

er selbst einen so großen Teil seiner Lebensarbeit gewidmet hatte.

Diese intensive wissenschaftliche Tätigkeit in Göttingen sollte auch nicht ohne äußere Anerkennung bleiben. Im Jahre 1919 wurde Zsigmondy zum ordentlichen Professor an seiner bisherigen Wirkungsstätte ernannt, die Kolloidgesellschaft verlieh ihm als dem ersten für seine Verdienste um die Kolloidwissenschaft den Laura-Leonhard-Preis des Jahres 1923, und drei Fakultäten promovierten ihn zu ihrem Ehrendoktor.

Neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit besaß Zsigmondy eine ausgesprochene Liebe zur Natur und einen hohen künstlerischen Sinn. Die eine Eigenschaft führte ihn zur Erwerbung einer Besitzung bei Terlago in Südtirol, die ihm trotz Übergang des Landes in italienischen Besitz erhalten geblieben war. Dort suchte und fand er im Kreise seiner Familie Erholung und Kräftigung zu weiterer, anstrengender

wissenschaftlicher Arbeit. Dort suchte er auch Heilung von seinem schweren Leiden, die ihm leider nicht beschieden sein sollte. Sein künstlerischer Blick ließ ihn die Dinge nicht nur von abstrakt wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus ansehen, sondern sie oft mit künstlerischen Vorstellungen verbinden, so daß sie auch für den Außenstehenden plastische Gestalt annahmen.

Alles in allem war Zsigmondy die Idealgestalt eines Gelehrten, der viel zu früh der Wissenschaft entrissen wurde.

Er war ein feingebildeter, liebenswürdiger Mann, der zwar sich nicht jedem rückhaltlos anschloß, der aber im Kreise gleichgestimmter Menschen und Kollegen im höchsten Maße anregend und angeregt sich geben konnte, und an denen, die er einmal schätzen gelernt hatte, mit Treue festhielt. Jedem, der näher mit ihm in Berührung zu kommen das Glück hatte, wird seine Persönlichkeit unvergänglich bleiben.

[A. 166.]

Aufbau und chemische Widerstandsfähigkeit des Betons*).

Von Dr. RICHARD GRÜN.

Direktor des Forschungsinstitutes der Hüttenzementindustrie, Düsseldorf.

Inhalt: A. Aufbau des Betons. I. Chemische Zusammensetzung der Bindemittel. II. Chemischer Aufbau des Betons. III. Gefügebescassenheit des Betons. — B. Chemische Widerstandsfähigkeit des Betons. I. Einwirkung von Basen. II. Einwirkung von Säuren. III. Einwirkung von Salzen. — C. Schutz des Betons.

Eing. 19. Juni 1929.

Beton ist ein künstliches Gestein, welches in immer steigendem Umfange verwendet wird, um Industrie- und Werksbauten zu errichten und die Naturgesteine zu vertreten. Seinem Wesen nach besteht Beton aus Kiessand oder Splitt, also aus gebrochenem Naturstein, welcher durch wasserhaltige Silicate verkittet wird.

Der große Vorteil des Betons gegenüber dem Naturstein ist nicht nur die Tatsache, daß er als gußfähiges, schnell erhärtendes Material in eine beliebige Form gebracht werden kann, sondern vor allen Dingen auch der Umstand, daß man Eisen zur Aufnahme der Zugspannungen in ihn einzulegen vermag. Auf diese Weise erreicht der so entstehende Eisenbeton unvergleichlich viel höhere Zugfestigkeiten als der beste Naturstein.

Daß Natursteine verwittern und besonders in der schwefligsäurehaltigen Luft der modernen Großstadt rasch zerstört werden, ist bekannt. Weniger bekannt ist, daß auch der Beton seine Feinde hat. Im allgemeinen kann Beton als widerstandsfähiger betrachtet werden als viele Natursteine, dennoch ist es notwendig, die Feinde des Betons zu erkennen, um sie bekämpfen zu können, zumal in neuerer Zeit Beton in großem Umfange für den Bau chemischer Fabriken, für Fundierungen von Bauwerken in aggressiven Wässern usw. verwendet wird.

A. Aufbau des Betons.

Maßgebend für die Widerstandsfähigkeit des Betons sowohl in bezug auf Dichte, Zug- und Druckfestigkeit als auch in bezug auf seine chemische Widerstandsfähigkeit ist sein Aufbau. An diesem Aufbau beteiligt ist die chemische Zusammensetzung des Bindemittels, welches die Zuschlagstoffe verkittet, die chemische Zusammensetzung dieser Zuschlagstoffe und schließlich die Gefügebescassenheit des fertigen Betons. Über die chemischen Zusammensetzung der Zuschlagstoffe ist wenig zu sagen. Meistens wird Kies verwendet, der bekanntlich aus dem sehr widerstandsfähigen und harten Quarz besteht, bisweilen auch Split von Basalt, Gneis

oder Granit. Die Zuschlagstoffe müssen in physikalischer und chemischer Beziehung widerstandsfähig sein, da von dem fertigen Beton keine höhere Widerstandsfähigkeit verlangt werden kann, als sie die Zuschlagstoffe, die ja ungefähr 80% des ganzen Betons ausmachen, aufweisen. Weit wichtiger als die Zuschlagstoffe, von denen eine erhebliche Widerstandsfähigkeit in jeder Beziehung vorausgesetzt wird und auch infolge richtiger Auswahl meistens vorhanden ist, ist die chemische Zusammensetzung des Bindemittels.

I. Chemische Zusammensetzung der Bindemittel.

Will man über die chemische Widerstandsfähigkeit der Bindemittel, besonders in bezug auf chemische Einwirkungen, ein Bild bekommen, so muß man sich selbstverständlich zunächst mit der chemischen Zusammen-

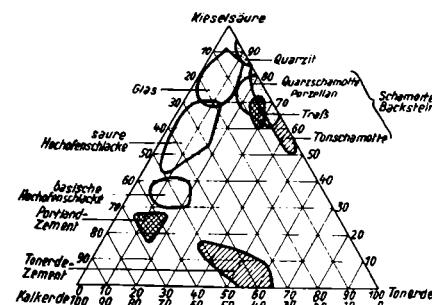


Abb. 1. Dreistoffsysteem Kalk-Kieselsäure-Tonerde mit Eintragung der Felder für die einzelnen, technisch wichtigen Stoffe.

setzung des unverarbeiteten Bindemittels beschäftigen. Es gibt zur Zeit drei große Gruppen von Zementen, nämlich Portlandzement, Hüttenzement und Tonerdezement. Alle diese Bindemittel bestehen aus Kalk, Kieselsäure und Tonerde. Sie unterscheiden sich zunächst durch die prozentuale Verteilung dieser drei Komponenten, weiter durch die Aufbereitungsweise, also durch den physikalischen Formzustand. In dem Dreistoffsysteem Kalk-Kieselsäure-Tonerde (Abb. 1) sind die einzelnen Felder, welche für die drei Zementarten in Betracht kommen, übersichtlich eingezeichnet. Es

* Vorgetragen auf der Gautagung des Vereins deutscher Chemiker in Krefeld am 9. Juni 1929; vgl. diese Zeitschr. S. 744.

geht aus der nahen Benachbarung der Felder zunächst hervor, daß die hydraulisch erhärtenden Verbindungen, die im Dreistoffsysteem vorkommen, in der linken Ecke bis zu der 50er Linie für Kalk liegen. Verbindungen, die wesentlich unter 50% Kalk enthalten, können demgemäß offenbar nicht mehr hydraulisch erhärten. Möglich ist es, die Kieselsäure durch Tonerde zu ersetzen. Man kommt so vom Portlandzement zu dem hochhydraulischen Tonerdezement, der ganz besonders hohe Anfangsfestigkeiten hat. Es seien nun die einzelnen Zementarten in ihren chemischen Aufbau kurz

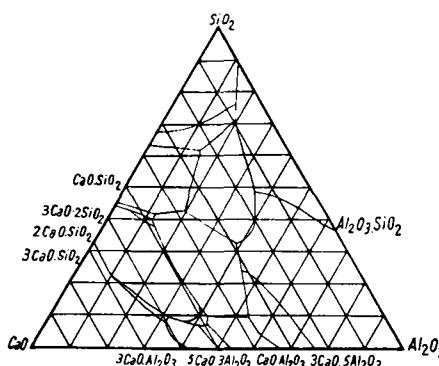


Abb. 2. Dreistoffsysteem Kalk-Kieselsäure-Tonerde mit Eingriffung der Felder für die einzelnen chemischen Verbindungen (nach Rankin-Wright).

besprochen. In Abb. 2 sind die Felder für die verschiedenen Verbindungen, die sich im Dreistoffsysteem bilden können, eingezzeichnet. Es zeigt sich bei Betrachtung der Lage der einzelnen Bindemittel zu diesen Feldern folgendes:

a) **Portlandzement.** Der Portlandzement würde seiner Lage im Dreistoffsysteem nach in der Hauptsache aus Tricalcium- und Bicalciumsilicat, außerdem aus etwas Tricalciumaluminat bestehen, wenn es sich bei ihm um ein Schmelzerzeugnis handelte. Da aber der Portlandzement ein Sinterprodukt ist, also nicht bis zum Schmelzen erhitzt wird, können in ihm nicht die aus dem Dreistoffsysteem zu folgernden Bodenkörper auskristallisieren, und die Bildung noch anderer Produkte erscheint sehr wohl möglich, beispielsweise die einer Verbindung 8CaO·Al₂O₃·2SiO₂, die von Jänecke entdeckt und rein dargestellt wurde. Gleichgültig, ob der eben erwähnte Jäneckeit oder das von den Amerikanern nachgewiesene Tricalciumsilicat einen Hauptbestandteil des Portlandzementes bildet, soviel ist sicher, daß es sich bei Portlandzement um ein sehr hochkalkiges Produkt handelt, denn 65%, also zwei Drittel, des Portlandzementes bestehen aus CaO.

b) **Hüttenzemente.** Der Hüttenzement ist ein Mischzement aus Portlandzementklinker und Hochofenschlacke. Es gibt zwei Hüttenzemente, und zwar Eisenportlandzement und Hochofenzement. Der Eisenportlandzement enthält 70% Portlandzement und 30% Hochofenschlacke, beim Hochofenzement ist das Verhältnis ungefähr umgekehrt. Da die Hochofenschlacke weiter gegen die Kieselsäurecke zu liegt als der Portlandzement, also kalkärmer ist, haben die Hüttenzemente einen geringeren Kalkgehalt als die Portlandzemente. Die Hochofenschlacke selbst hat nur latent hydraulische Eigenschaften, vermag also nicht beim Vermahlen und Anmachen mit Wasser hydraulisch zu erhärten, infolgedessen muß ihr zur Weckung der hydraulischen Eigenschaften Portlandzementklinker zugesetzt werden, wie das auch bei der Herstellung der Hüttenzemente geschieht. Da die Hüttenzemente eine Mischung aus Portlandzement und einer Puzzolane darstellen, zeigen sie im allgemeinen

eine größere Widerstandsfähigkeit gegen manche aggressiven Einwirkungen, da erfahrungsgemäß die hochkalkigen Portlandzemente durch Zusetzen einer kalkärmeren Puzzolane, die einen Teil des Kalkes aufnimmt, widerstandsfähiger gemacht werden.

Ihrer chemischen Zusammensetzung nach sind die Hochofenschlacken, wie ihre Lage im Dreistoffsysteem zeigt, Bicalciumsilicate und Calciumaluminumsilicate, u. a. Melilithe. Im langsam erkalteten Zustande, wenn also diese Verbindungen sich kristallinisch ausgeschieden haben, haben die Hochofenschlacken keine hydraulischen Eigenschaften mehr. Sie zeigen diese nur, wenn sie schnell abgekühlt werden. Hierdurch werden sie in Gläser übergeführt, welche keinerlei kristallinische Struktur zeigen. Offenbar liegen die eben genannten Verbindungen in diesen Gläsern nicht vor, sondern es handelt sich bei ihnen um feste Lösungen, die bei Zutritt eines Katalysators, wie Kalk, Gips oder dergleichen noch weiter zu reagieren und auf diese Weise die Erhärtung herbeizuführen vermögen.

c) **Tonerdezement.** Die bereits in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts von Winkler entdeckte hydraulische Eigenschaften der Kalkaluminate wird neuerdings durch Herstellung der Tonerdezemente nutzbar gemacht. Die Tonerdezemente bestehen aus Calciumaluminat und Tricalciumpenta-aluminat, die im Tonerdezement in kristallisiertem Formzustand vorliegen.

II. Chemischer Aufbau des Betons.

Will man den chemischen Aufbau des Betons betrachten, so ist es natürlich wichtig, zu wissen, was beim Anmachen eines Zementes mit Wasser, also bei dessen Hydratation, erfolgt. Genau sind die diesbezüglichen Verhältnisse noch nicht bekannt, man weiß nur, daß bei der Hydratation des Portlandzementes ein Abbau hochkalkiger Silicate zu niedrigkalkigen Silikaten erfolgt, während beim Erhärten des Tonerdezementes ein Aufbau hochkalkiger Aluminate aus tiefkalkigen Aluminaten eintritt. Bei dem ersten Prozeß scheidet sich Kalk, bei dem letzten Tonerde ab. Die Erhärtung selbst wird offenbar herbeigeführt in erster Linie durch Gele, die sich bei diesen Hydrationsvorgängen abscheiden und welche beim Austrocknen erhärten. Auch Kristallisationsvorgänge spielen im späteren Verlauf der Erhärtung offenbar eine Rolle. Es ist sehr schwer, die diesbezüglichen Verhältnisse in Formeln zu fassen, dennoch habe ich eine derartige Fassung versucht, um dem Chemiker einen Begriff zu geben von den Vorgängen, die sich beim Ab- bzw. Aufbau der einzelnen Verbindungen abspielen. In der Formeltabelle auf Seite 1072 sind die einzelnen chemischen Reaktionen, wie sie sich abspielen können, wiedergegeben. Die Formeln machen keinen Anspruch auf Richtigkeit, sie sollen nur darstellen, was ungefähr bei der Hydratisierung der drei verschiedenen Bindemittelarten vor sich geht.

a) **Portlandzement.** Die Formel zeigt, daß aus Tricalciumsilicat sich unter Einwirkung des Wassers Monocalcium-hydrosilicat unter Abscheidung von Calciumhydroxyd bildet. Tatsächlich läßt sich freies Calciumhydroxyd nachweisen. Auch das bisweilen vorhandene Bicalciumsilicat kann in gleicher Weise zu Monocalciumsilicat zersetzt werden. Die Zersetzung des Jäneckeits zeigt Formel 3, sie wird besonders für tonerdeiche Zemente in Frage kommen. Es bildet sich nicht nur Calciumsilicat, sondern auch Tricalciumaluminat, das für die Erhärtung des unten besprochenen Tonerdezementes eine Rolle spielt.

Chemische Reaktionen, die zur Erhärtung der verschiedenen Zementarten führen.

a) Portlandzement . .	1. $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{4}{2} \text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \frac{2}{2} \text{H}_2\text{O} + 2\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2. $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{3}{2} \text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \frac{2}{2} \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ 3. $8 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 20 \text{H}_2\text{O} = 2(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \frac{2}{2} \text{H}_2\text{O}) + 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$
b) Hüttenzement . .	1. $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{4}{2} \text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \frac{2}{2} \text{H}_2\text{O} + 2\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2. $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{4}{2} \text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \frac{2}{2} \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ 3. $8 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 20 \text{H}_2\text{O} = 2(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \frac{2}{2} \text{H}_2\text{O}) + 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4. $5 \text{CaO} \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{Ca}(\text{OH})_2 + 32 \text{H}_2\text{O} = 3(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O})$
c) Tonerdezement	5. $3 \text{CaO} \cdot 5 \text{Al}_2\text{O}_3 + 24 \text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O} + 8\text{Al}(\text{OH})_3$ 6. $3(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + 18 \text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O} + 4\text{Al}(\text{OH})_3$

b) **Hüttenzement.** Bei Hüttenzement treten, da er ja Portlandzementklinker enthält, zunächst natürlich die gleichen Reaktionen ein wie bei Portlandzement. Wichtig ist, daß hier der frei werdende Kalk teilweise wieder gebunden wird. Eine Möglichkeit dieser Bindung ist in Formel 4 dargestellt, die auch wieder typisch ist für besonders tonerdereiche Schlacken, die bekanntlich zu sehr hohen Festigkeiten führen. Selbstverständlich ist mit diesen wenigen Formeln der ganze Erhärtungsvorgang nicht erschöpft, zumal sich die Gelbildung, die eine große Rolle bei der Erhärtung spielt, schwer in Formeln fassen läßt.

c) **Tonerdezement.** Wir haben bereits beim Hüttenzement gesehen, daß neben einem Abbau hochkalkiger Silicate auch ein Aufbau hochkalkiger Aluminato stattfinden kann. Dieser Aufbau hochkalkiger Aluminate spielt bei der Erhärtung des Tonerdezementes eine ausschlaggebende Rolle insofern, als sich aus den ihn zusammenhaltenden niedrigkalkigen Aluminaten das höchstkalkige Aluminat, das Trikalziumaluminat bildet.

Wenn auch über die vorliegenden Probleme schon außerordentlich viel geforscht worden ist, so ist es bis jetzt noch nicht möglich, die eben in Formeln wiedergegebenen Reaktionen in ihrem vollen Umfange als richtig nachzuweisen, die Formeln haben deshalb nur bedingte Bedeutung, um dem Chemiker wenigstens einen Begriff der Vorgänge, die sich abspielen, geben zu können.

III. Gefügebeschaffenheit des Betons.

Außer der chemischen Zusammensetzung spielt natürlich die Gefügebeschaffenheit des Betons insofern eine große Rolle, als poröser Beton geringere Widerstandskraft gegen mechanische, physikalische oder chemische Beanspruchungen haben wird als dichter Beton.

Den Dünnschliff eines dichten Mörtels gibt Abb. 3 wieder. Man sieht hier deutlich die einzelnen Sandkörnchen liegen, die zusammengehalten sind durch den abgebundenen Zement. Zur Herstellung dieses Mörtels wurde Hochofenzement verwendet. Die einzelnen Schlackenstückchen sind auf dieser Abbildung deutlich zu sehen. Es hat hier also ein volliger Aufschluß der im Zement mitverarbeiteten

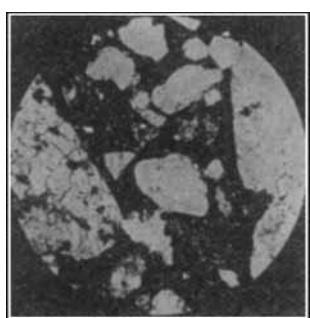


Abb. 3. Dünnschliff von Mörtel aus Hochofenzement.

Hochofenschlacke noch nicht stattgefunden. Eine Feststellung der verwendeten Zementart ist in diesem Falle also durch Erkennung der Schlacke möglich gewesen.

Zur Gefügebeschaffenheit des Betons trägt zunächst natürlich die Art des gewählten Zuschlages bei, von dem verlangt werden muß, daß er in den richtigen

Korngrößenverhältnissen abgestuft ist, damit Hohlräume im Innern des Betons nicht entstehen, denn von einem Beton, der salzwasserbeständig sein soll, muß ganz besonders große Dichtigkeit verlangt werden. Außer dem Aufbau des Betons bezüglich Zementgehalt und Zuschlagsart spielt auch die Verarbeitungsweise des Betongemisches eine große Rolle.

Man unterscheidet drei verschiedene Betonarten, nämlich Stampf-, Guß- und plastischen Beton.

a) **Stampfbeton.** Der Stampfbeton gibt weit aus die höchsten Festigkeiten, führt aber meistens nicht zu einem so dichten Gefüge wie der plastische Beton. Man sollte deshalb den Stampfbeton, der aus einem bis zur Erdfeuchte benetzten Gemisch von Kies, Sand und Zement hergestellt wird, nur dann verwenden, wenn es sich um besonders hohe Festigkeiten, dagegen nicht um eine große Wasserdichtigkeit des Betons handeln soll.

b) **Plastischer Beton.** Plastischen Beton verwendet man stets dann, wenn es sich um Eisenbeton handelt, da ein erdfreudiger Beton nicht in die engen Zwischenräume der Eisenarmierungen verteilt werden kann.

c) **Gußbeton.** Für besonders große Bauwerke eignet sich der Gußbeton, dem so viel Wasser zugesetzt wird, daß er an Ort und Stelle fließt.

B. Chemische Widerstandsfähigkeit des Betons.

Die chemische Widerstandsfähigkeit des Betons hängt naturgemäß nicht nur ab von dessen Gefüge, sondern auch von der einwirkenden Lösung. Diese Lösung wird um so intensiver mitwirken, je größer ihre chemische Verwandtschaft zu dem verwendeten Bindemittel ist. In folgender Tabelle sind die Prozentgehalte der verschiedenen Bindemittel an denjenigen

Die für die Salzwasserbeständigkeit der Zemente wichtigen %-Gehalte an Calciumoxyd und Tonerde der verschiedenen Zementarten und die hauptsächlichsten Reaktionen die zur Erhärtung führen.

Zementart	%-Gehalt an Kalk (CaO)	%-Gehalt an Tonerde (Al ₂ O ₃)	Erhärtung durch Bildung wasserhaltiger	Neben- reaktion
Portlandzement . .	65	7	kalkarmer Silicate	Entstehung von freiem Kalk
Eisenportlandzement	58	9	kalkarmer Silicate	
Hochofenzement . .	52	15	kalkarmer Silicate und kalkreicher Aluminate	Der entstehende freie Kalk wird durch den Puzzolangehalt gebunden
Tonerdeschmelz- zement	45	40	kalkreicher Aluminate	Entstehung von Tonerdehydrat, das den Beton dichtet und fest macht

Stoffen, die für die chemische Widerstandsfähigkeit in erster Linie in Betracht kommen, nämlich an Kalk und Tonerde, dargestellt. Einheitlich ist allen Zementen der hohe Kalkgehalt von 45% bei Tonerdezement, bis zu 65% bei Portlandzement. Demgemäß werden alle Bindemittel als stark basische Körper von Säuren leicht zerstört. Basen dagegen werden ihnen nichts oder nicht viel anhaben können, während sich die Salze verschieden verhalten.

I. Einwirkung von Basen.

Natronlauge als sehr starke Base vermag den Beton wohl zu schädigen, die Schädigungen sind aber gering und spielen in der Praxis kaum eine Rolle. Von Ammoniak wurden schon wiederholt in der Literatur Schädigungen behauptet, im Laboratorium konnten sie aber nicht nachgewiesen werden. Andererseits hat sich auch Beton in der Praxis gegen Ammoniak sehr gut bewährt. Es hat sich bei den beschriebenen Zerstörungen offenbar um Verunreinigungen im Ammoniakkwasser gehandelt, z. B. um Sulfate.

II. Einwirkung von Säuren.

Die in der Natur oder in der Praxis vorkommenden Säuren und Salze sind im folgenden zusammengestellt.

Häufig vorkommende Verbindungen, die Beton schädigen können.

Säuren		Salze			
Schwefelsäure . . .	H_2SO_4	Moorwasser	Sulfat-schwefels. Salze . . .	$-\text{SO}_4$	Grundwasser
Schweflige Säure . . .	H_2SO_3	Rauchgase			Meerwasser
Schwefelwasserstoff	H_2S	Siele	Ammon-salz . . .	NH_4^+	Kunstdünger
Kohlensäure	CO_2	Grundwasser	Magnes.-Salz . . .	Mg^{++}	Boden (Dolomit)
Essigsäure . . .	CH_3COOH	Futtertröge			
Milchsäure . . .	CH_3CHOH	Grünfutter-silos	Fette Oele	$\text{C}_{11}\text{H}_{23}$	Pflanzen- u. Tierfett
Zucker . . .	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Konservenfabr.	Humin-saureSalze	COO^-	Moor

Die Schwefelsäure kommt in Mooren, die schweflige Säure in Rauchgasen, Schwefelwasserstoff in Sielen vor. Der letztere ist verhältnismäßig wenig schädlich, vermag sich aber bekanntlich zu oxydieren, und die aggressiven Lösungen nehmen dann die Schädlichkeit der schwefligen Säure an.

Kohlensäure wirkt nur in wässriger Lösung schädlich. Essigsäure und Milchsäure kommen in Grünfuttersilos oder in Fabriken vor. Zucker, der hier als Säure aufgefaßt wird, da er mit Kalk Saccharat bildet, hat wiederholt in Konserven- und Konfitürenfabriken große Schädigungen verursacht.

III. Einwirkung von Salzen.

Wichtiger als die Säuren sind in der Natur die Salze, besonders die Sulfate, die bekanntlich im Meerwasser und im Grundwasser vorkommen, und sehr unangenehme Treiberscheinungen hervorrufen. Die Ammonosalze sind besonders schädlich, da das schwache Ammoniak durch den freien Kalk des Betons vertrieben wird, wodurch sich dann der Kalk in Gips, Cal-

ciumchlorid oder dergleichen verwandelt und so zur Zerstörung des Betons führt.

Ferner spielen bei Betonzerstörungen in gewissen Böden die Magnesiumsalze eine erhebliche Rolle, da auch sie auf bis jetzt noch nicht ganz aufgeklärte Art Treiben des Betons hervorzurufen vermögen.

Außer den Salzen, die in der Natur von Wichtigkeit sind, spielen selbstverständlich in der chemischen Fabrik zahlreiche andere Salze eine wichtige Rolle. Auf die zu diesem Thema gehörenden Einzelheiten kann im

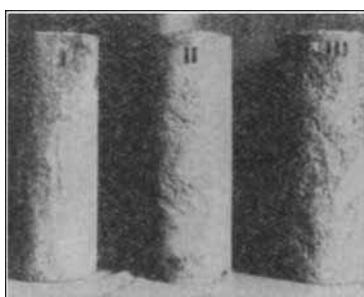


Abb. 4. Durch freie Schwefelsäure angeätzte Rohre aus einem Moor.



Abb. 5. Durch schweflige Säure aus Rauchgasen beschädigte Tunneldecke.

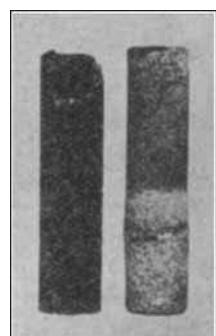


Abb. 7. Betonrohre mit und ohne Schutzanstrich nach MgSO_4 -Einwirkung.

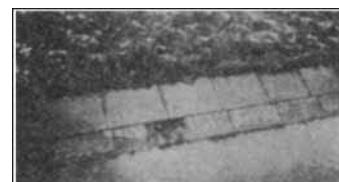


Abb. 6. Plattenbelag, durch sulfathaltiges Wasser zerstört.

Rahmen dieses Vortrages natürlich nicht eingegangen werden¹⁾). Einige interessante Bilder aus der Praxis seien aber dennoch wiedergegeben (Abb. 4, 5 und 6):

C. Schutz.

Selbstverständlich kann der Beton gegen alle aggressiven Einflüsse, die ihn zu treffen vermögen, in entsprechender Weise geschützt werden. Zunächst, wie bisher geschildert wurde, durch den inneren Aufbau, d. h. durch Wahl zweckmäßiger Bindemittel und Herstellung dichten Gefüges. Außerdem durch Ableitung der schädlichen Flüssigkeiten und durch Schutzanstrich oder Bitumenummantelung. Die günstige Wirkung gut aufgebrachten Schutzanstriches ist in Abb. 7 zu sehen. Hier sind zwei Rohre abgebildet, von denen das linke gestrichen ist, das rechte dagegen nicht, und die ungefähr bis zu 30 cm Höhe in Magnesiumsulfat gestanden haben. Während das rechte Rohr nach sechs Wochen zerstört war, befindet sich das gestrichene Rohr bereits zwei Jahre in der Magnesiumsulfatlösung, ohne zerstört worden zu sein.

Eine große Rolle spielt schließlich noch die Ableitung der schädlichen Einwirkungen vom Beton. In

¹⁾ Die diesbezüglichen Verhältnisse sowie die einzelnen Salze sind in dem Buch „Der Beton“, Verlag von Jul. Springer, Berlin 1927, ausführlich behandelt.

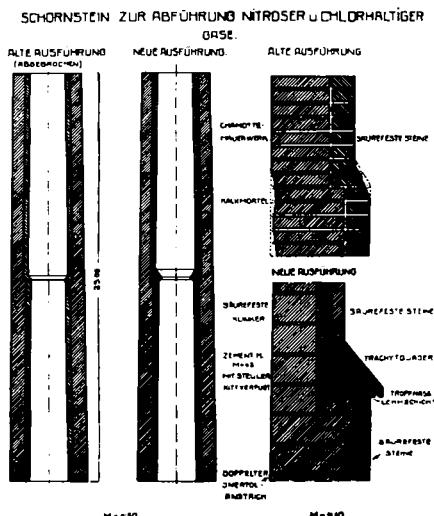


Abb. 8. Beispiel des Schutzes von Beton durch zweckmäßige Konstruktion.

Fortschritte auf dem Gebiet des Mottenschutzes durch „Eulan neu“.

Von Dr. HERMANN STÖTTER, Leverkusen.

(Vorgetragen auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Breslau, 23. Mai 1929.)

(Eingeg. 15. Juni 1929.)

Der in der Technik tätige Wissenschaftler ist bei einer öffentlichen Besprechung seiner Arbeiten häufig gezwungen, auf wichtige wirtschaftliche Interessen Rücksicht zu nehmen, und muß sich damit begnügen, Ursache und Wirkung seiner Arbeiten so zu schildern, daß zwar der Charakter des Neuen klar gefaßt wird, die gezogenen Grenzen aber nicht überschritten werden. Wenn daher in den nachfolgenden Ausführungen manchmal eine Lücke entsteht und insbesondere die Zusammensetzung von „Eulan neu“ nicht mitgeteilt werden kann, so gibt doch die Darstellung in ihrer Gesamtheit ein umfassendes Bild, wie sich aus der alten, im Haushalt vorgenommenen Mottenbekämpfung am einzelnen Stück allmählich die Fabrikation der mottenechten Eulanwolle im großen entwickelt hat.

Noch bis vor kurzem erfolgte die chemische Bekämpfung des Mottenschadens ausschließlich durch leicht flüchtige, stark riechende Körper, von denen die bekanntesten Naphthalin, Campher, Globol sind, und deren Wirkungsweise darin besteht, daß sich um die zu schützende Ware eine Hülle betäubender Naphthalin-, Campher-, Globoldämpfe bildet, welche die Motten entweder fernhalten oder aber betäuben bzw. töten. Dieser Schutz hält natürlich nur so lange an, bis diese Substanzen verdampft sind, d. h. alle diese flüchtigen Mottenschutzmittel waren nur vorübergehend im geschlossenen Raum wirksam. Da die Wolle in ihrer ganzen Lebensdauer von der Rohwolle bis zum Verschleiß ihrer Fertigfabrikate durch Mottenschaden gefährdet ist, genügen diese flüchtigen Mottenmittel bei einem relativ großen Aufwand an Zeit und Arbeit in der Anwendung nicht. Das alte Verfahren war also verbesserungsbedürftig, und hier setzen unsere Arbeiten ein, angefangen zunächst unter dem Gesichtspunkt, diese im Einzelhaushalt gebrauchten, vorübergehend wirksamen Mottenmittel durch dauernd wirksame zu ersetzen.

Es lag ihnen die Beobachtung zugrunde, daß nicht jede gefärbte Wolle sich dem Mottenfraß gegenüber gleich verhält, wie man z. B. recht gut bei Teppichen sehen kann, indem die Mottenraupen häufig ganz bestimmte Farbmuster zuerst zerstören und erst, nachdem diese Wolle vollkommen aufgefressen ist, die anders ge-

dieser Beziehung wird noch viel zu wenig vorsichtig gearbeitet. Es ist mit verhältnismäßig geringen Mitteln möglich, den Beton vor dem Zutritt der aggressiven Lösungen zu schützen und auf diese Weise zu Bauwerken zu kommen, die selbst sehr starken aggressiven Einflüssen widerstehen. (Vergl. Abb. 8.)

Werden alle in vorstehenden Ausführungen geschilderten Schutzmaßnahmen¹⁾ in zweckmäßiger Weise angewendet sowohl bei Herstellung des Bauwerkes als auch bei dessen Verwendung, so kann mit Betonbauwerken gerechnet werden, die auch unter den schwierigsten Verhältnissen eine außerordentlich lange Lebensdauer haben.

[A. 110.]

¹⁾ R. Grün, Über Betonschutz, Bauing. 1929, 18, 19. — Flüssigkeiten als Betonzerstörer und die Möglichkeiten des Betonschutzes, Korrosion u. Metallschutz 1928, 4. — Zerstörung von Beton und Betonschutz durch Anstriche, Tonind.-Ztg. 1929, 19, 39, 40. — Ursachen und Bekämpfung der Betonzerstörungen, Betonwerk 1929, 31, 32.

färbte angreifen. Das ganze Bild eines solchen Teppichs zeigt, daß zweifellos auch nicht flüchtige organische Verbindungen eine, wenn auch recht beschränkte, Schutzwirkung gegen den Schädling besitzen. Am besten läßt sich das zeigen am Beispiel des Martiusgelb, das, in bestimmten Konzentrationen angewandt, Wolle vor Mottenschäden schützt. Daß es nicht etwa die Gelbfärbung ist, welche die Schädlinge vom Fraß abhält, sondern daß die Wirkung in der chemischen Konstitution des Martiusgelb zu suchen ist, zeigt eine Gegenüberstellung verschiedener Ausfärbungen von Martiusgelb, Chinolingerb und Auramin. Chinolingerb und Auramin werden ungefähr gleich stark gefressen. Martiusgelb macht, in bestimmten Prozentsätzen ausgefärbt, die Wolle mottenecht.

Die Wirkungsweise des Martiusgelb muß eine ganz andere sein als etwa die der bisher als Mottenmittel gebrauchten Verbindungen organischer Natur, des Camphers, Naphthalins usw., deren Schutzwirkung, wie schon ausgeführt, auf ihrer leichten Flüchtigkeit beruhte. Es genügt nicht etwa, Martiusgelb wie Naphthalin auf die Wolle an irgendeiner Stelle aufzustreuen, um das ganze Stück zu schützen, vielmehr muß der Farbstoff durch Ausfärben gleichmäßig auf die Wolle gebracht werden, jedes Wolläppchen muß mit Martiusgelb beladen sein, nur dann ist die Schutzwirkung vorhanden. Setzen wir ein mit Martiusgelb gefärbtes Wolläppchen zusammen mit einem ungefärbten dem Mottenfraß aus, so wird das ungefärbte genau so zerstört, wie wenn wir es allein geprüft hätten, und nur das mit Martiusgelb gefärbte bleibt unbeschädigt.

Wir haben hier also einen Körper von ganz anderer Wirkungsweise vorliegen, als sie den anderen Mottenmitteln eigen ist, und diese Schutzwirkung dauert so lange, bis wir den Farbstoff künstlich wieder entfernen, z. B. durch Wäsche. Wir haben also im Martiusgelb das Beispiel eines dauernd wirksamen Mottenmittels.

Man könnte sich nun zur Aufgabe machen, andere mottenechte Farbstoffe herzustellen, doch ist dieser Weg nicht gangbar. Die Wirksamkeit einer Substanz gegen die Mottenraupe ist abhängig von einer bestimmten Konzentration dieser Substanz, die Menge des angewandten Farbstoffes wird aber bestimmt durch den gewünschten Farbtön.