

verbunden bleiben. Als dann der immer größer werdende Umfang der Vereinsgeschäfte die immerhin nebenamtliche Wahrnehmung der Arbeiten in Geschäftsstelle und Redaktion nicht mehr zuließ und unseren *Rassow* zur Niederlegung der leitenden Vereinsämter zwang, war es daher gar nicht anders denkbar, als daß er auch weiterhin seine reichen Erfahrungen und seine reiche Kenntnis der Dinge und Personen dem Verein auch in den inzwischen verflossenen weiteren 15 Jahren zur Verfügung stellen mußte.

Die erstaunliche Vielseitigkeit seines Wirkens war nur möglich infolge der ihm innenwohnenden Gaben, vor allen der Spannkraft und Beweglichkeit des Geistes und Körpers, die ihm auch an der Schwelle des achten Jahrzehnts trotz schwerer Sorgen, die ihm nicht erspart wurden, noch treu geblieben sind. Daß sie ihm auch fürderhin noch lange Jahre erhalten bleiben mögen, das ist der aufrichtige Wunsch des Vereins Deutscher Chemiker.

A. Binz und F. Scharf.

[A. 108.]

## Organische Bindemittel im Straßenbau.

Von Dr. A. SIROT, Bitterfeld.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Baustoff- und Silicatchemie auf der 48. Hauptversammlung des V.D.Ch. in Königsberg am 5. Juli 1935.  
(Eingeg. 4. Juni 1935.)

Unter dem Namen „Organische Bindemittel“ faßt man im Straßenbau diejenigen bituminösen Stoffe zusammen, die zur Verkittung der mineralischen Bestandteile der Straßendecke dienen.

Gemische von Mineralien und Bitumen findet man in der Natur bereits vorgebildet, die sog. Naturasphalte und Asphaltgesteine. Ihr Gehalt an Bindemitteln schwankt in weiten Grenzen. Extrahiert man diese Asphalte, so erhält man nach dem Verdunsten der organischen Lösungsmittel mehr oder weniger zähe, braun- bis schwarzglänzende Massen von großer Klebkraft, die in Schwefelkohlenstoff zum überwiegenden Teile löslich und unverseifbar sind. In ihrer chemischen Zusammensetzung und in ihrem physikalischen Verhalten ähneln sie stark den Rückständen der Erdöldestillation.

Teere werden dagegen durch destruktive Destillation der Kohle gewonnen und unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung wesentlich von den Bitumina.

Da teils aus mangelhafter Kenntnis der Materie, teils vielleicht auch bewußt der Unterschied zwischen Teer und Bitumen bzw. Asphalt in der Bezeichnung der aus ihnen hergestellten Produkte meist stark vermischt war, hat bereits im Jahre 1926 die Fachgruppe für Brennstoff- und Mineralölchemie ein Nomenklaturschema für Bitumina und verwandte Stoffe aufgestellt. Danach sind unter „Bitumen“ alle natürlich vorkommenden oder durch einfache, d. h. nicht zersetzende Destillation aus Naturstoffen hergestellten flüssigen oder festen, schmelzbaren oder löslichen Kohlenwasserstoffgemische zu verstehen.

Asphalte sind natürlich vorkommende oder künstlich hergestellte Gemische von Bitumen mit Mineral.

Teere und Peche, auch die löslichen Bestandteile dieser Stoffe, werden nicht zu den Bitumina gerechnet.

Der Weltbedarf an Bitumen wird zurzeit zum überwiegenden Teile in Form von Erdölbumen erzeugt, kleinere Mengen aus natürlichen Asphalten oder aus Asphaltgesteinen gewonnen.

Das größte bekannte Vorkommen von Naturasphalt ist das von Trinidad. Es ist ein Asphaltsee von etwa 40 ha Größe und außerordentlicher Tiefe. Der Asphalt, der im Ursprungszustand etwa 40% Asphaltbitumen, 30% Mineral und ebensoviel Wasser enthält, wird aufgeschmolzen, wobei das Wasser verdunstet und ein 56% Bitumen von etwa 84° Erweichungspunkt enthaltender Asphalt erhalten wird. Dieser Trinidad Epuré genannte, raffinierte Asphalt ist für eine direkte Verarbeitung im Straßenbau zu hart und wird durch Zusatz von hochsiedenden Mineralölen geflüssigt, d. h. geschmeidiger gemacht. Trinidadasphalt wird wegen seines hohen Gehaltes an tonigen Substanzen in der Mineralmasse und der damit verbundenen Gefahr des Quellens bei Berührung mit Wasser heute nur noch in geringem Maße und meist in Mischung mit anderen Asphaltarten verwendet.

Ein anderer Asphaltsee, der Bermudezsee, befindet sich in Venezuela. Der hier gewonnene Asphalt besteht zu 90—95% aus Bitumen und kann, da sein Erweichungspunkt bei etwa 65° liegt, ohne Raffination direkt zum Straßenbau Verwendung finden.

Weitere Vorkommen von sehr reinem Naturasphalt befinden sich in Mexiko, Californien, Cuba und am Toten Meer.

Die natürlichen Asphaltgesteine, von denen besonders die Lager in den Abruzzen, Sizilien, Val de Travers, Seyssel, Lobsann und in Deutschland Limmer und Vorwohle zu erwähnen sind, werden meist nicht auf reines Bitumen verarbeitet. Sie dienen hauptsächlich zur Herstellung von Stampfaspalt und, nachdem diese Bauweise wegen der unter dem Verkehr auftretenden Glätte fast gänzlich aufgegeben worden ist, nach Anreicherung mit Bitumen in der Form von Mastix zur Herstellung von Gußasphalt.

Der bei weitem größte Teil des im Straßenbau benötigten Bitumens stammt, wie bereits gesagt, aus der Erdöldestillation. Nicht alle Erdöle sind zur Herstellung von brauchbarem Bitumen geeignet. Je reicher an vorgebildetem Asphaltmaterial und je paraffinärmer die Rohöle sind, um so mehr nähern sich die daraus gewonnenen Bitumina in ihren Eigenschaften den Naturasphalten. Paraffinische und paraffinisch-asphaltische Erdöle sind zur Bitumengewinnung ungeeignet, weil sie entweder keinen oder einen stark paraffinhaltigen Asphaltrückstand ergeben, der in seiner Plastizität nicht befriedigt. Am besten haben sich bisher die aus nord- und mittelamerikanischen Rohölen gewonnenen Bitumina bewährt.

Die früher übliche diskontinuierliche Destillation des Rohöls in Blasen, die wegen der damit verbundenen Überhitzungsgefahr leicht zur Aufspaltung der hochmolekularen Kohlenwasserstoffe führt, ist heute fast gänzlich von der kontinuierlichen Destillation in Röhrenöfen und Destillationstürmen abgelöst worden. Da hierbei die Öle nur kurze Zeit auf höhere Temperatur erhitzt werden, erhält man Bitumina von niedrigerem Erstarrungspunkt und größerer Plastizitätsspanne. Der gewünschte Weichheitsgrad des Bitumenrückstandes wird durch entsprechende Einstellung der Endtemperatur bei der Destillation erreicht.

Für die im Straßenbau zur Verwendung kommenden Bitumensorten sind im Einvernehmen zwischen der Zentralstelle für Asphalt- und Teerforschung und dem deutschen Straßenbauverbande die DINormen 1995/96 festgesetzt worden. Diese DINormen enthalten 5 Klassen von Bitumen, die sich hauptsächlich durch ihren Erweichungspunkt und ihre Penetration voneinander unterscheiden. So fordert z. B. die DINorm für Bitumen der Klasse I einen Erweichungspunkt nach *Kraemer-Sarnow* zwischen 16 und 24°, für Bitumen der Klasse V einen solchen zwischen 41 und 45°. Außer diesen genormten Bitumina werden im Straßenbau auch härter eingestellte

bis zu etwa 60° Erweichungspunkt verwendet. Die Streckbarkeit des Bitumens muß in den Klassen I bis IV bei mehr als 100 cm, bei Klasse V bei mehr als 50 cm liegen. Daneben geben die DIN-Normen noch Vorschriften über den Paraffin- und Aschengehalt, die Löslichkeit in Schwefelkohlenstoff, den Gewichtsverlust bei 5 stündigem Erhitzen auf 163°, das spezifische Gewicht und den Tropfpunkt nach *Ubbelohde*. Für einen Teil der Prüfmethoden ist die Durchführung der Untersuchungen auch nach dem Erhitzen auf 163° vorgeschrieben und sind Grenzen für die Erhöhung der Bitumina durch den Verlust an Ölen gezogen.

Während also Bitumen in der Natur verwendungsfertig oder in Erdöl gelöst vorliegt, werden Teere künstlich durch destruktive Destillation der Kohle hergestellt. Für Straßenbauzwecke benutzt man bisher ausschließlich Steinkohlenteere, und zwar sowohl aus Gasanstalten wie aus Kokereien.

Die Vorschriften für die Beschaffenheit der Straßenteere sind mit dem Wachsen der Erfahrungen über ihre Bewährung fast von Jahr zu Jahr verschärft worden und jetzt zu einem gewissen Abschluß gelangt. Die DIN-Normen 1995/96, die auch die Lieferungsbedingungen für Straßenteere enthalten, sehen 5 Teersorten vor, Straßenteer I und II und die Anthracenölteere 60/40, 65/35 und 70/30.

Die Straßenteere I und II sind destillierte Teere, d. h. sie werden aus Rohteer durch Abdestillieren des Wassers und der leichter siedenden Öle bis zu der durch die DIN-Normen vorgeschriebenen Qualität gewonnen.

Die Anthracenölteere werden in der Weise erhalten, daß der Rohteer durch Destillation in die einzelnen Teerölfaktionen und Pech zerlegt und dieses durch Zusatz von Teerölen bestimmter Fraktionen wieder verflüssigt wird. Die Indexe 60/40 usw. bedeuten, daß der Teer den durch die erste Zahl ausgedrückten Gehalt an Pech von 67° Erweichungspunkt nach *Kraemer-Sarnow* besitzt, während die zweite Zahl den Gehalt an Anthracen- und Schweröl ausdrückt.

Bei dem verhältnismäßig großen Spielraum, den die DIN-Vorschriften für die einzelnen Prüfungen lassen, ist es verständlich, daß die destillierten Straßenteere in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrem physikalischen Verhalten je nach ihrer Herkunft starken Schwankungen unterliegen. Die Teerdestillationen sind daher mehr und mehr dazu übergegangen, die Straßenteere ebenso wie die Anthracenölteere aus Pech und Teerölen zusammenzusetzen.

Die Lieferungsbedingungen beschränken den Gehalt an Phenolen, Naphthalin und Rohanthracen. Sie setzen ferner obere und untere Grenzen für den Gehalt an Wasser, Leicht-, Mittel-, Schwer- und Anthracenöl, Pech und freiem Kohlenstoff. Sie geben, was für den Praktiker das Wichtigste ist, Vorschriften über die Viscosität der Teere. Wichtig vor allem deshalb, weil der Grad der Zähflüssigkeit für die Verwendbarkeit für eine bestimmte Bauweise ausschlaggebend ist.

Die Viscosität der Teere wird im wesentlichen bestimmt durch das Verhältnis von Pechrückstand zu öligem Anteil. Die Vorschriften über den Gehalt an den einzelnen Ölfraktionen sollen dem Straßenbauer die Gewähr für eine einwandfreie Zusammensetzung des von ihm zu verarbeitenden Teeres geben. Der zulässige Prozentsatz an den auch noch nach der Verlegung leicht verdunstenden und dadurch den Teer spröde machenden Leicht- und Mittelölen ist daher möglichst niedrig gehalten, während ein hoher Gehalt an Anthracenöl erwünscht ist.

Phenole können wegen ihrer Löslichkeit in Wasser als Pflanzen- und Fischgifte wirken und bei der Verwendung kalkhaltiger Mineralien mit diesen unter Bildung fester

Verbindungen reagieren. Der Höchstgehalt an Phenolen ist aus diesen Gründen auf 2 bzw. 3% beschränkt.

Äbenso unerwünscht ist ein zu hoher Prozentsatz an Naphthalin, da es weder Klebefähigkeit noch Schmierfähigkeit besitzt, schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht sublimiert und mit Wasser- und Öldämpfen flüchtig ist. Naphthalin ist ein Verflüssigungsmittel ersten Ranges. Die Gefahr der Verhärtung naphthalinreicher Teere durch das Erwärmen beim Einbau und die Lagerung auf der Straße ist also besonders groß. Der zulässige Höchstgehalt an Naphthalin ist deshalb auf 2-4% festgesetzt.

Rohantracen scheidet sich leicht als kristalliner Körper von sandartiger, trockener Beschaffenheit aus dem Teer aus, der, in zu großer Menge vorhanden, die Klebefähigkeit des Teeres herabsetzt und die Straßendecke spröde und brüchig macht. Auch die im Rohantracen oft vorhandenen chlorhaltigen Verbindungen wirken sich ungünstig auf das Verhalten des Teeres in der Straßendecke aus.

Von besonderer Wichtigkeit für die Klebefähigkeit ist ferner der Gehalt an freiem Kohlenstoff, wobei man unter dieser Bezeichnung alle in Kristallbenzol unlöslichen Bestandteile des Teeres versteht. Inwieweit sich der Gehalt an freiem Kohlenstoff günstig oder ungünstig auf die Klebefähigkeit und die Haftung des Teeres am Gestein auswirkt, ist bisher noch nicht genügend geklärt. Die Normen fordern einen Mindestgehalt von 5%, der notwendig ist, um dem Teer die erforderliche Konsistenz und Stabilität zu geben. Nach oben ist der Gehalt an freiem Kohlenstoff auf 18% begrenzt, da ein zu hoher Prozentsatz die Klebefähigkeit des Teeres herabsetzt.

Kokereiteere enthalten i. allg. nur geringe Mengen an freiem Kohlenstoff, dagegen bereitet bei Gasteeren die Einhaltung der DIN-Vorschriften oft erhebliche Schwierigkeiten.

Möglicherweise wird zur weiteren Klärung dieser Fragen die von dem holländischen Chemiker *Nellensteyn* aufgestellte Mikronentheorie beitragen. *Nellensteyn* faßt den Teer als ein kolloidales System auf, dessen disperse Phase, der freie Kohlenstoff, in dem öligen Medium schwimmt. Diese Theorie, die allerdings in Deutschland bisher abgelehnt wird, fordert einen Mindestgehalt von 10 Millionen Mikronen im Kubikmillimeter.

Zur Erhöhung der Viscosität wird dem Teer häufig Erdölbitumen oder Naturasphalt zugesetzt. Obwohl auch heute noch von manchen Kreisen der Wert dieses Zusatzes in Abrede gestellt wird, haben sich in den letzten Jahren die Bitumenteere erfolgreich durchzusetzen vermocht. Denn sie vereinigen in sich das gute Eindringungsvermögen des Teeres mit der hohen Klebefähigkeit des Bitumens. Die Herstellung der Mischung erfolgt zweckmäßig schon im Lieferwerk, da die gleichmäßige Mischung oft Schwierigkeiten bereitet. Infolge des verschiedenartigen kolloidalen Aufbaues beider Komponenten können nämlich Entmischungserscheinungen auftreten, die sich in Inhomogenität und Grieseligenwerden des Gemisches äußern. Es dürfen daher nur solche Teere und Bitumina miteinander genutzt werden, die erfahrungsgemäß diese Erscheinungen nicht zeigen.

Bitumenzusatz zum Teer wird besonders für zweite und wiederholte Oberflächenteerungen empfohlen. Die Zusatzmenge an Teer beträgt i. allg. 10-20%, doch werden für besondere Fälle auch Mischungen von 40% Teer mit 60% Bitumen und umgekehrt verwendet.

Die wichtigste Forderung, die an bituminöse Bindemittel neben ihrer Klebefähigkeit gestellt wird, ist ihre Haftfestigkeit am Gestein. Nun haben aber Teer und Bitumen zwei für den Straßenbau unangenehme Eigenschaften: 1. Sie müssen heiß verarbeitet werden, erfordern also auf der Baustelle einen erheblichen Maschinensatz, und 2. sie haften nur am trockenen Gestein.

Man hat daher schon frühzeitig versucht, Bindemittel herzustellen, die diese Eigenschaften nicht aufweisen. Dies gelang durch Anwendung von **Emulsionen**. Die ungeheure Anzahl von Patenten für bituminöse Emulsionen zeugt von dem Eifer, mit dem man sich um die Lösung dieses Problems bemüht hat.

Eine gute Straßenbauemulsion hat folgende Eigenschaften zu erfüllen:

Sie muß genügend stabil sein, um eine längere Lagerung, ohne zu zerfallen oder, wie der Straßenbauer sagt, zu brechen<sup>1)</sup>, aushalten zu können und muß bei der Berührung mit Gestein einerseits in Bindemittel, andererseits in Wasser plus Emulgator zerfallen. Auch die geringsten Reste von Emulgator, die bei dem Bindemittel zurückbleiben, können reemulgierend auf dieses wirken.

Es gibt heute für verschiedene Verwendungszwecke dreierlei Arten von Emulsionen: Bei den schnellbrechenden Emulsionen muß sofort, wenn sie mit der Straßenoberfläche in Berührung kommen, das Emulgationsgleichgewicht zerstört werden, das Bindemittel sich in reinem Zustande ausscheiden und der Emulgator mit dem Wasser abfließen. Als Emulgatoren benutzt man für diesen Typ von Emulsionen hauptsächlich Seifenlösungen, Harze, Fettsäuren u. dgl. Sie stellen den ältesten Typ der Straßenbauemulsionen dar und dienen besonders zur Herstellung von Oberflächentränkungen und Innentränkungen. Sie sind ungefähr bis zum Jahre 1930, als es sich noch darum handelte, den durch den Krieg hervorgerufenen Verfall unserer Straßen aufzuhalten, in großen Mengen verwendet worden. Zur Herstellung von Mineral-Bindemittel-Mischungen sind sie wegen ihres zu raschen Zerfalls nicht geeignet.

Etwa seit 1931 sind im Handel zwei ganz anders geartete Typen von bituminösen Emulsionen erschienen, die verzögert brechenden und die stabilen Emulsionen. Zur Verzögerung des Brechungsvorganges setzt man den auf normale Weise hergestellten Emulsionen Stabilisatoren bei. Als solche sind geeignet polyvalente Alkohole, Stärke, Casein, Hunin- und Naphtihensäuren, sulfonierte Öle u. dgl.

Bei den bisher genannten Typen beruht die Zerstörung des Gleichgewichtszustandes zwischen disperser Phase und Dispersionsmittel darauf, daß die elektrische Aufladung der Bitumenteilchen bei der Berührung mit dem Gestein ausgeglichen und die Konzentration der Emulgatorflüssigkeit durch Adsorption am Gestein verringert wird. Außerdem können noch chemische Umsetzungen zwischen Gestein und Emulsion stattfinden.

Im Gegensatz zu den schnell und verzögert brechenden zerfallen die stabilen Emulsionen nur durch die Verdunstung des Wassers. Als Emulsionsträger verwendet man kolloidale Oxyde, Hydrosilicate und kolloidale hochmolekulare organische Stoffe, z. B. Eiweiß, präparierte Braunkohle u. dgl. Es gelingt, mit Hilfe der stabilen Emulsionen sogar Füllstoffe wie Kalksteinmehl und Zement einwandfrei mit Bindemittel zu umhüllen, ja, es gibt sogar Emulsionen, die sich mit dem örtlich anstehenden Bodenmaterial mischen lassen.

In der überwiegenden Mehrzahl sind die Straßenbauemulsionen Bindemittel-in-Wasser-Emulsionen. Daneben gibt es aber noch Wasser-in-Teer Emulsionen, bei denen der Teer lediglich mit einem Zusatz von 5% Emulgator zum Versand gebracht wird. An der Verwendungsstelle werden diese Emulsionen bei erhöhter Temperatur erst mit dem erforderlichen Wasser verrührt.

Außer durch Emulgierung werden Bitumen und Teer auch durch Zusatz von Lösungsmitteln in kaltverarbeit-

bare Form gebracht. Man bezeichnet diese gefluxten Bindemittel als **Verschnittbitumen** oder **Weichasphalt** bzw. als **Kaltteer**.

Zum Verschneiden benutzt man hauptsächlich niedrig siedende Teeröle oder organische Lösungsmittel, besonders Chlorkohlenwasserstoffe. Der Gehalt an Fluxmittel beträgt i. allg. 10—20%. Das Fluxmittel soll, da es keine kittenden Eigenschaften besitzt, im Gegenteil sogar die Klebfähigkeit des zugrunde liegenden Bindemittels herabsetzt, möglichst schnell nach der Verlegung verdunsten oder aber durch Verharzung selbst bindende Eigenschaften erhalten. Der Weichasphalt hat sich seit seiner Einführung im Jahre 1929 nach Überwindung verschiedener Kinderkrankheiten wachsende Beliebtheit erworben. Gestattet seine Verwendung doch, ebenso wie mit Teer schon im Steinbruch fabrikmäßig Mischungen von Gesteinssplitt mit Bindemittel herzustellen, mit der Bahn zu versenden und an der Baustelle kalt einzubauen. Die auf diese Weise hergestellten Käststreudecken und Teppichbeläge haben sich für mittelschweren Verkehr bestens bewährt.

Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, die organischen Bindemittel, besonders den Teer, durch Zusätze oder chemische Einwirkungen in ihren bautechnischen Eigenschaften zu verbessern.

Erfahrungsgemäß erleidet jeder Teer auch nach dem Einbau noch Veränderungen in seinen physikalischen Eigenschaften, die man als Alterung bezeichnen kann. Der Kampf der Meinungen, ob und in welchem Maße diese Veränderungen auf Verdunstungs-, Polymerisations- oder Oxydationserscheinungen beruhen, ist heute noch nicht endgültig entschieden. Es dürfte aber feststehen, daß hauptsächlich die Verdunstung der niedriger siedenden Öle die Teereigenschaften beeinflußt.

Der bekannteste Vertreter der vorbehandelten Teere ist der **Wetterteer**, der durch Blasen des Teeres gewonnen wird. Wetterteer enthält nur geringe Mengen von Mittel- und Schwerölen, ist phenol- und naphtthalinfrei und besitzt eine besonders große Plastizitätsspanne.

Andere Verfahren wollen durch Zusatz von Harzen und schwefelhaltigen Verbindungen die Klebfähigkeit steigern und die Verharzungserscheinungen im Teer beschleunigen.

Ich will nunmehr im Anschluß an meine bisherigen Ausführungen versuchen, Ihnen in kurzen Worten einen Überblick über die verschiedenen **Bauverfahren** mit Teer und Bitumen und die für den einzelnen Fall in Frage kommenden Bindemittel zu geben.

Dazu muß von vornherein gesagt werden, daß alle neuzeitlichen Bauweisen nur Verschleißschichten darstellen und in sich keine oder nur geringe Tragfähigkeit besitzen. Der größte Teil der Mißerfolge, die früher beim Bau von Teer- und Asphaltstraßen beobachtet worden sind, ist darauf zurückzuführen, daß man geglaubt hat, wenig tragfähige Unterbauten durch Überziehen mit Teer- oder Asphaltdecken verstärken zu können. Alle bituminösen Decken, die liegt nun einmal in der Natur des Bindemittels, sind plastisch, geben bei Setzungen des Unterbaus nach und fallen der Zerstörung anheim. Als Unterbau für bituminöse Decken kommen besonders alte, festgefahrenen Schotterstraßen, Steinpflaster und Beton in Betracht. Die Stärke des Unterbaus ist von der Verkehrsbelastung abhängig.

Das einfachste Verfahren zum Schutze einer vorhandenen Straßenbefestigung gegen die Einwirkungen des Verkehrs ist die **Oberflächenbehandlung**. Wie ihr Name schon ausdrückt, besteht sie darin, daß man die Straßendecke an ihrer Oberfläche mit einem dünnen Überzug aus Teer oder Bitumen versieht, den man zum

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu *Keppler, Blankenstein u. Borchers*, „Die Brechbarkeit von Bitumenemulsionen und ihre Beeinflussung“, diese Ztschr. **47**, 223 [1934].

Schutz gegen das Ankleben an den Rädern der Fahrzeuge mit Hartgesteinssplitt abdeckt. Oberflächenbehandlungen können in Teer oder Bitumen ausgeführt werden. Man benützt bei erstmaligen Tränkungen weich eingestellte Teere wie Straßenteer I und Anthracenölteer 60/40 oder Bitumen der Klasse I, weil diese leichter in die Straßendecke eindringen. Bei wiederholten Tränkungen nimmt man härtere Bitumina, Klasse II und III, bzw. viscosere Teere, wie Straßenteer II oder Anthracenölteer 65/35.

Auch Kaltasphalte und Teeremulsionen sind früher in großem Maße für Oberflächenbehandlungen verbraucht worden. Heute werden wegen der durch die Mitbeförderung von etwa 50% Wasser bedingten Verteuerung des Verfahrens Emulsionen nur noch bei kleineren Bauvorhaben verwendet.

Mittelschwere und schwere Bauweisen können entweder im Misch- oder im Tränkverfahren hergestellt werden, Mischdecken wiederum nach dem Beton- oder nach dem Makadamprinzip.

Bei den nach der Makadambauweise hergestellten Belägen wird die Standfestigkeit der Decke, ohne daß auf die Erreichung eines Minimums an Hohlräumen zunächst Rücksicht genommen wird, durch die gegenseitige Verkeilung der einzelnen Gesteinskörner erreicht. Bei der Betonbauweise wird die Mischung von Mineral und Bindemittel von vornherein so zusammengesetzt, daß nach der Komprimierung nur ein Mindestmaß an Hohlräumen im Belag zurückbleibt. Die bekanntesten Vertreter der Betonbauweise sind Teerbeton, Asphaltbeton, Teerasphaltbeton und Sandasphalt. Teer- und Asphaltbeton sind unter Berücksichtigung des Hohlraumminimums zusammengesetzte Gemenge von Steinsplitt, Steingrus, Sand und Füllstoff, die heiß mit Teer, Bitumen oder Teer-Bitumen-Gemischen maschinell gemischt, heiß eingebaut und abgewalzt werden. Sandasphalt ist ein Gemenge von Quarz- oder Steinbrechsand bis 3 mm Korngröße, das in derselben Weise verarbeitet wird. Als Bindemittel benützt man Teere höherer Viscosität mit einem Tropfpunkt von 35—45° bzw. Bitumina von 40—50° Erweichungspunkt nach Kraemer-Sarnow und Teer-Bitumen-Gemische.

Guß- und Hartgußasphalt sind ähnlich zusammengesetzt wie die soeben genannten Bauverfahren. Da die Masse jedoch streichfähig sein muß, ist der Bitumengehalt wesentlich höher. Dieser Umstand bedingt einerseits eine härtere Einstellung des Bitumens, andererseits einen höheren Füllerzusatz, um die Mischung standfest zu erhalten.

Die Misch- und Tränkmakadamdecken sind aus der alten und bewährten Makadambauweise heraus entwickelt und unterscheiden sich von ihr im wesentlichen nur dadurch, daß an Stelle des durch seinen Lehmgehalt bindigen Kieses organische Bindemittel im Verein mit Gesteinssplitt verschiedener Körnungen eingebaut werden. Teermischmakadam ist eine Straßendecke, die in einer oder mehreren aus Gestein und Teer zusammengesetzten Schichten aufgebracht wird. Bei Asphaltmischmakadam — auch Steinschlagasphalt genannt — wird ein Gemenge von Steinschlag, Steinsplitt und Sand heiß mit Bitumen gemischt, eingebaut und eingewalzt.

Der alten Makadambauweise am nächsten kommen die sog. Einstreu- oder Fugendecken. In die festgewalzte Schotterlage wird mit Teer oder Verschnittbitumen präparierter Gesteinssplitt in 2 bis 3 Lagen eingestreut und eingewalzt, bis die Poren der Schotterlage möglichst restlos mit Splitt verfüllt sind. Einstreudecken bedürfen zum Schutz gegen das Eindringen von Oberflächenwasser einer Oberflächenbehandlung oder einer Abdeckung mit feinem Teer- oder Asphaltgrus. Ein ähnliches Verfahren ist die Walzsotter-Eingußdecke. In die festgewalzte Schotterlage wird Gußasphalt von hohem Bitumengehalt eingegossen und abgewalzt.

Bei den Tränkmakadamdecken oder Innentränkungen wird die Schotterdecke mit Teer oder Bitumen getränkt, mit Rohsplitt abgedeckt und gewalzt. Je nach Bedarf werden noch eine oder mehrere Tränkungen mit jeweils darauf folgender Absplittung aufgebracht. Für Innentränkungen verwendet man hauptsächlich Teere mittlerer und hoher Viscosität, wie Anthracenölteer 65/35, und Straßenteer II bzw. Bitumina mittleren Weichheitsgrades.

Die große Anzahl von Spezialbauweisen erlaubt mir nicht, auf weitere wertvolle Verfahren einzugehen. Welche Bauweise für den Einzelfall am besten geeignet ist, hängt von den örtlichen und klimatischen Verhältnissen, von der Art und Schwere des Verkehrs und nicht zum wenigsten von den zur Verfügung stehenden Mitteln ab. Es wäre jedenfalls völlig verfehlt, sich von vornherein nur auf die Ausführung bestimmter Bauweisen als der allein seligmachenden festzulegen. Jedes Verfahren verrichtet an seinem Platze gute Dienste.

Ausschlaggebend für ein gutes Gelingen des Werkes sind aber genaueste Kenntnis des Wesens der Baustoffe und beste Erfahrungen in der Baudurchführung. [A. 92].

## Die Entrindung und Entharzung von Holz.

Von Prof. CARL G. SCHWALBE, Bad Homburg.

(Eingeg. 23. November 1935.)

Restlose Verwertung des deutschen Holzes ist ein anzustrebendes Ideal. Die Verwertungsmöglichkeiten der sogenannten minderwertigen Holzsortimente sind aber für die Forstverwaltung durch die unverhältnismäßig hohen Werbe-, Stapelungs- und Transportkosten außerordentlich erschwert. Neben der Verkohlung ist die Faserstoffgewinnung, hinreichende Güte und niedrigen Preis vorausgesetzt, zur Bewältigung des Absatzes nahezu unbegrenzter Mengen besonders geeignet. — Für den Holzabfall der Sägewerke und der holzverarbeitenden Industrien gilt das gleiche.

Für die Verwertung als Faserstoff ist bei allen Hölzern die Rinde, bei den Nadelhölzern das Harz sehr hinderlich. Für die Verwendung in der Papierfabrikation muß das Holz rindenfrei sein, da selbst kleine Rindenteilchen im Papier dieses entwerten. Das Harz ist sowohl im fertigen Papier als auch bei der Fabrikation eine sehr lästige Verunreinigung. Der Verwertung des Holzes als Faserstoff muß deshalb die Entrindung und gegebenenfalls auch die Entharzung vor-

ausgehen. Nachstehend soll über die Ergebnisse berichtet werden, die bei jahrzehntelanger Bearbeitung dieser Probleme im Holzforschungsinstitut Eberswalde und dessen Vorläufer, der Versuchsstation für Holz- und Zellstoffchemie, erhalten wurden.

### Entrindung von Holz.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über Rinden unserer wichtigsten deutschen Waldbäume (Fichte, Kiefer, Buche) sind verhältnismäßig gering, insbesondere fehlen quantitative Analysen fast ganz. Qualitativ hat man neben Cellulose, Hemicellulosen vor allem die „akzessorischen“ Bestandteile erfaßt, nämlich Harz, Fett, Wachs und Gerbstoffe. Fichtenrinde enthält zwischen 7 und 12% gut löslichen Gerbstoff, der stets von verhältnismäßig hohen Zuckermengen (5% des Gerbstoffgewichts) begleitet ist. Die Kiefernrinde wird zwar auch als gerbstoffreich bezeichnet, jedoch kann Gerbstoff aus ihr nicht gewonnen