

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

herausgegeben im Auftrage der

TECHNISCHEN ZENTRALSTELLE DER DEUTSCHEN FORSTWIRTSCHAFT

HAMBURG 36, NEUER WALL 72

von Oberforstmeister Müller-Thomas, Mainz, auf der Steig 12 / Druck und Verlag: Rud. Francken, Bonn, Poppelsdorfer Allee 46

Verlagsort Bonn

November 1954

Nr. 75

Bitumenemulsionen, ihre Wirkungsweise und Verarbeitung

Ein weiterer Beitrag zur Deckenbefestigung von Waldwegen

von Dr. Bierhalter, Hamburg.

Kalt verarbeitbare Bitumenemulsionen sind auch beim Waldwegebau von Bedeutung, sei es bei Oberflächenbehandlungen, Tränkdecken und Einstreudecken, sei es bei den umfangreichen Flickarbeiten, mit denen wir uns mangels Mittel auf weiten Wegestrecken wohl noch eine Reihe von Jahren behelfen müssen. Die verschiedenen Verfahren erfordern entsprechende Sachkenntnis, auch wenn wir sie durch Unternehmer durchführen lassen. Wir haben daher einen Spezialisten um eingehende Darstellung gebeten.

Die Schriftleitung.

Die wirksame Substanz in der Bitumenemulsion ist das Erdölbitumen, kurz auch Bitumen genannt. Es fällt bei der Destillation des Roherdöles als Rückstand an, nach Abtreibung der flüchtigen Bestandteile, wie die verschiedenen Sorten von Benzinen, Dieselöl und Schmieröl. Nicht alle Roherdöle sind für die Gewinnung von Bitumen geeignet. Es kommen nur solche in Betracht, die infolge ihrer chemischen Zusammensetzung die Gewähr dafür bieten, daß sie möglichst viel und qualitativ hochwertiges Bitumen enthalten.

Das Bitumen weist in seinem normalen Zustand eine zähe, plastische Beschaffenheit auf. Die weichsten Sorten des Bitumens, die als Straßenbaubindemittel in Betracht kommen, haben zwar noch ein träges, aber immerhin noch erkennbares Fließvermögen, während die härteren Sorten zwar fest, aber noch deutlich verformbar sind.

In diesem Zustand kann Bitumen verständlicherweise nicht verarbeitet werden. Es ist also weder spritzfähig, noch mischbar mit Mineralstoffen. Um den hierfür notwendigen Flüssigkeitsgrad zu erzielen, muß das Bitumen erhitzt werden, und zwar auf Temperaturen, die je nach der Art des Verwendungszweckes ca. 140 bis 180° betragen.

Die Notwendigkeit des Erhitzens hat schon frühzeitig zu Versuchen geführt, das Bitumen in eine kaltverarbeitbare Form zu bringen. Hierfür bestehen zwei Möglichkeiten: einmal durch Überführung des Bitumens in den Emulsionszustand, dann durch Auflösen des Bitumens in geeigneten Lösungsmitteln. Man gelangte auf diese Weise zu den Bitumenemulsionen und zur Bitumenlösung, die man als Kaltbitumen bezeichnet.

Was sind Bitumenemulsionen ?

Wenn man Bitumen auf eine Temperatur von 100 bis 120^o erhitzt und vermischt es in diesem geschmolzenen Zustand mit einer wässerigen Lösung, die eine geringe Menge an besonderen Hilfsstoffen, die man als Emulgatoren bezeichnet, enthält, so zerteilt sich das Bitumen in winzige Kügelchen, die so klein sind, dass ihr Durchmesser nur wenige 1/1000 mm beträgt. Diese Bitumenkügelchen sind in der wässerigen Lösung schwebend und gleichmässig verteilt, d.h. im Wasser emulgiert. Eine derartige feine Verteilung des Bitumens in einer wässerigen Lösung nennt man eine Bitumenemulsion. Diese hat vor dem Ausgangszustand des Bitumens den Vorteil, dass das Bitumen nunmehr mit Hilfe des Wassers eine so dünnflüssige Beschaffenheit angenommen hat, dass eine Erwärmung für die Verarbeitung nicht mehr erforderlich ist.

Die Bitumenemulsion weist eine dunkelbraune Farbe auf, etwa die Farbe eines Kaffee's mit wenig Milchzusatz. So lange die Emulsion gelagert wird, sei es in der Fabrik in den Tanks, oder auf der Baustelle in Fässern, bleibt der Emulsionszustand auf längere Zeit hinaus bestehen. Erst bei der Verarbeitung der Emulsion auf der Strasse vereinigen sich die Bitumenkügelchen. Der Emulsionszustand wird also aufgehoben und die ursprüngliche Beschaffenheit des Bitumens tritt wieder ein. Erst in diesem Stadium kommt die Klébkraft und die Bindefähigkeit des Bitumens wieder zur Auswirkung. Man nennt diesen Vorgang das Brechen oder das Abbinden der Emulsion.

Bei der Anwendung der Emulsion im Strassenbau ist es im allgemeinen erwünscht, dass dieser Brechvorgang möglichst rasch vor sich geht, um eine schnelle Verfestigung der hergestellten Befestigung zu erzielen. Dies gilt insbesondere für alle Fälle, in denen die Bitumenemulsion im Spritz- oder Tränkvorgang Verwendung findet. Andere Verarbeitungsformen der Bitumenemulsion bedingen jedoch ein langsames Brechen, und zwar dann, wenn die Emulsion als Bindemittel für die Herstellung von Mischgut verwendet werden soll. Eine schnellbrechende Bitumenemulsion ist hierfür nicht geeignet, da beim Mischen mit Mineralstoffen sich schon während des Mischvorganges das Bitumen ausscheidet, wodurch keine einwandfreie Umhüllung der Gesteinskörner mit Bindemittel zustande kommt.

Mischemulsionen erfordern daher eine entsprechende Verlangsamung des Brechvorganges. Man hat es in der Hand, durch entsprechende Auswahl der Emulgatoren den Brechvorgang zu beeinflussen, wie es durch den jeweiligen Zweck bedingt ist und unterscheidet demgemäss drei Hauptsorten von Bitumenemulsionen: U = unstabil, H = halb stabil und S = stabil (siehe Information Nr. 73 Seite 160).

Wie kommt das Brechen bzw. das Abbinden der Emulsion nach ihrer Verarbeitung zustande ?

Kommt eine Emulsion mit Gesteinsflächen irgendwie in Berührung, so wird der Emulsion zunächst durch die mehr oder minder grosse Porosität des Gesteins Wasser entzogen. Durch den teilweisen Entzug des Wassers reichert sich das Bitumen in der Emulsion an. Diese erreicht dann bald einen Zustand, in dem die wässerige Lösung die Bitumenkügelchen nicht mehr in feiner Verteilung zu halten vermag. Infolgedessen fangen die Bitumenteilchen an zusammenzurinnen. Durch fortschreitende Wasserverdunstung verschwindet nach und nach das gesamte Emulsionswasser aus der Befestigung und das vorher in der Emulsion fein verteilte Bitumen bildet dann eine schwarze, stark klebende und zusammenhängende Bitumenhaut. Hiermit ist das Brechen der Emulsion bzw. ihr Abbinden beendet.

Aus dem Gesagten ist leicht ersichtlich, dass für das Abbinden der Emulsion zwei Faktoren massgebend sind:

- 1.) Die Kontaktwirkung mit dem Gestein
- 2.) Die Wasserverdunstung.

Die Kontaktwirkung ist nicht bei allen Gesteinen gleichmässig. Es gibt

sogenannte inaktive Gesteine, die mit der Emulsion sehr träge reagieren. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um solche mit sehr glatten Flächen, an denen die Emulsion gewissermassen keinen genügenden Halt findet. Der Brechvorgang geht hierbei also fast ausschliesslich nur durch die Wasserverdunstung vor sich.

Aktive Gesteine sind dadurch gekennzeichnet, dass sie - meistens infolge ihrer rauhen Flächen - mit der Emulsion sehr schnell in Reaktion treten, wobei allerdings auch die chemische Zusammensetzung des Gesteins eine gewisse Rolle spielt.

Diese Zusammenwirkung zwischen Gestein bzw. Gesteinsflächen und Emulsion leitet den Brechvorgang jedoch nur ein. In wesentlich höherem Masse hängt das Brechen der Emulsion aber von der Wasserverdunstung ab. Diese ist bekanntlich abhängig von verschiedenen Faktoren, hauptsächlich von der vorhandenen Luftfeuchtigkeit, von der Aussentemperatur und von der Bewegung der Luft. Bei trockenem und warmem Wetter tritt also die Wasserverdunstung schneller ein und wird noch verstärkt durch etwaiges Auftreten von Wind.

Diese Betrachtungen besitzen besondere Bedeutung für die Verarbeitung der Bitumenemulsion in Walddlagen, bei denen naturgemäss die Wasserverdunstung verhältnismässig langsam vor sich geht und das Brechen der Emulsion nicht in so kurzer Zeit zustande kommt, wie in offenen Lagen.

Es empfiehlt sich daher, unter derartigen Bedingungen möglichst aktive Gesteine zu verwenden, um den Abbindeprozess schon frühzeitig einzuleiten. Eine weitere Massnahme zur Verkürzung des Abbindens besteht in der Erwärmung der Emulsion auf etwa 40 bis 50°, die besonders in der späten Jahreszeit vorteilhaft in Erscheinung tritt, in der kühle Temperatur und hohe Luftfeuchtigkeit das Brechen der Emulsion beträchtlich verzögern können. Da die meisten Spritzgeräte mit einer Anheizvorrichtung versehen sind, macht eine derartige Erwärmung kaum irgendwelche Schwierigkeiten.

Die vorstehenden Ausführungen waren notwendig, um den Begriff des Abbindens der Emulsion und die Abhängigkeit des Abbindens von den äusseren Einflüssen verständlich zu machen. Es bleibt nun im Zusammenhang mit den Eigenschaften der Emulsion der Einfluss des Bindemittelanteils also des Bitumengehaltes zu behandeln.

Es wurde bereits ausgeführt, dass das Wasser in der Emulsion nicht etwa einen Ballast bedeutet, gewissermassen im Sinne einer Verfälschung wie es beispielsweise im Milchhandel oder im Weinhandel manchmal üblich sein soll. Das Wasser ist vielmehr ein unentbehrlicher Hilfsstoff, um das Bitumen in eine kaltverarbeitbare Form zu bringen. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet soll in der Emulsion zwar so viel Bitumen wie möglich vorhanden, die Emulsion aber noch so dünnflüssig sein, dass ihre Verarbeitung im kalten Zustand möglich ist. Durch die letzte Forderung erfährt der Bitumengehalt eine gewisse Begrenzung. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen kann man annehmen, dass diese obere Grenze bei einem Bitumengehalt von etwa 60 % liegt.

Es sind allerdings auch Emulsionen auf dem Markt, mit einem Bindemittelanteil von 65 bis 70 %. Es handelt sich aber hierbei um Spezialemulsionen, die ausschliesslich zum Mischen mit Mineralstoffen bestimmt sind, also nicht verspritzt zu werden brauchen.

Bei diesen Spezial-Mischemulsionen braucht das damit hergestellte Mischgut nicht wie bei den normalen Mischemulsionen "H" und "S" sofort eingebaut zu werden, sondern ist längere Zeit lagerfähig. Diese Spezialemulsionen ermöglichen also eine fast beliebige zeitliche Trennung von Aufbereitung und Einbau. Man kann das Mischgut also auf Lager nehmen, oder an den Strassenrändern liegen lassen, bis es für Flickarbeiten und sonstige Zwecke benötigt wird.

Nun zu der Verarbeitung der Emulsion selbst.

Der spezielle Vorteil der Bitumenemulsion, ihre Kaltverarbeitbarkeit, wird noch durch einen weiteren wichtigen Vorzug ergänzt. Infolge des Wassergehaltes der Emulsion braucht nicht wie bei den Heissbindemitteln die zu behandelnde Strassendecke trocken zu sein. Das gleiche gilt für Gesteinsstoffe, die zum Mischen oder zum Abdecken mit Bitumenemulsion verwendet werden. Das bedeutet, dass man nach Regenfällen mit dem Beginn oder der Fortsetzung der Arbeiten nicht zu warten braucht bis die Strassendecke abgetrocknet ist. Das bedeutet weiter, dass die mineralischen Zuschlagstoffe für die Herstellung von Mischgut keine Vortrocknung und keine Erhitzung benötigen, wie dies bei den Heissbauweisen der Fall ist. Die Verwendung der Bitumenemulsion macht daher die Bauausführung unabhängig von komplizierten Trocknungs- und Erhitzungsanlagen.

Von gleich grosser Wichtigkeit für den Bauerfolg wie die Beschaffenheit der Emulsion selbst ist auch die Art der zu verwendenden mineralischen Zuschlagstoffe. Dies ist leicht einzusehen, da bituminöse Befestigungen zu über 90 % aus Gestein bestehen. Diese müssen für Strassenbauzwecke vor allem genügende Festigkeit aufweisen. Es kommen also praktisch nur mittelharte bis harte Gesteine in Betracht mit einer Mindest-Druckfestigkeit von 1500 kg/cm². Die erforderlichen Körnungen müssen aus bergfrischem Gestein gewonnen werden und sollen eine rauhe Oberfläche aufweisen, um das Anhaften des Bindemittels zu begünstigen. Verwitterungsrinden sind auszuschneiden. In Betracht kommen vor allem folgende Gesteinsarten:

Basalt, Porphyr, Diabas, Grauwacke, Melaphyr, Gabbro und Hartkalkstein.

Stark quarzhaltige Gesteine sind weniger geeignet, da sie zu den sogenannten passiven Gesteinssorten gehören.

Die wichtigsten Gesteinskörnungen für Arbeiten mit Bitumenemulsionen sind die Splitte im Grössenbereich von 2 bis 12 mm. Diese Splitte müssen vor allem kubisch gebrochen sein, sollen also plattige, schiefrige Anteile nicht oder nur in geringer Menge enthalten. Eine weitere wichtige Voraussetzung ist die Abwesenheit von Lehm, insbesondere von Lehmverkrustungen auf den einzelnen Körnern. Ein derartiger Lehmüberzug verhindert die Haftung des Bitumens am Splittkorn, da dieser gewissermassen als Isolierschicht zwischen Bitumen und Gestein wirkt. Bei Wassereinwirkung löst sich dann der Bitumenfilm unweigerlich ab. Auch verstaubter Splitt soll nach Möglichkeit nicht verwendet werden.

Feinkornhaltige Mineralstoffe, wie Brechsand oder Natursand können lediglich mit stabilen Emulsionen verarbeitet werden, da diese im Stande sind, durch ihren langsamen Zerfall auch staubfeine Bestandteile zu binden.

Wenn irgendwelche Zweifel über die Eignung von Gesteinssorten zur Verarbeitung mit Bitumenemulsionen bestehen, ist es zweckmässig, eine entsprechende Untersuchung durchzuführen, besonders wenn es sich um mineralische Zuschlagstoffe zur Herstellung von Decken handelt.

Die Ermittlung des Raugewichtes bzw. Schüttgewichtes von Splitten und anderen Gesteinsmaterialien vor ihrer Verarbeitung ist von grosser Wichtigkeit, da auf der Baustelle fast durchweg die Bemessung von Bindemittel und Mineralstoffen in Raumteilen vorgenommen wird. Das Raugewicht wird auf einfache Weise dadurch bestimmt, dass ein mit dem Mineral gefüllter Eimer von bekanntem Rauminhalt gewogen wird. Weiter müssen dann die verwandten Transportkarren oder andere Behälter sorgfältig ausgelitert werden. Bei der Bitumenemulsion selbst stimmt das Volumengewicht mit dem Gewicht selbst ziemlich

überein, da das spez. Gewicht der Bitumenemulsion ungefähr bei 1 liegt. Ein Eimer mit 10 l Inhalt fasst ca. 10 kg Bitumenemulsion.

Das Raumgewicht der natürlichen Gesteine liegt im allgemeinen bei einem Durchschnittswert von 1,5. Das bedeutet, dass also ein gefüllter 10 l - Eimer ca. 15 kg Splitt enthält. Wesentliche Unterschiede im Raumgewicht bzw. im Schüttgewicht gegenüber diesem Durchschnittswert treten nur vereinzelt auf, in der Hauptsache bei vulkanischen Gesteinen, wie Basaltlava und Tuffgestein. Für die Bemessung der Deckendicke sowie für die Gesteins- und Bindemittelmengen müssen starke Abweichungen gegenüber dem Durchschnittswert berücksichtigt werden.

Der Einsatz von Geräten für Befestigungen mit Bitumenemulsionen kann auf ein verhältnismässig geringes Mass beschränkt werden. Das Aufbringen der Emulsion bei Spritz- und Tränkarbeiten wird normalerweise aus Spritzaggregaten, die mit einer Heizvorrichtung versehen sind, vorgenommen. Die Heizvorrichtung dient nicht nur dazu, um - wie bereits erwähnt - bei ungünstigen Witterungsverhältnissen die Emulsion anzuwärmen, sondern auch um die unausbleiblichen Verklebungen der Pumpen und Armaturen zu beseitigen. Besonders vorteilhaft sind Kompressionsspritzgeräte, bei denen der erforderliche Druck durch komprimierte Luft erzeugt wird. Muss in Ermangelung von Spritzgeräten das Vergiessen der Emulsion von Hand vorgenommen werden, so verwendet man hierfür Giesskannen ohne Brause, jedoch mit angehängtem Verteilerblech. Das Absplitten wird durch Aufwerfen mittels Schaufeln vorgenommen, was bei Grossbaustellen auch direkt vom Lastwagen aus geschehen kann.

Für die Herstellung von Mischgut, z.B. bituminiertem Splitt, können alle für die Betonherstellung gebräuchlichen Mischer, also Freifallmischer und Zwangsmischer eingesetzt werden. Dem Zwangsmischer ist dann der Vorzug zu geben, wenn es sich um die Verarbeitung von feinkornhaltigen Mineralstoffen handelt, da hierbei der Mischvorgang intensiver und schneller bewerkstelligt wird. Es gibt hier verhältnismässig preiswerte Geräte mit einem Fassungsvermögen von ca. 100 bis 150 Ltr.

Die Bitumenemulsion gestattet es, die Herstellung von Mischgut auch von Hand vorzunehmen. Dies wird dadurch bewerkstelligt, dass die auf die Splittthaufen aufgegossene Emulsion von zwei Mann durchgeschaufelt und mehrmals umgesetzt wird, unter gleichzeitigem Durchrechen durch eine dritte Arbeitskraft. Es lassen sich auf diese Weise bei einiger Übung immerhin Stundenleistungen von 3 to Mischgut erzielen.

Ein unentbehrliches Requisit für alle Strassenbauarbeiten ist die Walze. Für Oberflächenbehandlungen sowie für den Bau von Tränkdecken kommen in der Hauptsache Walzen mit einem Dienstgewicht von mindestens 6 bis 10 to in Betracht. Für das Abwalzen von bituminösen Deckenbefestigungen bis zu einer Dicke von ungefähr 3 cm genügen Walzen mit einem Dienstgewicht von 3 bis 5 to. Die in den letzten Jahren auch in Deutschland auf den Markt gekommenen Vibrationswalzen haben sich ebenfalls für die Verdichtung von Schwarzdecken mit Bitumenemulsionen gut bewährt. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei einem verhältnismässig niedrigen Dienstgewicht der Leistung einer Walze mit dem mehrfachen Gewicht entsprechen.

Bauweisen mit Bitumen-Emulsionen.

Die jetzt anschliessenden Darlegungen über die Bauweisen mit Bitumenemulsionen beschränken sich auf die Verfahren, die für die Befestigung von Wegen und Strassen im Bereiche der Forstverwaltungen in Betracht kommen dürften. Hier ist ein Unterschied zu machen zwischen Strecken, die in der gleichen Weise beansprucht werden, wie etwa Gemeindewege oder Landstrassen, und Holzabfuhrwegen, die sich infolge der Belastung, der Art der Fahrzeuge und vor allem wegen des Spurfahrens von der normalen Beanspruchung einer Strasse unterscheiden.

1) Oberflächenbehandlung:

Von den Bauverfahren, die für Strassen mit normaler Verkehrsbeanspruchung in Betracht kommen, ist zunächst die Oberflächenbehandlung zu nennen. Diese hat zur Voraussetzung, dass bereits eine Decke vorhanden ist, z.B. eine wassergebundene Schotterdecke. Die Oberflächenbehandlung verfolgt also nur den Zweck, eine Schutzschicht zu bilden, die das Eindringen von Wasser in den Strassenkörper verhindert und das Schottergerüst vor frühzeitiger Zerstörung schützt.

Die Ausführung der Oberflächenbehandlung besteht darin, auf die zu behandelnde und gut gereinigte Decke Bitumenemulsion, und zwar die schnellbrechende Sorte, aufzuspritzen, mit Splitt abzudecken und dann abzuwalzen.

Das Abwalzen wird unmittelbar nach beendetem Abstreuen vorgenommen, da durch das Walzen der Brechvorgang der Emulsion beschleunigt und eine schnelle Bindung des Splittes bewirkt wird.

Bei Neuschotterungen empfiehlt es sich, sie zunächst einige Wochen unter dem Verkehr liegen zu lassen, bevor die Oberflächenbehandlung aufgebracht wird.

Bei guter sorgfältiger Arbeitsweise werden von dem Abdecksplitt ca. 90 % gebunden. Der restliche Rollsplitt soll später eine Woche nach beendeter Oberflächenbehandlung beseitigt werden, da er sonst zermahlen wird und erneute Staubbildung bewirkt.

Für verstärkte Verkehrsbeanspruchungen kommt die doppelte Oberflächenbehandlung in Betracht. Die zweite Behandlung wird hierbei erst dann vorgenommen, wenn die Emulsion der ersten Schicht bereits abgebunden hat.

Zu erwähnen ist noch, dass die Oberflächenbehandlung eine noch standfeste Decke voraussetzt. Sie ist also nicht im Stande, ein bereits gelockertes Schottergerüst wieder zu verfestigen! Weiter ist darauf hinzuweisen, dass etwa notwendige Flickarbeiten, z.B. an vorhandenen Schlaglöchern v o r der Oberflächenbehandlung vorgenommen werden müssen.

2) Ausführung von Flickarbeiten:

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen dem Flickern von ausgesprochenen Schlaglöchern und der Ausbesserung von flachen Schadensstellen. Bei Schlaglochausbesserungen wird so vorgegangen, dass zunächst das Schlagloch senkrecht ausgestochen wird, ohne jedoch hierbei das Gefüge des Belages zu lockern. Dann giesst man das gut ausgekehrte und von etwaigen Wasserpfützen befreite Schlagloch zur Hälfte mit instabiler Bitumenemulsion, z.B. COLAS "U", voll und verfüllt dann bis zu den Rändern mit Splitt. Die Splittkorngrösse ist hierbei der Tiefe des Schlagloches anzupassen. Man rammt nun mit einem Handstampfer so lange ab, bis die Emulsion an die Oberfläche dringt. Anschliessend wird nochmals mit Splitt abgestreut, bis eine leichte Überhöhung vorhanden ist.

Bei tiefen Schlaglöchern geht man so vor, dass das vorher gereinigte Schlagloch zunächst mit Bitumenemulsion angestrichen wird. Dann füllt man lagenweise Splitt ein, tränkt jede Lage mit Emulsion und rammt ab.

Die Splittkorngrösse soll von unten nach oben abnehmen.

Flache Schadensstellen werden in ähnlicher Weise ausgebessert, wie man eine Oberflächenbehandlung durchführt, d.h. die Emulsion wird auf die zu behandelnden Stellen aufgegossen oder aufgespritzt, mit Splitt abgedeckt und dann abgerammt oder abgewälzt. Dieser Vorgang, ein- oder zweimal wiederholt, soll einen bündigen Anschluss an das Strassenprofil ergeben.

Vor dem Aufbringen des Mischgutes ist es zweckmässig, die zu behandelnden Flächen mit Emulsion vorzustreichen, um eine gute Haftung der Flickstelle an der Unterlage zu erzielen, da diese nicht, wie bei Schlaglöchern, im Belag gewissermassen verankert ist.

Die beschriebenen Ausbesserungsverfahren sollen möglichst bei günstiger Witterung durchgeführt werden, um ein schnelles Abbinden zu erreichen und etwaige Verkehrssperren zu vermeiden.

In der vorgeschrittenen Jahreszeit werden Flickarbeiten vorteilhaft mit fertigem Mischgut unter Verwendung von Spezialemulsionen, wie COLAS "H-Spezial", durchgeführt. Infolge der Lagerfähigkeit dieses Mischgutes kann man sich einen genügenden Vorrat an derartigem Flickmaterial herstellen und am Strassenrand lagern. Das Flicker mit diesem Mischgut wird so vorgenommen, dass die Schlaglöcher wie beschrieben vorbehandelt und dann mit dem Mischgut satt verfüllt werden. Nach dem Abrammen wird mit Brechsand oder Feinsplitt leicht abgestreut. Eine Verkehrssperre ist nicht erforderlich, da das Mischgut bereits nach dem Abrammen eine genügende Standfestigkeit aufweist.

3) Herstellung und Verlegung von Decken mit Bitumenemulsion:

Wie bei allen Schwarzdecken ist ein Unterbau erforderlich, der je nach der Stärke des Verkehrs bemessen wird. Für Strassen und Wege mit leichtem bis mittlerem Verkehr kommen für die Decken selbst Dicken von 2 - 3 cm in Betracht. Das benötigte Mischgut wird entweder mit normaler halbstabiler Emulsion, oder bei ungünstigen Witterungsverhältnissen mit Spezialemulsion hergestellt. Als Mineralkomponenten sind gemischtkörnige Edelsplitt zu verwenden, wobei die obere Korngrösse etwa $\frac{2}{3}$ der Deckendicke betragen soll.

Bei Dicken unter 3 cm empfiehlt es sich, die alte Decke vor dem Aufbringen des Mischgutes mit ca. $\frac{3}{4}$ - 1 kg Bitumenemulsion vorzuspritzen. Normalerweise werden hierfür unstabile, schnellbrechende Emulsionen verwendet, doch ist bei günstiger Witterung auch die Verwendung von stabilen Bitumenemulsionen vorteilhaft. Letztere ersparen nämlich eine gründliche Vorreinigung der alten Decke, da stabile Emulsionen etwa noch vorhandenen Staub zu binden vermögen.

Die beschriebenen Mischdecken gehören zu den sogenannten Kompressionsdecken, erfahren also ihre endgültige Verdichtung erst unter dem Verkehr. Bei einer Verlegung im Herbst, wenn infolge der kühleren Tagestemperaturen die Verdichtung nicht mehr so vor sich geht, wie in den Sommermonaten, ist es erforderlich oder mindestens empfehlenswert, diese Decken mit einem Oberflächenabschluss oder einem Porenschluss zu versehen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.

Ein derartiger Porenschluss wird am einfachsten in Form einer Oberflächenbehandlung durchgeführt. Allerdings bestehen auch noch andere Möglichkeiten, z.B. Oberflächenvermörtelungen mit stabiler Bitumenemulsion sowie das Absiegeln mittels Schlämmen oder mit mager bituminiertem Sand. Von diesen Verfahren sind jedoch die Oberflächenvermörtelung und die Schlammbehandlung wetterempfindlich und werden deshalb nur unter günstigen Witterungsbedingungen vorgenommen.

4) Befestigung von Holzabfuhrwegen:

Die Mischdecken setzen eine möglichst gleichmässig über die Fahrbahn verteilte Beanspruchung voraus, um die erforderliche einheitliche Komprimierung

zu gewährleisten. Sie kommen daher für die Befestigung von Holzabfuhrwegen nicht in Frage, bei denen der Belag lediglich in einer Fahrspur beansprucht wird. Für diesen Zweck sind besser Schotterdecken geeignet, bei denen das Mineralgerüst an sich schon eine gewisse Standfestigkeit aufweist, die durch bituminöse Behandlungen noch erhöht wird.

Die Schotterdecke besteht aus einer Schotterschicht von 100 bis 120 kg/m² Schotter, deren Hohlräume mit Splitt geeigneter Körnungen verfüllt sind. Dieser Splitt verzwickelt und verkeilt das Schottergerüst und erhöht dadurch dessen Standfestigkeit.

Für die bituminöse Bindung kommen in der Hauptsache zwei Verfahren in Betracht. Bei der *Tränkdecke* (Tränkmakadam) wird das Mineralgerüst mit Bindemittel, in unserem Falle Bitumenemulsion, getränkt. In diesem Verfahren wird vor Aufbringen des Schotters eine 1 bis 1,5 cm dicke Kies-Sandschicht verlegt, die beim Walzen nach oben steigt und erhebliche Teile der Schotterhohlräume verfüllt. Dieser Sand hat den Vorteil, dass das Versickern der Emulsion nach unten verhindert wird.

Verwendet man für die Ausfüllung der Schotterhohlräume an Stelle von Rohsplitt bituminös umhüllten Splitt, so kommt man zu den sogenannten *Einstreudecken* (Streumakadam), die in dieser Hinsicht den Tränkdecken überlegen sind. Für die Bituminierung des Einstreusplittes kann man vorteilhaft Bitumenemulsion, und zwar die halbstarile Sorte oder Spezialemlusion verwenden. Man benötigt für Einstreudecken ca. 40 kg/m² bituminierten Splitt, der in der Regel genügt, nicht nur die Schotterhohlräume zu verfüllen, sondern auch ausreichend ist, um über den Schotterköpfen noch eine zusammenhängende Schicht zu bilden. Sowohl Tränkdecken als auch Einstreudecken benötigen einen Porenschluss, der wahlweise durch eine Oberflächenbehandlung, durch Oberflächenvermörtelung oder mittels einer Schlämme bewerkstelligt werden kann.

Eine beachtenswerte Abart der bituminös gebundenen Schotterdecke ist die sogenannte *Retread-Decke* mit Bitumenemulsion, die in Amerika erstmals hergestellt und vor allem in England weiterentwickelt wurde. Vor einigen Jahren wurde sie von der COLAS auch in Deutschland eingeführt und hat hier ihre Bewährung in einer Gesamtfläche von nahezu 200.000 qm unter Beweis gestellt.

Das Retread - Verfahren bedeutet gewissermassen die Regenerierung und nachträgliche bituminöse Bindung von wassergebundenen Schotterdecken, wobei die in der Decke bereits vorhandenen Mineralstoffe mit verwendet werden. Für die Herstellung von Retread - Decken eignen sich alle wassergebundenen Schotterdecken, die noch über einen nennenswerten Bestand an Schotter verfügen. Das Wesentliche des Verfahrens besteht darin, die zu behandelnde Decke aufzureissen und den Aufriss nach Zugabe von Schotter und Splitt in zweimaligem Arbeitsgang mit Bitumenemulsion zu vermischen.

Die Art der zu verwendenden Bitumenemulsion hängt von der Zusammensetzung der Deckenstoffe ab und wird in jedem Einzelfalle besonders eingestellt. Es handelt sich dabei ausschliesslich um Emulsionen mit mittlerer und langsamer Brechdauer, was eine gewisse Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen bedeutet. Die Ausführung der Retread-Bauweise soll daher nur unter Bedingungen vorgenommen werden, die

eine möglichst rasche Verdunstung des in der Emulsion enthaltenen Wassers gewährleisten. In ausgesprochenen Waldlagen kann deshalb das Retread - Verfahren nur empfohlen werden, wenn zwecks langsamer Erhärtung der Decke eine längere Verkehrssperre möglich ist.

Besondere Hinweise für Forstwege- und -strassenbauten:

Von grosser Wichtigkeit ist, für eine g u t e E n t w ä s s e r u n g des Strassenkörpers zu sorgen, einmal durch entsprechende Profilgestaltung, dann aber auch durch Entwässerungsgräben. Es muss also gewährleistet sein, dass Regenwasser möglichst schnell abgeleitet wird, um nachteilige Einwirkungen auf den Strassenkörper zu verhüten. Während der Deckenherstellung herabfallendes Laub sowie Holzstückchen müssen beseitigt werden, ebenso die Verunreinigungen, die der Pferdeverkehr mit sich bringt.

Verwendung von Kaltbitumen:

Zum Schluss ist noch auf ein neues Bindemittel einzugehen, das seit einigen Jahren auf den Markt gekommen ist, und zwar auf das sogenannte "Kaltbitumen". Eingangs wurde darauf hingewiesen, dass es zwei Verfahren gibt, bituminöse Bindemittel in den kaltflüssigen Zustand zu überführen. Die erste Form, die Emulsion, wurde bisher behandelt. Die zweite Möglichkeit, das Bitumen mit geeigneten Lösungsmitteln zu versetzen und auf diese Weise kalt verarbeitbar zu machen, hat im Kaltbitumen ihre Lösung gefunden. Kaltbitumen enthält ca. 80 % reines Bindemittel und etwa 20 % flüchtiges Lösungsmittel, das nach der Verarbeitung auf der Strasse entweicht.

Kaltbitumen hat gegenüber der Bitumenemulsion den Vorteil, dass es in verschlossenen Gebinden praktisch unbeschränkt lagerfähig, und dass es ferner, infolge der Abwesenheit von Wasser frostunempfindlich ist. Es wird fast ausschliesslich zum Mischen von Mineralstoffen, also zur Herstellung von Mischgut für die verschiedenen Zwecke verwendet, so zur Aufbereitung von Flickmaterial, zur Herstellung von Mischgut für Mischdecken und von Streusplitt für Einstreudecken.

Kaltbitumen lässt sich ebenso wie Bitumenemulsion auch mit feuchten Gesteinstoffen mischen, stellt also an den Trockenheitsgrad des Gesteins keine Anforderungen.

Gegenüber der Bitumenemulsion hat Kaltbitumen jedoch den Nachteil, dass es bei abnehmender Temperatur immer dickflüssiger wird. Die Verarbeitungsfähigkeit von Kaltbitumen hat also bei einer Temperatur ihr Ende erreicht, bei der es so dickflüssig wird, dass es nicht mehr manipulationsfähig ist. Es besteht zwar die Möglichkeit, durch leichtes Erwärmen den Flüssigkeitsgrad zu erhöhen, doch ist dieses Verfahren infolge einer etwaigen Entzündlichkeit der Lösungsmitteldämpfe nicht unbedenklich.

Mischgut mit Kaltbitumen ist nur begrenzt lagerfähig und wird normalerweise spätestens einige Tage nach seiner Aufbereitung verarbeitet. Es eignet sich daher nicht, wie die vorher erwähnten Spezialemulsionen, z.B. COLAS "H-Spezial", zur Vorratshaltung.

Die Forsttechnischen Informationen erscheinen in der Regel einmal monatlich, herausgegeben im Auftrage der Technischen Zentralstelle der Deutschen Forstwirtschaft, Hamburg 36, Neuer Wall 72. Verantwortlich für den Inhalt: Oberforstmeister Müller-Thomas, Mainz, Auf der Steig 12. Verlag und Druck: Rud. Francken, Bonn, Poppelsdorfer Allee 46; Ruf: 32893. Zahlungen werden erbeten auf das Konto: "Forsttechnische Informationen, Geschäftsstelle Mainz" Nr. 10857 bei der Süddeutschen Bank, Filiale Mainz, d e r e n Postscheckkonto: Frankfurt/Main, Nr. 2800.