

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 131 (1980)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Bituminöse Baustoffe für den Wald- und Güterstrassenbau  
**Autor:** Kuonen, V.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766553>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Bituminöse Baustoffe für den Wald- und Güterstrassenbau<sup>1</sup>

Von V. Kuönen, ETH Zürich

Oxf.: 381.2

## 1. Einleitung

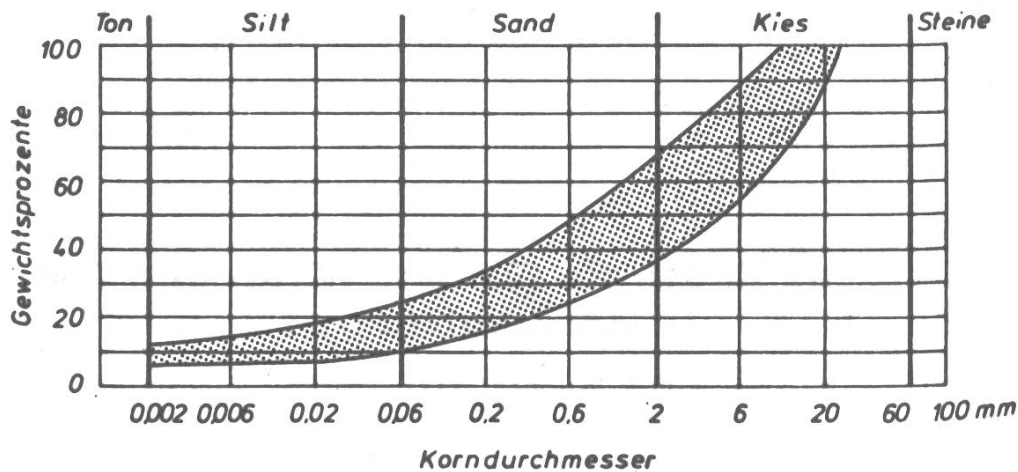
Wald- und Güterstrassen sind bis in die fünfziger Jahre praktisch ausschliesslich als Naturstrassen gebaut worden. Ton-wassergebundene oder kalk-wassergebundene Verschleisschichten sind bei richtiger Zusammensetzung und gutem Einbau, besonders wenn sie aus gebrochenem, gut verkeilendem Material bestehen, in vielen Fällen auch heute noch die wirtschaftlichste Lösung. Seit kurzer Zeit ist es möglich, auch aus Kalkgestein mit Hilfe mobiler Brechanlagen ein ausgezeichnetes Material für Verschleisschichten herzustellen. Grössere Blöcke werden durch einen Backenbrecher vorgebrochen und durch eine Hammermühle auf das gewünschte Grösstkorn von 15—25 mm zerkleinert. Die Darstellungen 1 und 2 zeigen die ideale Zusammensetzung eines ton-wasser- respektive kalk-wassergebundenen Materials.

Auf stark beanspruchten, steilen oder sehr flachen Wald- und Güterstrassen sind die Unterhaltskosten zum Teil aber so stark gestiegen, dass Naturstrassen unwirtschaftlich sind und sogenannte Hartbeläge bedeutend grössere Vorteile bieten. Grundsätzlich unterscheidet man starre und flexible Trag- und Deckschichten. Betonplatten sind starre Trag- und gleichzeitig auch Deckschichten; von ihnen soll heute weiter nicht die Rede sein. Als flexibel gelten die bituminös gebundenen Schichten.

Wünschen aus der Praxis entsprechend werden hier einige Hinweise gegeben über Bindemittel, Zuschlagstoffe, Zusammensetzung und Anwendungsbereich bituminös gebundener Trag- und Deckschichten. Diese Ausführungen sind also in erster Linie für Projektverfasser und Bauleiter von Wald- und Güterstrassen gedacht und nicht für Spezialisten der Bindemittel-lieferanten oder Mischguthersteller. Die guten Dienste dieser Leute setzen wir dankbar voraus.

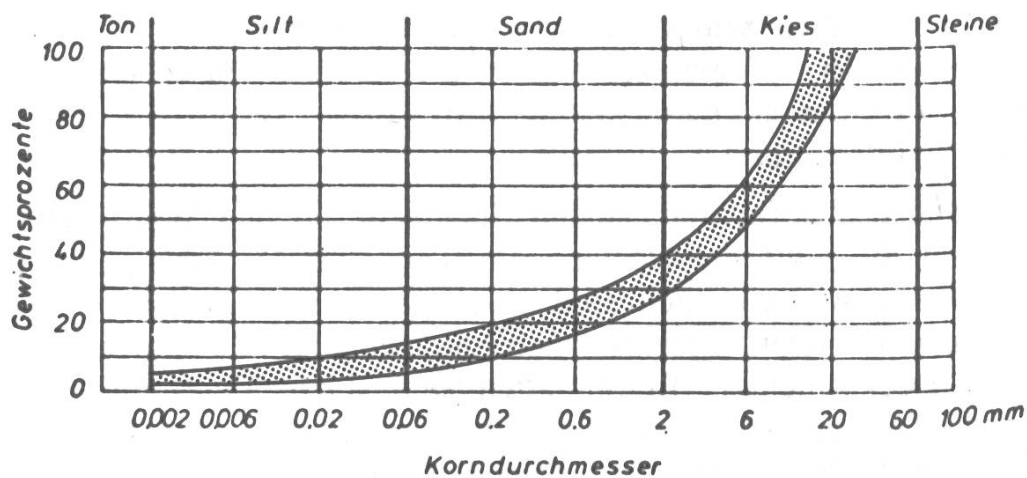
<sup>1</sup> Vortrag, gehalten am 5. 11. 1979 im Rahmen der forst- und holzwirtschaftlichen Kolloquien an der ETH Zürich.

**Darstellung 1.** Ton-wasser-gebundenes Verschleisschichtmaterial.



Materialherkunft : tonige Moränen, Schutthalden  
 Grösstkorn : 15—25 mm  
 Tonanteil : 6—10 %  
 Plastizität : 6—15 ( $W_L < 35 \%$ )  
 Schichtdicke :  $> 6,0$  cm

**Darstellung 2.** Kalk-wasser-gebundenes Verschleisschichtmaterial.

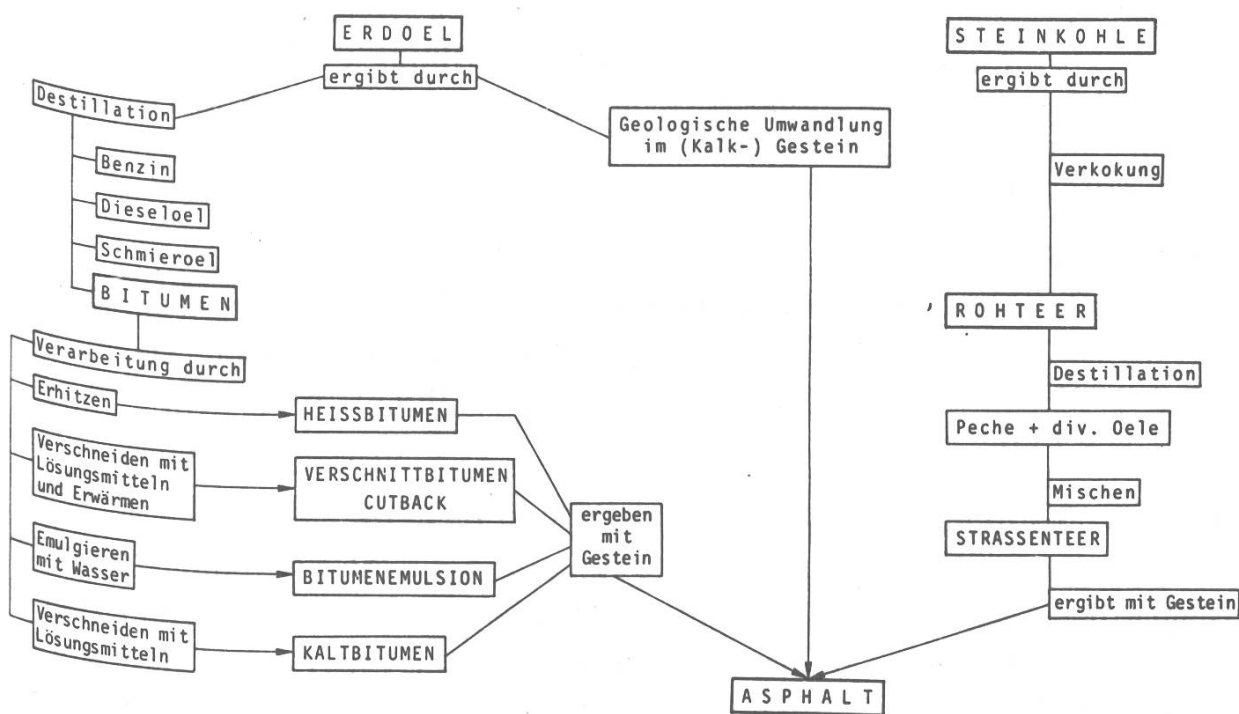


Materialherkunft : Kalkgestein, Schutthalden (zum Beispiel Calanda, Hauenstein)  
 Grösstkorn : 15—25 mm  
 Plastizität : klein  
 Schichtdicke :  $> 6,0$  cm

## 2. Bituminöse Bindemittel

In der Schweiz versteht man unter der Bezeichnung «bituminös» Stoffe, welche Bitumen oder Teer enthalten. In der Darstellung 3 wird eine Übersicht über Herkunft, Herstellung und Zusammensetzung der im Strassenbau gebräuchlichen bituminösen Bindemittel gegeben.

Darstellung 3. Bitumen und Teer und ihre Formen für die Verwendung im Wald- und Güterstrassenbau.



Mischungen aus bituminösen Bindemitteln und Mineralstoffen werden in der Schweiz als Asphalte bezeichnet. Man spricht von Asphaltbelag/Asphaltemischgut. In einigen Ländern werden aber die Ausdrücke Asphalt-bitumen und Asphalt anstelle von Bitumen verwendet. Die sogenannten Naturasphalte stellen erdölhaltiges Gestein dar, aus welchem die leichteren Erdölanteile verdunstet sind. Beispiele für Naturasphalte sind der Trinidad-asphalt (etwa 40 % Bitumen) und der Asphalt aus dem Val de Travers (etwa 10 % Bitumen).

## 2.1 Reinbitumen — Heissbitumen (B)

Reinbitumen kann nur heiss (150—180 °C) verarbeitet werden. Es wird häufig verwendet zur Aufbereitung von Heissmischtragschichten (HMT) und Asphaltbetonbelägen (AB). Bitumen hat ein spezifisches Gewicht von etwa 1,0 g/cm<sup>3</sup>; es wird durch eine Reihe von Werten genauer charakterisiert. Für Details wird auf die vielfältige Fachliteratur verwiesen.

Sehr häufig wird Bitumen charakterisiert durch die Eigenschaften, welche durch die drei folgenden Versuche ermittelt werden:

### — Erweichungspunkt

Bitumen ist ein Stoffgemisch und hat keinen exakt definierten Schmelzpunkt. Beim Erwärmen wird es langsam weicher und schliesslich flüssig (thermoplastisches Verhalten). Bestimmt wird der Erweichungspunkt durch die Ring-Kugel-Methode (R. u. K.).

## — Penetration

Die Penetration ist das gebräuchlichste Mass für die Härte des Bitumens. Die einzelnen Sorten werden durch die Penetrationswerte bezeichnet. Je grösser die Zahl, umso weicher das Bitumen. Bestimmt wird die Eindringung in das Bitumen einer mit 100 g belasteten Nadel bei 25 °C in 5 sec. Die Angabe erfolgt in  $\frac{1}{10}$  mm; zum Beispiel B  $^{80/100}$  bedeutet Eindringung der Nadel zwischen 8 und 10 mm.

## — Viskosität

Zur Bestimmung der Viskosität wird die Zeit gemessen, die eine bestimmte Probemenge benötigt, um aus einem genormten Gefäss mit genormter Öffnung auszulaufen (je kleiner die Zahl, umso grösser die Viskosität).

### 2.2 Verschnittbitumen oder Cutbacks (C), Cutback-Bitumen

Cutbacks sind Bitumen, deren Zähigkeit durch Zusatz von leicht- und schwerflüchtigen Lösungsmitteln herabgesetzt wird. Als Lösungsmittel (10—25 %) werden Teeröle, Erdöldestillate oder Mischungen daraus verwendet. Diese Lösungsmittel sind unter dem Oberbegriff Fluxöle bekannt, weshalb auch von gefluxten Bitumen gesprochen wird. Der Zusatz von Fluxölen hat ein langsames Abbinden des Bindemittels zur Folge. Die leichtflüchtigen Lösungsmittel dienen der besseren Verarbeitbarkeit des Mischgutes beim Belageinbau. Die schwerflüchtigen Lösungsmittel sind für die langfristig gewünschte Flexibilität des Belages massgebend.

Das Wasser, aber auch die Art des Minerals spielen bezüglich der Haftung der Verschnittbitumen am Gestein eine sehr grosse Rolle. Dieses Problem hat man heute gut im Griff, indem dem Verschnittbitumen sehr gut wirkende Haftmittelzusätze beigegeben werden (0,5—1,2 %). Diese Haftmittel, die sowohl auf basische als auch auf saure Mineralien wirken müssen, sind sehr teuer und wurden zum Teil in langwierigen Versuchen ermittelt. Es ist deshalb verständlich, dass die Lieferanten auf die Haftmittelfrage nicht gerne antworten wollen.

Cutback wird verwendet zur Herstellung von Cutbackbelägen. Es handelt sich um sehr flexible Deckschichten, welche auf Wald- und Güterstrassen oft anstelle ton-wassergebundener Verschleisschichten eingebaut werden.

### 2.3 Bitumenemulsionen (E)

Bitumenemulsionen bestehen aus in Wasser fein verteiltem Bitumen. Diese Emulsionen enthalten zudem kleine Mengen von oberflächenaktiven Substanzen, die als Emulgatoren und Stabilisatoren wirken. Diese Substanzen beeinflussen die Brechzeit der Bitumenemulsion und wirken als Haftmittel. Unter «Brechen» versteht man das Zusammenfliessen, das Koagulieren der in der Emulsion feinst verteilten Bitumenteilchen (wenige Tausendstel Milli-

meter  $\varnothing$ ), wobei mit dem Verdunsten des Emulsionswassers der Abbindeprozess eingeleitet wird. Man unterscheidet anionische (negativ geladene Schutzhülle) und kationische (positiv geladene Schutzhülle) Bitumenemulsionen.

Die Wahl der Emulsionsart hängt vom Verhalten des Gesteins ab. Emulsionen werden für Oberflächenbehandlungen (OB) und Tränkungen, seltener auch für Bodenstabilisierungen, verwendet.

Die Bitumenkonzentration liegt heute meistens zwischen 50 und 60 %. Je nach der Brechgeschwindigkeit unterscheidet man folgende Sorten:

- ER : rasch brechende Emulsion:  
vor allem für Oberflächenbehandlungen (OB)
- EM : mittelerasch brechende Emulsion:  
vor allem für Tränkungen, Bodenstabilisierungen
- EST : stabile Emulsion:  
vor allem für Bodenstabilisierungen

#### 2.4 Kaltbitumen

Kaltbitumen ist ein Verschnittbitumen mit erhöhtem Fluxölsatz (20—30 %) und erhöhtem Haftmittelzusatz (0,8—1,7 %). Die Lösungsmittel verdampfen rascher als im Cutback. Bei der Verarbeitung ist die grosse Feuer- und Explosionsgefahr zu beachten (niedriger Flammpunkt infolge der vielen Lösungsmittel). Kaltbitumen wird unter der Bezeichnung «Lackbitumen» als Voranstrich zum «Aufkleben» von Deckschichten auf alte Beläge verwendet. Im kleinen Strassenbau findet Kaltbitumen wenig Verwendung.

#### 2.5 Teer — Strassenteer (T)

Teer fällt an bei der Verkokung von Steinkohle in Gaswerken und Kokereien (Erhitzung auf 1000—1200 °C). Durch Destillation wird Rohteer in Öl- und Pechkomponenten zerlegt. Diese Grundbestandteile werden nach zweckentsprechenden Vorbehandlungen in bestimmten Gewichtsverhältnissen wieder zusammengemischt, so dass Teersorten mit bestimmten Eigenschaften erhältlich sind.

Je nach Verwendungszweck (Tragschicht, Bodenstabilisierungen, Oberflächenbehandlungen usw.) wird eine andere Zusammensetzung gewählt. Zur Hauptsache besteht Strassenteer aus Pech (etwa 64 %), der Rest aus verschiedenen Teerölen: Anthrazenöl (etwa 20 %), Schweröl (etwa 6 %), Mittelöl (etwa 9 %) und Leichtöl (maximal 1 %).

Teer hat ein spezifisches Gewicht von 1,15—1,25 g/cm<sup>3</sup>.



## 2.6 Bitumen-Teer-Mischungen

Bitumen und Teer werden häufig als Mischungen verwendet. Überwiegt der Teeranteil, spricht man von Bitumenteer, überwiegt der Bitumenanteil, spricht man von Teerbitumen. Sehr häufig werden Mischungen von 20 : 80 verwendet.

### 2.6.1 Bitumenteer (BT)

BT wird sehr häufig verwendet für Oberflächenbehandlungen und Schottertränkungen.

### 2.6.2 Teerbitumen (TB)

TB ist ein ausgezeichnetes Bindemittel zur Herstellung von Heissmischtragschichten (HMT) und Teerasphaltbelägen (TA). Die Beimischung von 15—30 % Teer verbessert einerseits die Verarbeitbarkeit (um 20—30 °C tiefere Misch- und Walztemperaturen), andererseits verhindert Teer meist den auf Wald- und Güterstrassen gefürchteten Graseinwuchs.

## 3. Mineralstoffe für den bituminösen Strassenbau

Jede Asphaltstrasse ist in erster Linie eine «Steinstrasse», denn die Asphaltbefestigung besteht im Mittel zu etwa 95 Gewichts-% aus Mineralstoffen und nur zu etwa 5 % aus Bindemitteln. Die Eigenschaften einer Strassenbefestigung werden also ganz entscheidend von der Beschaffenheit und Zusammensetzung dieser Mineralstoffe beeinflusst. Gerade im kleinen Strassenbau ist eine gute Qualität des Gesteins praktisch immer vordringlich, weil die gebundenen Schichten meistens direkt unter der Fahrbahn liegen und weil meistens minimale Schichtdicken eingebaut werden. Eine Ausnahme kann man eventuell bei Material machen, welches stabilisiert wird (dickere Schicht).

Grundsätzlich soll das für den bituminösen Strassenbau verwendete Naturgestein hohe Beständigkeit (Witterung, Frost) und Festigkeit (Druck, Schlag), geringe Porosität, gedrungene und kantige Kornform sowie ein gutes Verhalten gegenüber bituminösen Bindemitteln besitzen.

Für den bituminösen Strassenbau werden folgende Gesteinsarten bevorzugt:

Basalte, Porphyrite, Melaphyre, Diabase, Grauwacken, feinkörnige, feste Sandsteine, Kieselkalke, feste, spätige Kalksteine und einige andere. Oft müssen mangels besseren Materials feste Kalksteine, Marmore und Dolomite verwendet werden.

Bituminöses Mischgut wird zum Teil aus nur rundem Zuschlagsmaterial (natürlichen Lockergesteinen aus Alluvionen, Flüssen, Seen), zum Teil aus nur gebrochenen Natursteinen und zum Teil aus Mischungen von rundem und gebrochenem Material aufbereitet. Beim gebrochenen Material spricht

man von Schotter (25/100 mm), Splitt (2,5/25) und Brechsand (0/3 mm fillerreich oder 0,2/3 mm fillerarm).

Die Zuschlagstoffe werden grundsätzlich in Fraktionen (4—6) aufgeteilt; die gewünschte Kornzusammensetzung wird gewichtsmässig zusammengestellt. Eine Ausnahme besteht bei der Bodenstabilisierung mit bituminösen Bindemitteln, wo natürlich vorkommende, das heisst nicht fraktionierte Böden stabilisiert werden. Meistens werden zweit- und drittklassige Kies-Sande stabilisiert.

Filler ( $< 0,08$  mm) hat die Aufgabe, kleinste Hohlräume auszufüllen und das Bindemittel zu «stabilisieren». Der Art und Menge des Fillers kommt daher im bituminösen Belagsbau eine besondere Bedeutung zu. Zuviel Filler kann zu einem Ausmagern des Belages, zuwenig zu einer Überfettung führen. Die Verwendung des aus dem ungewaschenen Brechsand stammenden Eigenfillers ist bei der HMT aus wirtschaftlichen Gründen vertretbar. Bei hochwertigen Verschleisschichten sind gewaschene Brechsande mit wenig Feinanteilen geeigneter, da hier ein industriell hergestellter Filler mit bekannten Eigenschaften und genauer Dosierung zugegeben werden muss.

Die Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe für bituminöse Schichten kann grundsätzlich in drei Kategorien eingeteilt werden:

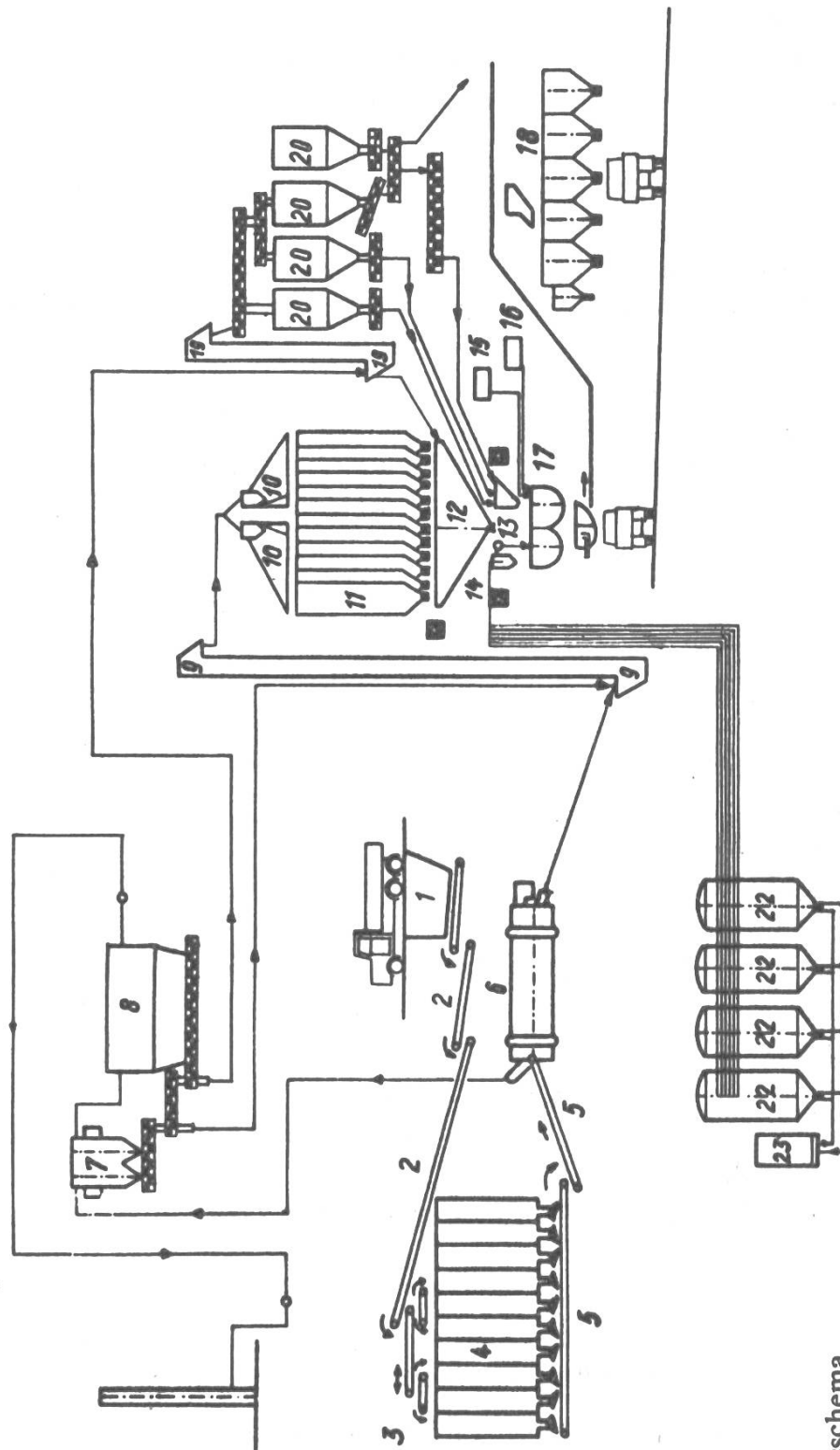
- *gleichförmiger Kornaufbau* für sogenannte Schottertränkungen (Macadam) und Oberflächenbehandlungen (1- bis 3fache OB)
- *ungleichförmiger, abgestufter Kornaufbau*: Die Kornzusammensetzungskurve entspricht in diesem Fall fast immer einer Parabel mit wenig Feinanteilen ( $< 10$  Gewichts-% bei 0,06 mm Durchmesser), so dass eine sehr dichte Lagerung möglich ist. Das Mischgut erhält neben der Funktionsbezeichnung (HMT; Belag = Deck- oder Verschleisschicht) und/oder der Bindemittelangabe (B, T, TB, C) auch eine nähere Charakterisierung durch die Angabe des Grösstkorns (zum Beispiel HMT 16, HMT 32; AB 16; CB 16 usw.)
- *ungleichförmiger, mehr oder weniger gut abgestufter Kornaufbau*: Eine gewisse Menge an Feinanteilen ist erwünscht (maximal etwa 35 Gewichts-%). Diese Böden (nach USCS die Klassen GC, GM, GC-CL und GM-ML) eignen sich für eine Stabilisierung mit bituminösen Bindemitteln.

#### 4. Mischgutaufbereitung

Die Herstellung des Mischgutes für bituminöse Heissmischbeläge und -tragschichten erfolgt in Aufbereitungsanlagen, die eigens hierfür konzipiert werden. Die einzelnen Mischanlagentypen sind in ihrem Aufbau und ihrer Arbeitsweise sehr verschieden. Grundsätzlich sind aber die Aufbereitungsverfahren gleich und entsprechen etwa folgendem Schema:



Darstellung 4. Belags-Lieferwerk.



# Materialflussschema

- |                                    |                             |                               |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 Entladegasse                     | 10 Siebstrassen             | 18 Mischgutverladeeinrichtung |
| 2 Zufuhrbänder                     | 11 Heissmineral-Vorratssilo | 19 Füllerelevator             |
| 3 Verschiebeband mit 2 Querbändern | 12 Mineralwaage             | 20 Eigenfüllersilos           |
| 4 Rohmineralsilo                   | 13 Füllervwaage             | 21 Fremdfüllersilos           |
| 5 Sammelband + Band-Dosierapparat  | 14 Bindemittelwaage         | 22 Bindemitteltanks           |
| 6 Trommeltrockner T 2590           | 15 Haftmitteldosierung      | 23 Ölumlaufaggregat           |
| 7 + 8 Trockenfilterentstaubung     | 16 Fluxmitteldosierung      |                               |
| 9 Heissgut-Elevator                | 17 Mischer 2,5 t            |                               |

## 5. Lagerung, Transport, Mischgutkontrolle

Nur in seltenen Fällen wird das Mischgut vom Mischer direkt auf das Transportfahrzeug abgegeben. Durch die Zwischenschaltung von Verlade- und Lagersilos kann die Kapazität des Mixers besser ausgenutzt und ein kontinuierlicher Betrieb (Pannen beim Transport und Einbau) aufrechterhalten werden.

Die Lagersilos sind meistens aus mehreren Zellen aufgebaut und haben eine Gesamtgrösse von 1—2 Stundenleistungen der Mischanlage. Gute Wandisolierung und Beheizung der unteren Silohälfte und der Verschlüsse gestatten eine Mischgutlagerung bis zu 10 Stunden.

Um beim Transport starke Temperaturverluste zu vermeiden, müssen die Mischgutladungen mit Blachen abgedeckt werden. Die Fahrzeiten sollten 2—3 Stunden nicht überschreiten, da pro Stunde Fahrzeit mit einer Temperaturabnahme von 10 °C zu rechnen ist und die Einbautemperatur nur 20 °C unter der zulässigen Minimaltemperatur des Materials beim Verlassen des Mixers liegen darf.

Jeder Bauleiter kann und muss die Temperaturen des Mischgutes an der Aufbereitungsanlage und beim Einbau (noch auf dem Lastwagen: Rückschub!) kontrollieren. Bei grösseren Arbeiten ist für die eigentliche Kontrolle des Mischgutes (Bindemittelgehalt, Zusammensetzung der Zuschlagstoffe, Qualität der Mischung usw.) auch beim Wald- und Güterstrassenbau ein Speziallabor beizuziehen.

## 6. Einbau des Mischgutes

Mischgut, welches in einer Mischanlage oder in einem sogenannten Lieferwerk hergestellt wird, ist grundsätzlich mit einem Fertiger einzubauen. Die häufig wechselnde Fahrbahnbreite auf Wald- und Güterstrassen (unterschiedliche Kurvenradien) erfordern dafür heute Fertiger mit hydraulisch regulierbarer Einbaubreite (mit sogenannter Extensorbohle), so dass das ungenaue seitliche Anlegen von Streifen entfällt (bessere Qualität, Arbeits-einsparung).

Insbesondere bei Wald- und Güterstrassen ist auf folgende Punkte zu achten:

- Vor dem Belagseinbau müssen Tragfähigkeit (zum Beispiel Deflektionsmessungen) und Genauigkeit der darunterliegenden Schichten überprüft werden. Schadenquellen können erkannt und Streitigkeiten zwischen dem Belagsbauer und dem Unternehmer, der den anderen Teil der Strasse gebaut hat, vermieden werden.
- Meistens ist es wesentlich einfacher und billiger, die Unterlage zu verbessern, bevor die Decke verlegt wird, als nachher die fertige Strasse zu flicken.

*Darstellung 5. Fertiger mit hydraulischer Verstellbohle.*



Die ausfahrbare Extensorbohle ermöglicht die stufenlose Verstellung der Einbaubreite. Auf den einspurigen Wald- und Güterstrassen mit der häufig wechselnden Fahrbahnbreite (Kurvenradien) sollten nur noch solche Einbaumaschinen eingesetzt werden.

- Bei starkem Regen soll grundsätzlich kein Mischgut eingebaut werden.
- Weil im Wald- und Güterstrassenbau meistens dünne Beläge (siehe Minimaldicken) eingebaut werden, ist im Spätherbst vom Einbau abzusehen, weil dünne Beläge bei niedrigen Temperaturen schlecht verarbeitbar sind.
- Die Verdichtung des bituminösen Mischgutes erfolgt in zwei Stufen:
  - beim Einbau durch den Fertiger und die Walzen
  - durch den Verkehr.

Auf den einspurigen Wald- und Güterstrassen wird meistens Spur gefahren, so dass der Verdichtung beim Einbau sehr grosse Bedeutung zukommt. Besonders wichtig ist die Vorverdichtung durch den Fertiger (Mischgut hoher Temperatur, bessere Wirkung der Walzen). Die Walzen sind so frühzeitig wie möglich einzusetzen (Gummiradwalzen, Vibrationswalzen, Glattradwalzen). Vom zweckmässigen, geplanten Einsatz der Verdichtungsgeräte hängt weitgehend die Qualität und die Lebensdauer der

bituminösen Schicht ab. Jede im Belagsbau erfahrene Firma hat eine eigene «Philosophie» für die Verdichtung von Mischgut entwickelt!

## 7. Wahl der bituminösen Bauweise

Wie unter Ziffer 3 dargelegt, wird unterschieden zwischen bituminösen Schichten gleichförmiger und ungleichförmiger, abgestufter Körnung. Die ersteren — Schottertränkungen, 2- und 3fache OB — haben sich im Wald- und Güterstrassenbau nicht bewährt, weil Spur gefahren wird und daher in diesen stark offenen Belagstypen am Rand und in der Mitte der Strasse relativ rasch eine Versprödung des Bindemittels eintritt. Dadurch entstehen grosse Unterhaltskosten.

Abgesehen von ein- und zweifachen OB auf HMT und bituminösen Stabilisierungen sollten diese Belagstypen im Wald- und Güterstrassenbau nicht mehr angewandt werden.

Asphaltbeton (AB) und Teerasphaltbeton (TA) sind hochwertige Deckschichten für Strassen mit grosser Verkehrsbelastung. Es handelt sich um sehr steife Beläge (Wahl des Bindemittels), welche eine Unterlage mit ausgesprochen guter Tragfähigkeit verlangen. Für den für Wald- und Güterstrassen üblichen Aufbau eignen sie sich normalerweise nicht (grosse Gefahr von Rissbildungen). In einigen Gebirgskantonen (TI, VS, GR), wo die Untergrundtragfähigkeit bereits sehr gut ist, wird auch auf Wald- und Güterstrassen ab und zu ein AB oder besser ein TA eingebaut (meistens ein TA 16).

Immer häufiger werden auch im Wald- und Güterstrassenbau Heissmischtragschichten (HMT) verwendet. Sie leisten gegenüber Kies-Sand einen 3- bis 4fachen Beitrag an die Tragfähigkeit einer Strasse und tragen oft auch wesentlich zur Verminderung der Unterhaltskosten bei. Bei der HMT werden zwei Mischgutsorten unterschieden, nämlich die Sorte A (a-Wert = 0,30 bis 0,34) aus vorwiegend Rundmaterial und die Sorte B (a-Wert = 0,40) mit mindestens 35 % gebrochenem Material. HMT B wird vor allem verwendet für Strecken mit grosser Schubbeanspruchung (Steigung).

Die minimale Schichtdicke beträgt etwa 7 cm. Gerade im Wald- und Güterstrassenbau, wo man der Platzverhältnisse wegen Schwierigkeiten hat, eine ganz gute Planie herzubringen, sollte diese Dicke nicht unterschritten werden.

Das Grösstkorn hängt von der gewählten Schichtdicke ab. Für 6 und 7 cm dicke Schichten wird meistens eine HMT 16, für dickere Schichten die HMT 25 oder HMT 32 verwendet.

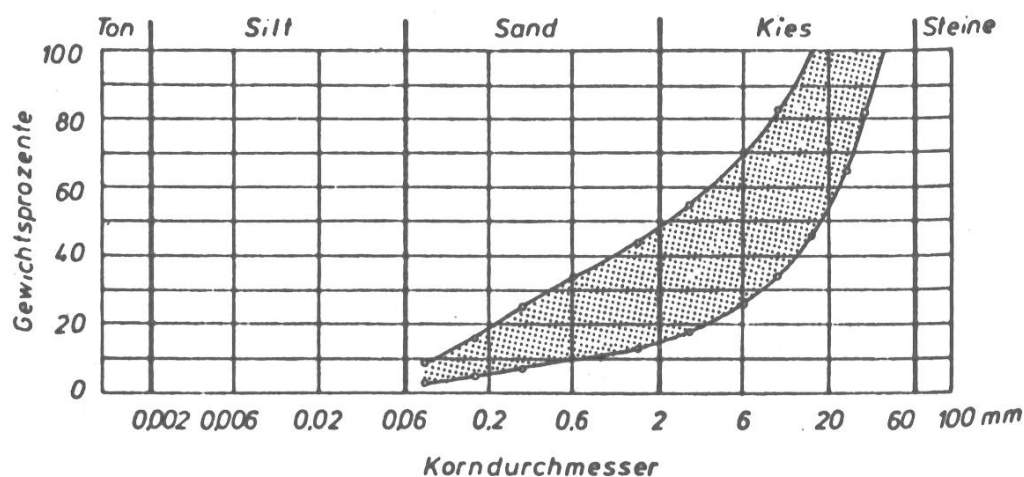
Ausgeschrieben wird der Mischgutbedarf häufig in  $\text{kg/m}^2$  ( $1 \text{ cm/m}^2 \sim 24 \text{ kg}$ ), das heisst für 6 cm werden  $144 \text{ kg/m}^2$ , für 8 cm  $192 \text{ kg/m}^2$  ver-

langt. Die Lieferscheine ermöglichen im übrigen eine grobe Kontrolle der Einbaudicke!

«Normale» HMT müssen zur Verlängerung der Lebensdauer mit einem Porenschluss (OB, Schlämme, dünner Belag) versehen werden.

Auf Wald- und Güterstrassen wird in einzelnen Regionen auch ein spezieller Typ HMT eingebaut, eine sogenannte «HMT Typ Meliorationsstrasse». Die Zuschlagsstoffe sind sandreicher und die Bindemitteldosierung wird um etwa 0,5 % erhöht. Durch die Verdichtung wird dadurch eine relativ geschlossene Schicht erreicht, so dass diese HMT auch die Funktion der Deckschicht übernimmt. Man kann die 1. OB einsparen, das heisst sie wird erst etwa nach 6 bis 8 Jahren fällig. Die erhöhte Bindemitteldosierung kann an exponierten Stellen bei starker Sonnenbestrahlung zur Aufweichung führen. Als Bindemittel ist für HMT von Wald- und Güterstrassen grundsätzlich TB zu verwenden. Die Kornzusammensetzungen für HMT sind aus der Darstellung 6 ersichtlich.

Darstellung 6. Kornverteilungsbereich für HMT A und B mit Grösstkorn 16 respektive 32 mm für Strassen mit kleiner täglicher Verkehrsfrequenz.

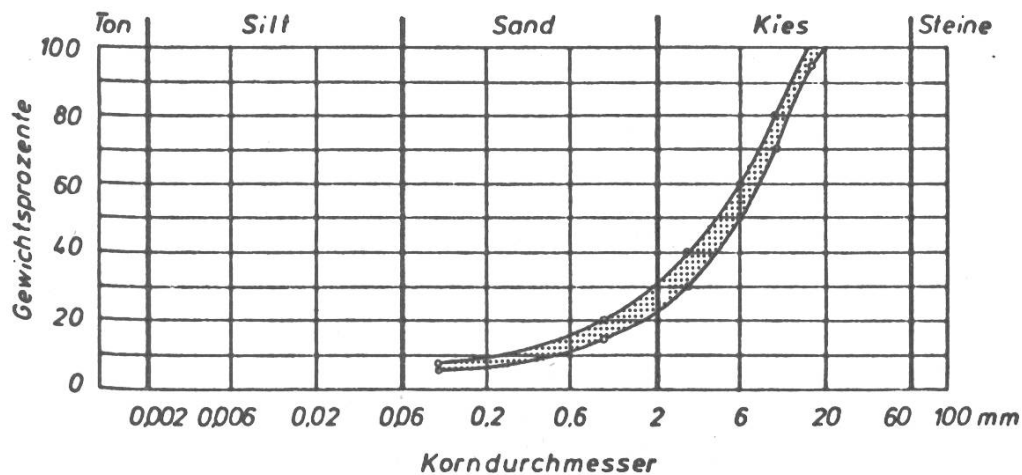


Auf Wald- und Güterstrassen hat man in den letzten 10 bis 20 Jahren mit sogenannten Cutback-Belägen gute Erfahrungen gemacht. Die Cutback-Beläge sind als Deckschichten zu bezeichnen, welche auf erosionsempfindlichen Strassen an die Stelle von ton-wassergebundenen Verschleisssschichten treten.

Das Bindemittel für diese Beläge ist ein Verschnittbitumen (Cutback). Es handelt sich um relativ offene, splittreiche Beläge, die den heutigen Verkehrsbelastungen angepasst einen Hohlraumgehalt von 6 bis 10 % aufweisen (vgl. Darstellung 7, steile Kornverteilungskurve). Der Cutback-Belag



Darstellung 7. Kornverteilungsbereich für einen Cutbackbelag «warm» mit Grösstkorn 16 mm.



muss einen bestimmten Hohlraumgehalt erhalten, damit sich das weichere Bindemittel bei Temperaturschwankungen in die Hohlräume ausdehnen bzw. wieder daraus zurückziehen kann (kein Schwitzen des Belages!). Diese Beläge bleiben dadurch lange flexibel, so dass sie sich allfälligen kleineren Frosthebungen, unterschiedlichen Setzungen, kleinen Geländebewegungen usw. über Jahre hinaus anpassen können. Kleine Risse werden durch den Verkehr wieder geschlossen.

Diese Eigenschaft des Belages erlaubt auf vielen Baustellen den Einbau von leicht frostempfindlichem Kies-Sand, welcher im Projektgebiet gewonnen werden kann (günstiger Ankauf, kurze Transporte, weniger Unterhalt auf Zufahrtsstrassen). In vielen Gebieten der Voralpen bewähren sich diese Beläge auch darum, weil unvermeidliche Setzungen und kleine Geländebewegungen relativ schadlos aufgefangen werden können.

Man unterscheidet kalt- und warmaufbereitetes Mischgut. Beim kaltaufbereiteten Mischgut wird das Mineral nicht oder nur auf 30 bis 40 °C erwärmt. Das Bindemittel wird aber bei einer Temperatur von 110 bis 120 °C beigemischt. Bei der Warmaufbereitung werden sowohl Mineral als auch Bindemittel auf 100 bis 120 °C erwärmt und zusammengemischt. Dieses Verfahren wird heute fast ausschliesslich angewandt.

Aus Kostengründen (Einsparen von teuren Haft- und Lösungsmitteln) wird das kaltaufbereitete Belagsmischgut fast nur noch für Flickzwecke verwendet.

Vor zirka 20 Jahren hat man ausschliesslich kalt eingebaut. Die Erfahrungen waren sehr gut. Um an teuren Lösungsmitteln einsparen zu können, ist man vor etwa 10 Jahren auf den Warmeinbau übergegangen. Die nächsten Jahre werden zeigen, ob man sich damit nicht zu sehr der HMT nähert. Der Cutback-Belag muss aber eine Deckschicht bleiben und vor allem lange anpassungsfähig sein.



Dünne Cutback-Beläge (CB 10 und CB 6) eignen sich auch sehr gut als Deckschichten auf bituminösen Stabilisierungen, Zementstabilisierungen, HMT usw.

## 8. Schlussbemerkungen

Generelle Rezepte für die Wahl des Bindemittels, des Mischgutes und der Schichtdicke können nicht angegeben werden. Jedes Objekt muss für sich betrachtet werden. Bei Neubauten sind hinsichtlich der Tragfähigkeit und Lebensdauer gleichwertige Varianten miteinander zu vergleichen, wobei die wirtschaftlichste auszuwählen ist. Beim Ausbau von Strassen ist abzuklären, ob die Strasse zu verstärken ist oder ob nur die Erneuerung der Verschleisschicht zur Diskussion steht.

Wenn die bituminöse Schicht einen Beitrag an die Tragfähigkeit leisten muss, kommen praktisch nur zwei Bauweisen in Frage:

- die Heissmischtragschicht (HMT)
- die bituminöse Stabilisierung

Es gibt zwei Sorten von HMT:

HMT A: vorwiegend rundes Zuschlagsmaterial

HMT B: mindestens 35 % des Zuschlagsmaterials sind gebrochen

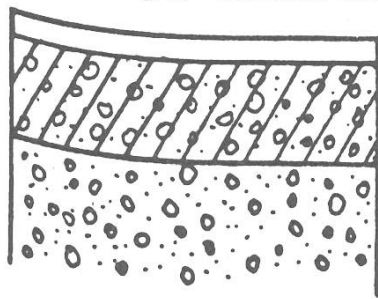
Der Tragfähigkeitskoeffizient der HMT B liegt höher (0,40) als bei der HMT A (0,30 bis 0,34). Der Tragfähigkeitskoeffizient von HMT ist ungefähr 3- bis 4mal grösser als bei einem sauberen, gut abgestuften, runden Kies-Sand (0,11). Heissmischtragschichten werden meistens auf steilen Wald- und Güterstrassen ( $> 8\%$  Steigung) eingebaut. In der HMT B entsteht durch das gebrochene Zuschlagsmaterial eine bessere Verteilung als in der HMT A; eine «Wellenbildung», wie sie bei der HMT A gelegentlich zu beobachten ist, entsteht nicht, so dass für Wald- und Güterstrassen der HMT B der Vorzug gegeben werden sollte.

Die bituminöse Stabilisierung (Stabilisierung mit Teer oder mit einer Bitumenemulsion) ermöglicht die Verwendung von wasser- und frostempfindlichem Kiessand (Qualitätsklassen II und III). Das stabilisierte Material hat etwa einen Tragfähigkeitskoeffizienten von 0,20, das heisst er ist etwa doppelt so hoch wie bei einem guten Kiessand.

HMT und bituminös stabilisiertes Material werden normalerweise auf einer Kiessand-Tragschicht aufgebracht. Nur in den seltensten Fällen wird der ganze Oberbau aus bituminös gebundenem Tragschichtenmaterial erstellt.

Die Dicke der bituminös gebundenen Tragschicht hängt ab von der Tragfähigkeit der Unterlage, dem zu erwartenden Verkehr und den Umgebungsfaktoren. Die Dimensionierung erfolgt nach AASHO (vgl. R. Hirt,

Darstellung 8. Aufbau einer Wald- oder Güterstrasse mit einer bituminösen Tragschicht.



Deckschicht (OB; dünne Cutbackbeläge usw.)

HMT oder bituminöse Stabilisierung

Kiessand

Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen Nr. 3, 1972, oder V. Kuonen, Kurs über Wald- und Güterstrassenbau 1976). Die minimale Schichtdicke beträgt für HMT etwa 7 cm, für bituminöse Stabilisierungen etwa 12 cm.

Bituminöse Tränkungen oder Oberflächenbehandlungen (OB) haben sich als Tragschichten auf Wald- und Güterstrassen nicht bewährt. Auf schmalen Strassen, auf denen Spur gefahren wird, versprödet das Bindemittel ausserhalb der Fahrspuren relativ rasch, so dass Schlaglöcher entstehen. Die Baukosten von Tränkungen und Oberflächenbehandlungen sind kleiner als die von HMT oder bituminösen Stabilisierungen; sie leisten aber einen kleineren Beitrag an die Tragfähigkeit, und — was vor allem entscheidend ist — sie verursachen in den meisten Fällen höhere Unterhaltskosten.

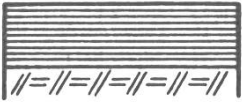
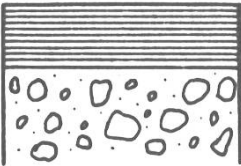
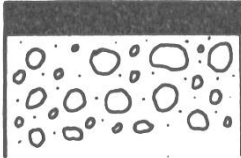
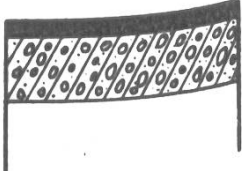
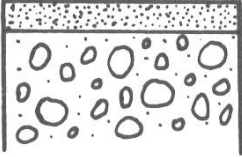
Bei der dreifachen OB, welche als «selbständige Bauweise» zur Diskussion steht, ist zudem festzuhalten, dass es eine sehr arbeitsintensive Bauweise ist, weil dreimal Schotter oder Splitt und dreimal Bindemittel aufgebracht werden muss. Grundsätzlich sollte beim Strassenaufbau das Geld eher in Material als in Arbeit investiert werden.

Für Wald- und Güterstrassen ist die Auswahl bei den bituminös gebundenen Deckschichten nicht gerade gross. Sie ist — neben der Wirtschaftlichkeit — weitgehend von der Art und Tragfähigkeit der Unterlage abhängig. Auf einer Kiessand-Tragschicht kommt praktisch nur ein Cutback-Belag (z. B. ein CB 16) als Deckschicht in Frage, ausnahmsweise ein Asphaltbetonbelag (AB 16, TA 16) oder eine dreifache OB.

Auf einer HMT oder auf einer bituminösen Stabilisierung können ausser den bereits erwähnten Deckschichten auch sehr dünne Verschleisschichten verwendet werden, wie ein- und zweifache OB, dünne Asphaltbetonbeläge (AB 6 und TA 6) sowie dünne Cutback-Beläge (CB 10). Auf Wald- und Güterstrassen nur selten angewandt werden Sandasphaltbeläge und Schlämme (vergleiche Darstellung 9).

Schliessen möchte ich mit der Feststellung, dass es zweckmässiger ist, eine Naturstrasse als solche weiter zu unterhalten, als sie ungenügend stark auszubauen (Finanzierungsschwierigkeiten usw.).

**Darstellung 9. Wahl der Deckschicht in Abhängigkeit der Unterlage.**

Deckschicht	Unterlage		
	Unterbau	Kiessand-Tragschicht	HMT; Stab. Schichten
Betonplatte			
Cutbackbelag (CB 16; CB 25) Asphaltbeton * (AB 16; AB 25) (TA 16; TA 25) 3fache OB *			
1fache OB 2fache OB CB 10 AB 6; TA 6 Sandasphalt * Schlämmen			
Ton-wasser- gebundene Verschleisschicht			

\* bedingt anwendbar

## Résumé

### Matériaux bitumineux pour la construction des routes forestières et rurales

Dans l'introduction, il est souligné que les routes forestières et rurales sont construites avec une couche d'usure à liant argileux ou calcaire, pour autant que les frais d'entretien ne soient pas trop élevés. L'augmentation de la vitesse et de la charge par essieu a eu pour conséquence que depuis environ 1960 on construit, par raison d'économie, des revêtements bitumineux ou en béton aussi sur les routes rurales et forestières.

Un aperçu présente les différents liants bitumineux, ainsi que leurs différentes propriétés, et décrit leur emploi spécifique dans la construction des routes secondaires. Pour raison économique, on ne peut construire que des couches de support et de revêtement minces, ce qui impose des mesures particulières pour leur mise en place. En particulier, il ne faut employer que des finisseuses de construction moderne avec réglage de la largeur de pose sans échelons, étant donné que la largeur de mise en place varie souvent selon les différents rayons de courbe.

Traduction: *J. Walder*

