

volumenbeständigen und säurefesten Stoffen, ferner nach solchen mit Eigenschaften der Wasserabweisung, der Wärmesperrung und der Wärmespeicherung, schließlich der geringen Schalleitung führt auf den engsten Kreis der Baustoffe des Krankenhauswesens. Dabei handelt es sich um das Verhalten eines Werkstoffes während seiner Herstellung, während seiner bautechnischen Verarbeitung und während seiner hygienischen und ökonomischen Bewährung im fertigen Bau.

Alle diese Gedankengänge sind Linien, die sich im Gestaltungsvorgang eines Krankenhauses mannigfach berühren oder durchkreuzen, oft erst im technischen Zusammenbau ihre Vervollständigung erfahren und daher einer systematischen Darstellung kaum zugänglich sind, will man nicht auf das Gebiet des eigentlichen Aufbaues übergreifen. Dieser aber bleibe hier mehr außerhalb der gezogenen Abgrenzungen, innerhalb deren wiederum verschiedene Gründe für Auswahl des Stoffes und Tiefe der Behandlung maßgebend sein müssen.

Im großen Ganzen sollen die Baustoffe nach dem technischen Hergang im Gesamtwerk geordnet werden, ohne sie dabei nach Materialien des Rohbaues und des Ausbaues scheiden zu wollen. Dies dürfte am anschaulichsten sein.

Für die vorliegenden Ausführungen wurden vor allem Erfahrungen der Praxis und Umschau in Lagern und Werkstätten ausgewertet. Von einem umfänglichen Propagandaschrifttum der Industrie konnte ein gewisser Gebrauch gemacht werden.

## A. Zement und Beton.

### a) Baustoffe und Verarbeitungsweisen.

*Portlandzement* ist ein hydraulisches, d. h. unter Wasser erhärtendes Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gewichtsteilen Kalk auf 1 Gewichtsteil löslicher Kieselsäure + Tonerde + Eisenoxyd, hergestellt durch feine Zerkleinerung und innige Mischung der Rohstoffe, Brennen bis mindestens zur Sinterung und Feinmahlen.

Man unterscheidet außer dem normal (nach einer bis zwei Stunden) abbindenden Portlandzement noch schnell und langsam bindende Zemente.

Guter Portlandzement soll raumbeständig sein. Er hat etwa den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie Eisen und hat daran eine von Temperatureinflüssen nicht abhängige Haftkraft. Portlandzement erreicht nach etwa 28 Tagen der Verarbeitung seine normengemäße Festigkeit.

*Hochwertige Zemente.* In Fällen, wo einzelne Bauteile sehr früh ausgeschalt oder hoch belastet werden müssen, wird hochwertiger Zement benutzt, der sehr rasch eine hohe Festigkeit erlangt.

*Eisenportlandzement* besteht aus mindestens 70% Portlandzement und höchstens 30% gekörnter Hochofenschlacke und ist dem gewöhnlichen Portlandzement als gleichwertig zu erachten.

*Hochofenzement* ist ein hydraulisches Bindemittel, das mindestens 15% Portlandzement und höchstens 85% basische, gekörnte Hochofenschlacke enthält. Auch dieser Zement hat gleiche Wirkung wie der normale Portlandzement.

*Traß* ist feingemahlener Tuffstein, aus den Laacher Vulkanen stammend. Traß als Zusatz macht den Zement- oder Kalkmörtel wie auch den Beton dichter und fester. Von großer Bedeutung ist sein Widerstand gegenüber salz- und säurehaltigen Wassern (Meerwasser, Moor) und gegenüber Öl, wovon reine Zementmischungen zerstört werden.

*Zuschläge.* Als Zuschläge zur Bereitung von Zementmörtel, Beton und Eisenbeton gehören Sand, Kies, Splitt und Wasser, und zwar richtet sich das Mischungsverhältnis stets nach dem Bedarf an Festigkeit, der von dem entsprechenden Bauteil erwartet wird.

*Zementmörtel* setzt sich lediglich aus Zement, Sand und Wasser zusammen.

*Beton.* Reiner Beton ist nur in geringem Maße zur Aufnahme von Zugspannungen geeignet. Durch Einlegen von Eisen in den Beton, und zwar derart, daß dabei der Beton die Druckkräfte, das Eisen die Zugkräfte aufzunehmen hat, kommt man zum *Eisenbeton*.

*Stampfbeton* wird erdfeucht gemischt. Diese Mischung wird nur durch Maschinen in hinreichend innigem Maße ausgeführt. Die erdfeuchte Masse erreicht erst durch das Einstampfen die höchste Festigkeit.

*Gußbeton.* Reichliche Wasserbeigabe vermindert die Enddruckfestigkeit des Beton. Trotzdem ist der Gußbeton durchaus brauchbar, erfordert aber besonders geschulte Leute und Einrichtungen. Dann erweist er sich im Hochbau als wirtschaftlich überlegen. Seine Einführung erfolgte aus Amerika.

*Betonspritzverfahren.* Das gleichfalls aus Amerika eingeführte sogenannte „Torkretverfahren“ besteht darin, daß der Beton in trocken gemischtem Zustande durch Preßluft aus einer Düse gespritzt wird. Das erforderliche Wasser fügt ein Strahl aus einer zweiten Düse hinzu. Zunächst nur zum Putzen und Umhüllen verwendet, wurde das Torkretverfahren alsdann auch zum Auf-

bau von Körpern über Eisengeflechten mit großem Vorteil herangezogen. Die dazu nötige Apparatur nennt man die Zementkanone.

*Leichtbeton.* Unter den Materialien zur Herstellung von Außen- und Innenwänden spielt für den Krankenhausbau der Leichtbeton neuerdings eine Rolle von wachsender Wichtigkeit. Dies gilt ganz besonders von der Herstellung von Hochhausbauten des Krankenhauswesens. Derartige Hochbauten werden sich zum Zweck einer möglichst günstigen Ausnutzung des Baulandes innerhalb der Großstädte sicherlich auch in Europa einführen.

In diesem Zusammenhang bietet der Leichtbeton als Ausfachungsstoff den großen Vorteil, daß infolge seines geringen spezifischen Gewichtes der Transport dieses Baustoffes zu den Obergeschossen sich außerordentlich viel billiger bewerkstelligen läßt als bei den bisher verwendeten schweren Stoffen.

Man unterscheidet im einzelnen: Schlackenbeton, Bimskiesbeton, Gasbeton, Zellenbeton, Porosit, Eisbeton. Von diesen Arten des Betons darf heute der Gasbeton als eine Neuerung ein eingehendes Interesse für sich in Anspruch nehmen.

*Gasbeton (Aerokret).* Der Gasbeton tauchte 1923 in Schweden zuerst auf. Er wird dort in Blöcken von  $50 \times 25$  cm bei einer Stärke von 7, 14,  $17\frac{1}{2}$  und 20 cm fabrikmäßig hergestellt. Gasbeton entsteht dadurch, daß in einer feinen Betongrundmasse durch Beimengung von Aluminiumpulver nebst einigen Zuschlägen ein chemischer Prozeß eingeleitet wird, bei dem Wasserstoff frei wird. Dieses Gas umgibt jedes Aluminiumkörnchen mit einer selbständigen Gasblase, sodaß der Beton wie in einem Gärungsprozeß aufgetrieben wird. Die dünnen Trennungswände des schaumigen Gebildes stellen nach dem Erhärten einen dichten Zusammenhang dar mit einer sehr niedrigen Wärmeleitzahl und einem großen Widerstand gegen das Eindringen von Wasser.

Gasbeton an Ort und Stelle zu gießen ist nicht empfehlenswert, weil unter dem Druck der aufgebrachten Massen die Gasblasen sich vor dem Abbinden zusammendrücken würden und damit die beabsichtigte Wirkung zum Teil hinfällig würde.

Das spezifische Gewicht des Gasbetons ist durchschnittlich 0,8—0,9 und ist nach oben und unten veränderlich je nach den Anforderungen, die an die Druckfestigkeit des betreffenden Bauteils gestellt werden. Die Torkretgesellschaft, die nach ihren eigenen Patenten den Gasbeton unter der Bezeichnung „Aerokret“ in Deutschland ausführt, ist von der Verwendung gewöhnlicher Betonsubstanz, die als Gasbeton nur eine Druckfestigkeit von wenig über 20 kg pro qcm lieferte, zu dem wesentlich leichteren aber feinporigeren Bimsgasbeton übergegangen, der unter Zu-

schlag von Bims oder Hochofenschlacke erzeugt wird, und hat damit jetzt eine Druckfestigkeit von 35 kg pro qcm und mehr erreicht.

Die Probe der Frost- und Feuerbeständigkeit hat hier sowohl wie in Amerika vorzügliche Ergebnisse gezeitigt. Dabei hat eine 10 cm starke Deckenplatte über einem Versuchsraum, der viele Stunden hindurch einem inneren Brande ausgesetzt und unter einer Hitze von 900° C gehalten wurde auf der oberen Fläche eine Temperatur von nur 120° C gezeigt und blieb in ihrer Substanz fest erhalten.

Es ist wichtig, daß die in der Fabrik hergestellten Gasbetonblöcke vor der Verwendung gut austrocknen. Diesen Prozeß befördert die bei dem Abbinden des Zements entwickelte Wärme, zu der noch eine weitere Temperaturerhöhung durch die Gasbildung hinzukommt. Während des Erhärtungsvorganges macht sich ein Schwinden geltend. Daher ist Wert auf genügende Ablagerung vor der Verwendung zu legen. Andererseits tritt innerhalb von 24 Stunden ein zur Auslösung der Blöcke aus der Form hinreichendes Abbinden ein.

Das Versetzen der Blöcke findet mit gewöhnlicher Mörtelfuge in Aerokretmörtel statt. Die deutsche Ausführung des Vermauerns geschieht nicht mit geradflächigen Stoßseiten sondern unter federartigem Eingreifen zweier solcher Seiten eines Blockes in entsprechende Ausrundungen der Nachbarsteine. Für die Gebäudeecken werden besondere Steine geformt. In den Blöcken sind zylindrische Hohlräume ausgespart. Schwache Wände können nach Art der Prüfwände mit Eisen armiert werden.

Besonders vorteilhaft gestaltet sich bei Gasbetonmauern die *Putzfrage*. Für das Äußere genügt ein sogenannter Aerowaschüberzug von wenigen Millimetern Stärke, der, mit Gebläse aufgebracht, nach dem Abbinden alle Feuchtigkeit abweist. Im Innern ist Putz überhaupt nicht überall erforderlich. In Krankenhäusern ist allerdings zur besseren Glättung der Fläche ein dünner Putzüberzug unerlässlich, der mit dem Reibebrett hergestellt wird. Die Haftung der Putzschale auf der Gasbetonfläche ist ausgezeichnet.

Die Gasbetondeckenplatten werden mit Draht armiert und sind so geformt, daß sie als Füllkörper zwischen Betonrippen wirken, die durch Einguß in Hohlräume entstehen.

Gasbeton stellt eine vorzügliche Isolierung gegen die Fortpflanzung und den Durchgang von Geräuschen dar. Ein stählernes Bauskelett ist durch die Blöcke und Platten der Ausfachung völlig eingeschlossen und von der Übertragung von Schallwellen

ferngehalten. Nicht ohne Bedeutung sind dabei die auf die Trägerflanschen aufzuliegenden Gasbetonplatten mit darin eingebauten Korkschalen.

*Aerokretbaustoff* besitzt eine 3—3 $\frac{1}{2}$ -fache Wärme-Isolierfähigkeit gegenüber Ziegelmauerwerk. Neben ihm wird auch *Aerokretisolistoff*, entsprechend mit einer 5fachen Isolierfähigkeit, hergestellt. Aerokret ist volumenbeständig, da nach dem Erhärtungsprozeß keine chemischen Veränderungen mehr vor sich gehen. Er ist nagelungsfähig und sägbar. Bei Flachbauten kann man eines Eisenskelettes entraten. Fensterstürze und Deckenträger werden armiert.

Von besonderem Wert ist, daß mit der Gasbetonbauweise außerordentlich wenig Feuchtigkeit in den Bau kommt. Die beim Arbeitsvorgang in feuchter Verarbeitung sich entwickelnde Wärme gestattet ein Arbeiten auch bei Frost.

### b) Rissebildung im Beton.

Dauernde Feuchterhaltung während des Erhärtens und Nachhärtens ist für die Vermeidung von Schwinderrissen im Beton wichtigste Voraussetzung. Am besten wirkt Deckung mit feuchter Erde. Bewegungsrissen wird durch Dehnungsfugen begegnet.

Systematische Untersuchungen über die Mischungsverhältnisse und Wasserbeigaben zur Betonmasse sowie über die Abbindungs- und Erhärtungsvorgänge haben ergeben, daß ein ganz bestimmtes Verhältnis der Wassermenge zu den übrigen Bestandteilen der Mischung für das Erreichen höchster Endfestigkeit von ausschlaggebender Bedeutung ist. Ein Zuviel an Wasser steigert die Zahl der Hohlräume und mindert damit die Festigkeit.

Frühzeitiges Abtrocknen auch der oberflächlichen Schichten erzeugt Schwinderrisse, die der ganzen Konstruktion verderblich werden können. Brettschalungen entziehen dem Beton die Feuchtigkeit. Kalkige und tonige Sande, die viel Wasser aufnehmen können, verursachen nach Verdunstung größere Risse, als sie bei der Verwendung reiner Sande vorkommen können.

Mit dem Alter läßt die Neigung zum Schwinden im Beton nach, bis sie zum Stillstand kommt. Bei Eisenbeton treten infolge der Haftspannungen, die zwischen Zement und Eisen entstehen, geringere Längenänderungen während des Trocknungsprozesses ein als bei unarmiertem Beton.

Beton quillt unter dem Einfluß der Feuchtigkeit wenig auf, schwindet aber beim Trocknen erheblich.

Temperaturschwankungen sind für den Beton nicht sehr gefährlich, obgleich sein Ausdehnungskoeffizient mit demjenigen

von Eisen nicht ganz übereinstimmt. Die in entstandene Risse eintretenden Wassermengen können in der Nähe des Gefrierpunktes dem Beton dadurch weniger Schaden zufügen, daß die Dehnung, die das Wasser von  $+4^{\circ}\text{C}$  an bei sinkender Temperatur durchmacht, und die über den Nullpunkt hinaus sich steigert, durch die Zusammenziehung des Betons, die gleichzeitig eintritt, etwa ausgeglichen wird. Theoretisch übersteigt die Bewegung des Betons sogar diejenige des Wassers. Immerhin muß der Bildung von Rissen im Beton die allergrößte Aufmerksamkeit zugewendet werden, da sie das Einfallstor für schwere Schädigungen bieten.

Säuren und saure Salze schädigen den Beton besonders stark, auch die in der Luft schwebenden und durch Meteorwässer zur Lösung kommenden Stoffe, an denen namentlich die Luft der Industriestädte reich ist.\* Schweflige Säure gilt als der ärgste Feind des Betons. Man spricht vom „Zementbazillus“.

### e) Dichtung von Beton und Putz.

Beton ist in keinem Falle wasserdicht, und selbst gebügelter Zementputz vermag dem Druckwasser keinen dauernden Widerstand entgegenzusetzen. Bei Druckwasser empfiehlt sich stets eine besondere Dichtung durch bituminöse Pappen (Biehn'sche Dichtung oder Tektolit). Gegen Erd- und Wetterfeuchtigkeit sind andere Dichtungsmittel am Platze.

Während man früher zum Zweck der Wasserdichtung durch verschiedene Mittel die im Beton wie im Putz vorhandenen Poren zu schließen versuchte, hat die Kolloidchemie Mittel an die Hand gegeben, um das Ziel der Wasserdichtigkeit der genannten Baustoffe auf einem ganz anderen Wege zu erreichen. Eine Anzahl seit längerer Zeit bereits bewährter Mittel sind im Handel, die darauf beruhen, durch Beifügung einer kolloidalen Lösung zum Mörtel den kleinsten Teilchen eine wasserabweisende Wirkung zu verleihen. Diese Wirkung beruht auf einer Verkleinerung der Adhäsion des Wassers am Baustoff, die so weit geht, daß die Oberflächenspannung des Wassers sie überwiegt. Die dafür zur Verfügung stehenden Präparate werden im Anmachwasser gelöst und gelangen so gleichmäßig verteilt in alle kleinsten Hohlräume der Mörtelsubstanz, um daselbst nach dem Abtrocknen Reste zu hinterlassen, an denen sich jene kolloidale Eigenschaft auswirkt. Auf diese Weise kann der sonst wirksame, auf der Kapillarität beruhende Vorgang sich nicht abspielen, und an Stelle des Ansaugens von Feuchtigkeit tritt die Wasserabweisung ein.

Als wasserabweisend hat sich Ceresit der Wunnerschen Bitumenwerke in Unna bewährt, eine breiig hellfarbige Paste, die den Mörtel wasserdruck- und schwefelsäurefest macht. Der Bedarf ist  $25 \text{ kg/m}^3$  und  $\frac{1}{2}$ — $1 \text{ kg/m}^2$ . Ebenso wird Novon von den gleichen Werken sehr empfohlen.

Neuerdings wendet man sich auch dem Prinzip des Schließens der oberflächlichen Poren wieder zu und läßt die tragende Betonmasse unberührt von Emulsionen. Sika wird dafür vielfach mit Erfolg angeboten.

Dieser Abschnitt soll nicht ohne den Hinweis darauf geschlossen werden, daß die sichere Anwendung von Zement und Beton eine Kunst ist, die auf Gefühl und Erfahrung beruht und deshalb im hohen Maße Vertrauenssache ist. Die Sicherung des Erfolges ist theoretischer Erörterung kaum zugänglich.

## B. Baustahl.

Das eigentliche Feld des *Baustahles* ist der Hochhausbau.

Die für Hochhausbauten vorwiegend in Betracht kommende Stahlskelettbauweise ist vom sechsten Geschoß an und bis zu einer bestimmten Grenze aus mehr als einem Grunde sehr wirtschaftlich. Sie gestattet eine sehr schnelle Bauausführung und eine wesentliche Ersparnis von Mauerstärken in den unteren Geschossen gegenüber dem Massivbau.

Die auf engem Raum amerikanischer Städte erwachsenen Hochhausbauten haben nun auch auf dem Gebiete des Krankenhausbaues Hochhauslösungen erheblichen Umfangs nach sich gezogen, und man beginnt in Deutschland mit der Notwendigkeit zu rechnen, im größeren Maße als bisher den Baustahl zur Erfüllung baukonstruktiver Aufgaben des Krankenhauswesens heranzuziehen. Aber auch für Flachbauten wird seine Verwendung mannigfach empfohlen.

Die Vorteile dieser Bauweise scheinen bedeutend. Vor allem kann jene große Schnelligkeit der Ausführung dann erreicht werden, wenn der Bau gründlich vorbereitet und namentlich im Stadium der behördlichen Verhandlungen bereits statisch berechnet werden kann. Weiterhin ist mit dem Stahlbau der wirtschaftliche Vorteil einer reichlichen Ausnutzung von Werkstattarbeit gegeben, die der Baustelle nur noch die Montagearbeit überläßt. Weitgehende Verwendung ungelerner Kräfte gestaltet dabei den Bauvorgang billig. Bei großem Zeitgewinn gelangt das Kapital zu schnellerem Umsatz und zu neuer nutzbringender Arbeit. Abänderungen während der Ausführung, ja selbst nach Fertigstel-