

durch erhöhte Zähigkeit, Festigkeit und Elasticität auszeichnet. Die Aluminium-Bronze besteht aus 90 Theilen Kupfer und 10 Theilen Aluminium und hat bei licht gelber Farbe geringes Gewicht und hohe Festigkeit. Die größte Widerstandsfähigkeit jedoch besitzt nach *Thurston* das Maximum-Metall, eine Legirung von 55 Theilen Kupfer, 43 Theilen Zink und 2 Theilen Zinn.

Die Verwendung von Bronze ist uralte, wenn auch immer einer späteren Periode angehörig, als Kupfer und Zinn. Ihre Benutzung ist außerordentlich mannigfaltig. Treppengeländer, frei tragende Stufen, Säulen, Candelaber, figurale Ornamente, Statuen, Brunnen, Denkmäler etc. bestehen aus Bronze, der verschiedenartigen Verwendung als Verankerungen, Bolzen und Maschinenbestandtheilen aller Art nicht zu gedenken. Das spezifische Gewicht der Bronze schwankt mit der verschiedenen Zusammensetzung und beträgt z. B. für Glockenmetall 8,7 bis 9,1, für Kanonenmetall 8,8, für Medaillen-Bronze 8,78, für Spiegelmetall 8,6, für Statuen-Bronze 8,4 für Aluminium-Bronze 7,68.

Die Zugfestigkeit ist ebenfalls sehr verschieden; so beträgt sie für Kanonenmetall nach *Rankine* 2530 kg, nach *Uchatius* 2200 kg pro 1 qcm, während Phosphor-Bronze nach *Bauschinger* 3300 kg, nach *Uchatius* bis 5660 kg und ungeglüheter Draht aus Phosphor-Bronze nach *Kirkaldy* bis 11 200 kg pro 1 qcm Zugfestigkeit besitzt. Aluminium-Bronze besitzt nach *Anderjón* eine Zugfestigkeit von 5130 kg und eine Druckfestigkeit von 9280 kg pro 1 qcm. Das amerikanische Maximum-Metall besitzt nach *Thurston* eine Zugfestigkeit von 12 020 kg pro 1 qcm und erleidet dabei eine Verlängerung von 47 bis 51 Procent. Der Elasticitäts-Coefficient beträgt für Glockengut 320 t, für Kanonenmetall 696 t pro 1 qcm.

Die Conservirung und Decorirung der Bronzen wird ähnlich wie bei Messing bewirkt; besonders großes Gewicht legt man auf die Erzeugung einer schönen und fest haftenden Patina, welche durch Behandlung mit schwachen Oxydationsmitteln in grünlicher Farbe bei zinkhaltigen und in bräunlicher Farbe bei bloß zinnhaltigen Bronzen auftritt. Die künstliche Patina wird ähnlich wie beim Kupfer erzeugt.

3. Kapitel.

Aphalt.

Das Bitumen spielt in der Geschichte der Baustoffe eine eigenthümliche Rolle. Von den ältesten Culturvölkern gekannt und als Mörtelmaterial benutzt, war es später ganz in den Hintergrund getreten, und erst die brennende Straßenspflasterungsfrage der neuesten Zeit hat das Material, welches heute Asphalt genannt wird, so sehr in den Vordergrund gebracht, daß die großen Städte sich wetteifernd beilehen, dieses moderne Luxuspflaster einzuführen, und daß die Asphaltindustrie eine noch vor einem Decennium ungeahnte Ausdehnung genommen hat.

Das, was von den Alten und heute noch in der Chemie und Mineralogie als Asphalt, Judenpech oder Erdpech bezeichnet ist, wird in der Technik mit dem Namen Goudron bezeichnet. Asphalt in diesem Sinne ist eine anthracitartig schwarz glänzende Masse mit muscheligen Bruch und dem bekannten Asphaltgeruch, bei niedriger Temperatur bis gegen 20 Grad C. meist anscheinend fest und spröde, darüber bis 40 Grad zähe und fadenziehend-plastisch, bei höherer Temperatur allmählich sich verflüssigend, bezw. schmelzend. Wird Goudron einer Temperatur von über 130 Grad ausgesetzt und nicht über 230 Grad erhitzt, so verflüchtigen sich nur die leichteren Kohlenwasserstoffe, welche wahrscheinlich nur lose an derselben

228.
Asphalt
als Baustoff.

229.
Goudron.

theilnehmen. Beim Erkalten behält dann so behandelter Goudron feine günstigen Eigenschaften bei und verändert sich nicht weiter, während nicht erhitzter, wahrscheinlich in Folge von allmählichem Verlusfe von Kohlenwasserstoffen, mit der Zeit spröde wird. Ueberhitzter oder verbrannter Goudron wird fehr spröde und brüchig.

Für die Beurtheilung der günstigsten Verwendungsweise des Asphalts ist es nöthig, sich zu erinnern, daß Asphalt zu jenen Körpern gehört, deren innere Reibung denselben Gefetzen unterworfen ist, wie die Flüssigkeitsreibung. Mit anderen Worten, das Bitumen gehört zu den zähflüssigen Körpern. Man sieht dies in der Praxis schon: der in Fässern transportirte *Trinidad-asphalte-épuré* oder das ähnlich in Fässern vorkommende Steinkohlenpech zerfließen, aus den Fässern entfernt, allmählich. *Obermayer*¹⁴⁴⁾ hat den Zähigkeits-Coefficienten des Schwarzpechs bestimmt, und *Thomson*¹⁴⁵⁾ hat dasselbe Gesetz durch den Versuch constatirt, daß er einen Kuchen von sprödem, unter dem Hammer zerfpringenden Schusterpech auf Korke placirte und mit Bleikugeln beschwerte; nach einem Jahre, während dessen stets durch Wasser niedere Temperatur erhalten wurde, waren die Korke durch den Kuchen hindurch in die Höhe gestiegen und an der Oberfläche sichtbar geworden, während die Kugeln durch das Pech durchgefunden waren und am Boden erschienen. Reiner Goudron würde also nicht anwendbar sein.

Asphalt im modern-technischen Sinne ist ein reiner Kalkstein, der von Bitumen gleichmäßig und nur in solcher Quantität durchdrungen ist, daß die Flüssigkeitsreibung nahezu aufgehoben erscheint. Thatächlich enthalten die bewährtesten Asphaltsteine nur 8 bis 10 Procent Bitumen, also eben hinreichend viel, um unter Compression durch dasselbe verkittet zu werden und ohne selbst zusammenzuhängen. Erhitzt man daher solchen bituminösen Kalkstein, so verflüssigt sich das Bitumen; der Stein zerfällt in die einzelnen verkitteten, nicht in sich selbst zusammenhängenden Theilchen und backt unter neuem Druck und unter Abkühlung wieder zu dem gleichen Gestein wie früher zusammen. Darauf beruht die Verwendung des Asphaltsteines zu Stampf-Asphalt (*asphalte comprimé*), dem eigentlich bevorzugten Straßenspflastermaterial.

Der natürliche Asphaltstein hat zu wenig Bitumen, um beim Erhitzen flüßig, im gewöhnlichen Sinne des Wortes, zu werden. Um dies zu erzielen, stellt man daraus Asphalt-Mastix her.

Asphalt-Mastix ist natürlicher Asphaltstein, welcher nach vorhergegangener mechanischer Zerkleinerung (bis zu ca. 3^{mm} Korngröße) mit einer entsprechenden Quantität reinen Bitumens oder Goudrons einer Temperatur von 175 bis 230 Grad ausgesetzt wird. Dabei wird zuerst das Bitumen in einem Kessel geschmolzen und demselben unter stetem Umrühren von Viertelstunde zu Viertelstunde so viel Asphaltpulver zugesetzt, daß in ca. 5 Stunden die ganze Quantität (ca. 200 kg), welche auf einmal geschmolzen wird, incorporirt wird. Dabei verflüchtigen sich nur die leichteren Kohlenwasserstoffe, und der Mastix erreicht die gußfertige Qualität. Hierauf wird er in Modelle aus Eisen gegossen, welche je nach der Fabrikmarke eine bestimmte Form besitzen und Blöcke von ca. 25 kg Gewicht liefern.

Solcher Asphalt-Mastix ist nun unter erneutem geringen Zusatz von Goudron beliebig oft schmelzbar und liefert das Substrat zu Guß-Asphalt (*asphalte coulé*).

Künstlicher Asphalt, welcher häufig als Ersatzmittel für natürlichen Asphalt verwendet wird, muß unterschieden werden in solchen, welcher zu Stampfarbeiten verwendet werden soll, und in Nachahmungen des Asphalt-Mastix und des Goudron.

Die erste Methode nimmt, wenn sie halbwegs Solides leisten soll, natürliches Bitumen und incorporirt durch Schmelzen möglichst viel Kalksteinpulver, wird aber

230.
Asphalt u.
Asphalt-Mastix.

231.
Künstlicher
Asphalt.

¹⁴⁴⁾ Ein Beitrag zur Kenntniß der zähflüssigen Körper. Sitzungsber. der math.-nat. Classe der Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. 25, 2. Abth., S. 665.

¹⁴⁵⁾ *The nature*, Vol. 21, S. 159.

Lassen sich die spröden, künstlichen Asphalte zwar schon aus diesen Versuchen herauscheiden, so sind die Differenzen doch zu wenig scharf ausgesprochen. Der charakteristische Theergeruch ist für rein künstliche Asphalte verrätherisch genug; anders verhält es sich mit den so häufig vorkommenden Gemischen. Bei diesen ist die Erkennung der Beimengungen schon schwieriger. *Durand Claye* ¹⁴⁷⁾ hat zur Erkennung der Beimischung von Gaspech etc. eine colorimetrische Reaction angegeben, welche auf der Einwirkung von Schwefelsäure auf den Asphalt beruht.

Danach wird der zu prüfende Asphalt in Schwefelkohlenstoff gelöst, abfiltrirt und das Lösungsmittel verdunsten gelassen; sodann der Rückstand so lange vorsichtig erhitzt, bis er nach dem Abkühlen brüchig wie Pech wird. Darauf wird derselbe zerkleinert und davon ein Quantum von stets annähernd 0,1 g in ein Glasrohr gethan und 5^{ccm} englische Schwefelsäure (nicht Nordhäuser Schwefelsäure) hinzugegossen. Das Glasrohr wird, hierauf 24 Stunden verschlossen stehen gelassen und dann vorsichtig und im kalten Wasserbade mit nach und nach 10^{ccm} Wasser aus einer Pipette in etwa $\frac{1}{4}$ Stunde behandelt und umgerührt. Nach völligem Abkühlen der Mischung wird sie durch ein Filter in eine Flasche mit 150 bis 200 g Inhalt filtrirt und nach völligem Durchlassen noch mit 100^{ccm} Wasser nachgespült. Die so erhaltene Flüssigkeit ist bei reinem natürlichen Bitumen farblos oder wenig gelblich gefärbt, bei Vorhandensein von Steinkohlenpech aber tief braun bis undurchsichtig schwarz gefärbt.

Eine andere ebenfalls von *Durand Claye* angegebene colorimetrische Methode ist folgende.

Man löst eine Quantität von ca. 1 g in rectificirtem Benzin, und zwar in 5 g, und läßt hiervon durch ein Filter 5 bis 6 Tropfen nach gehörig langer Einwirkung in ein Glasrohr fließen, wozu man neuerdings 5 g Benzin zur Verdünnung giebt. Hierauf setzt man ein gleiches Gewicht Alkohol von 85 Grad *Gay-Lussac* hinzu, schüttelt lebhaft und läßt dann absitzen. Es scheidet sich die Flüssigkeit in zwei Schichten: die obere ist sehr stark gefärbt, die untere alkoholische aber nur dann, wenn das Bitumen mit künstlichen Zuthaten versetzt ist. Sie ist dann gelb bis dunkel orange.

Da sich bei den diesbezüglichen Versuchen unsererseits zeigte, daß die Beschaffenheit des Benzins leicht eine scharfe Trennung beider Schichten verwickelt und damit das Resultat alteriren, versuchten wir die Unterscheidung durch Alkohol allein herbeizuführen und sahen nach Untersuchung von zehn verschiedenen Asphaltorten, daß sie ganz vortrefflich scharf und rasch gelingt.

Ein bis zu ca. 200 Grad erhitztes Stück von etwa 1 g in einem gewöhnlichen Reagenzglas nach dem Abkühlen und Zerkleinern mit ca. 5^{ccm} Alkohol von nicht unter 80 Grad *Gay-Lussac* behandelt, giebt bei nur 2 Procent Gehalt an Braunkohlen- oder Steinkohlenpech eine deutlich gelbe Nuancirung mit sehr deutlicher grüner bis blauer Fluorescenz von oben gesehen; die Färbung nimmt eben so wie die Fluorescenz an Intensität mit Erhöhung des künstlichen Zusatzes zu und geht endlich ins Dunkelweingelbe mit grünlicher Fluorescenz über.

Die technische Anwendung der Asphalte ergibt sich aus obigen Grundsätzen. Es ist die größte Sorgfalt auf jeden einzelnen der mitwirkenden Factoren zu richten, da gerade bei Asphaltarbeiten das Gelingen so eminent von der Beobachtung aller Momente abhängt.

Der Stampf-Asphalt, der zur Herstellung der Straßensfahrbahnen dient, muß gleichmäßig aus reinem Kalk mit mindestens 7, höchstens 12 Procent Bitumen bestehen, gleichmäßig gepulvert und auf 130 Grad erhitzt fein und keine Unreinigkeiten, wie Holz oder Metalle beigemischt erhalten. Betreff sonstiger Details in der Ausführung siehe: Theil III, Band 5 (Abth. V, Abschn. 3: Behandlung der Hofflächen und Trottoirs) dieses »Handbuches«.

Der Guß-Asphalt ist billiger und auch leichter, als der Stampf-Asphalt herzustellen und findet in erster Linie die ausgedehnteste Anwendung zur Herstellung von Trottoirs, zur Bedeckung von Hofräumen, Perrons, Terrassen etc., zur Bildung von Fußböden in geschlossenen Räumen etc. Ueber Construction und Herstellung solcher Asphalt-Beläge oder Asphalt-Estriche wird noch im 3. (Abth. IV, Abschn. 3: Behandlung der Fußbodenflächen) und 5. Bande (Abth. V, Abschn. 3, Kap. 2: Behandlung der Hofflächen und Trottoirs) eingehend die Rede sein; hier sei nur erwähnt, daß man für den vorliegenden Zweck außer

¹⁴⁷⁾ *Annales des ponts et chaussées* 1879-II, S. 267; 1880-I, S. 128; 1881-I, S. 112.

den Asphalten von *Val de Travers* und *Seyffel* auch andere Asphalte, insbesondere Limmer-Asphalt verwenden kann. Als Goudron benutzt man meist den von der Infel Trinidad, von Seyffel, aus der Auvergne etc. Der Asphalt soll auch hier von Beimengungen möglichst frei sein; häufig werden dickflüssige Harzöle zur Beförderung des Schmelzens beigeetzt. Der bei einer Temperatur von 150 bis 200 Grad flüssig gewordenen Masse wird unter stetem Rühren nach und nach ca. 50 Procent gut gewaschener und thunlichst scharfkantiger Sand von etwa Erbsengröße beigeemengt und so lange gekocht und gerührt, bis völlige Homogenität der Mischung erzielt wird. Das Mischungsverhältniß des Sandzufatzes soll möglichst hoch sein, weil dann der Gufs-Asphalt in der Wärme nicht so leicht erweicht, aber doch nicht so groß, daß die Cohäsion und Elasticität des Belages beeinträchtigt wird.

Der Gufs-Asphalt wird auch noch zu anderen Bauzwecken, insbesondere zur Sicherung gegen Aufsteigen, Zudrang oder Durchfickerung von Feuchtigkeit, bezw. Wasser, als fog. Isolirschichten verwendet; alsdann erhält der Asphalt einen geringeren Sandzufatz. Auch bei des Asphalt-Bétons, eines Gemenges von Asphalt-Mastix und Steinschlag, ferner der Asphaltplatten von *Büscher & Hoffmann* in Eberswalde, weiters des zu Dackdeckungen dienenden Asphaltfilzes, endlich der für die Abführung von ätzenden Flüssigkeiten sich trefflich eignenden Asphaltrohre Erwähnung gethan.

Literatur

über »Asphalt als Baustoff«.

- KLINGMANN, F. Das natürliche und künstliche Asphalt und das Asphaltmastix etc. 1848.
 GYSI, O. Der Asphaltleger etc. Berlin 1852.
 HUGUENET, J. *Asphaltes et naphtes. Considérations générales sur l'origine et la formation des bitumes fossiles, de leur emploi etc. 2e édit.* Paris 1852. — Deutsch von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1853.
 BORSTELL, G. u. F. KOCH. Neuere Arten der Verwendung des Asphaltes in Paris. *Zeitschr. f. Bauw.* 1855, S. 37.
 STEHLIN, S. Der eigentliche Werth und die Ursachen der vorkommenden Werthlosigkeit des Asphaltes als Baumaterial. Wien 1860.
 MALO, L. *Note sur l'asphalte, son origine, sa préparation, ses applications.* Paris 1861. (Aus: *Annales des ponts et chaussées* 1861-I, S. 69.)
 MALO, L. *Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte et des bitumes.* Paris 1866.
 JEEP, W. Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik, oder Gewinnung und Darstellung aller natürlichen und künstlichen Asphalte, deren Verwendung zum Belegen von Wegen, Straßen und Höfen. (Neuer Schauplatz der Künste und Handwerke. 154. Bd.) Weimar 1870.
 MEYN, L. Der Asphalt und seine Bedeutung für den Straßenbau großer Städte. Halle 1872.
 VIDEKY, L. Der Asphalt, seine Gewinnung, Bereitung und Verwendung in der Technik. *Zeitschr. d. Oest. Ing. u. Arch.-Ver.* 1872, S. 426, 443.
 CHABRIER, E. *The applications of asphalt.* London 1876.
 Mittheilungen über die wasserdichten Baumaterialien der Fabrik BÜSSCHER & HOFFMANN. Halle a. S. 1877.
 Ueber Asphaltplatten. *ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1878, S. 411 u. 428.
 KAYSER, R. Untersuchungen über natürliche Asphalte. Nürnberg 1879.
 ELLICE-CLARK, E. B. *Asphalt, and its application to street paving.* London 1879.
 MALO, L. *Note sur l'état actuel de l'industrie de l'asphalte.* *Annales des ponts et chaussées* 1879-II, S. 267; 1880-I, S. 128.
 Technische Mittheilungen des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. 10. Heft. Der Asphalt und seine Verwendung. Von J. T. ZETTER. Zürich 1880.
 WOAS, F. Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. Berlin 1880.
 Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. *Ann. f. Gwb. u. Bauw.*, Bd. 6, S. 353, 397.
 MALO, L. *Note sur l'état actuel de l'industrie de l'asphalte.* *Bulletin de la soc. d'encourag.* 1880, S. 468.
 DIETRICH, E. Die Baumaterialien der Asphaltstraßen. Berlin 1881.
 MÜLLER, E. Untersuchung des Asphaltmastix. *Deutsche Bauz.* 1881, S. 341.
 HAUENSCHILD, H. Der Asphalt und seine Werthbestimmung. *Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg.* 1881, Nr. 49.
 KRZYZANOWSKI, K. Der Asphalt und seine Verwendung in der Bautechnik. *Rigafche Ind.-Zeitg.* 1881, S. 49, 62.
 SPORNY, J. *Note sur un procédé pour distinguer les produits des asphaltes naturels des mastics factices.* *Annales des ponts et chaussées* 1881-I, S. 112.