

Zeitschrift für angewandte Chemie

Seite 233—240

Aufsatzteil

25. April 1913

Der Asphaltsee auf der Insel Trinidad und Verwertung des Trinidadasphaltes.

Vortrag auf der Hauptversammlung des Bezirksvereins Sachsen-Thüringen am 16./2. 1913.

Von Dr. Ed. GRAEFE.

(Eingeg. 5.3. 1918.)

Unsere Alten wußten nur von den wohl bekannten 7 Weltwundern, da ihnen nur ein beschränkter Teil der Welt zugänglich war. Hätten sie unsere jetzigen geographischen Kenntnisse besessen, so würde sich für sie die Zahl der Weltwunder wohl beträchtlich erhöht haben. Sie hätten wohl den Niagarafall, den Feuersee des Kilauea, die Geiser des Yellowstoneparkes und andere mehr dazu gezählt, nicht zu vergessen den Asphaltsee auf Trinidad. Es handelt sich hier wirklich um eine sonderbare Laune der Natur, die einen See mit etwa 40 ha Oberfläche in bisher unergründeter Tiefe geschaffen hat, nur daß der See nicht mit Wasser, sondern mit einer zähen Asphaltmasse gefüllt ist. Da die Insel Trinidad verhältnismäßig abseits vom Weltverkehr gelegen ist, so ist bisher nicht viel Authentisches über den See bekannt geworden, und ich möchte mir erlauben, auf Grund eigener Anschauung Ihnen einiges davon zu berichten.

Zunächst seien einige Worte der Insel Trinidad selbst gewidmet. Die Insel Trinidad ist die südlichste und größte der sog. kleinen Antillen und hat, wie ihre ganze Lage und ihre geologische Formation erkennen läßt, wohl früher zum Festlande von Südamerika gehört, von dem sie jetzt durch den Golf von Paria getrennt ist. Sie ist nicht etwa, wie ein großer Teil der westindischen Inseln, ein steiler, vulkanischer Kegel, wie z. B. die Insel Saba, welche die Reihe der westindischen Inseln vom Norden aus eröffnet und ziemlich unvermittelt aus dem tiefen Ozean bis hinauf in die Wolken ragt. Die Insel Trinidad ist dagegen nur teilweise, und zwar vorwiegend im Norden und hier und da auch im Süden gebirgig; nur einzelne Gebirgszüge ziehen sich durch die Mitte. Ein großer Teil der Insel, besonders der in der Mitte gelegene, ist sumpfig und erhebt sich nur wenig über den Meeresspiegel. Die Insel selbst ist etwa 4550 qkm groß, also nur etwa ein Drittel so groß wie Sachsen. Sie ist im Besitz der Engländer, die sie Ende des 18. Jahrhunderts von den Spaniern eroberten. Die Bevölkerung, etwa 250 000 Köpfe, ist gemischt; sie besteht zum größten Teil aus Negern und Hindus, während die weiße Rasse nur selten vertreten ist. Die Hindus sind von der englischen Regierung angesiedelt worden, und es mögen zurzeit etwa 90 000 auf der Insel leben. Außerdem wird jährlich noch eine ganze Anzahl eingeführt. Die Hindus sind vor allen Dingen in den Zuckerrohrfeldern oder anderen landwirtschaftlichen Betrieben beschäftigt, während die Industrie die kräftigeren Neger bevorzugt. Die Hindus stellen nur geringe Ansprüche an Komfort. Ihre Bedürfnisse sind äußerst einfach, ihre Hütten bestehen meist nur aus einem leichten Holzgerüst mit einem Blätterdach. Die Neger sind groß und kräftig gebaut. Auch nehmen sie bei weitem nicht die gedrückte Stellung ein wie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika; sondern gelten in jeder Beziehung rechtlich als gleichwertig mit den Weißen. Eine eigentliche Negerfrage, wie in den Vereinigten Staaten, existiert hier nicht. Die Wohnungen dieser Neger sind schon weniger primitiv als die der Hindus; hier findet man schon ziemlich solide Holzbauten; manchmal werden sie aus Blech von Petroleumkannen, Wellblech u. dgl. erbaut. Die Vegetation der Insel ist äußerst reich und mannigfaltig und naturgemäß tropisch. Einige der hervorragenden Vertreter der Pflanzenwelt sind von den Indern mit aus Ostindien gebracht worden, wie z. B. die Mangos und der

schöne Samanbaum mit breiter, schattenspendender Krone. In großer Anzahl sieht man Cocospalmen, die reichen Ertrag liefern. Die Cocospalmen wachsen in der Regel in der Nähe des Strandes, sind also gegen das Meerwasser anscheinend unempfindlich. Wo das Gelände feucht und der Boden sumpfig ist, gedeihen viel Mangroven, deren typische, schon mehrere Meter über dem Wasserspiegel beginnende Wurzeln ein wahres Netzwerk darstellen. Als hauptsächlichste landwirtschaftliche Erzeugnisse sind zu nennen: Zuckerrohr, Kakao, Cocosnüsse und Tabak. Viel Mühe hat man sich gegeben, im großen Maßstabe die Ananaskultur einzuführen, und man hat bisher recht gute Resultate erzielt. Eines der Hauptnahrungsmittel der Bevölkerung ist die Banane, von der es verschiedene Sorten gibt. Die Bananen sind ein ebenso schmackhaftes wie billiges Nahrungsmittel, und eine große Traube mit etwa 200 Bananen kostet von der Pflanze weg gekauft nur etwa 40 Pf. Die Fauna ist weniger mannigfaltig als die Pflanzenwelt, wenigstens soweit sie auf dem Lande anzutreffen ist. Dagegen ist das Meer äußerst fischreich. Der Golf von Paria wird unter anderem auch von zahlreichen Haien bevölkert, die aber weniger gefährlich sind, als man im allgemeinen anzunehmen geneigt ist, und vor denen kaum jemand Furcht empfindet. Wenn sie trotzdem gejagt werden, so geschieht das mehr aus Freude am Sport, als um sie auszurotten.

Alles das bis jetzt erwähnte ist aber nicht besonders charakteristisch für Trinidad und gilt mehr oder weniger auch von den anderen westindischen Inseln. Was der Insel Trinidad aber ihre besondere Bedeutung verleiht, ist der Asphaltsee oder Pechsee, wie er an Ort und Stelle genannt wird, trotzdem das in ihm gefundene Material mit Pech nichts gemein hat.

Das Vorkommen des Asphalttes auf der Insel Trinidad ist schon lange bekannt, und bereits Columbus, der 1496 die Insel entdeckte, benutzte ihn, um seine Schiffe zu kalkfatern, auch Walther Raleigh, der Ausgang des 16. Jahrhunderts die Insel besuchte, bediente sich des Materials zum gleichen Zwecke. Der Asphaltsee befindet sich auf dem Gipfel eines Hügels von etwa 50 m Höhe, ganz in der Nähe der Küste, kaum 1 km davon entfernt. Er bedeckt eine Fläche von etwa 40 ha, ist ziemlich eben und auf seiner Oberfläche von kleinen Wasseradern durchschnitten, die teils aus der Regenzeit stammen, teils aus dem umliegenden Busch dem etwas niedriger gelegenen Asphaltsee zufließen. Seine Oberfläche ist so hart, daß sie ohne Gefahr beschritten werden kann, und schallt unter dem Fußtritt wie etwa eine Asphaltstraße. Trotzdem ist der See ständig in Bewegung, und Löcher, die beim Graben im See entstanden sind, füllen sich in kurzer Zeit wieder nach. In früheren Zeiten ist der See nach dem Meere zu übergeflossen und hat Ströme von Asphalt nach dem Strande zu ergossen (Fig. 1). Der Asphalt wird, ähnlich wie das Eis bei einem Gletscher, vom Meere losgebrochen und schließlich in kleinen abgeschliffenen Stücken wieder an den Strand geworfen.

Wie erwähnt, ist die Oberfläche des Sees von Wasseradern durchschnitten, die aber im allgemeinen sehr flach sind, etwa einen viertel bis einen halben Meter tief. Es ist an sich Tagewasser, hat aber aus dem Asphalt auch Salze aufgenommen und enthält nicht unbeträchtliche Mengen von Chornatrium. Immerhin ist es wesentlich weicher als Meerwasser und wird von den Negerfrauen mit Vorliebe zur Reinigung der Wäsche benutzt (Fig. 2). Auch kleine Fische leben darin, sie scheinen besonders abgehärtet gegen Einwirkung von Schwefelwasserstoff zu sein, der ja sonst als ein starkes Gift für Organismen gilt. Das Wasser wird an vielen Stellen von Gasblasen durchstrichen, und dieses Gas,

das in später zu schildernder Weise wohl mit der Asphaltbildung zusammenhängt, enthält ziemlich viel Schwefelwasserstoff. Über die Form des Asphaltsees unterhalb der Oberfläche kann man sich nur Vermutungen hingeben. Man nimmt nach den jetzigen Bohrungen an, daß er einen Kegel mit ziemlich steil nach innen abfallenden Wänden ausfüllt. Die Tiefe muß sehr bedeutend sein, denn man



Fig. 1. Asphaltstrom bei Brighton, Trinidad.

hat bei Bohrungen, die bis 60 m gediehen waren, noch keinen Grund gefunden, und die Bohrungen mußten schließlich aufgegeben werden, weil sich die Werkzeuge nicht mehr in dem zähen Material drehten. Jedenfalls muß der See aber unterirdische Ausläufer haben, oder er muß auf einen Teil seiner Oberfläche ziemlich stark mit Erde überdeckt sein, denn es erfolgen manchmal in ziemlicher Entfernung vom Asphaltsee vulkanartige Ausbrüche von Asphalt und Gas. Die Erde öffnet sich, und es quillt plötzlich Asphalt heraus. Dieses unvermutete Auftauchen von Asphaltkratern bildet sogar eine gewisse Gefahr für die Betriebsgebäude und sonstigen Baulichkeiten, da man nie vorher wissen kann, wo ein solcher Ausbruch erfolgen wird. Gebäude, die auf einem derartigen Flecke stehen, fangen an, sich zu senken und müssen manchmal abgetragen werden. Sogar einer der



Fig. 2. Oberfläche des Asphaltsees.

großen eisernen Tanks für das später zu beschreibende Trinidaderdöl hatte sich infolge eines solchen unterirdischen Asphaltausbruches so geneigt, daß die Leitungen abbrachen.

Trotzdem der Asphalt so hart ist, daß er sich nur mit Hacken abspalten läßt, und daß er unter dem Schritte schallt, stellt er doch in Wirklichkeit gewissermaßen eine äußerst zähe Flüssigkeit dar, die bei Verletzungen der Oberfläche wieder langsam zusammenfließt. Oft verhindert nur eine der erwähnten Wasseradern durch ihr Gewicht ein vollständiges Zusammenschließen.

Der See wird seit 40–50 Jahren systematisch ausgebeutet, und diese Ausbeutung ist natürlich an ihm nicht spurlos vorübergegangen. Der Spiegel des Sees hat sich um etwa 2 m gesenkt. Aus dieser geringen Abnahme von nur 2 m im Laufe von 50 Jahren kann man ermessen, wie lange das Material noch vorhalten kann, da der See in der Mitte ja mindestens 60 m tief ist. Die Gewinnung geschieht in folgender Weise:

Der Asphalt wird mit Hacken losgehackt und springt dabei in großen unregelmäßig geformten Stücken, die mit Gasblasen durchsetzt sind, ab. Ein Heuer hackt etwa für 5–6 Mann, die Arbeiter nehmen die Stücke auf den Kopf und tragen sie in Feldbahnwagen (Fig. 3). Diese laufen auf Schienen, die oberflächlich mit Schwellen auf den Asphalt verlegt sind. Sie werden, nachdem sie von den Gestellen abgenommen sind, an ein Drahtseil gehängt, das sie direkt nach dem am Ende eines langen Piers liegenden Schiffe transportiert. Da der Golf von Paria an dieser Stelle ziemlich seicht ist, so mußte das Pier möglichst weit in die See hineingeführt werden, was natürlich die Kosten des Baues wesentlich erhöhte. Dazu kommen noch die hohen Unterhaltungskosten, da das Holz von den im Wasser lebenden Bohrwürmern stark angegriffen wird und oft erneuert werden muß. Alle bisherigen Mittel gegen den Teredo haben leider versagt. Am Ende des Piers befindet sich eine Entlade-



Fig. 3. Gewinnung des Asphalts.

station. Die Wagen werden hier ausgekippt, und die Asphaltstücke fallen direkt ins Schiff. Es sind fast ständig Schiffe da, teils Dampfer, teils Segler, die beladen werden (Fig. 4). An einem Tage können über 1000 t gefördert und verladen werden, und die jetzige Ausbeute beträgt im Jahre etwa 200 000 t, ohne daß damit der Nachfrage genügt wird. Man rechnet für nächstes Jahr mit dem Ausbringen von 250–300 000 t.

Woraus besteht nun der Trinidasasphalt? Der Rohasphalt, wie er gebrochen wird, enthält etwa 40% reines Bitumen, etwa 30% Wasser und 30% mineralische Bestandteile. Nach eingehenden Untersuchungen von Richardson zeigt der Asphalt überall die gleiche Zusammensetzung, es kommt dabei nicht in Betracht, von welchem Teile des Sees oder aus welcher Tiefe man ihn nimmt. Im getrockneten Zustande schwankt das Material nur zwischen etwa 54 und 56% Bitumengehalt, gleichgültig, wo es entnommen wurde, und weist somit eine Gleichförmigkeit auf, wie sie kaum bei einem Kunstprodukt zu erzielen ist. Während der Rohasphalt sowohl wie auch der raffinierte infolge des Gehaltes an mineralischen Bestandteilen ein ziemlich stumpfes Äußere zeigen, stellt das extrahierte reine Bitumen eine glänzend schwarze Masse dar. Es enthält etwa 82% Kohlenstoff, 10,5% Wasserstoff, 6% Schwefel und 1% Stickstoff. Über den Ursprung des Asphaltes und über die Bildung des Asphaltsees konnte man sich früher nur Vermutungen hingeben, doch ist in den letzten Jahren mehr Licht auf diese Frage geworfen worden durch die Entdeckung des Trinidaderdöles. Das Trinidaderdöl stellt eine

schwarzbraune sehr zähflüssige Masse dar, äußerst reich an Schwefel, von dem es über 3% enthält. Leicht siedende Anteile sind nur in geringen Mengen darin enthalten, und die gesamte Benzin- und Petroleumfraktion, die bis 300° siedet, macht nicht mehr als 25% aus. Der Rückstand ist von sirupartiger Konsistenz und zeigt die Eigenschaft, namentlich im Gemisch mit Mineralbestandteilen nach und nach zu erhärten. Das Material wird schon im Großen gewonnen, es wird in der üblichen Art wie auf Erdöl danach gebohrt, manchmal sogar ganz in der Nähe des Meeres, und in der Mehrzahl der Fälle wird durch den hohen Gasdruck das Material herausgeschleudert. Es sind schon Quellen erbohrt worden, die pro Tag hätten 25 000 Faß produzieren können, man schloß sie aber wieder ab, da man solche große Mengen nicht ohne weiteres unterzubringen vermochte. Dafür sind Aufbewahrungsgefäße inzwischen aber geschaffen worden, und zwar in Gestalt großer Tanks, die je etwa 55 000 Faß aufzunehmen vermögen, und von denen zurzeit schon mehrere Dutzend vorhanden sind. Ein Teil des Materials wird gleich an Ort und Stelle raffiniert; die dazu gehörige Destillationsanlage ist imstande, etwa 5000 Barrels des Materials pro Tag durchzusetzen (Fig. 5). Die Raffination besteht in dem Abtreiben der leicht siedenden Fraktionen. Die Destillierblasen arbeiten kontinuierlich, d. h., es wird ständig zu gleicher Zeit rohes

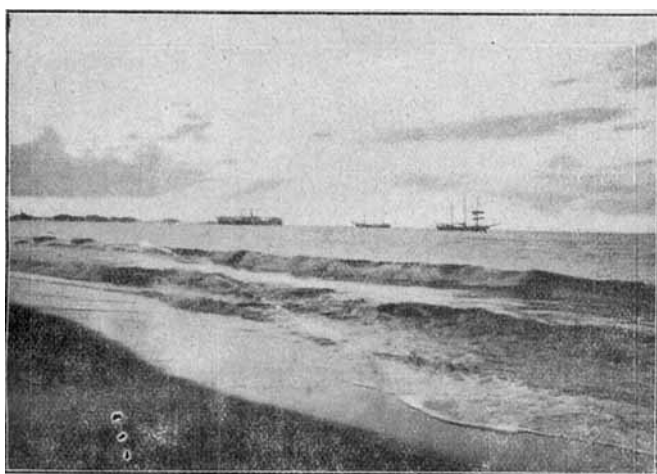


Fig. 4. Reede bei Brighton.

Öl zugepumpt und raffiniertes abgezogen. Diese abströmenden heißen Rückstände gehen durch eine Art Wärmeaustauscher, wo das heiße Produkt die mit kaltem Rohöl gefüllten Zuflußrohre umspült.

Wie schon erwähnt, hat man anscheinend in dem flüssigen Trinidaderdöl die Muttersubstanz des festen Trinidadasphaltes gefunden. Über den Vorgang der Asphaltbildung im einzelnen ist natürlich nichts bekannt. Möglicherweise ist der Vorgang so gewesen, daß in eine vorhandene Vertiefung das Öl, von dem ja der ganze Boden förmlich durchtränkt ist, einfloß. Dazu strömte in der Regenzeit Wasser, das Schlamm hereinspülte und nachher teilweise verdunstete. Die feinen Mineralbestandteile tragen wesentlich mit zur Erhärtung bei, die ja in Gegenwart von erdigen Anteilen bedeutend schneller vor sich geht. Die Erhärtung des flüssigen Asphaltes findet unter teilweiser Abspaltung von Gas und besonders von Schwefelwasserstoff statt. Dadurch würden sich auch einmal die Gasblasen in dem Asphalt und zum anderen der Gehalt des Gases an Schwefelwasserstoff erklären. Jedoch ist dieser Erklärungsversuch nur eine Theorie, wenn er sich auch auf manche Momente, vor allem auch auf den Zusammenhang zwischen dem Schwefelgehalte des festen und des flüssigen Asphaltes stützt. Der Schwefelgehalt scheint überhaupt wesentlich mitwirkend für die Asphaltbildung zu sein, was auch Untersuchungen von Richardson, dessen Arbeiten speziell dem Trinidadasphalt gewidmet sind, bestätigen. Für die Verwaltung der Insel Trinidad ist der Asphaltsee eine willkommene Einnahmequelle. Das Gewinnungsrecht

des Seearphaltes ist von der englischen Regierung bis zum Jahre 1930 verpachtet worden, und zwar an die New Trinidad Lake Asphalt Company. Es wird von der Gesellschaft eine jährliche Pachtsumme von 14 000 Pfd. Sterl. bezahlt und außerdem für jede Tonne Rohasphalt ein Ausfuhrzoll von 5 sh, für jede Tonne raffinierten Asphaltes,

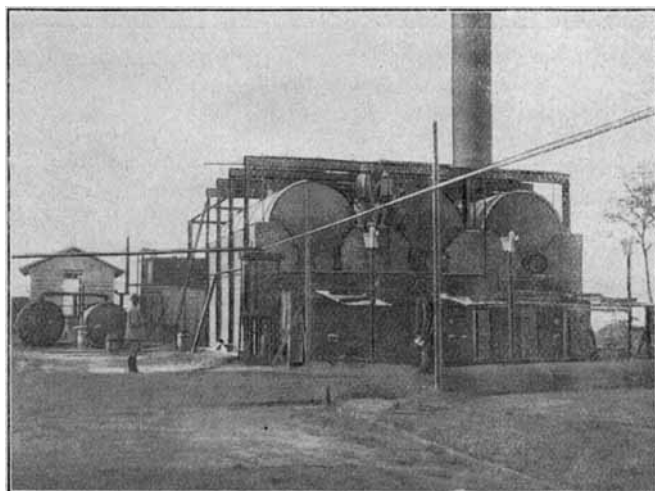


Fig. 5. Raffinerie für flüssigen Asphalt.

der Abnahme des Wassergehaltes entsprechend, ein solcher von 7,5 sh, so daß jährlich die Insel Trinidad allein Abgaben von über 1 Mill. Mark für die Ausbeutung des Sees erhält. Die Hauptmenge des Asphaltes wird im rohen Zustande ausgeführt, ein geringer Teil im raffinierten Zustande. Die Raffination besteht darin, daß man den Asphalt erhitzt, am besten durch indirekten Dampf, bis er aufgeschmolzen ist und durch längeres Erhitzen das Wasser verjagt. Das raffinierte Material, das etwa 55–60% Bitumen und 40 bis 45% mineralische Bestandteile enthält, wird im geschmolzenen Zustande in Spanfässer eingefüllt und gelangt so zum Versand. Die im rohen Zustande versandten Mengen werden in den Bestimmungsländern in derselben Weise raffiniert. Das Meiste geht nach den Vereinigten Staaten von Amerika, in dem auch das Hauptverwendungsgebiet für



Fig. 6. Herstellung einer Asphaltstraße im Urwald.

Trinidadasphalt, der Walzasphaltstraßenbau, zu einer Vollendung entwickelt ist, von der in Europa bis jetzt nur wenig bekannt geworden ist. Die Verwendung des Trinidadasphaltes zum Straßenbau an sich ist schon alt, und eine der primitivsten Formen zeigen die in Trinidad mitten im Urwald angelegten Asphaltstraßen (Fig. 6), die aus reinem Asphalt gebaut sind, ein Luxus, den sich bei uns keine Weltstadt erlauben könnte. Der Rohasphalt wird auf den frisch im Urwald gerodeten Wegunterbau aufgeschüttet, mit großen Messern zerschlagen und unter der Einwirkung der Hitze

und des Verkehrs schweißt sich die ganze Masse zu einer einzigen Asphalttafel zusammen. Diese Verwendungsart ist möglich, weil natürlich an Ort und Stelle das Material nur die Gewinnungskosten erfordert. In Ländern, wohin man das Material erst exportieren muß, geht man sparsamer damit um. Es sind im wesentlichen drei Formen, in denen der Trinidadasphalt zum Straßenbau, seinem Hauptabsatz-

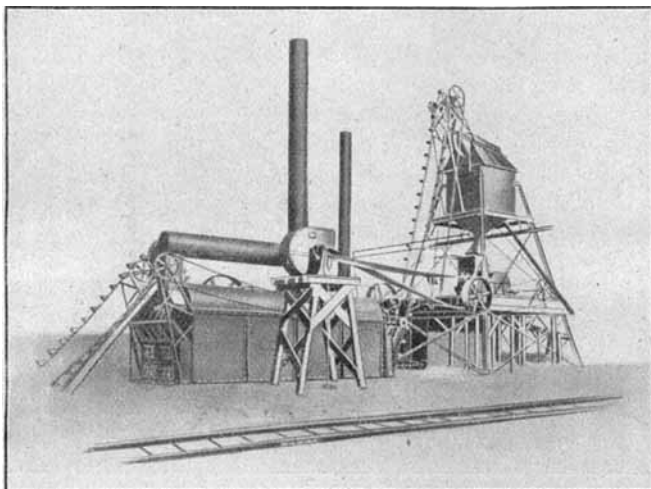


Fig. 7. Anlage zur Herstellung von Walzasphalt.

gebiet, verarbeitet wird, als: Gußasphalt, Stampfasphalt und Walzasphalt.

Die Gußasphaltarbeiten werden derart ausgeführt, daß man Mineralbestandteile mit so viel Trinidadasphalt zusammenschmilzt, bis das Ganze einen dickflüssigen, zähen Brei gibt, der auf die Straßen gebracht und aufgestrichen wird und dann rasch erstarrt. Dazu ist es nötig, den Trinidadasphalt vorher zu erweichen, da er an sich einen zu hohen Schmelzpunkt zeigt und zu hart ist. Das Erweichen geschieht durch Zusatz von Paraffinöl, noch geeigneter sind dafür hochsiedende Mineralölrückstände, und am besten der flüssige Trinidadasphalt, der als Rückstand bei der Raffination des Trinidaderdöles hinterbleibt, und der natürlich als Muttersubstanz des Trinidadasphaltes sich am

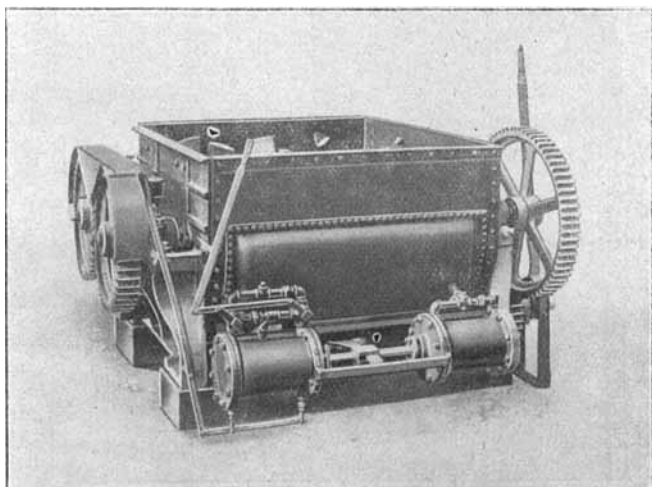


Fig. 8. Mischer für Walzasphalt.

besten mit dem Asphalt mischt, so daß sich ein äußerst homogenes Gemenge ergibt. Als Mineralbestandteile, die durch den Trinidadgoudron, wie der erweichte Trinidadasphalt heißt, zusammengekittet werden, kommen in Betracht: Kalksteinstaub, Sand und Kies. Der Gußasphalt hat den Vorzug, daß er sich leicht herstellen läßt, auch in ziemlich dünnen Schichten, und er wird deshalb mit Vorliebe dort angewendet, wo keine hohen Anforderungen an ihn durch schwere Belastungen gestellt werden, wie z. B.

bei Bahnsteigen, Hausfluren, Fabriksälen u. dgl. mehr. Auch bei der Reparatur von kleinen Schäden in Stampfasphalt- und Walzasphaltdecken wird er gern verwendet. Er enthält etwa 14–18% Bitumen, je nach der Feinheit der Gesteinszusätze.

In der Stampfasphaltindustrie spielt der Trinidadasphalt mehr die Rolle eines Hilfs- und Ergänzungsmaterials. Eigentlich besteht ja der Stampfasphalt aus einem mit Bitumen getränkte Kalkstein, der in der Wärme pulverförmig wird. Durch Erhitzen bringt man das Material, das sich in großen Mengen in Italien, Frankreich und der Schweiz findet, in diesen pulverförmigen Zustand, bringt es dann als Pulver heiß auf die Straße, komprimiert es durch Stampfen und läßt es dann erkalten. Diese Form der Asphaltierung ist in Deutschland die verbreitetste für Straßen. Auch in Deutschland finden sich solche Vorkommen von bituminösem Kalkstein, namentlich in der Provinz Hannover. Diese Vorkommen sind aber zu bitumenarm, um ohne weiteres zu Stampfasphalt verarbeitet zu werden, und müssen erst künstlich angereichert werden, was durch Zusatz von Trinidadasphalt geschieht. In den preussischen Asphaltsteinbrüchen werden zurzeit etwa 80 000 t Asphaltgestein gebrochen, das gewonnene Gestein enthält aber nur etwa 5–6% Bitumen. Da für Stampfasphalt erfahrungsgemäß ein Gehalt von 10–11% notwendig ist, muß man den Rest in Form von anderem Bitumen zufügen, wozu man meistens Trinidadasphalt verwendet.



Fig. 9. Anfahren des Asphaltmakadams.

Diese beiden Verwendungsformen benötigen jedoch nur einen geringen Teil der Gesamtausbeute des Trinidadsees. Fast die gesamte Menge wird zur Herstellung von Walzasphaltarbeiten gebraucht. Der Walzasphalt hat seinen Namen daher, daß das mit Bitumen gemischte Steinmaterial nicht, wie beim Gußasphalt, in flüssiger Form gegossen, noch in pulverisierter Form gestampft wird, sondern durch Walzen mit Dampfwalzen komprimiert wird. Er ist zurzeit in Europa nur wenig bekannt, in Amerika dagegen die nahezu einzig ausgeführte Form, und welche Bedeutung er dort erlangt hat, geht daraus hervor, daß die allein in Amerika ausgeführten Arbeiten im Ausmaß das Mehrfache von allen in Europa hergestellten Guß- und Stampfasphaltarbeiten zusammen ausmachen.

Der Walzasphalt ist Anfang der 70er Jahre von einem Belgier De Smedt in Amerika erfunden worden, der beabsichtigte, einen Ersatz für den Stampfasphalt herzustellen. Das Gestein für Stampfasphalt mußte damals von Sizilien nach Amerika transportiert werden. Das Wertvolle in dem verschifften Material waren nun nur die 10–11% Bitumen, und man mußte somit die übrigen 90% mineralischen Ballast, den man doch in Amerika ebensogut haben konnte, mit transportieren. Dieser Nachteil veranlaßte De Smedt, Versuche anzustellen, ein künstliches Gemisch von hochkonzentriertem Asphalt mit Mineralbestandteilen herzustellen, es in heißem Zustande auf die Straße zu bringen und festzuwalzen. Nach mehreren Versuchen, von denen manche natürlich auch Mißerfolg hatten,

gelang ihm schließlich die Lösung des Problems. Im Jahre 1876 wurde die erste größere Straße mit Walzasphalt gelegt, die auch heute noch in Betrieb ist. Es ist die Vermont Avenue in Washington. Sie zeigte zum ersten Male die volle Güte der Konstruktion, denn die Unterhaltungskosten haben im Laufe von 31 Jahren pro Jahr und Quadratmeter durchschnittlich nur 1,6 Pf betragen.

Man unterscheidet verschiedene Formen des Walzasphaltes. Eine der ersten war das sog. Sheet Pavement, das aus einer Mischung von Sand, Steinstaub und Asphalt besteht, und das entweder direkt auf die Unterkonstruktion der Straße oder auf eine Mischung von Steinen, Sand und Asphalt, den sog. Asphaltmakadam, verlegt wird. Das Sheet Asphalt Pavement ist den höchsten Anforderungen gewachsen und stellt die vollkommenste, aber auch teuerste Form der Walzasphaltausführungen dar. Im Laufe der Zeit trat für geringere Ansprüche an seine Stelle die Verlegung des Asphaltmakadams, der aus Steinschlag, Sand und Asphalt besteht.

In welcher Weise wird nun eine Walzasphaltstraße hergestellt? Da man Asphalt nur im geschmolzenen Zustande innig mit den Mineralbestandteilen mischen kann, so ist es nötig, dieselben vorher zu trocknen und zu erhitzen. Das Trocknen ist schon aus dem Grunde erforderlich, um ein inniges Anhaften des Bitumens an das Gestein des Materials zu ermöglichen. Die Einrichtung einer Trockenanlage ist die folgende: Durch ein Becherwerk wird das nasse Ge-



Fig. 10. Ausbreiten des Asphaltmakadams.

steinsmaterial in eine mit Kohlen oder Öl geheizte Trockentrommel befördert (Fig. 7). Ein Ventilator saugt die Wasserdämpfe ab, das getrocknete Material wird nach dem Verlassen der Trockentrommel durch ein zweites Becherwerk in ein Vorratssilo geführt, fällt direkt in einen Mischer, wo es mit dem Asphaltmaterial gemischt wird. und durch Kippen des Mixers wird das Gemisch dann in Transportwagen entleert, die es direkt auf den Bauplatz schaffen. Für die Mixer eignen sich am besten kippbare Flügelmischer (Fig. 8). Das Asphaltbitumen wird durch Zusatz von geeigneten Mineralölrückständen auf einen bestimmten Grad der Weichheit gebracht, den man mit besonderen Apparaten, sog. Penetrometern ermittelt, die darauf beruhen, daß man feststellt, wie weit eine belastete Nadel in bestimmter Zeit in das Material eindringt. Nachdem das heiße Material den Mixer verlassen hat und mit Transportwagen an den Bauplatz gefahren wurde, wird es dort entleert, von Arbeitern mit Schaufeln und Rechen ausgebreitet, eingeebnet und schließlich gewalzt (Fig. 9, 10, 11, 12). Arbeitet man auf Asphaltmakadam, so wird die glatt gewalzte Oberfläche noch mit einem Überstrich von geschmolzenem Bitumen versehen, das einen wasserdichten Abschluß herbeiführt und kleine Risse und Unebenheiten ausfüllt. Arbeitet man dagegen auf Sheet Asphalt Pavement, so kommt auf die Oberfläche noch eine Schicht eines heißen Gemisches von Sand mit etwa 10–11% Bitumen, die gleichfalls ausgebreitet und nochmals gewalzt wird (Fig. 13 u. 14). Man hat also die gröbere Asphaltmakadamschicht und die obere glatte Sheetasphaltschicht, die auch

wegen der zu ihrer Herstellung verwendeten Materialien den eigentlich weniger passenden Namen Sandasphalt erhalten hat. Während man Stampfasphalt in der Regel nur auf Betonunterkonstruktion verlegen kann, ist es möglich, den Walzasphalt auf irgend einen harten Untergrund, der entsprechend eingeebnet ist, aufzubringen. Auf gewöhnlichen Makadam z. B. kommt eine Schicht von Asphaltmakadam



Fig. 11. Abgleichen der Makadamschicht.

und darauf die aus Sand und Bitumen bestehende feine Abnutzungsschicht, die den eigentlichen Verkehr auszuhalten hat. Läßt man diese Schicht weg, was namentlich bei schwächerem Verkehr aus Ersparnisrücksichten angebracht ist, und begnügt sich bloß mit Asphaltmakadam, der nur etwa die Hälfte des Bitumens erfordert wie das Sandpavement, so gibt man, wie schon erwähnt, auf die Oberfläche einen dünnen Überzug von geschmolzenem Bitumen der mit Steinsplitt oder Kies abgedeckt wird, um ein Anhaften der Passanten und Geschirre zu verhindern.

Eine noch einfachere Art der Konstruktion für bituminöse Straßen besteht darin, daß man auf die mit Steinschlag bedeckte Straßenoberfläche geschmolzenes Bitumen aufgießt, das in die Zwischenräume der Steine eindringt und diese zu einer festen Masse verkittet. Man gibt dann noch eine Schicht von feinem Steinschlag darauf und walzt

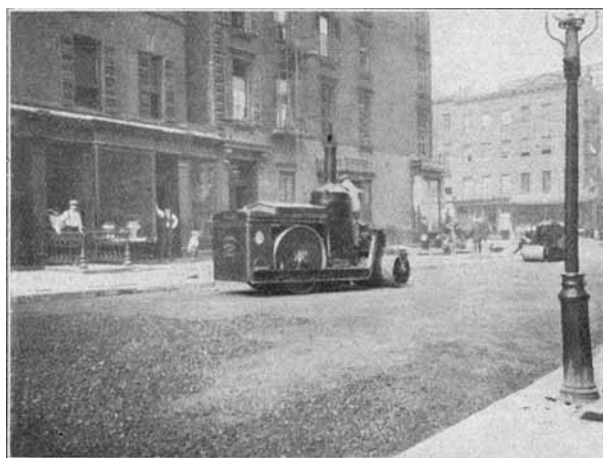


Fig. 12. Abwalzen des Asphaltmakadams.

das Ganze ein. Diese Methode ist wegen ihrer Billigkeit vor allem für Villen-, Vororts- und Landstraßen beliebt.

Naturgemäß gibt es eine große Anzahl von Spezialkonstruktionen, die sich den einen oder anderen Vorteil haben schützen lassen. Im Prinzip laufen sie alle auf dasselbe hinaus, nämlich Mineralbestandteile zu einer festen, von Feuchtigkeit nicht angreifbaren, elastischen und schalldämpfenden Masse zu verkitten.

Eine solche Konstruktion stellen auch die Asphaltblock-

pflastersteine dar, die leicht zu verlegen und zu hantieren sind, sich aber nur für wenig schweren Verkehr eignen.

Zu welcher Bedeutung die Konstruktion bituminöser Straßen in Amerika gelangt ist, sei durch einige Zahlen erläutert. Das Gesamtausmaß der Walzasphaltstraßen in Amerika beläuft sich auf etwa 150 Mill. Quadratmeter. Das ist das Mehrfache aller Asphaltstraßen in Europa zusammengenommen. Über die Hälfte davon, nämlich über 80 Mill. Quadratmeter sind allein mit Trinidadasphalt konstruiert, schätzungsweise etwa 20–30 Mill. Quadratmeter mit Bermudezaspfalt, einem gleichfalls natürlichen, in



Fig. 13. Aufbringen der Sandasphaltschicht.

einem See in Venezuela vorkommenden Material, und der Rest mit Rückständen asphaltischer Erdöle. Jährlich werden etwa 15 Mill. Quadratmeter dazu gebaut.

Welche Rolle die Herstellung von Walzasphaltstraßen im Haushalt der Städte spielt, ersieht man daraus, daß allein die Städte Oklahomas, des früheren Indianerterritoriums, also eines erst kürzlich erschlossenen Staates, über 250 Mill. Mark für die Herstellung von solchen Straßen angelegt haben. Der Staat Neu-York hat erst im letzten Jahre wieder 200 Mill. Mark in seinem Haushaltsplan zur Herstellung von Walzasphaltstraßen vorgesehen, und es sei noch erwähnt, daß man beabsichtigt, quer durch Amerika hindurch vom Osten bis nach San Francisco und von da wieder östlich nach dem Golf von Mexiko eine Asphaltstraße zu bauen, um gewissermaßen ein Gegenstück zu den Pacific-eisenbahnen zu schaffen. Auch für Europa kommt die Zeit und ist teilweise schon gekommen, wo man sich entschließen muß, solche Asphaltstraßen zu bauen, vor allem infolge der Anforderungen, die der Automobilverkehr an die Straßen stellt und denen die alten Makadamstraßen nicht mehr gewachsen sind. Beim Automobil geht der Antrieb nicht von den Hufen eines Zugtieres aus, sondern von den Rädern selbst, sie üben auf diese Weise eine schleifende und abscherende Wirkung auf die Straßenoberfläche aus, zum anderen aber saugen sie infolge der nachgiebigen Gummibereifung den Staub, vor allen Dingen den Schlamm, der im trockenen Zustande die Steine des Makadams zusammenbindet, heraus. Man kann diese zerstörende Wirkung am besten auf einer Makadamstraße nach einem Regenfall beobachten, wenn Automobile darüber fahren. Man kann die Spur des Wagens schon von weitem beobachten, da überall, wo der Wagen fährt, um die Steine herum zentimetertief der Schlamm herausgesaugt und auf die Straße gespritzt worden ist. Nach dem Trocknen veranlaßt er dann die geradezu unerträgliche Staubbentwicklung. Gegen diesen Angriff sind nun die Asphaltstraßen so gut wie unempfindlich, und Automobilverkehr in jeder Form stellt überhaupt keine Belastung für sie dar. Einmal ist selbst bei schweren Automobilen der Druck pro Einheit der Bereifungsaufgabe verhältnismäßig gering, da sich die nachgiebige Bereifung breit drückt und eine größere Oberfläche bedeckt, zum anderen aber ist wieder die Straße selbst gegen Nässe unangreifbar. Infolgedessen fällt jede Gelegenheit zur Schlamm- und Staubbildung weg. Man hat im Gegenteil die Erfahrung

gemacht, daß reger Automobilverkehr eher günstig für die Straße ist, da die Ölteilchen des Auspuffes, sowie hier und da abtropfendes Schmieröl der Straße noch ein glatteres Aussehen verleihen und ihre Oberfläche geschmeidig erhalten. Das zeigt sich vor allem an schwerbeanspruchten Straßen, wie z. B. dem Themseembankment in London und der V. Avenue in Neu-York, die täglich von etwa 12 bis 15 000 Gefährten, meistens Automobilen, befahren werden, und die beide mit Walzasphalt versehen sind. Durch die Walzasphaltstraße wird endlich auch das Vorurteil aus der Welt geräumt, daß eine Asphaltstraße eine Luxusstraße sei. Durch die billigen Konstruktionsmethoden, wie das Durchtränkungsverfahren, ist sogar die Möglichkeit gegeben, Vorortsstraßen und Landstraßen mit asphaltischer Oberfläche zu versehen, und man wird um so mehr die Notwendigkeit dieses Vorgehens erkennen, je mehr der Überlandverkehr von Personen und Frachten vom Automobilbetrieb übernommen wird. Wenn man mit dem Aufkommen der Eisenbahnen zu der Annahme neigte, daß das Netz von Straßen, wenn nicht überflüssig, so doch von geringerer Bedeutung geworden sei, so leiten die neuen Asphaltierungsmethoden eine gewisse Rehabilitation der Landstraße ein. Daß es auch von höchster strategischer Bedeutung ist, ein zu jeder Jahreszeit gut befahrbares Straßennetz zu besitzen, braucht wohl nicht erst erwähnt zu werden, denn es versteht sich wohl von selbst, namentlich wenn man bedenkt, daß der Transport von Truppen, Munition und Verpflegungsmaterial in künftigen Kriegen für kürzere Entfernungen zum großen Teil von Automobilen übernommen werden wird. Unsere Ingenieure haben sich natürlich schon seit Jahren dieser Ansicht nicht verschlossen und haben vor allem versucht, mit Hilfe von Teer eine Art bituminöse Straße zu konstruieren. In vielen Fällen, wo der Verkehr nicht allzu schwer ist, waren die Versuche mit Erfolg gekrönt. Im allgemeinen kann aber der Teer das Bitumen auf Grund seiner chemischen Eigenschaften nur unvollkommen ersetzen, vor allem ist er nicht wetterbeständig genug und wird infolge Verdunstens leichter flüchtiger Kohlenwasserstoffe mit der Zeit spröde, so daß unter Umständen bei intensiven atmosphärischen Einflüssen, wie man sie z. B. bei Dachbedeckungen beobachtet, nur ein schwarzer, pulverförmiger Staub zurückbleibt.

Man hat ferner versucht, Straßen mit Ölasphalten zu bauen, und es hat sich gezeigt, daß man gute Resultate



Fig. 14. Abwalzen der Sandasphaltschicht.

damit erzielt, wenn man Ölasphalte, d. h. Rückstände von der Mineralöldestillation nimmt, die aus an sich asphaltreichen Ölen gewonnen wurden. Solche Asphalte sind z. B. die californischen und mexikanischen, aber auch hier ist die Güte der Herstellung von Bedeutung, denn man kann aus einem und demselben Rohmaterial bei verschiedenen Arbeitsmethoden total verschiedene Produkte erhalten. Die Naturasphalte haben den Vorteil, daß sie gewissermaßen infolge ihrer langen Entstehungsdauer im vornherein gealtert sind und wie z. B. bei den Asphaltseen durch die jahrelangen Einwirkungen der verschiedenen Temperatur- und Witte-

rungeinflüsse in hohem Grade wetterbeständig geworden sind.

Es fragt sich nun, ob für eine ausgebreitete Einführung der Walzasphaltstraßen Material genug vorhanden ist, und diese Frage kann unbedingt bejaht werden. Enthält doch der Trinidadsee schätzungsweise Hunderte von Millionen Tonnen des Materials, und der andere noch bekannte Asphaltsee, der Bermudezsee in Venezuela, nicht weniger. Dazu kommen noch die Mengen, die die Erdölindustrie in Form von Erdölrückständen zu liefern imstande ist, wenn hierbei auch eine vorsichtige Auswahl in der Qualität getroffen werden muß. Jedenfalls kann man sagen, daß auch nach mäßiger Schätzung noch sehr vielen Generationen Asphaltmaterial zum Bau von bituminösen Straßen zur Verfügung stehen wird. Daß dabei der Trinidadasphaltsee einer der Hauptlieferanten bleiben wird, läßt sich aus der leichten Gewinnbarkeit des Materials, seiner außerordentlichen Gleichmäßigkeit in der Zusammensetzung und auf Grund der bisher erzielten Erfolge wohl voraussagen. [A. 64.]

Über Holzfärbung an lebenden Bäumen.

Von Dr. M. KLEINSTÜCK, Hellerau.

(Eingeg. 2./4. 1918.)

Vor mehreren Jahren hat H. Wislicenus über eine neue und eigenartige Methode zur Verfärbung von Hölzern berichtet, die sich viel enger an natürliche Vorgänge anschließt als die bislang üblichen Beizverfahren¹⁾. Das wesentlich Neue ist dabei die Erzeugung von Altersfarben durch die ganze Masse geschnittenen Holzes. Auf die Praxis dieser ganz neuen Art der Holzfärbung soll hier nicht näher eingegangen werden. Erwähnt sei nur, daß Hölzer mit sogenanntem Gerbstoffgehalt die schönsten Effekte geben. Unter gewissen Voraussetzungen gelingt es sogar, Eichenholz bis zum tiefen Schwarz zu verfärben. Jedenfalls steht ein solches Material in seiner Wirkung der sog. Moor- oder Wassereiche in keiner Weise nach. Unter den Nadelhölzern verfärbt sich die Lärche weitaus am stärksten. Freilich kann von einer willkürlichen Beeinflussung des Farbentones bei diesem Verfahren nicht die Rede sein. Es ist z. B. nicht möglich, Fichte oder Ahorn tief schwarz zu färben. Eine Farbentönung ist zwar in gewissen Grenzen möglich, aber der Farbcharakter wird doch in erster Linie durch die Eigenart der betreffenden Holzart bestimmt. Da mithin die Bestandteile des Holzes an der Verfärbung beteiligt sind, ist leicht verständlich, daß gerbstoffhaltige Hölzer ganz andere Wirkungen geben müssen als gerbstofffreie, stark harzhaltige wieder anders reagieren als harzfreie. So werden die stark kontrastierenden Farbentöne zwischen Eiche und Ahorn einerseits, zwischen Lärche und Tanne andererseits verständlich sein.

Diese Tatsachen leiten eigentlich ganz von selbst zu dem Gedanken über, ob es nicht möglich wäre, die Bestandteile der verschiedenen Hölzer bereits im lebenden Zustande in gewissem Sinne willkürlich zu verändern, zu ergänzen und zu beeinflussen, ja vielleicht den Baum erdständig gefärbt zu erziehen²⁾. Freilich wird der Endzweck eines solchen Verfahrens kaum der sein können, mit der Natur in Konkurrenz zu treten und allerhand buntfarbige Hölzer zu erzeugen, vielmehr dürfte der Schwerpunkt darin liegen, dem Baume im lebenden Zustande Stoffe einzuverleiben, die hinterher durch eine geeignete Behandlung am geschnittenen Holze diesem durch die Masse einen typischen Holzton zu geben vermögen. Ein Beispiel. Gerbstofffreie Hölzer werden für gewisse Zwecke mit einer Lösung von Tannin vorgebeizt, um nachher durch Behandlung mit Ammoniak einen tiefdunklen Farbenton — freilich nur oberflächlich — zu erzeugen. Gelänge es nun, diesen praktisch gerbstofffreien Hölzern, wie Birke und Ahorn, im lebenden Zustande eine Lösung von Tannin einzuverleiben, so wäre es hinterher ein leichtes, durch Behandlung mit Ammoniak unter

Druck diesen Hölzern einen ähnlich dunklen Farbenton zu verleihen, wie es für die stark gerbstoffhaltige Eiche bei dem neuen Verfahren ohne weiteres gelingt.

Historisch interessant ist die Tatsache, daß bereits vor mehr als 70 Jahren Versuche gemacht worden sind, den natürlichen Saftauftrieb für Imprägnierungszwecke nutzbar zu machen. So besteht bereits ein englisches Patent aus dem Jahre 1839, wonach das Stammende des gefällten Baumes in einen Behälter gesetzt werden soll, der die Imprägnierungsflüssigkeit enthält. Nach diesem Duktus hat später Strasburger gearbeitet³⁾. Boucherie hat das Verfahren verbessert, vor allem auch versucht, es bei dem noch nicht gefällten Baume anzuwenden. Zu diesem Zwecke wurden die Bäume in der Vegetationszeit zum Teil ihres Durchmessers eingesägt oder angehauen und mit einem Kasten umgeben, der zur Aufnahme der Imprägnierungsflüssigkeit diente. Auf Grund zahlreicher Versuche und aus der Erfahrung heraus kann behauptet werden, daß Boucheries Verfahren zum mindesten verbesserungsfähig ist. Er hat das wohl auch selbst gefühlt. Jedenfalls verfuhr er später so, daß außerdem die Äste abgeschnitten, und an den Enden Gefäße mit Imprägnierungsflüssigkeit angebracht wurden. Dadurch aber begab er sich eines Vorteiles. Es zeigt sich nämlich, daß bei der Anfärbung bzw. Imprägnierung eine gut ausgebildete Baumkrone (ein weitverzweigtes Blätternetz oder möglichst viele frische Jahrestriebe) besonders gute Dienste leistet und außerordentlich saugkräftig wirkt. Es ist danach ohne weiteres verständlich, daß Boucheries Verbesserung keine solche war. Das Einhauen bzw. Einsägen des Baumstammes läßt besonders eine gleichmäßige Verteilung der Imprägnierungsflüssigkeit fraglich erscheinen. Das Gleiche gilt für den Versuch, die Flüssigkeit durch die bloßgelegte ev. zum Teil abgesägte Wurzel aufsaugen zu lassen. Alle diese Mängel vermeidet man leicht, wenn man den Stamm nicht nur anbohrt, sondern die Bohrung durch die ganze Breite des Stammes durchführt. Das eine Ende verschließt man mit einem gutsitzenden Kork, während man das andere mit einem Zuleitungsröhr versieht. Dieses steht, zweckmäßigerweise durch einen Hahnverschluß, mit einem Flüssigkeitsbehälter in Verbindung. Läßt man dann die Flüssigkeit langsam in den Stamm einfließen und lüftet den Kork für einige Augenblicke, so wird die Luft aus dem System entfernt, und der Bohrkanal vollständig mit Flüssigkeit ausgefüllt. Bei größeren Bäumen dürfte ein System von Bohrungen angebracht sein. Die planmäßige Ausgestaltung der Versuche geschah nach folgendem Schema:

1. Verwendung von Stoffen, die ihrer Natur nach Farbstoffe sind (in Sonderheit oder fast ausschließlich Anilinfarben).

2. Verwendung von Stoffen, die mit dem Lignin des Holzes typische Farbreaktionen geben.

3. Verwendung von Stoffen, die durch eine nachfolgende Behandlung am geschnittenen Holze diesem einen bestimmten Farbton geben.

Zu 1. Die für Baumfärbungen in Betracht kommenden Farbstoffe sollen folgenden Bedingungen genügen:

- a) wasserlöslich,
- b) krystallinisch (müssen gut diffundieren),
- c) lichtecht.

Für die Mehrzahl der fraglichen Farbstoffe dürfte eine 1%ige Lösung genügen. Freilich sind nicht alle Farbstoffe in gleichem Maße für Holzfärbungen geeignet; so ergaben orientierende Vorversuche (zunächst ohne kritische Auswahl) bei Verwendung von Malachitgrün und Methylenblau auf Birke vollkommen gleichmäßige und einheitliche Färbungen, während Eosin das Holz nur rot geädert erscheinen läßt.

Zu 2. Hier kommen in erster Linie die Chloride des Anilins und seiner Verwandten in Betracht. Salzsäures Anilin färbt das Holz bekanntlich gelb, p-Phenylendiamin wundervoll lachsrot. Im allgemeinen werden derartige Stoffe sehr leicht und ungemein rasch vom Baume aufgenommen. So war z. B. bei einem Versuche mit salzsäurem Anilin in ca.

¹⁾ Siehe Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes 1907, Heft VII.

²⁾ Siehe den Schlußsatz der Abhandlung von H. Wislicenus.

³⁾ Strasburger: Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen.