlegen – und dies, bevor der erste Camion mit Mischgut auf der Baustelle steht – wie und mit welcher Leistung wir einbauen wollen.

Einbaurichtung

- Beim Einbau auf volle Fahrbahnbreite erfolgt die Mischgutzufuhr von vorn. Die Lastwagen wenden und fahren rückwärts zum Fertiger.
- Beim Einbau unter Verkehr erfolgt die Mischgutzufuhr von hinten. Die Lastwagen scheren aus dem Durchgangsverkehr aus und fahren rückwärts zum Fertiger.
- In Steigungen wird – wenn von der Mischgutzufuhr her möglich – bergaufwärts eingebaut. Damit erreicht man eine bessere Ebenheit, da der Belag beim Walzen weniger schiebt.

Einbaubreite

Wichtige Grundsätze:

- Einbaubahnen so legen, dass Längsfugen und Handeinbau auf das unumgängliche Minimum reduziert werden.
- Längsfugen der Deckschicht und von Hand eingebaute Flächen sollen nicht im Bereich der Radspuren liegen. Deshalb werden Kurvenverbreiterungen auf der Aussen-seite angesetzt.
- Bei variierender Einbaubreite werden wenn möglich Fertiger mit hydraulisch verstellbarer Bohle eingesetzt.
- Unumgängliche Handeinbauten sind gemeinsam mit dem maschinellen Einbau auszuführen und gleichzeitig zu verdichten.

1. Einbau unter Verkehr

Um dem Grundsatz nachzuleben, dass die Längsfugen der Deckschicht nie in den Bereich von Radspuren zu liegen kommen, ist eine Aufteilung der gesamten Fahrbahnbreite in zwei gleich breite Einbaubahnen nicht immer möglich. In derartigen Fällen (z.B. dreispurige Fahrbahn) sind zwei Einbaubahnen von unterschiedlicher Breite besser als eine Aufteilung in drei nacheinander einzubauende Bahnen. Die Arbeitsfugen übereinander liegender Schichten sind um mindestens 15 cm gegeneinander zu versetzen.

2. Einbau auf volle Fahrbahnbreite

Der Einsatz eines Grossfertigers für grosse Einbaubreiten ist rationell und bietet auch bezüglich der Absteckung Vorteile. Ein derartiger Einsatz macht aber nur dann Sinn, wenn sowohl die einzubauende Fläche entsprechend gross ist und zudem eine genügende Mischgutversorgung ab einem einzigen Mischgutwerk zur Verfügung steht.

Deshalb wird auch beim Einbau auf volle Fahrbahnbreite in den meisten Fällen mit zwei oder sogar drei Fertigern eingebaut. Beim gestaffelten Einsatz der Einbaumaschinen kann die Einbaugeschwindigkeit gleichmässig gehalten werden und es resultiert eine bessere Ebenheit der Belagsoberfläche. Zudem kann das Mischgut bei Bedarf für jeden Fertiger von einer separaten Anlage geliefert werden.

Einbauetappen und -leistung

Bei grössern Belagsarbeiten muss man sich zuerst überlegen, wie eine sinnvolle Aufteilung auf einzelne Einbauetappen möglich ist. Bei Einbau unter Verkehr (vor allem innerorts, bei Kreuzungen) spielen dabei die Möglichkeiten der Verkehrsführung und der Absperrung der einzelnen Teilflächen eine wesentliche Rolle.

Grundsätzliche Hinweise:

- Um mit wenigen Umstellungen auszukommen, sind Trag- und Binderschichten innerhalb einer Teilfläche unmittelbar nacheinander einzubauen.
- Die Deckschicht hingegen soll möglichst durchgehend, d.h. über die einzelnen Teilflächen hinweg, eingebaut werden. Längsfugen sind wenn möglich am gleichen Tag zu schliessen.

Wenn die einzelnen Tagesetappen festgelegt sind, lassen sich der Mischgutbedarf je Tag (vgl. Seite 27) und die tägliche bzw. stündliche Einbauleistung berechnen. Ob die angestrebten Leistungen machbar sind, hängt von der verfügbaren Kapazität der Mischanlage und von der Transportkapazität sowie von den zur Verfügung stehenden Einbau- und Verdichtungsgeräten ab.

Einbaugeschwindigkeit

Die verlangte hohe Qualität der Deckschicht (ebene und gleichmässig geschlossene Belagsoberfläche, ausreichende Dichte) lässt sich nur erzielen, wenn der Fertiger mit gleichmässiger Geschwindigkeit gefahren wird und möglichst nie stillsteht. Deshalb muss die Einbaugeschwindigkeit auf die vorgesehene Einbauleistung abgestimmt werden.

Die theoretische Einbaugeschwindigkeit beträgt

$$V_{\text{theor}} = \frac{\text{vorgesehene Einbauleistung [t/h]}}{\text{Einbaubreite [m']} \times \text{Schichtdicke [cm]} \times 1.44} \quad [\text{m}^3/\text{min}]$$

Für die Bestimmung des Mischgutbedarfs sowie der theoretischen Einbaugeschwindigkeit können die folgenden Diagramme (vgl. Seiten 28 und 29) benützt werden:

6. Organisation der Mischgutlieferung

Die Mischgutbestellung umfasst:

- Firma / Baustelle und Baustellenummer und Lieferdatum
- Mischgutsorte und -typ (z.B. AC T 22 N)
- Menge je Tag und je Stunde
- Ladezeiten der ersten Lieferungen (fortlaufend oder mit Unterbrechungen?)
- Frankolieferung oder abgeholt

Organisation Mischguttransport

Die Transportkapazität muss in jedem Fall auf die vorgesehene stündliche Einbauleistung abgestimmt werden. Dabei gilt der Grundsatz: Lieber ein Fahrzeug zu viel als eines zu wenig.

Wenn möglich werden für die Mischguttransporte Fahrzeuge mit vergleichbarer Lademenge und Fahrzeit, vor allem also 3- und 4-Achser mit einer Nutzlast von etwa 16 t resp. 20 t eingesetzt. Schlepperzüge mit einer Zuladung von rund 25 t sind wegen ihrer Grösse für Mischguttransporte oft weniger geeignet.

Die Fahrzeit t_F für die Hin- und Rückfahrt berechnet sich nach folgender Formel:

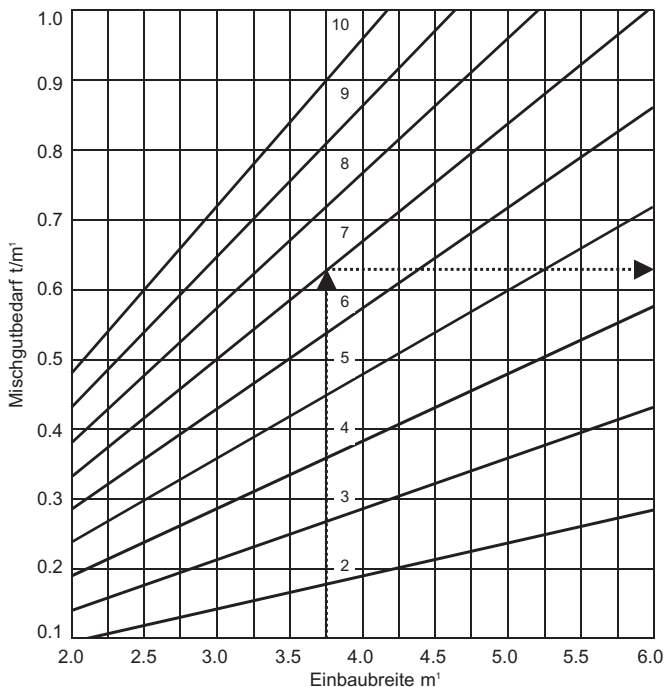
$$t_F = \frac{2 \times \text{einfache Distanz [km]} \times 60}{\text{mittlere Geschwindigkeit [km/h]}} \quad [\text{min}]$$

Die stündliche Leistung L eines Lastwagens ergibt sich zu

$$L = \frac{\text{Lademenge [t]} \times 60}{\text{Fahrzeit } t_F + \text{Ladezeit } t_L + \text{Abladezeit } t_A} \quad [\text{t/h}]$$

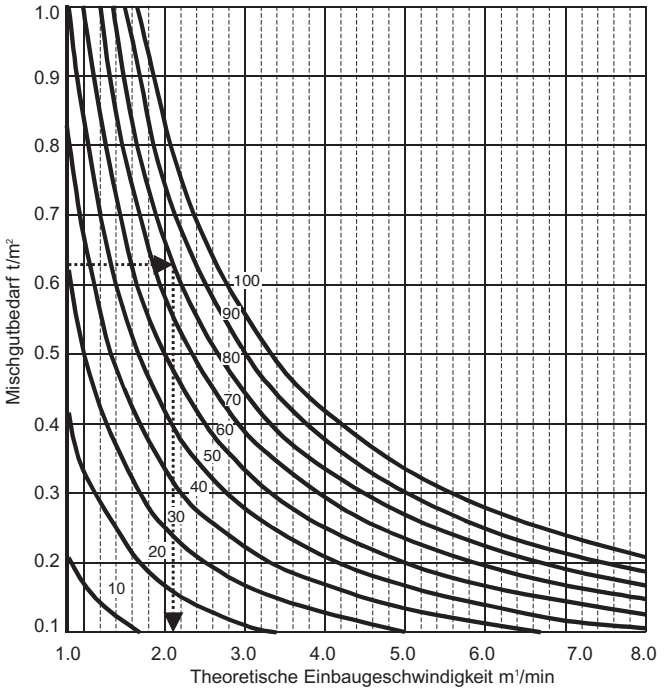
Damit kann berechnet werden, wie viele Fahrzeuge eingesetzt werden müssen, um die gewünschte stündliche Ein-

Bestimmung von Mischgutbedarf und theoretischer Einbaugeschwindigkeit



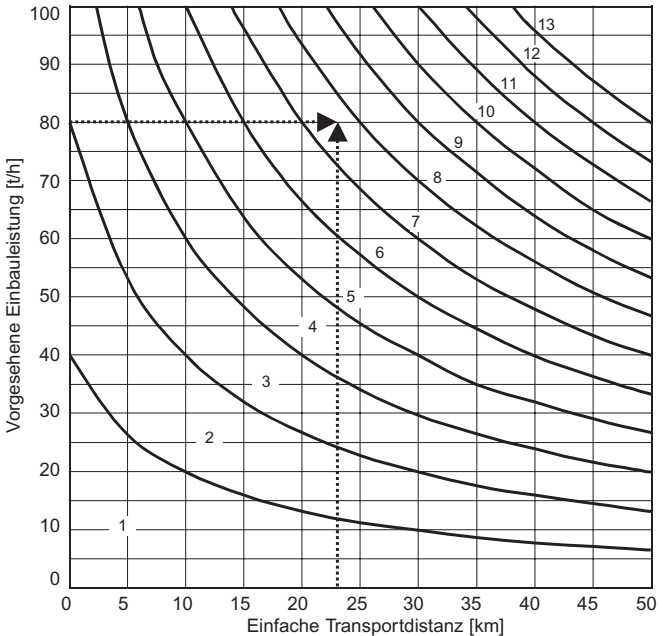
Die tatsächlich einzustellende Fertigergeschwindigkeit soll etwa 20% über der theoretisch errechneten liegen. Es hat sich gezeigt, dass Einbaugeschwindigkeiten von 1.5-3.5 m³/min optimal sind.

Beispiel:	7 cm AC B 22, Einbaubreite 3.75 m ³
	Soll-Einbauleistung: 80 t/h
	Mischgutbedarf 0.63 t/m ³
	Theoretische Einbaugeschw. 2.1 m ³ /min
	Einzustellende Fertigergeschw. 2.5 m ³ /min



bauleistung zu ermöglichen. Für 4-Achs-Lastwagen mit einer Nutzlast von 20 t und einer gewählten Einbauleistung bis zu 100 t/h kann die erforderliche Anzahl Transportfahrzeuge aus dem nachstehenden Diagramm herausgelesen werden (Annahmen: mittlere Geschwindigkeit 40 km/h; Ladezeit und Abladezeit und auf Baustelle im Mittel je 15 min).

Erforderliche Anzahl 4-Achs-Lastwagen à 20 t



Beispiel: Distanz Baustelle – Mischgutwerk 23 km;
vorgesehene Einbauleistung 80 t/h
Es müssen 7 4-Achs-Lastwagen eingesetzt werden.

Eingangskontrolle des Mischgutes

Der Mischgutlieferant haftet dafür, dass das gelieferte Mischgut der Bestellung und den Normanforderungen entspricht. Wird mangelhaftes Mischgut geliefert und dieses Mischgut eingebaut, obwohl man die Mängel vor dem Einbau hätte erkennen können, entfällt die Haftung des Lieferanten. Es ist deshalb unbedingt notwendig, dass das angelieferte Mischgut auf der Baustelle einer Eingangskontrolle unterzogen wird, bevor das Material eingebaut wird. Die Eingangskontrolle umfasst die Kontrolle des Lieferscheins, eine visuelle Prüfung des Mischgutes durch Augenschein sowie die Messung der Mischguttemperatur. Weist das Mischgut offensichtliche, erkennbare Mängel auf, darf es nicht eingebaut werden.

Lieferscheinkontrolle

Bei der Ankunft des Mischgutes auf der Baustelle wird an Hand des Lieferscheins überprüft, ob das richtige Mischgut (Mischgutsorte und -typ) für die richtige Baustelle und somit für die richtige Unternehmung geliefert wurde.

Visuelle Beurteilung

Durch Augenschein können auf der Baustelle verschiedene Mischgutmängel leicht erkannt werden:

- offensichtliche Entmischungen bei magerem und grobkörnigem Mischgut (z. B. AC T 32 S)
- falsche Mischgutsorte (zu grob oder zu fein)
- Mischgut ist zu mager
 - Aussehen bräunlich, stumpf, krümelig
 - grobe Körner sind unvollständig umhüllt
 - Mischgut «kriecht» nicht im Fertigerkübel
- Mischgut ist zu fett
 - Aussehen stark schwarz glänzend
 - flacher Mischgutkuchen auf dem Lastwagen
 - Bindemittel läuft vom Gestein ab

Mischguttemperaturen

Zur Annahme des Mischgutes gehört auch die Temperaturmessung auf dem Lastwagen oder im Fertigerkübel und die Kontrolle, ob die nachstehend angegebenen Temperaturen eingehalten sind.

Bestimmte, von Bindemittelart und -sorte abhängige Höchsttemperaturen dürfen nicht überschritten werden, weil sonst das Bindemittel geschädigt würde und seine Klebkraft verlieren könnte. Andererseits kann bei einem Absinken der Temperatur unter bestimmte Grenzwerte das Mischgut nicht mehr einwandfrei eingebaut und verdichtet werden.

Einzuhaltende Temperaturen nach Norm SN 640 430 und SN 640 431-1NA

Bitumen	50/70	70/100	100/150
Mischgut ab Anlage °C	145...185	140...180	130...170
Mischgut vor dem Walzen Dicke ≤ 50 mm min. °C	140	130	125
Dicke > 50 mm min. °C	130	120	115

Unter Umständen (z.B. bei Unterbrechungen des Einbauvorganges) ist eine laufende Temperaturmessung während des Verdichtens notwendig um festzustellen, ob die verlegte Schicht nicht schon so weit abgekühlt ist, dass sie nicht mehr weiter verdichtet werden kann.

Richtwerte Verdichtungstemperaturen

Bitumen	50/70	70/100	100/150
Optimaler Temperaturbereich °C	130...150	120...140	115...135
Verdichtung beendet bei °C	100	90	85



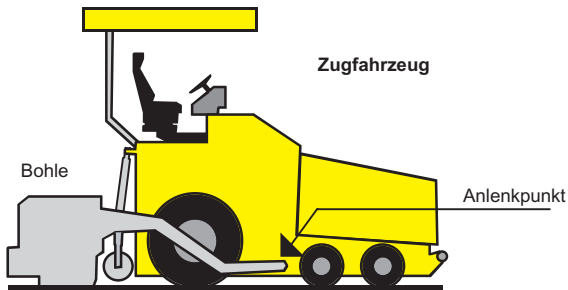
II. Einbauen

7. Maschinelles Einbauen

Im Belagsbau werden Fertiger, auch als Einbaumaschinen bezeichnet, mit schwimmender Bohle eingesetzt. Sie bestehen zur Hauptsache aus dem Zugfahrzeug mit Pneu- oder Raupenfahrwerk und gelenkig angehängtem Einbauelement. Pneubereifte Fertiger sind strassengängig, können rasch umgesetzt werden und rutschen nicht auf befestigter Unterlage (Asphalt, gebundene Fundationsschichten). Raupenfertiger eignen sich für den Einbau auf Kiessand und auch weniger tragfähigen Unterlagen beim Einbau von Asphaltfundationsschichten und Zementstabilisierungen (kein Einsinken). Beim Einsatz von sehr breiten Einbaubohlen verleiht nur der Raupenfertiger die erforderliche Stabilität.

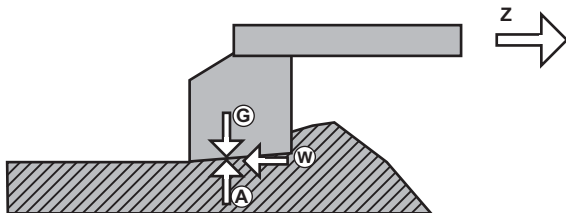
Der Aufnahmekübel, in den das Mischgut vom Lastwagen abgekippt wird, soll ein möglichst grosses Fassungsvermögen haben (10 bis 12 t), damit die Beschickungspausen während dem Wechsel von einem LKW zum nächsten überbrückt werden können. Die Materialförderung nach hinten erfolgt durch Förderbänder und in Querrichtung mittels Förderschnecken. Es ist darauf zu achten, dass sich das Mischgut vor allem bei grosser Einbaubreite und grobkörnigem Mischgut nicht entmischt. Eine automatische Steuerung der Materialförderung über einen Höhenfühler dient dazu, den Mischgutwulst vor der Einbaubohle immer etwa gleich hoch zu halten und so Unebenheiten vorzubeugen.

Fertiger mit schwimmender Bohle



Wie funktioniert die schwimmende Bohle?

An der Einbaubohle, die auf dem vorgelegten Mischgut schwimmt, sind die folgenden Kräfte miteinander im Gleichgewicht:



- in horizontaler Richtung die Zugkraft Z am Gelenk mit dem Widerstand W an der Bohle
- in vertikaler Richtung das Gewicht G des Einbauelementes mit dem Auftrieb A an der Bohle.

Solange sich der Auftrieb nicht ändert, bewegt sich die Einbaubohle parallel zur Zugrichtung. Ändert sich der Auftrieb, so hebt oder senkt sich die Einbaubohle so lange, bis sich ein neues Gleichgewicht zwischen Auftrieb und Gewicht der Einbaubohle eingestellt hat.

Die Grösse der Auftriebskraft hängt ab

- **vom Anstellwinkel der Bohle:** grösserer Anstellwinkel führt zu grösserem Auftrieb; der Anstellwinkel wird über die Höhe des Anlenkungspunktes festgelegt
- **von der Tampereinstellung:** höhere Tamperleistung führt v.a. bei dünnen Belägen zu einem grösseren Auftrieb
- **von der Schichtdicke:** dünne Schichten bewirken grossen Auftrieb, dicke Schichten bewirken kleinen Auftrieb
- **von der Einbaugeschwindigkeit:** mit zunehmender Geschwindigkeit vergrössert sich der Auftrieb
- **von der Mischgutsteifigkeit:** Zusammensetzung, Temperatur und Dichte des vorgelegten Mischgutes sind wesentliche Einflussfaktoren für den Auftrieb. Sperriges, abgekühltes oder stark vorverdichtetes Mischgut bewirkt grösseren Auftrieb.

Bei unveränderten Voraussetzungen (konstante Einbaugeschwindigkeit, gleich bleibende Mischgutzusammensetzung, -temperatur und -dichte) hängt demnach der Auftrieb nur vom Anstellwinkel der Bohle und der Schichtdicke ab. Jeder

Schichtdicke entspricht also ein bestimmter Anstellwinkel der Bohle, sofern die übrigen Einflussfaktoren unverändert sind. Dank dieser Funktionsweise ist die Einbaubohle in der Lage, Unebenheiten der Unterlage zu verkleinern und auf grössere Länge auszuziehen, sie hat also ein natürliches Nivellierungsvermögen. Andererseits reagiert der Fertiger mit schwimmender Bohle empfindlich auf variable Einbaugeschwindigkeit und auf ungleichmässige Mischgutsteifigkeit (z.B. infolge Abkühlung). Jedes Anhalten des Fertigers bewirkt Unebenheiten bei der eingebauten Schicht. Bei Tragschichten sind diese Unebenheiten nicht von Bedeutung, beim Einbau von Deckschichten auf Fahrbahnen müssen unzulässige Unebenheiten vermieden werden und deshalb sind die folgenden Grundsätze unbedingt zu beachten.

Grundsätze Belagseinbau

- Sofort nach Einbaubeginn kontrollieren, ob der tatsächliche Mischgutverbrauch mit dem Sollverbrauch übereinstimmt (vgl. Mischgutverbrauchskontrolle Seite 28) Eventuell notwendige Korrekturen der Einstellung sanft vornehmen. Sobald die gewünschte Schichtdicke erreicht ist, Höhenverstellung nicht mehr betätigen.
- Mit gleichmässiger Geschwindigkeit fahren (vgl. Berechnung der Einbaugeschwindigkeit Seite 29) und Arbeitsunterbrechungen möglichst vermeiden.
- Auch beim Beschicken nicht anhalten; der Lastwagen fährt rückwärts bis knapp vor den Fertiger, kuppelt aus und lässt sich während des Abkippens vom Fertiger schieben. Die Lastwagen müssen eingewiesen werden.

- Bei Arbeitsunterbrechungen von mehr als 10 – 15 Minuten Dauer muss der Fertiger ausgefahren werden, weil das vor der Bohle liegende, noch nicht eingebaute Mischgut zu stark abkühlt. Quernaht ausbilden und den Einbau neu beginnen.

Belagsoberfläche

Bei fachgemäsem Einbau ist die Belagsoberfläche hinter dem Fertiger gleichmässig und weitgehend geschlossen. Es dürfen weder fette noch raue Stellen oder Splittnester sichtbar sein.

Falls einzelne Stellen rau und aufgerissen sind, werden sie durch Einstreuen von heissem Mischgut (vor dem ersten Walzgang) geschlossen. Dies darf allerdings nur in Ausnahmefällen erfolgen; wenn die Fehlstellen ein grösseres Ausmass annehmen, ist nach der Ursache (z.B. nicht oder ungleichmässig beheizte Glättebohle) zu suchen und dieser ursächliche Fehler zu beheben.

8. Naht- und Randausbildung

Naht- und Randzonen sind die schadenanfälligen Bereiche. Das Problem liegt darin, dass in den Randstreifen der Fertigerbahn das Mischgut beim Walzen zwangsläufig etwas seitlich weggeschoben wird und deswegen hohlraumreichere Zonen entstehen. Es muss deshalb darauf geachtet werden, dass derartige Schwachstellen nicht in den Bereich der Radspuren zu liegen kommen.

Fahrbahnränder

Bei Strassen ausserorts verzichtet man vielfach auf eine starre Randeinfassung (Bundsteine, Randsteine o. ä.) und sieht stattdessen eine Verbreiterung der bituminösen Schichten vor.

Einbau ohne Randeinfassung

- Schichten nach unten treppenförmig verbreitern
- Seitliche Begrenzungsbleche am Fertiger (senkrecht oder schräg) verwenden
- Abdichtung der Abtreppe und des Randstreifens mit Emulsion oder Schlämme

Arbeitsnähte und Anschlüsse quer zur Fahrbahnachse

Deckschichten dürfen nicht auf Null ausgezogen werden und müssen fugenlos und höhengleich an bestehende oder vorgängig verlegte Beläge angeschlossen werden.

Ausführung:

- Entfernen des alten Belages, soweit als dieser nicht höhenrichtig liegt und/oder porös ist; Ausbilden einer sauberen, geraden Kante senkrecht oder schräg zur Fahrbahnachse.
- Anbringen eines bituminösen Fugenbandes oder Anstreichen der senkrechten Anschlussfläche mit Haftkleber, Heissbitumen oder Emulsion. Ein Anstrich ist nicht nötig bei kurzen Arbeitsunterbrechungen und wenn der Belag noch warm ist.
- Steht genügend Platz zur Verfügung, ist die Arbeitsnaht bzw. der Anschluss vom kalten Belag her in Nahrichtung zu walzen (wie Methode 1, Seite 41).

Längsnähte

Kann die Deckschicht nicht mit einem Fertiger auf volle Fahrbahnbreite eingebaut werden, ist der gestaffelte Einsatz zweier Fertiger, die in kurzem Abstand (10 bis max. 50 m) hintereinander fahren, das sicherste Verfahren, um Nahtschäden zu vermeiden (Einbau «heiss in heiss»). In der Regel muss aber halbseitig eingebaut werden und zur Ausbildung der Längsnaht ist eine der folgenden Lösungen zu wählen.

Trag- und Binderschichten

- Beim Einbau der ersten Bahn ist darauf zu achten, dass bis zum Rand einwandfrei verdichtet wird und dass eine stetig verlaufende Kante entsteht.
- Zweite Bahn genügend überhöhen und 3-5 cm überlappen. Grobkörner sind vor dem Walzen mit Krucke zu entfernen. Wenn die erste Bahn bereits ganz abgekaltet ist, kann die Nahtzone mit geeigneten Heizgeräten vorgewärmt werden.

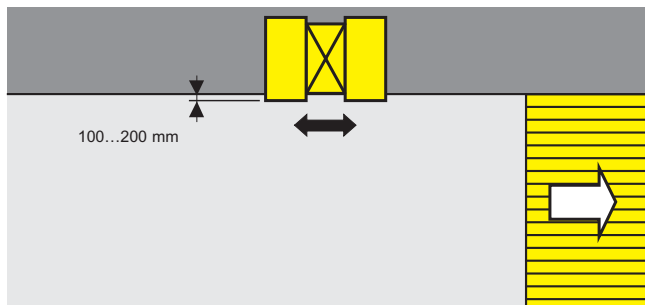
Deckschichten

- Bei halbseitigem Einbau von Deckschichten ist zu verhindern, dass der Belagsrand überfahren wird.
- Der Rand des ersten Einbaustreifens ist mit einem geeigneten Gerät (Schneidrad an Walze, Schneidfräse) zu schneiden und die Schnittfläche mit Emulsion oder Haftkleber anzustreichen. Zudem kann die Nahtzone mit geeigneten Heizgeräten vorgewärmt werden.
- Bei Deckschichten mit SMA, S- oder H-Mischgut, bei Belageinbauten im Gebirge oder bei kalter Witterung ist auf der Anschlussfläche ein Fugenband, Heissbitumen oder eine geeignete Masse aufzubringen.
- Bei Schichten aus offenporigem Asphalt sind Längsnähte wenn möglich zu vermeiden. Die Anschlussflächen der Arbeitsnähte und die unvermeidbaren Längsnähte dürfen nicht mit einem Anstrich behandelt werden, da sonst der Durchfluss des Wassers nicht mehr möglich ist. Aus dem gleichen Grund darf die Nahtzone nicht mit Heizgeräten vorgewärmt werden.

Walzen der Längsnähte

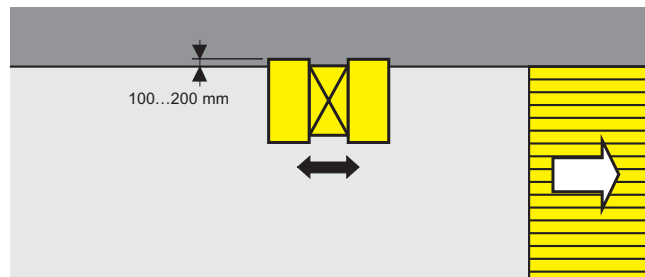
Methode 1

Bei der Nahtverdichtung fährt die Walze auf der kalten Bahn mit 100...200 mm Überlappung auf die heisse Bahn.



Methode 2

Bei der Nahtverdichtung fährt die Walze auf der heissen Bahn mit 100...200 mm Überlappung auf die kalte Bahn. Diese Methode ist besonders zweckmässig bei starkem Verkehr und Platzmangel.



9. Einbau mit Nivellierautomatik

Prinzip der Nivellierautomatik

Mit der Nivellierautomatik kann selbst dann eine höhengenaue Oberfläche der eingebauten Schicht erreicht werden, wenn die Unterlage Unebenheiten aufweist. Voraussetzung ist eine zur Oberfläche parallele Bezugslinie (Randabschlüsse, Draht, Planie oder Belagsoberfläche). Am Leitstand können die Soll-Niveaudifferenz zu dieser Bezugslinie vorgegeben sowie die Soll-Querneigung eingestellt werden. Wenn der Fertiger relativ zur Bezugslinie ansteigt oder absinkt, wird die Höhenabweichung von einem Fühler festgestellt und dem Regler gemeldet; vom Pendel werden Abweichungen der Querneigung festgestellt und signalisiert. Die Fehlersignale werden in Regelpulse umgesetzt und diese steuern die Stellrichtungen, welche den Anstellwinkel des Einbauelementes so ändern, dass die Abweichungen auskorrigiert werden.

Weitere Steuerungsmöglichkeiten

Die technischen Entwicklungen der letzten Jahre haben neue Möglichkeiten für die Steuerung von Einbaumaschinen hervorgebracht. So kann der Fertiger bezüglich Lage und Querneigung durch satellitengestützte Navigation (GPS) gesteuert werden. Werden zudem Flächenlaser als Bezugshöhen eingesetzt, kann der ganze Einbau ohne weitere Absteckungen in Lage, Höhe und Neigung genau nach Projekt erfolgen. Immerhin sind die steuerungstechnischen und elektronischen Einrichtungen so aufwändig, dass sich diese Einbaumethode nur bei Grossbaustellen rechtfertigt.

Einbau nach Projekt

Bei Belagsaufbauten in zwei oder mehr Schichten wird die Trag- und Binderschicht unter Zuhilfenahme der Nivellierautomatik eingebaut. Damit soll erreicht werden, dass die

Unterlage der Deckschicht absolut höhengenaue liegt. Die Deckschicht selbst wird dann ohne Nivellierautomatik in gleichmässiger Dicke verlegt.

Als Höhenbezugslinie dienen entweder vorgängig versetzte Randabschlüsse oder man spannt einen oder zwei Drähte parallel zum Soll-Längenprofil mit höchstens 1...2 mm Durchhang. Liegt die Unterlage genügend genau, so kann diese als Bezugshöhe dienen. Bei einem Einbau in nicht mehr als 4 m breiten Bahnen kommt man mit einer Höhenbezugslinie auf der einen Seite aus; die Gegenseite wird durch Einstellung der Querneigung gesteuert. Wird auf volle Fahrbahnbreite mit einem einzigen Fertiger eingebaut, genügt die Übertragungsgenauigkeit durch das Pendel nicht und es muss beidseitig eine Höhenbezugslinie vorhanden sein.

Ausbau bestehender Fahrbahnen

Profilkorrekturen im Zusammenhang mit dem Ausbau bestehender Strassen benötigen in der Regel keine spezielle Absteckung. Als Bezugshöhe in Längsrichtung dient die vorhandene Unterlage. Zur Höhenabnahme kann ein 5-6 m langer Schleppski benützt werden, der längs der Strassenachse – weil die Verformungen hier gewöhnlich kleiner sind als am Rand – über die Unterlage gleitet und in der Lage ist, kürzere Mulden zu überbrücken. Zum Ausgleich des Querprofils wird die gewünschte Querneigung am Pendel eingestellt.

Wenn die bestehende Fahrbahn Unebenheiten von grösserer Länge aufweist, kann im Bereich dieser Unebenheiten einen Draht gespannt und im Übrigen mit Schleppski gearbeitet werden. Auch bei Profilkorrekturen bestehender Fahrbahnen wird die automatische Nivelliereinrichtung nur für den Ausgleich der unteren Schichten benützt, nicht aber für die Deckschicht.

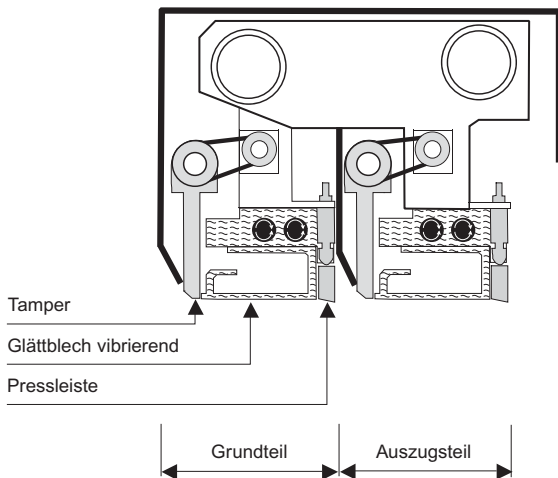
III. Verdichten

10. Vorverdichtung durch den Fertiger

Eine möglichst hohe Vorverdichtung durch den Fertiger bringt nur Vorteile:

- Es lassen sich mehrere Walzenübergänge einsparen.
- Die Fertigervorverdichtung erfolgt gleichmässig über die ganze Einbaubreite.
- Die Standfestigkeit der verlegten Schicht wird derart erhöht, dass auch schwere Walzen unmittelbar hinter dem Fertiger eingesetzt werden können, ohne dass das Mischgut weggedrückt wird. Man kann also auf ein Vorwalzen mit leichten Walzen verzichten.

Verdichtungselemente einer modernen Fertigerbohle



Moderne Einbaubohlen können über verschiedene Verdichtungselemente verfügen:

- Tamper (Stampferleiste)
- Glättblech ohne / mit Vibration
- Pressleiste

Die Verdichtungselemente sind in der Grundbohle, in den ausfahrbaren Verbreiterungselementen und auch in den Anbauteilen vorhanden. Je nach Fabrikat und Typ sind die Bohlen mit Stampfer, Vibrator und / oder Pressleiste ausgestattet (Bild S. 44: Stampfer, Vibrator und eine Pressleiste).

Die mechanisch angetriebene Stampferleiste an der Vorderkante der Glättebohle wird auch als Tamper bezeichnet. Der Hub des Tampers beträgt in der Regel 4 mm, die Schlagzahl kann stufenlos bis zu 1800 U/Min verstellt und dadurch die Verdichtungswirkung verändert werden. Zu grosse Schlagzahl bei dünnen Schichten kann zu Unebenheiten (Auftrieb) führen. Eine falsche Einstellung des Tampers oder übermässig starke Abnutzung der Stampferleiste kann aber auch Ursache rauer und ungenügend geschlossener Belagsoberflächen sein.





Die Vibrationsbohle arbeitet mit kleiner Amplitude und mit Frequenzen bis etwa 3500 U/Min. Um die Verdichtungswirkung variieren zu können ist die Frequenz – bei einzelnen Bohlentypen auch die Amplitude – stufenlos verstellbar.

Die Pressleiste bleibt – im Gegensatz zur schlagenden Stampferleiste – in ständigem Kontakt mit dem Belag. Die Kraft wird in Form von sehr kurzen Druckimpulsen von nach unten drückenden Zylinderkolben auf die Pressleiste gegeben.

Empfehlungen

- Für grössere und wichtige Belagsarbeiten sind grundsätzlich Fertiger mit hoher Verdichtungsleistung einzusetzen.
- Weil die Verdichtungsleistung mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit abnimmt, soll die Einbaugeschwindigkeit nur so hoch festgelegt werden, als dies nötig ist (vgl. Berechnung der Einbaugeschwindigkeit Seiten 28).
- Die Verdichtungseinrichtungen der Einbaubohe sind grundsätzlich so einzustellen, dass eine maximale Verdichtungswirkung erreicht wird. Die optimale Einstellung hängt von den Mischguteigenschaften (Temperatur, Zusammensetzung usw.), der Schichtdicke und der Einbaugeschwindigkeit ab. Die nachstehende Tabelle gibt Anhaltspunkte für die Einstellung, die Optimierung soll aber auf der Baustelle durch Ausprobieren erfolgen. Dabei kann ein Dichtemessgerät eingesetzt oder die Oberflächenbeschaffenheit und die Tiefe der ersten Walzeneindrücke beurteilt werden.

Empfehlungen für Einbaugeschwindigkeit und Einstellung der Verdichtungselemente

Einbauschicht	Einbau	Tamperleiste	Vibration	Pressleiste	
					
	Geschwindigkeit [m/min]	Drehzahl [U/min]	Drehzahl [U/min]	Druck [bar]	Freq. [Hz]
Deckschicht	hoch	niedrig	niedrig	niedrig	
Binderschicht	mittel	mittel	mittel	mittel	
Tragschicht	niedrig	hoch	hoch	hoch	

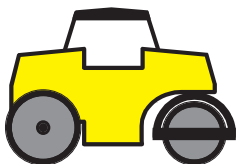
11. Belagswalzen

Nach wie vor wird die Hauptarbeit beim Verdichten durch die Walzen geleistet. Dabei ist von ausschlaggebender Bedeutung, dass die richtigen Walzen oder Walzenkombinationen gewählt und diese richtig eingesetzt werden. Besonders wichtig ist dies bei S- und H-Belägen sowie bei Splittmastixasphalt, offenporigem Asphalt sowie bei Rauasphalt, die erfahrungsgemäss zur ausreichenden Verdichtung eine ausserordentlich hohe Verdichtungsleistung benötigen.

Belagswalzen müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- Eine einwandfrei funktionierende Berieselungsanlage soll ermöglichen, dass Bandagen bzw. Reifen mit einem gleichmässig dünnen Wasserfilm überzogen werden. Der Wassertank soll über einen möglichst grossen Inhalt verfügen.
- Das Getriebe muss ein sanftes und ruckfreies Anfahren und Umschalten von Vorwärts- auf Rückwärtsfahrt ermöglichen.
- Die Walze muss über eine präzise Lenkung verfügen.

Auf den Seiten 48-51 sind die für den Einsatz wichtigen Merkmale der im Asphaltbau üblichen Walzen zusammengestellt. Die Angaben beschränken sich auf Geräte, die beim Einbau von Fahrbahnbelägen eingesetzt werden; Kleingeräte wie Einrollenwalzen, Plattenverdichter usw. werden nicht beschrieben.



Glattmantelwalzen 8...14 t

Merkmale

Massgebend für die Verdichtungswirkung ist die Linienlast; sie beträgt bei Dreiradwalzen 30...60 kg/cm¹ und kann durch Belastung bis auf 60...80 kg/cm¹ gesteigert werden. Günstig sind grosse Bandagendurchmesser (geringere Schubwirkung) und eine gleichmässige Gewichtsverteilung.

Anwendungsbereich

Wegen der relativ kleinen Aufstandsfläche ist die Tiefenwirkung auf wenige cm beschränkt. Deshalb werden Glattmantelwalzen vorwiegend für Deckschichten eingesetzt und zwar zur Flächen- und zur Nahtverdichtung sowie zum Abglätten.



Gummiradwalzen 10...25 t

Merkmale

Für die Verdichtungswirkung ist der Kontaktdruck massgebend, der für die Asphaltverdichtung im Normalfall auf 6 kg/cm² eingestellt wird. Für die Tiefenwirkung ist die Einzelradlast massgebend, welche bei grosser Schichtdicke ca. 3 t betragen sollte.

Anwendungsbereich

Vor allem für die zweistufige Verdichtung von Binder-, Trag- und Foundationsschichten eingesetzt. Auf Deckschichten besteht die Gefahr einer Oberflächenglättung, deshalb vor allem zum Zubügeln von Walzrissen und für einen guten Oberflächenschluss eingesetzt. Dank der geringern Schubwirkung auch in Steigungen geeignet.

Vibrationswalzen 7...13 t

Merkmale

Heute werden für die Verdichtung im Belagsbau vorwiegend Tandem-Vibrationswalzen mit Antrieb und Vibration auf beiden Rollen eingesetzt. Für die Verdichtungswirkung sind neben der statischen Linienlast (20...30 kg/m¹) Amplitude und Frequenz massgebend; für die Tiefenwirkung insbesondere die Amplitude. Deshalb wird bei sperrigem Mischgut der Typen S und H und bei zunehmender Schichtdicke mit grösserer Amplitude verdichtet. Wird die Walzgeschwindigkeit erhöht, so muss – um Unebenheiten zu verhindern – auch die Frequenz erhöht werden.



Anwendungsbereich

Dank grosser Verdichtungs- und Tiefenwirkung ist der Einsatz bei allen AC-Schichten möglich, wobei Walzengewicht und Vibration entsprechend anzupassen sind. Die ersten Übergänge werden in der Regel statisch gefahren. Vibrationswalzen können statisch auch zum Abglätten eingesetzt werden.

Kombiwalzen 4...11 t

Merkmale

Kombination zwischen Gummiradwalze und Vibrationswalze, d.h. eine Bandage ist vibrierend, die zweite pneubereift. Wesentliche Verdichtungsmerkmale (statische Linienlast, Frequenz und Amplitude der Vibrationsrolle, Kontaktdruck der Pneuräder) entsprechen etwa denjenigen konventioneller Geräte.



Anwendungsbereich

Schwere Kombiwalzen haben grosse Verdichtungs- und Tiefenwirkung und können für alle AC-Beläge eingesetzt wer-

den. Dank des Zusammenwirkens der beiden Bandagen können ausreichende Verdichtung und ein guter Oberflächenschluss erzielt werden. Zu beachten ist, dass wegen der fehlenden Überlappung der Pneuräder mehr Übergänge notwendig sind, um die ganze Fläche abzudecken.

Oszillationswalzen

Bei der Oszillationswalze wird ein Moment um die Bandagenachse und damit eine oszillierende Bandagenbewegung erzeugt. Dabei werden Schubkräfte in den Boden eingeleitet. Damit kann die Reibung im zu verdichtenden Material reduziert werden, ohne die bei Vibrationswalzen negativen Nebeneffekte (Erschütterungen benachbarter Bauten, Schädigung beim Einsatz auf Bauwerken) in Kauf nehmen zu müssen. Oszillationswalzen haben eine Linienlast von ca. 25...30 kg/cm¹. Aufgrund ihrer Wirkungsweise eignet sich die Oszillationswalzen vor allem für die Verdichtung von Deckschichten sowie für den dynamischen Einsatz im Bereich erschütterungsempfindlicher Objekte und auf Bauwerken (Brücken, Parkhäuser).

Geregelte Verdichtungssysteme

Zunehmend werden im Belagsbau Walzen eingesetzt, die einerseits über eine Regelung der dynamischen Verdichtungskomponente verfügen, andererseits auch in der Lage sind, die erreichte Verdichtung direkt zu bestimmen und dadurch den Walzeneinsatz zu optimieren. Die in der Schweiz am meisten verbreiteten Systeme sind:

ACE-System

Beim ACE-System werden Amplitude und Frequenz der Vibration durch ein elektronisches Mess- und Regelsystem automatisch der Beschaffenheit und damit dem Verdichtungsgrad der Unterlage angepasst. Mit zunehmender Stei-

figkeit der Unterlage wird die Verdichtungsenergie durch Veränderung der Frequenz und der Wirkamplitude automatisch angepasst. Zudem wird dem Walzenführer die optimale Walzgeschwindigkeit angezeigt. Mit einem in den Regelkreis eingebundenen Infrarot-Temperaturmessgerät kann verhindert werden, dass bei zu heissem bzw. bei zu kaltem Asphalt mit Vibration verdichtet wird.

Richtschwingersystem

Beim Asphalt Manager handelt es sich um eine Vibrationsverdichtung, bei der die Schwingrichtung einstellbar und/oder selbstregelnd ist (Richtschwingersystem). Dabei kann die Richtung der Vibration stufenlos von der Vertikalen in die Horizontale gedreht werden. Dank einer integrierten Verdichtungskontrolle mit Temperaturmessung kann die Verdichtungsleistung optimal auf die Steifigkeit der Unterlage abgestimmt werden. Auf Bauwerken oder bei empfindlichen Schichten kann durch horizontale Vibration dynamisch verdichtet werden, ohne dass unzulässige Vertikalkräfte auftreten.

12. Walzenwahl

Allgemeines

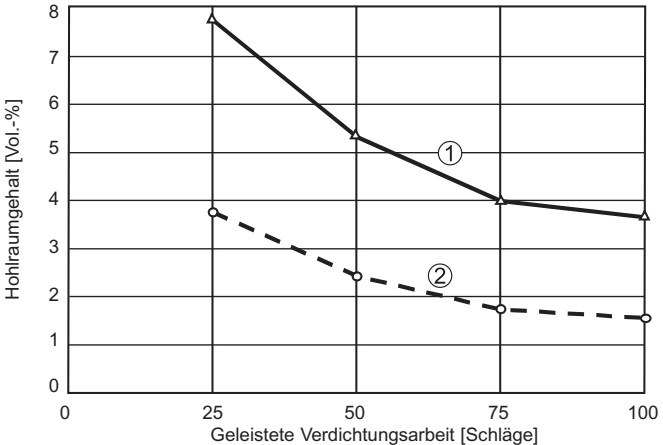
Die nachstehenden Empfehlungen über die Wahl der geeigneten Walzen und deren Einsatz gelten für Deck-, Binder-, Trag- und Foundationsschichten mit der Mischgutgruppe AC. Die Verdichtung von Splittmastixasphalt SMA, Rauasphaltschichten AC MR und offenporigen Deck-, Binder- und Sickerschichten PA erfolgt vor allem mit schweren statisch eingesetzten Dreirad- oder Tandemwalzen. Bei SMA und AC MR kann das Verdichtungsresultat mit 2...4 mit Vibration gefahrenen Übergängen in der Regel noch verbessert werden.

Einflussfaktoren

1. Mischguteigenschaften

Ob ein Mischgut leicht oder schwer verdichtbar ist, kann mit einer modifizierten Marshallprüfung untersucht werden. Dabei wird mit unterschiedlicher Schlagzahl (25/50/75/100 Schläge beidseitig) verdichtet und für jede Schlagzahl Raumgewicht und Hohlraumgehalt bestimmt.

Modifizierte Marshall-Prüfung zur Beurteilung der Verdichtbarkeit



Mischgut ① ist schwer verdichtbar: um einen Hohlraum von 4 Vol.-% zu erreichen, braucht man etwa 75 Schläge.

Mischgut ② ist sehr leicht verdichtbar: ein Hohlraum von 4 Vol.-% lässt sich schon mit weniger als 25 Schlägen erreichen.

Grundsätzlich gilt:

- Bindemittelreiche Mischguttypen mit weichen Bindemitteln lassen sich leichter verdichten. Mit zunehmendem Rundkornanteil im Sand wird das Mischgut verdichtungswilliger.
- Bindemittelarme Mischguttypen mit harten Bindemitteln und ausschliesslich gebrochenen Zuschlagstoffen sind sperrig und schwer verdichtbar.

2. Temperaturen

Weil der viskose Widerstand, der beim Verdichten überwunden werden muss, mit zunehmender Abkühlung grösser wird, kann man nicht beliebig lang walzen. Aus dem Bild auf Seite 10 wird ersichtlich, dass die Abkühlung vor allem bei dünnen Deckschichten im Herbst mit tiefen Luft- und Bodentemperaturen viel rascher vor sich geht als an warmen Sommertagen. Auch Wind und Niederschläge wirken sich in einer beschleunigten Abkühlung aus.

Bei ungünstigen äusseren Voraussetzungen sind deshalb Walzen mit grosser Verdichtungswirkung zu wählen, so dass die Verdichtung rasch und mit wenig Übergängen erfolgen kann. In diesen Fällen ist der Einsatz leistungsfähiger Vibrationswalzen zweckmässig.

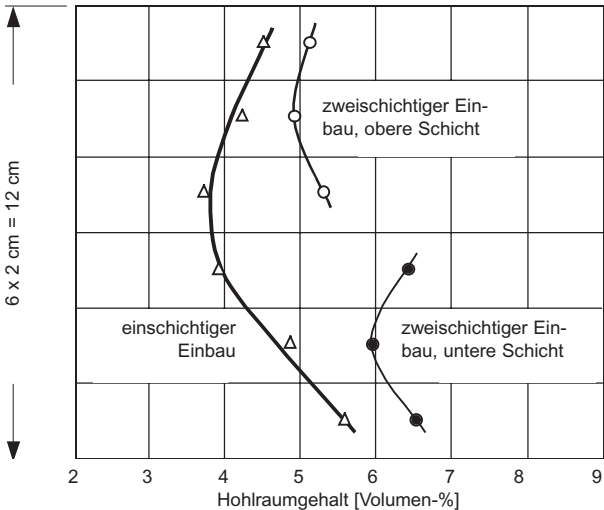
Bei hohen Luft- und Bodentemperaturen andererseits empfiehlt es sich, leichtere Verdichtungsgeräte zu wählen oder dann mit dem Walzen zuzuwarten, bis die verlegte Schicht etwas abgekühlt und standfester ist.

3. Schichtdicke

Wird das Raumgewicht eines Bohrkerns bestimmt und daraus der Hohlraumgehalt berechnet, so handelt es sich immer

um das mittlere Raumgewicht bzw. den mittleren Hohlraumgehalt der untersuchten Schicht. In Wirklichkeit ist der Hohlraumgehalt aber nicht über die ganze Schicht gleichmässig; er ist in der Mitte kleiner und in den oberen und unteren Randzonen grösser, wie die nachstehende Abbildung deutlich zeigt.

Dichteverlauf über die Schicht bei einschichtigem bzw. zweischichtigem Einbau einer 12 cm dicken Tragschicht



Aus dem Dichteverlauf ist ersichtlich, dass beim einschichtigen Einbau der 12 cm dicken Tragschicht eine höhere Dichte erzielt wurde als beim zweischichtigen Einbau. Dafür sind zwei Gründe massgebend:

- Zum einen geht die Abkühlung des Mischgutes und damit die Erhöhung des viskosen Widerstandes bei dünnen Schichten rascher vor sich. Sie ist in den untern und obern Randzonen ausgeprägter als in der Schichtmitte.
- Von grossem Einfluss ist der Reibungswiderstand an der Kontaktfläche zwischen der zu verdichtenden Masse einerseits und der darunter liegenden Schicht bzw. dem Verdichtungsgerät andererseits. An diesen Kontaktflächen ist die mit der Verdichtung verbundene Kornverschiebung behindert, was sich in den Randzonen durch ein grösseres Hohlraumvolumen auswirkt.

Daraus lässt sich ableiten, dass dünne Deckschichten schwer verdichtbar sind. Für die Verdichtung dieser Schichten sind entweder Glattmantelwalzen mit hoher Linienlast, Vibrationswalzen mit hoher Frequenz und kleiner Amplitude oder Gummiradwalzen mit grossem Kontaktdruck geeignet.

Für sehr dicke Schichten sind dagegen Walzen mit grosser Tiefenwirkung zu wählen, also Vibrationswalzen mit grosser Amplitude oder Gummiradwalzen mit grosser Radlast.

Faustregeln:

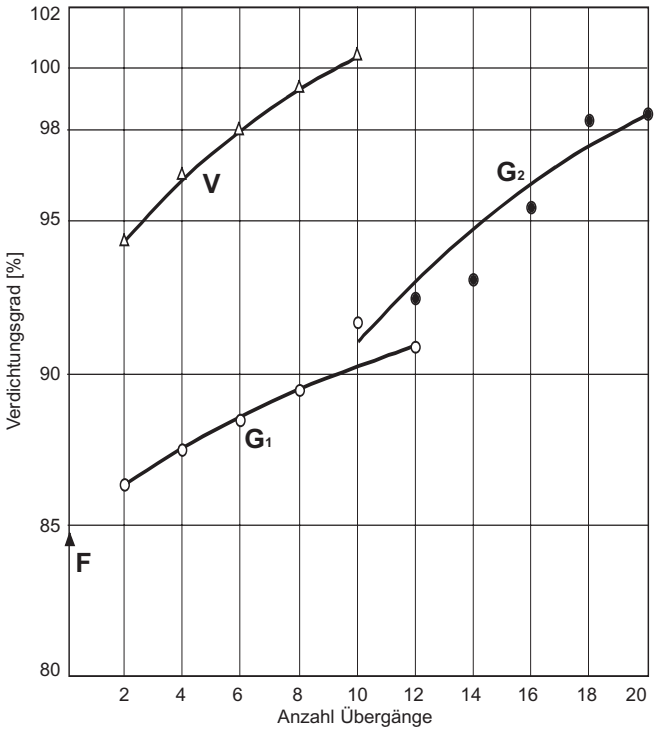
- Die fertig verdichtete Schichtdicke soll mindestens 2.5-mal so gross sein, wie das Grösstkorn des Mischgutes.
- Die optimale Schichtdicke beträgt etwa das 3 bis 4 fache des Grösstkornes.
- Bei zu dicken Schichten besteht die Gefahr; dass sie Verformungen erleiden. Bei wenig stabilen Mischungen (Mischgut Typ L und N) soll die Schichtdicke das 4 fache des Grösstkornes nicht überschreiten.

Zweckmässige Walzen und Walzenkombinationen

Mit der Entwicklung hin zu schwerer verdichtbaren Belägen der Typen S und H sind die Verdichtungsprobleme grösser geworden. Mit der früher vielfach üblichen Kombination von Glattmantel- und Gummiradwalze ist eine Verdichtung derartiger Schichten nur mit unwirtschaftlich grosser Passenzahl möglich (vgl. Diagramm Seite 57). Deshalb werden heute vor allem vibrierende Geräte eingesetzt. Bei der Verdichtung von Deckschichten und insbesondere bei Splittmastixasphalt und offenen Belägen kommen aber weiterhin auch schwere statische Walzen mit einer hohen Linienlast von 60...80 kg/cm¹ zur Anwendung.



Verdichtungsgrad in Funktion der Walzenübergänge



- F Vorverdichtung durch den Fertiger
- V Doppelvibrationswalze 10 t
- G₁ Gummiradwalze 12 t
- G₂ Glattmantelwalze 10 t

Es ist unwirtschaftlich und widerspricht den technischen Erkenntnissen, wenn bei leicht verdichtbaren und wenig standfesten Mischungen schwere, hochwirksame Walzen eingesetzt werden. Nach Möglichkeit sind die Verdichtungsgeräte in Funktion von Mischgutttyp (leicht, normal oder schwer verdichtbar) und Schichtdicke zu wählen. Richtlinien für einen angemessenen Walzeneinsatz werden auf den folgenden Seiten gegeben.

Einstufige Verdichtung

Die einstufige Verdichtung erfolgt entweder mit schweren Tandemvibrationswalzen oder Kombiwalzen. Dabei wird bei Einbaubreiten bis zu etwa 4 m nur eine Walze eingesetzt, bei grösseren Einbaubreiten zwei Walzen, die parallel nebeneinander arbeiten. Bei grossen Einbauleistungen wird in der Regel eine Glattmantelwalze zusätzlich zum Abglätten eingesetzt.

Zweistufige Verdichtung

Bei der zweistufigen Verdichtung werden eine Vibrationswalze (für L- und N-Schichten auch Glattmantelwalzen) und eine Gummiradwalze hintereinander eingesetzt. Die Reihenfolge wird oft auf der Baustelle aufgrund der Verdichtungsergebnisse festgelegt.

Abglätten

Auf eine eigentliche Abglättwalze wird heute vielfach verzichtet. Normalerweise wird zum Ausbügeln eventueller Walzspuren eine der auch für die Hauptverdichtung verwendete Vibrationswalzen (ohne Vibration) eingesetzt. Nur bei sehr grosser Einbauleistung ist eine zusätzliche Glattmantelwalze als Glättwalze vorzusehen.

13. Einsatz der Walzen

Die besten und modernsten Walzen nützen nichts, wenn sie nicht richtig eingesetzt werden. Zur Einsatzplanung gehören:

- Anzahl der erforderlichen Walzenübergänge
- Bestimmung der Walzgeschwindigkeit
- Walzvorgang (Walzschema)

Anzahl Walzenübergänge

Wie viele Walzenübergänge nötig sind, um den verlangten Verdichtungsgrad zu erreichen, ist abhängig

- vom Wirkungsgrad der eingesetzten Walzen
- von den Mischguteigenschaften (Verdichtbarkeit, Temperatur)
- von der Schichtdicke
- von äusseren Einflussfaktoren wie Luft- und Bodentemperaturen, Wind usw.

Die Anzahl Übergänge der verschiedenen Walzen in Funktion von Mischguttyp und Schichtdicke wird aufgrund von Erfahrungswerten festgelegt und muss am Objekt überprüft werden. Bei wichtigen Belagsarbeiten ist die Wirksamkeit der vorgesehenen Walzen bei einem vorausgehenden Probeeinbau festzustellen und die Anzahl der erforderlichen Passen zu bestimmen. Damit die für den Haupteinbau richtigen Festlegungen getroffen werden können, hat der Probeeinbau mit dem vorgesehenen Mischgut in der verlangten Schichtdicke zu erfolgen und der Zusammenhang zwischen Walzgeschwindigkeit und notwendiger Passenzahl ist zu ermitteln.

Bei Probeeinbauten und/oder für die erste Einbauphase (d.h. bis sich der Einbauvorgang und das Walzenspiel eingespielt

haben) sind Dichtemessgeräte einzusetzen, mit denen nach jedem Walzenübergang Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden können.

Berechnung der Walzgeschwindigkeit

Zuerst muss die Anzahl der parallelen Walzbahnen bestimmt werden:

$$n = \frac{\text{Einbaubreite [m']} \times 60}{\text{Walzenbreite } b - 0.30 \text{ [m']}} \quad [\text{km/h}]$$

(aufgerundet auf die nächste ganze Zahl)

Die theoretische Walzgeschwindigkeit ergibt sich dann zu

$$V_{W \text{ theor}} = \ddot{U} \times n \times V_{\text{eff}} \times 0.06 \quad [\text{km/h}]$$

\ddot{U} Anzahl Übergänge
 V_{eff} Einbaugeschwindigkeit

Wegen der Verlustzeiten (Verlängerung der Walzbahnen, Umsetzen auf die nächste Walzbahn, Wasser nachtanken) muss die effektive Walzgeschwindigkeit um etwa 50 % grösser sein, wenn die Walze zusätzlich zum Verdichten der Längsnaht eingesetzt wird, um etwa 75 %.

Walzvorgang (Walzschema)

Für den Verdichtungserfolg massgebend ist, dass sämtliche Stellen der eingebauten Schicht mit der verlangten Anzahl Walzübergänge abgedeckt werden und dies zu einem Zeitpunkt, da das Mischgut noch ausreichend heiss und verdichtbar ist. Um das zu erreichen muss beim Verdichten ein vor-

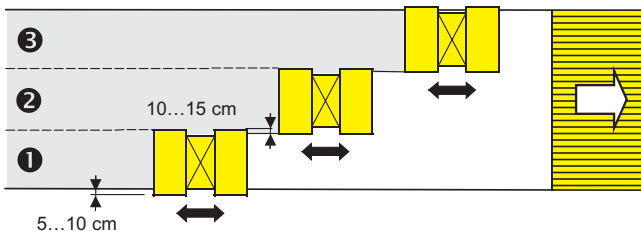
gegebenes Walzschema eingehalten werden.

Das Walzen der Quer- und Längsnähte geht der Flächenverdichtung immer voraus (vergl. Seite 38-41: Vorgehen bei der Verdichtung von Arbeitsnähte und Anschlüsse quer zur Fahrachse).

Wichtige Grundsätze:

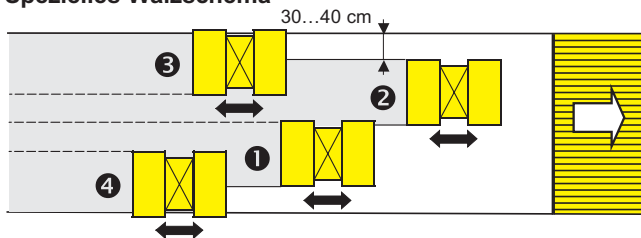
- Bis dicht zum Fertiger fahren und dann in der gleichen Walzbahn zurück (Doppelpassen).
- Wechsel zur nächsten Walzbahn immer hinten auf der verdichteten Fläche vornehmen.
- Zur nächsten Walzbahn um eine volle Walzenbreite mit einer Überlappung von 10...15 cm übersetzen. (Ausnahme: Bei Kombiwalzen muss um die Breite des Zwischenraumes zwischen den Reifen übersetzt werden, damit die ganze Fläche abgedeckt wird.)
- Zweite (gegebenenfalls dritte und vierte) Walzbahn parallel zur ersten bis zum Fertiger hin und zurück verdichten. So wird in parallelen Walzbahnen die gesamte Einbaubreite verdichtet.
- Den Fahrtrichtungswechsel nicht an den gleichen Stellen wie bei den angrenzenden Bahnen vornehmen. Um Eindrücke im Belag zu vermeiden, Fahrtrichtungswechsel mit ausgeschalteter Vibration sanft vornehmen.
- Geschwindigkeitsänderungen sanft vornehmen.
- Walze nie auf der noch heißen Schicht stehen lassen.
- Um Wellen und Walzrisse zu vermeiden, muss die angetriebene Bandage zum Fertiger hin gerichtet sein.

Normales Walzschema



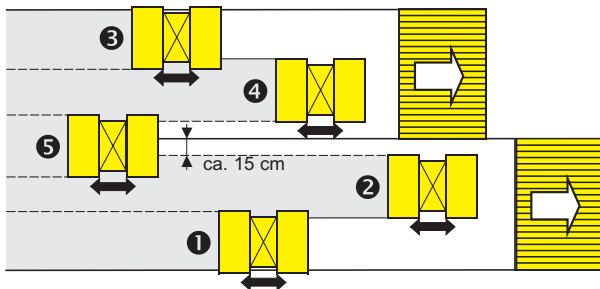
Mit der ersten Doppelpasse ① an der tieferen Kante mit einem Überstand von 5...10 cm beginnen. Dann in parallelen Bahnen (② und ③) mit einer Überlappung von je 10...15 cm abwalzen.

Spezielles Walzschema



Bei dicken Schichten besteht die Gefahr seitlicher Verdrückungen. In diesem Fall kann man die ersten Walzbahnen (① und ②) so legen, dass ein Streifen von 30...40 cm längs der Aussenkante freigelassen wird. Die letzten Übergänge zum Verdichten der Ränder (③ und ④) werden erst später ausgeführt, wenn das Mischgut etwas abgekaltet und standfester geworden ist.

Gestaffeltes Abwalzen



Wenn mit zwei Fertignern gestaffelt (oder mit einem Grossfertiger) auf volle Fahrbahnbreite eingebaut wird, setzt man zwei Walzen parallel ein. Begonnen wird beidseitig an den Aussenkanten (① und ③). Beidseitig der Naht wird etwa 15 cm offen gelassen und zum Schluss wird die Naht mit einer der beiden Walzen verdichtet (⑤). Eine der beiden Walzen übernimmt die Bahnen (① und ②), die andere die Bahnen (③, ④ und ⑤).

Abglätten

Die vorstehenden Walzschemas gelten sowohl bei zweistufiger wie bei einstufiger Verdichtung für die eigentlichen Verdichtungswalzen.

Zur Beseitigung der letzten Walzspuren werden oft ein oder zwei Übergänge mit der Glattmantelwalze oder mit einer statisch eingesetzten Vibrationswalze gefahren, sobald die Schichten etwas abgekühlt sind. Bei grösseren Belagsarbeiten kann dafür eine zusätzliche Tandem- oder Dreiradwalze eingesetzt werden, die zugleich als Reservewalze bei eventuellen Ausfällen dient und auch zur Fugenverdichtung benützt werden kann.

14. Beispiel: Einbau Fahrbahnbelag

Auf einer Kantonsstrasse soll eine 4 cm starke Deckschicht AC 11 (96 kg/m^2) in 4 Einbautagen unter Verkehr eingebaut werden.

- Fahrbahnbreite: 7.50 m^1
- Einbaubreite. 3.75 m^1
- Loslänge: $2'200 \text{ m}^1$
- Mischgutbedarf: $1'584 \text{ t}$

Einbau- und Walzgeschwindigkeit

- Einzubauende Mischgutmenge pro Tag: $1584 \text{ t} : 4 = 396 \text{ t}$
- Soll-Einbauleistung: $396 \text{ t} : 8 \text{ h} = 50 \text{ t/h}$

- theoretische Einbaugeschwindigkeit $2.30 \text{ m}^1/\text{min}$
- effekt.Fertigergeschwindigkeit $2.75 \text{ m}^1/\text{min}$
(etwa 20% höher)

Zum Verdichten ist eine Doppelvibrationswalze von 10 t Gewicht vorgesehen, von der man aufgrund der Erfahrung bei analogen Baustellen weiss, dass der verlangte Verdichtungsgrad von 98 % mit 8 Übergängen mit Sicherheit erreicht wird.

Bei einer Einbaubreite B von 3.75 m und einer Walzenbreite b von 1.60 m sind 3 Walzbahnen zu fahren.

Die theoretische Walzgeschwindigkeit beträgt:

$$V_{W\text{theor}} = 8 \times 3 \times 2.75 \times 0.06 = 3.96 \text{ km/h}$$

Abgewalzt wird effektiv mit einer um etwa 50% höheren Geschwindigkeit, also mit etwa 6 km/h, was im optimalen Geschwindigkeitsbereich liegt.

Zur Nahtverdichtung und zum Abglätten wird zusätzlich eine 12t Glattmantelwalze eingesetzt.

Ablauf der Walzarbeiten

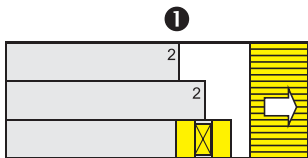
Es sind 3 Walzbahnen mit je 8 Übergängen abzudecken. Auf jeder Walzbahn werden immer Doppelpassen (2 Übergänge) gefahren und dann auf die nächste parallele Walzbahn gewechselt. So wird sichergestellt, dass das verlegte Mischgut an keiner Stelle zu stark abkühlt, bevor die ersten – erfahrungsgemäss wirksamsten – Walzübergänge erfolgen.

Die Länge der Walzbahnen darf nicht zu klein sein, da eine gute Ebenheit sich nur durch ein zügiges Walzen erzielen lässt. Die Bahnen dürfen aber auch nicht zu lang sein, damit das Mischgut an keiner Stelle so weit abkühlt, dass es nicht mehr genügend verdichtet werden kann. Erfahrungsgemäss ist eine Länge der Walzbahnen zwischen 30 und 50 m zweckmässig, bei warmem Wetter eher länger und bei kühlerem Wetter etwas kürzer.

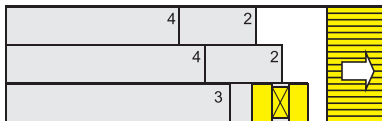


Damit ergibt sich der nachstehend skizzierte Walzvorgang:

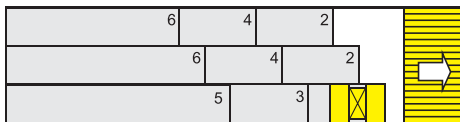
Walzenübergänge 1/2



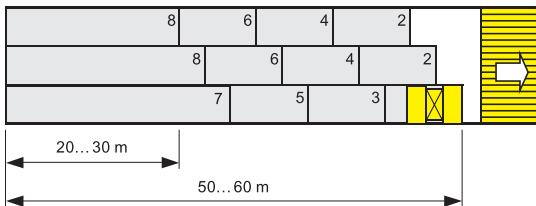
Walzenübergänge 3/4



Walzenübergänge 5/6



Walzenübergänge 7/8



Mit dem Abwalzen beginnen, wenn 20...30 m eingebaut sind. In der ersten Walzbahn bis zum Fertiger und zurück fahren, dann 2 Übergänge in der zweiten Bahn und schliesslich in der dritten Bahn. Auf dieselbe Art und Weise werden alle 3 Bahnen mit den Übergängen Nr. 3 und 4, dann 5 und 6 sowie 7 und 8 abgedeckt. Alle Übergänge werden bis zum inzwischen weiter gefahrenen Fertiger vorgezogen.

Somit ist die Fläche bis zum Punkt ① mit den verlangten 8 Übergängen abgedeckt. Der nächste Übergang auf der ersten Walzbahn kann nun bei Punkt ① gestartet werden und bei den folgenden Passen kann der hintere Fahrtrichtungswechsel laufend vorverlegt werden, da ja die vor Punkt ① liegende Fläche zum Teil schon mit 6 bzw. mit 4 oder 2 Übergängen verdichtet ist.

15. Einbaumängel vermeiden

Voraussetzungen überprüfen

Damit die eingebauten Trag-, Binder- und Deckschichten ein gutes Gebrauchsverhalten aufweisen und Schäden vorgebeugt werden kann, muss man

- vor dem Einbau die Höhengenaugigkeit und die Standfestigkeit der Unterlage überprüfen (vergl. Seite 7),
- das richtige Mischgut wählen (vergl. Seite 14), sowie
- das angelieferte Mischgut durch Augenschein auf grobe Mängel prüfen und die Mischguttemperaturen messen (vergl. Seite 31).

Einbau überwachen

Von ausschlaggebender Bedeutung für den erfolgreichen Belagseinbau ist aber auch eine sorgfältige Überwachung während des Einbauens und Verdichtens und eine laufende Beurteilung der fertig verlegten Schicht. Dazu gehören:

- Messen der Mischguttemperaturen während des Verdichtens (vergl. Seite 32).
- Überprüfung der Ebenheit mit der 4-m-Latte und, wo nach Projekt einzubauen ist, der Höhengenaugigkeit durch Messen der Abstiche ab einer über die Absteckungspunkte gespannten Schnur (Anforderungen vergl. Tabelle auf Seite 4).
- Kontrolle der Schichtdicke über eine laufende Mischgutverbrauchskontrolle (vergl. Seite 28).
- Visuelle Beurteilung der Belagsoberfläche hinter dem Fertiger und nach dem Abwalzen.

Häufig vorkommende Einbaumängel und mögliche Ursachen sind in der Tabelle auf den Seiten 70 und 71 zusammengestellt. Auf das Problem der Walzrisse soll näher eingetreten werden.

Wie können Walzrisse vermieden werden?

Verschiedene Ursachen können das Auftreten von Quer- und Längsrissen begünstigen:

- Die Oberfläche wird aufgerissen, weil die Walze eine Bugwelle vor sich herschiebt. Besonders ausgeprägt ist diese Erscheinung bei weichen, wenig stabilen Mischungen und dicken Schichten.

- Die Oberfläche ist durch Wind, kalte Bandagen oder zuviel Berieselungswasser abgekühlt, die Kernzone aber noch heiss. Die Walze drückt die «Schale» durch und es treten Risse auf.
- Das Mischgut schiebt auf der Unterlage (mögliche Ursachen: unzureichender Voranstrich, grosses Quer- oder Längsgefälle) und wird von der Walze abgeschert.

Massnahmen:

Um die horizontalen Verschiebungen zu verringern,

- immer mit angetriebener Bandage gegen den Fertiger walzen,
- eventuell mit leichteren Geräten vorwalzen,
- erste Übergänge ohne Vibration fahren,
- Walzgeschwindigkeit reduzieren,
- bei grossem Längsgefälle Vibration nur bergwärts einschalten,
- in Kurven von der Innenkante her walzen, um so ein Widerlager zu schaffen.

In manchen Fällen wird es zweckmässig sein, mit dem Abwalzen zuzuwarten, bis sich das Mischgut etwas abgekühlt hat und standfester geworden ist. Bei warmem Sommerwetter darf man das ohne weiteres riskieren.

Walzrisse sind meist nicht tief und können in der Regel durch langsames Befahren mit der Gummiradwalze geschlossen werden.

Einbaumängel und mögliche Ursachen

	Mischgut als Ursache					
	Mischgut entmischt	Mischgut zu kalt	Mischgut zu fett	Mischgut zu mager	Mischgut zu feinkörnig	Mischgut zu grobkörnig
Feststellungen während des Einbaus						
Oberfläche rau, unregelmässig	X	X		X		X
«Rupfen» hinter der Bohle	X	X		X		X
Oberfläche überfettet			X		X	
Mischgut schiebt vor der Walze			X		X	
Bildung von Querrissen	X	X	X	X	X	
Bildung von Längsrissen			X		X	
Wellen in Querrichtung			X		X	
Unebenheiten in Längsrichtung			X		X	
Mängel der fertig verlegten Schicht						
Unebenheiten in Längsrichtung	X		X		X	
Unebenheiten in Querrichtung						
Poröse Stellen, Splittnester	X	X		X		X
Fette Stellen, «Spiegel»			X		X	
Rissbildung	X	X	X	X	X	
ungenügende Dichte		X		X		X

Einbau- und Verdichtungsfehler als Ursache

Voranstrich ungenügend	Einbau unregelmässig (Unterbrechungen, Elektronik)	Einbaugeschwindigkeit zu hoch	Bohlenheizung ungenügend	Glättebohle nicht plan	Vorverdichtung falsch eingestellt	ungeeignete Walzen	zu früher Walzbeginn	zu wenig Walzübergänge	zu später Walzbeginn	zu frühe Verkehrsfreigabe
	X	X	X	X	X	X		X	X	
X		X	X	X	X					
						X	X			
X		X			X	X	X		X	
X		X	X			X	X		X	
X						X	X			
X	X					X	X			
		X			X	X	X			
X	X	X				X	X			X
				X		X				X
	X	X	X	X	X	X		X	X	
						X	X			X
X		X				X	X		X	
	X	X			X	X		X	X	

Schweizerische Mischgut-Industrie

Fachverband für bituminöses Mischgut
c/o Belag + Beton AG, 6023 Rothenburg
Telefon 041 289 30 40

Die Schweizerische Mischgutindustrie

Ihr Bedeutung

In der Schweiz werden jährlich gegen fünf Millionen Tonnen Mischgut produziert und verarbeitet. Bituminöses Mischgut ist der am meisten verwendete Baustoff zur Herstellung von Tragschichten und Belägen. Im modernen Strassen- und Autobahnbau nimmt bituminöses Mischgut eine dominierende Stellung ein.

Der Bedarf an bituminösem Mischgut wird heute fast ausschliesslich durch stationäre Produktionsanlagen abgedeckt. Die Mischgutindustrie hat ansehnliche Mittel investiert, um leistungsfähige und umweltfreundliche Mischgutlieferwerke zu schaffen. Lieferwerke, die in der Lage sind, qualitativ einwandfreies Mischgut kostengünstig zu produzieren. Die Mischgutindustrie hat grosse volkswirtschaftliche Bedeutung. Als Produzent, wie als Arbeitgeber und als Kunde zahlreicher Zulieferfirmen.



Schweizerische Mischgut-Industrie
Industrie suisse des enrobés bitumineux
Industria svizzera delle miscele bituminose

Der Fachverband für bituminöses Mischgut

Der Verband hat zum Ziel, die Stellung der Mischgutindustrie zu fördern und die gemeinsamen Interessen der Mitglieder wahrzunehmen.

Im Einzelnen bezweckt die SMI:

- Die Vertretung der gemeinsamen Anliegen durch konstruktive Zusammenarbeit mit Behörden und Fachverbänden.
 - Die Verbreitung neuer Erkenntnisse in Fachkreisen und die Aufklärung der Öffentlichkeit über den bituminösen Strassenbau.
 - Die Förderung der beruflichen Aus- und Weiterbildung.
 - Die Beratung der Mitglieder in wirtschaftlichen und technischen Fragen der Mischgutproduktion und die Information über neue Entwicklungen.
-

Die Mischgutwerke der SMI-Firmen...

Firma	Werke in
ABZ, ARGE für Belagsmischgut Edlibach, 6002 Luzern	Edlibach ZG
Aeschlimann AG, 4800 Zofingen	Boningen SO
APEC SA, 1725 Posieux	Posieux FR
ARGE Mischgutanlage AG 4704 Niederbipp	Niederbipp BE
Argobit AG, 5503 Schafisheim	Schafisheim AG
Asfatop AG, 8910 Affoltern am Albis	Dietikon ZH
BATIGROUP AG, 4025 Basel	Beringen SH, Ecublens VD, Gebenstorf AG, Heimberg BE, Uznach SG, Bioggio TI
BAWAG, Belagsaufbereitung 3000 Bern 5	Wimmis BE
Belag und Beton AG 6023 Rothenburg	Rothenburg LU, BAM Menziken AG, BAS Sursee LU, Centrphalt Asphaltmischwerke AG Küssnacht SZ + Ibach SZ
Belagslieferwerk AG Boningen 4618 Boningen	Boningen SO
Belagswerk Rinau AG 4303 Kaiseraugst	Kaiseraugst AG
BELREBA AG, 4147 Aesch	Allschwil BL, Aesch BL, Hard AG
BERAG, Belagslieferwerk Rubigen AG 3113 Rubigen	Rubigen BE
BEWO Belagslieferwerk Oberwallis 3930 Visp	Niedergesteln VS
BHT Baustoff Holding Thur AG 8554 Müllheim-Wigoltingen	TURBAG Bürglen TG, TURBAG Weinfelden TG, Weiningen TG
BHZ Baustoff Verwaltung AG 8050 Zürich	BAB Birmensdorf ZH, BAV Volketswil, ABW Wädenswil ZH, BAW Weiach ZH, BAS Schaffhausen SH
BITURIT AG, 5243 Mülligen	Mülligen, Siggenthal AG
BLH Belagswerk Hasle-Rüeggsau AG 3415 Hasle-Rüeggsau	Hasle-Rüeggsau BE

...sind überall in Ihrer Nähe

Firma	Werke in
BRZ Belags- und Recycling-Zentrum 6000 Luzern 12	Horw LU, Rozloch NW
CAMANDONA, 1023 Crissier	Dailens, Tr. Triphon VD
Catram AG 7004 Chur	Reichenau, Samedan, Tiefenkastel, Untervaz, Zernez GR
Comibit SA , 6807 Taverne	Sigirino, Casione TI
FAMOBIT SA , 1030 Bussigny Grandson VD	Bussigny, Villars-sous-Champvent,
FBB Hinwil , 8494 Bauma	Hinwil, Kloten ZH
Kieswerk Gunzgen AG , 4617 Gunzgen	Gunzgen SO
La S.E.P. p.a. Bourgeoisie de Sion 1950 Sion	Sion VS
MOAG Baustoffe Holding AG 9008 St. Gallen	Sargans SG, Mörschwil SG, Schwarzen- bach SG, Belag AG Triesen FL
MOBIVAL MASSONGEX , 1950 Sion	Massongex VS
PREBIT , 2013 Colombier	Marin NE
Reussbelag AG , 5620 Bremgarten	Bremgarten AG
SAPA SA , 1242 Satigny	Satigny GE
SEBAL Seeländische Belags-Auf- bereitungsanlagen , 3294 Büren a.A.	Lyss, Büttenberg BE
SEVAL , 1950 Sion	Bramois VS
Tobega AG , 8413 Neftenbach	Neftenbach ZH
E. Weber AG , 9630 Wattwil	Bütschwil SG
Hans Weibel AG , 3018 Bern Fégire VD	Granges-de-Vesin FR, Oberwangen BE,
WIBAG Schwarzbelag AG 8355 Aadorf	Aadorf TG
Rudolf Wirz Strassen- und Tiefbau AG 4410 Liestal	Liestal BL