

Zum heutigen bituminösen Strassenbau und zu einem neuen Mischverfahren

Autor(en): **Rodel, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **117/118 (1941)**

Heft 3

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83371>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Abb. 6. Fassaden der Häuserreihe Bären-gasse Nr. 22 bis 18, renoviert durch MÜLLER & FREYTAG, Arch., Zürich. — 1 : 300

dem Jahre 1780.) Es scheint wahrscheinlich, dass ursprünglich die beiden viergeschossigen Häuser (vgl. Abb. 6 und 7) niedriger waren und dass «Weltkugel» und «Schanzenhof» erst nachträglich, nach Vollendung der neuen Schanzen, um zwei Geschosse erhöht und gleichzeitig zu herrschaftlichen Wohnhäusern ausgebaut worden sind. Bei der jüngsten Renovation hat man dann das prachtvolle eichene Riegelwerk der «Arch» und der Obergeschosse des «Schanzenhof» freigelegt.

Anlässlich jenes Auf- und Ausbaues im 17. Jahrhundert muss auch die innere Ausstattung durch Nussbaumtäfer, Türen und Türbeschläge, namentlich aber auch durch die reiche, zum Teil üppige und kraftstrotzende Barockstukkatur der Decken erfolgt sein. Das erkennt man u. a. aus den stukkieren «gotischen» Balkendecken im Erdgeschoss der «Weltkugel» (Seiten 32 und 34 unten). Als dann der spätere Anbau des Gartenflügels erstellt wurde, schloss man ihn durch einen leichten Holzzwischenbau an die vordern Häuser an; in den ersten Stock dieser Holzgalerie und des Gartenflügels führt die steinerne Treppe, deren reizendes schmiedeisernes Geländer das untere Bild auf Seite 31 zeigt. Die ursprünglichen Eingänge von der Bären-gasse aus in die schmalen Korridore der «Weltkugel» und zum «Schanzenhof» wurden geschlossen und seither nicht mehr benützt; Durchbrüche durch die Trennwand beider Häuser verbinden sie nun zu geräumigen Raumfolgen, wie den Grundrissen zu entnehmen.

Zu der Aussenrenovation ist noch zu bemerken, dass das Riegelwerk hellgrau gestrichen ist, die dazwischen liegenden und leicht vorspringenden Putzflächen blassgrau, fast weiss im Naturton gehalten sind. Grau sind auch die Fensterladen der «Arch», während sie beim «Schanzenhof» mit Sparren in rot und grau belebt sind. Die Klebdächlein über den Fenstern des Südwestgiebels stellen den ursprünglichen Zustand wieder her, ebenso die blossgelegten Ortsteine der Hauskanten an dieser Giebelseite.

Wie Architekt J. Freytag dem kunstverständigen und sammelfreudigen Bauherrn die Räume des Innern geschmackvoll und stilgerecht gesäubert und als gediegene Rahmen für seine Kunstschätze wieder hergerichtet hat, davon geben die Bilder auf den Seiten 32 und 33 einigen Aufschluss, mehr noch eine weitere Bilderfolge. (Schluss folgt)

Zum heutigen bituminösen Strassenbau und zu einem neuen Mischverfahren

Von Dr. W. RODEL, Abteilungsvorsteher an der EMPA, Zürich

(Schluss von Seite 15)

Da beim Salviam-Verfahren nasses Gesteinsmaterial mit heissen, geschmolzenen Bindemitteln verarbeitet wird, sei das Problem der Benetzung und Adhäsion etwas erläutert. Bei allen bituminösen Deckenarten ist es erwünscht, dass das Bindemittel möglichst gut an der Gesteinsoberfläche haften. Gute Adhäsion setzt eine gute Benetzung des Gesteinsmaterials durch das Bindemittel voraus. Die Benetzungsfähigkeit einer Flüssigkeit für einen festen Stoff hängt ab von ihrer Viskosität, ihrer Oberflächenspannung und dem Benetzungswinkel. Die Viskosität kann leicht durch Erhöhung der Temperatur so weit herabgesetzt werden, dass das Bindemittel flüssig wird. Im Heissmischverfahren kann eine Benetzung von Gesteinsmaterial mit bituminösen Bindemitteln nur dann befriedigend vorgenommen werden, wenn die Oberflächen der Gesteinskörner sauber (lehmfrei) und trocken sind. Dagegen gelingt es mit wässrigen, bituminösen Emulsionen, auch nasse, saubere Gesteinsoberflächen zu benetzen. Die beiden Bindemitteltypen Teer und Bitumen unterscheiden sich in ihrer Haftfestigkeit nicht stark

voneinander. Dagegen ist der Charakter des Gesteinsmaterials entscheidend. Basische Gesteine, wie z. B. Kalksteine, lassen sich nach Einwirkung der emulgierenden Substanzen von bituminösen Bindemitteln besser benetzen als von Wasser; die Bindemittel haften besser und werden von Wasser nicht abgedrängt. Man bezeichnet sie als hydrophobe Gesteine. Saure Gesteine, wie z. B. Quarz, lassen sich umgekehrt besser von Wasser als bituminösen Bindemitteln benetzen; diese haften schlecht und werden von Wasser abgestossen. Man nennt sie deshalb hydrophile Gesteine. Diese Eigenschaften erklären die jedem Praktiker bekannte Erscheinung, dass gewisse Gesteinsmaterialien mit Emulsionen nicht oder nur unbefriedigend umhüllt werden können oder gar der Bindemittelfilm auf einer hydrophilen Gesteinsoberfläche durch später zutretendes Wasser abgestossen wird.

Durch eine grosse Anzahl von Untersuchungen der letzten Jahre ist festgestellt worden, dass die Benetzung einer Gesteinsoberfläche durch ein bituminöses Bindemittel und die Haftfestigkeit in der Praxis von einer Reihe von Faktoren abhängig ist, wie Art des Gesteinsmaterials, ihre Adsorptionseigenschaften, Oberflächengestaltung, Sauberkeit usw. Dem Problem der Benetzung nasser Gesteinsoberflächen ist namentlich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika im Zusammenhang mit der raschen Entwicklung des Bodenmischverfahrens für die Herstellung der sog. Low Cost Roades, grösste Beachtung geschenkt worden.

Betrachten wir die Verhältnisse bei der Benetzung einer Oberfläche eines bituminösen Bindemittels durch Wasser an Hand der Abb. 2 und 3. Bringt man einen Tropfen Flüssigkeit (Wasser) auf eine andere Flüssigkeit (bituminöses Bindemittel) von hohem spezifischem Gewicht, mit der sie nicht mischbar ist, dann besteht folgende Beziehung⁹⁾:

$$\sigma_{BL} = \sigma_{WL} \cos \alpha_1 + \sigma_{WB} \cos \alpha_2$$

worin bedeuten:

σ_{BL} = Oberflächenspannung des bituminösen Bindemittels.

σ_{WL} = Oberflächenspannung des Wassers.

σ_{WB} = Grenzflächenspannungen beider Flüssigkeiten.

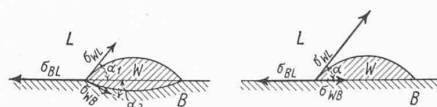


Abb. 2 und 3. Benetzung einer bituminösen Bindemittel-Oberfläche (B) durch Wasser (W)

Man nennt diese Beziehung die Antonow'sche Regel. Bei völliger Benetzung der Oberfläche werden α_1 und $\alpha_2 = 0$ und die Gleichung lautet dann:

$$\sigma_{BL} = \sigma_{WL} + \sigma_{WB}$$

Wenn der Stoff B genügend zähe oder fest ist, so kann α_2 vernachlässigt werden (Abb. 3). Die Flüssigkeit W sucht sich über die feste Oberfläche von B auszubreiten, wenn $\sigma_{BL} > \sigma_{WB} + \sigma_{WL} \cos \alpha$. Daraus folgt, dass alle Flüssigkeiten mit niedriger Oberflächenspannung sich auf einer Flüssigkeit mit höherer Oberflächenspannung ausbreiten müssen. Ist dagegen $\sigma_{WL} \cos \alpha = \sigma_{BL} - \sigma_{WB}$, so besteht Gleichgewicht und man bezeichnet diese Grösse als Adhäsionsspannung. Sie kann aus dem Randwinkel α und der Oberflächenspannung σ_{WL} , α aus den Oberflächenspannungen σ_{BL} und σ_{WB} berechnet werden.

⁹⁾ F. J. Nellensteyn & N. M. Roodenburg: Die Ausbreitung von Wasser auf Asphaltbitumen und Teer (Kolloid-Z., Bd. 63 (1933) S. 339). — R. Wilhelmi: Wechselbeziehungen zwischen Mineral und Bindemittel (Asph. u. Teer Bd. 38 (1938) S. 331). — H. Riedel & W. Weber: Asph. u. Teer Bd. 33 (1933) S. 677 ff. — W. Geissler: Bitumen, Bd. IV (1934) S. 191.

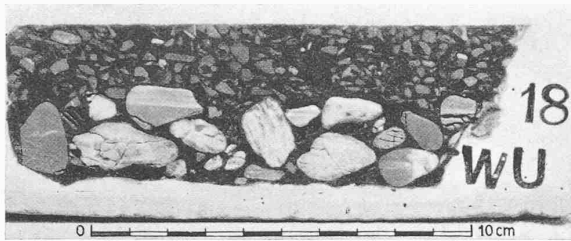


Abb. 5. Schnittfläche durch zweischichtigen, 4,2 cm starken, heiss eingebautem Salviäm-Asphaltteerbetonbelag auf der Strasse Obereggen-Heiden, 1938



Abb. 6. Schnittfläche durch zweischichtigen 5 cm starken, nach dem Salviäm-Verfahren heiss eingebauten Asphaltteerbetonbelag Kugelilostr. Zürich-Affoltern, 1938

Die Gültigkeit der Antonow'schen Regel konnte auch für die Benetzung der Oberfläche einer festen Substanz durch eine Flüssigkeit nachgewiesen werden¹⁰⁾.

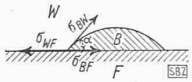


Abb. 4. Benetzung der Oberfläche eines festen Körpers (F) durch Wasser (W) und Verdrängung der Wasserschicht durch ein bituminöses Bindemittel (B)

Betrachten wir nun nach Abb. 4 die Verhältnisse bei der Benetzung einer nassen Gesteinsoberfläche in Abwesenheit von emulgierenden Substanzen durch ein bituminöses Bindemittel, das in Wasser nicht löslich ist. Wenn die Adhäsionsspannung von Wasser zu einer festen Oberfläche grösser ist als die des Bindemittels zur gleichen festen Oberfläche, so kann die Wasserschicht vom Bindemittel nicht verdrängt werden; es gilt dann auch $\sigma_{BF} > \sigma_{WF}$. Eine Verdrängung der Wasserschicht auf einer Gesteinsoberfläche durch ein bituminöses Bindemittel tritt dann ein, wenn die Adhäsionsspannung des Bitumens grösser ist als die des Wassers, oder $\sigma_{WF} > \sigma_{BF}$ bzw. $\sigma_{WF} - \sigma_{BF}$ positiv oder $\alpha < 90^\circ$ ist.

Die im Strassenbau meist üblichen Gesteinsmaterialien enthalten vorwiegend Karbonate des Kalziums, Magnesiums, Kieselsäureanhydrid und komplexe Silikate des Natriums, Kaliums, Kalziums, Aluminiums, Eisens u. a. m. Sie enthalten in ihrer Oberfläche aktionsfähige Ionen, die gegenüber dem stark polaren Wasser eine stärkere Adhäsionsspannung hervorrufen als gegen die weniger aktionsfähigen Molekülgruppen der bituminösen Bindemittel. Sie lassen sich von Wasser etwas leichter benetzen als von den Bindemitteln, die Wasserhaut wird vom Bindemittel normalerweise nicht verdrängt. Um eine Verdrängung der Wasserschicht auf der Gesteinsoberfläche zu erreichen, muss die Gesteinsoberfläche durch chemische Reagenzien derart beeinflusst werden, dass σ_{WF} gross und σ_{BF} klein gemacht, also ein wasserunlöslicher und wasserabstossender Oberflächenfilm auf den Gesteinskörnern erzeugt wird. Hierzu eignen sich verschiedene als Netzmittel bezeichnete Stoffe, wie z. B. Seifen und Fettsäuren. Man kann sich ihre Wirkung so vorstellen, dass die aktiven Endgruppen des langen Moleküls sich nach der Gesteinsoberfläche orientieren und dort mit Metalljonen aus der Oberfläche reagieren. Das andere, nicht aktive Ende der Kohlenwasserstoffmoleküle orientiert sich nach aussen, wo sie eine wasserabstossende Oberfläche bilden.

Bei gewissen Gesteinsmaterialien, wie Quarz, Porphyr u. a., können die Oberflächen auf diese Weise nicht wasserabstossend gemacht werden, weil die aktiven Enden der Netzmittel in der Gesteinsoberfläche keine reaktionsfähigen Ionen finden. Man muss in diesen Fällen ausser den Netzmitteln auch noch aktivierend wirkende Substanzen anwenden. Man gelangt zum Erfolg dank der Tatsache, dass Quarzoberflächen Erdalkali- und Schwermetall-Kationen leicht adsorbieren. Behandelt man also nasses Gesteinsmaterial mit Schwermetall- oder Erdalkali-Salzen, so werden die Metalljonen auf der Oberfläche adsorbiert; diese reagieren dann ihrerseits mit den aktiven Radikalen der Netzmittel in der oben geschilderten Weise.

In der erwähnten schweizerischen Patentschrift der Société Salviäm, Paris, wird eine ähnliche Einwirkung von benetzenden und aktivierenden Substanzen auf die nasse Gesteinsoberfläche zu deren Umhüllung mit bituminösen Bindemitteln im Mischverfahren ausgewertet. Es heisst darin: «Ce procédé permet en particulier de réaliser dans une simple bétonnière ou dans tout autre malaxeur, l'enrobage immédiat, complet et adhérent

par tous temps et en toutes saisons, de matériaux pierreux de toute origine géologique et de toutes dimensions, même très fortement mouillés, granulométrés ou non granulométrés, et cela à l'aide des liants hydrocarbonés les plus divers, à des dosages aussi réduits ou aussi élevés qu'on désire.» Die Benetzung aller Materialien erfolgt dabei sehr schnell und vollständig, vorausgesetzt, dass sie vorausgehend mit einer kleinen Menge dieser als «substances correctives» bezeichneten Substanzen ($1/1000$ oder weniger ihres Gewichtes) in Berührung waren.

In Frankreich sind verschiedene derartige Zusätze mit abgestufter Wirkung angewendet worden. Die Wahl erfolgte stets auf Grund der Eigenschaften der verwendeten Gesteinsmaterialien. In der Schweiz dagegen wurde bis heute nur mit einem derartigen Zusatz auch für verschiedene Gesteinsmaterialien mit gutem Erfolg gearbeitet.

Die schweizerische Lizenznehmerin hat die ersten Versuche zur Herstellung von Mischbelägen mit Aufarbeitung nach dem Salviäm-Verfahren mit einer improvisierten Anlage vorgenommen, die aus einem schweren und unhandlichen Dampflokomobil und einem Mischgerät bestand. Das Lokomobil lieferte einerseits die motorische Kraft für den Antrieb des Mixers durch direkte Riemenübertragung und andererseits auch den Dampf zur Erwärmung des Gesteinsmaterials. Das Lokomobil wurde mit Kohle geheizt, die Schmelzkessel für das Bindemittel in üblicher Weise mit Holz.

Die günstigen Erfahrungen mit dieser Bauweise bei Anwendung verschiedener Bindemittel, verschiedener Gesteinsmaterialien und verschiedener Belagsart ermunterten die Lizenznehmerin, die Frage einer technischen und wirtschaftlichen Verbesserung der Maschinenanlage gründlich zu studieren. Im Zusammenwirken mit ihr ist von Ing. B. Graemiger und der S. L. M. Winterthur eine neue Konstruktion geschaffen worden, die in einem im letzten Heft erschienenen Aufsatz von Ing. Graemiger eingehend beschrieben wird. Ich verweise auf diese Arbeit.

Der Schreibeende hatte in den vergangenen zwei Jahren Gelegenheit, die Durchführung des Salviäm-Verfahrens in der praktischen Anwendung zu verfolgen. Die erste Anwendung erfolgte im März 1938 in Zürich beim Einbau des zweischichtigen Trottoirbelages an der Rämistrasse. Als Gesteinsmaterial, dem die Erdalkalikomponente hinzugefügt wird, wurde gebrochenes Kiesmaterial aus der Grube Rathgeb verwendet, wobei Brechsand $2/3$ mm und Splitt $3/6$ mm in einem solchen Verhältnis gewählt wurden, dass ein stetig abgestufter Kornaufbau nach dem Beton-Prinzip entstand. Der Bindemittelzusatz, enthaltend eine Komponente des Benetzungsmittels, betrug etwa 7,0 Gew. %, berechnet auf das Gesteinsmaterial und das Verhältnis Teer : Bitumen im Gesamtbindemittel war $1/3 : 2/3$. Die Leistung der Mischmaschine gegenüber den üblichen Heissmischmaschinen war wegen langer Mischdauer, bedingt durch Erwärmung des feuchten Gesteinsmaterials, durch den gespannten Dampf und die Zugabe des Bindemittels in zwei Phasen, im Vergleich zu den üblichen Heissmischanlagen relativ klein. Auffallend war die rasche Verdrängung des Wassers von der Oberfläche des Gesteins durch das Bindemittel während des Mischprozesses, sodass beim Ablassen des frischen Mischgutes in den Transportkarren Wasser reichlich abtropfte. Das Mischgut wurde in üblicher Weise mit Rechen verteilt, mit der Latte abgezogen und mit kleiner Motor-Einradwalze eingewalzt. Im Vergleich zum Mischgut aus der üblichen Heissmischanlage erwies sich das Salviäm-Mischgut beim Verarbeiten als zäher und «schwerer», was in erster Linie darauf zurückzuführen ist, dass das Mischgut weniger heiss und das Bindemittel demzufolge auch zäher ist. Obwohl nicht alle Komponenten des heterogenen Gesteinsmaterials vollständig mit Bindemittel umhüllt waren, war die Ver kittung und Verklebung im Belage gut, so-

¹⁰⁾ F. J. Nellensteyn & N. M. Roodenburg: Chem. Weekblad Bd. 50 (1933) S. 41. — F. J. Nellensteyn: Theoretical Aspect of the Relation of Bitumen to solid Matter (Proc. World Petrol. Congress, London 1933). — R. N. J. Saal: Die Adhäsion von Bitumen und Teer an festen Strassenbaustoffen (Bitumen, Bd. 3 (1933) S. 101).

dass heute keinerlei Kornausbruch und keinerlei Schäden, die auf die Arbeitsweise zurückgeführt werden müssten, festzustellen sind. — Im Sommer 1938 wurden mit gebrochenem Kiesmaterial Hardwald in analoger Weise und ebenfalls mit gutem Erfolg einschichtige Trottoirbeläge an der Industriestrasse eingebaut.

Ebenfalls im Sommer 1938 wurden doppelschichtige Fahrbahnbeläge zur Ausführung übernommen und das Mischgut nach dem Salviam-Verfahren präpariert. Ich erwähne den Belag der Strasse Oberegg-Heiden, für dessen Unterschied ungebrochenes Kiesmaterial mitverwendet wurde (vergl. Abb. 5), und den Belag an der Kugelillostrasse (Quartierstrasse mit schwachem Verkehr) in Zürich, bei dem für beide Schichten gebrochenes Kiesmaterial angewendet wurde. Die Kornabstufung ist in beiden Schichten des Oberegger Belages etwas ungünstiger als beim Zürcher Belag. Ausserdem erweist er sich mit etwa 7 Gew. % in der Deckschicht als etwas bindemittelreich, der Zürcher Belag mit rd. 5 % eher als etwas mager.

Eine Reihe von verschiedensten Ausführungen von Fahrbahn- und Trottoirbelägen folgte im Herbst 1938. Im Sommer 1939 wurde für den Einbau von Asphaltteerbeton im st. gallischen Rheintal das neue Maschinenaggregat angewendet. Soweit dem Schreibenden aus eigener Beobachtung bekannt ist, stellten sich bei keiner Ausführung Schwierigkeiten grundsätzlicher Natur ein, und bei sorgfältiger Vorarbeit verlief die Durchführung programmgemäss und zufriedenstellend. Die Bindemittel wurden dem erwärmten, nassen und vorbehandelten Gesteinsmaterial heissflüssig zugegeben, und zwar in der ersten Operation die niedrig viskose Komponente (Teer mit Zusätzen), in der zweiten Bitumen. Anscheinend stellt sich infolge der mechanischen Reibung der Gesteinskörner als Zwischenstadium die Bildung einer Emulsion ein, die noch während des Mischprozesses bricht und den Wasserfilm von der Gesteinsoberfläche verdrängt; das Wasser verdunstet, solange der Belag noch offen ist. Es wurden bis heute verschiedene Bindemittel, meistens aber Mischungen von Teer und Bitumen in stark wechselndem Verhältnis der beiden Komponenten angewendet.

Die Lizenznehmerin erblickt in der Anwendung des Salviam-Verfahrens folgende Vorteile:

1. Von der Verwendung flüssiger Brennstoffe für die Herstellung des Mischgutes kann abgesehen werden.
2. Die Anlage ist leicht transportierbar und schnell aktionsbereit, was besonders in Alpenebenen vorteilhaft ist. Die Transportkosten sind verhältnismässig niedrig.
3. Feuchte und regnerische Witterung hindern die Herstellung des Mischgutes nicht. Trotz kleinerer Leistung im Vergleich zu den üblichen Heissmischanlagen kann das Bauprogramm infolge nahezu ununterbrochener Arbeit durchgeführt werden. Organisatorisch ist der Betrieb wirtschaftlicher, da Schlechtwetterperioden leichter zu überwinden sind und mit kleineren Gruppen stetigere Arbeit geleistet werden kann.
4. Da die Gesteinstemperatur nicht sehr hoch liegt, kommt eine Schädigung durch Ueberhitzen des Bindemittels bei seiner Berührung mit dem heissen Gestein nicht in Betracht.

Vom materialtechnischen Standpunkt aus ist bei der Anwendung des Salviam-Verfahrens grundsätzlich gleich vorzugehen wie bei der Herstellung der entsprechenden Belagsmaterialien in den Heissmischanlagen mit Trockentrommeln. Das Gesteinsmaterial ist petrographisch, mechanisch und hinsichtlich Oberflächenbeschaffenheit und Form auf seine Eignung als Strassenbaustoff zu prüfen. Die Kornkomponenten sind richtig auszuwählen und in einem solchen Verhältnis zu mischen, dass die angestrebte optimale Kornzusammensetzung jeder Belagschicht erreicht wird.

Die bituminösen Bindemittel sind durch eine chemisch-physikalische Prüfung auf ihre normgemässe Beschaffenheit zu untersuchen. Die anzuwendende Bindemittelmenge ist durch Versuche festzulegen und auf die Kornzusammensetzung richtig abzustimmen. Durch besondere Untersuchungen ist die notwendige Menge und die Natur der «substances correctives», die sich am besten für das gegebene Gesteinsmaterial eignen, zu bestimmen.

Bei der Herstellung des Mischgutes sind Mineralstoffe und Bindemittel für jeden Ansatz so zu dosieren, dass die gewünschte Zusammensetzung der Belagsmasse erreicht und beibehalten wird. Es ist dies umso notwendiger, als das Mischgutmaterial jeder Charge für sich angelegt wird, also keine Vermischung mehrerer Chargen vor der Verlegung erfolgt. Der Mischprozess selbst muss gut überwacht und darf erst abgebrochen werden, wenn das Gesteinsmaterial umhüllt ist. Durch Wasserzugabe kann der Mischeffekt bei feinkörnigen Mineralmischungen

günstig beeinflusst werden. Dies kann sich bei Verwendung von relativ trockenem Gestein als notwendig erweisen. Selbstverständlich müssen Dampf Temperatur und die Temperaturen beider Bindemittelkomponenten in den Aufschmelzkesseln überwacht werden. Die Temperatur des Mischgutes ist relativ niedrig und das Belagsmaterial relativ zähe. Es ist also dafür zu sorgen, dass das hergestellte Belagsmaterial keine grossen Wärmeverluste erleidet und es rasch auf die Baustelle kommt (kurzer Transportweg). An der Baustelle soll es in gleichmässiger Stärke angelegt und ohne Verzug eingebaut werden.

Ausbau des Elektrizitätswerks der Stadt Belgrad durch Gebrüder Sulzer und Brown, Boveri & Cie.

Im Auftrag der Konzessionsinhaberin der elektrischen Zentrale der Stadt Belgrad (der Kraft- und Licht-A.G., Basel) hat die Schweizerische Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft in Basel die im Jahre 1932 in Betrieb genommene und in der «SBZ», Bd. 104, S. 215* (1934) beschriebene Zentrale mit Rücksicht auf den inzwischen stark gestiegenen Verbrauch an elektrischer Energie weiter ergänzt. Eine Beschreibung der ursprünglichen Kesselanlage ist auch in der «Revue Technique Sulzer», 1933, Nr. 2, erschienen. Die im ersten Ausbau installierte Leistung von 18 000 kW verteilte sich auf drei BBC-Turbo-Alternatoren von je 6000 bis 6750 kW, die von sechs Sulzer-Kesseln gespeist wurden. Die Gebäulichkeiten waren von Anfang an für den Einbau einer vierten Turbogruppe und zweier weiterer Kessel gleicher Leistung vorgesehen. Zur Orientierung über die Gesamtanordnung des Werkes wiederholen wir aus «SBZ», Bd. 104 Grundriss und Schnitt (Abb. 1 und 2).

Im Verlauf der Studien stellte sich heraus, dass es dank der inzwischen im Kesselbau gemachten Fortschritte möglich war, auf dem gleichen Platz Kessel doppelter Leistung aufzustellen. Es wurde daher beschlossen, anstelle einer vierten Einheit von 6000 bis 6750 kW eine solche von 12 500 kW mit zwei entsprechenden Kesseln zu installieren. Ohne bauliche Änderungen des Werkes war es somit möglich, die verfügbare Leistung von 18 000 bis 20 000 auf 32 500 kW zu erhöhen, wodurch das Werk instande ist, den Bedarf an elektrischer Energie auch bei schnell ansteigendem Verbrauch für mehrere Jahre zu decken.

Die beiden, wieder von Gebr. Sulzer (Winterthur) gelieferten Dampfessel sind wiederum Steilrohr-Zweitrommelkessel mit Ekonomiser und Luftvorwärmer. Sie sind ebenfalls mit Vorschub-Treppenrosten, die sich für die Verbrennung von serbischer Lignitkohle sehr gut bewährt haben, ausgerüstet und mit zonenweiser Zuführung unter dem Rost der vom rotierenden Ljungström-Vorwärmer auf rd. 170° C erwärmten Verbrennungsluft. Der ausserordentlich nasse Brennstoff, der bis zu 47 % Wasser enthält und eine relativ hohe Vorwärmung der Verbrennungsluft verlangt, enthält überdies noch etwa 10 % Schlacke von relativ niedrigem Schmelzpunkt und es musste bei dessen Verfeuerung mit viel Flugaschenanfall gerechnet werden. Zur Erreichung der vollständigen Mischung und Verbrennung der Gase wird ausserdem durch die vordere Wand der Brennkammer Frischluft eingeblasen. Ein mittels Klappen ausschaltbarer Saugzugventilator dient zur Verstärkung des Kaminzuges. Um die Abmessungen der neuen Kessel nach Möglichkeit herabzusetzen und dem verfügbaren Raum anzupassen, ist die äussere Einmauerung durch eine wärme-isolierende Schicht und eine Blechverschalung ersetzt worden, im Gegensatz zu den alten Kesseln, die vollständig eingemauert sind.

Folgende Hauptcharakteristiken der neuen und der alten Kessel lassen deutlich die durch die neue Konstruktion erzielten Gewinne erkennen:

		neue Kessel	alte Kessel
Betriebsdruck	atü	35	35
Temperatur des überhitzten Dampfes	° C	425	425
Heizfläche	m ²	500	350
Spezifische Kesselbelastung	kg/m ² /h	50 ÷ 56	43 ÷ 45
Rostfläche	m ²	22,8	19
Feuerungsleistung	kg/m ² /h	365 ÷ 416	245 ÷ 260
Ueberhitzer	m ²	315	210
Ekonomiser	m ²	594	448
Dampferzeugung:			
Wirtschaftliche Belastung	kg/h	25 000	16 500
Maximale Dauerlast	kg/h	29 000	19 000
Kubatur eines Kessels	m ³	576	550

Die neuen Kessel wurden dampfseitig an die Dampfverteilung des Werkes, die bei dieser Gelegenheit zu einer doppelten Ringleitung ergänzt wurde, angeschlossen. Obwohl die vorhandenen Kesselspeisepumpen eine genügende Reserve dar-