

Stickstoffs ist größer, wenn anstatt reiner Stellhefen gewöhnliche Versandhefen, die etwas Kahmhafen enthalten, benutzt werden (Versuche 3 u. 4, sowie 15 u. 16).

4. Der hohe Anteil des nicht assimilierbaren Stickstoffs, der im Durchschnitt ungefähr 50 % des Gesamtstickstoffs beträgt, läßt auf einen höheren Gehalt an Betain und anderen hochmolekularen Stickstoffverbindungen (Aminosäuren) schließen, als man bisher durch quantitative Untersuchungen gefunden hat.
5. Die bei der Hauptvergärung erhaltenen Hefen hatten nach den Qualitätsnormen des Hefeverbandes normalen Gehalt an Stickstoff und normale Triebkraft, sehr gute Haltbarkeit und guten Geruch und Geschmack. Alle aus Melassen der Roh- und Weißzuckerfabriken gewonnenen Hefen mit Ausnahme der sehr dunklen Melasse 10, hatten eine fast weiße Farbe, während die aus Raffineriemelassen und der Rohzuckermelasse 10 erhaltenen einen Stich ins Graue zeigten. Der Grund hierfür ist ihre viel dunklere Farbe.
6. Als Gesamtergebnis der Versuche ist demnach festzustellen, daß die Melasse der Rübenzuckerfabriken ein in bezug auf den Zuckergehalt und den Gehalt an assimilierbaren stickstoffhaltigen Stoffen vollwertiger Rohstoff für die Herstellung von Bäckereihufen ist, so daß man aus diesen Melassen nach Zusatz der fehlenden Phosphorsäure viel höhere Ausbeuten an Hefe von durchaus normaler Güte erhalten kann, als aus irgendeinem andern Rohstoff.

Im Anschluß an diese Versuche im Laboratorium wurde schließlich noch ein Versuch im großen Betriebe ausgeführt, um den Beweis zu führen, daß solche Betriebsversuche auch in den Hefefabriken zu gleichen Ergebnissen führen, wie sorgfältig geplante und ausgeführte Laboratoriumsversuche, und um so Einwürfe, wie sie Prof. Lüers gemacht hat, von vornherein als unbegründet zu erweisen.

Versuch der Hefeherstellung aus Melasse im großen Betriebe.

750 kg Melasse wurden mit Wasser auf 20° Bg. verdünnt, auf 80° erwärmt, mit 5,5 kg Schwefelsäure und 30 kg Superphosphat versetzt und nach einigen Stunden durch Filterpressen abgefiltert. Das klare Filtrat wurde unter Zusatz von kaltem Wasser auf 25° abgekühlt, und mit einem Gehalt von ungefähr 5° Bg. in den Gärbottich geleitet. Nach dessen Füllung wurden 62,5 kg Stellhefe zweiter Generation zugesetzt und nunmehr mit der üblichen Lüftung die Vergärung begonnen, die nach 10 Stunden unter Steigerung der Temperatur auf 28,5° beendet war. Alsdann wurde die Hefe durch Separatoren von der Würze getrennt, mit Wasser gewaschen und nochmals separiert, und schließlich in einer Filterpresse abgepreßt und gewogen. Aus den 750 kg Melasse mit 51,8% Pol. und 1,80% Stickstoff, enthaltend 13,5 kg N, wurden 387,5 kg Hefe mit 1,80% Stickstoff und 72,7% Wasser erhalten, so daß die Ausbeute nach Abzug der 62,5 kg Stellhefe (2,41% Stickstoff und 71,6% Wasser), umgerechnet auf einen Wassergehalt der Hefen von 75% = 352,4 kg war oder = 46,9% der Melasse.

Der Anteil des assimilierbaren Stickstoffs ergab sich aus folgenden Untersuchungen:

bei der Hauptvergärung

gewonnen	387,5 kg Hefe mit	1,80% N = 6,975 kg N
abzüglich	62,5 kg Stellhefe mit	2,41% N = 1,506 kg N
		aufgenommen = 5,469 kg N
		oder 40,5% des Stickstoffs der Melasse.

Aus der vergorenen Würze wurden bei einer zweiten Vergärung einer Probe im Laboratorium unter Zusatz

von Zucker noch weitere 2,9% als ausnutzbar nachgewiesen und die Menge des aufgenommenen, durch den Stoffwechsel wieder ausgeschiedenen Stickstoffs wurde aus dem Stickstoffgehalt der Hefen zu 6,8% ermittelt. Der Gesamtanteil des assimilierbaren Stickstoffs der Melasse betrug daher $43,4 + 6,8 = 50,2\%$ des Gesamtstickstoffs oder 0,90% der Melasse.

Also auch durch diesen Betriebsversuch ist die Melasse der Rübenzuckerfabriken als ein vollwertiger Zucker- und Stickstoffnährstoff für die Hefeherstellung erwiesen.

[A. 105.]

Über Zerstörungen von Zementdrainrohren in Mineralböden.

Von Dr. KURT NEHRING.

Kulturtechnisches Institut der Universität Königsberg i. Pr.
(Direktor Prof. Dr. J. Roth e.)

(Eingeg. 7. Mai 1926.)

Über die Zerstörung von Zementbauten ist in den letzten Jahren ziemlich oft berichtet worden. Am bekanntesten ist wohl der Fall der Magdeburger Sternbrücke ¹⁾, deren Betonpfeiler innerhalb kurzer Zeit so durch gipshaltiges Grundwasser zerstört wurden, daß sie abgebrochen werden mußten. Bekannt ist auch die Zerstörung des Sammelkanals der städtischen Kanalisation in Osnabrück. Dieser Fall, wie eine Reihe ähnlicher, gab Anlaß zu einer Menge von Untersuchungen, die vom Moorausschuß des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton ausgeführt wurden ²⁾. Es handelte sich hierbei größtenteils um Untersuchungen von Zerstörungen, die durch Einwirkung von Moor auf den Zement resp. Beton entstehen. Als Hauptursache für diese Zerstörungen wurden hier vor allem Schwefelsäure, die durch Oxydation von Schwefelkies im Moor entstanden ist, resp. Sulfate, fernerhin Humussäuren und auch Kohlensäure festgestellt. In einer neueren Arbeit von H. Geßner, Zürich ³⁾, findet sich eine kurze Zusammenstellung von solchen Betonzerstörungen mit ihren Ursachen.

Zerstörungen von Beton in mineralischen Böden sind verhältnismäßig seltener beobachtet worden. Als Hauptursachen gelten auch hier einmal das Gipstreiben durch den sog. Zementbazillus (das Calciumsulfoaluminat ⁴⁾), verursacht durch gips- oder sulfathaltige Grundwässer; ferner das sog. Magnesiatreiben. Nach H. Geßner ³⁾ soll jeder Boden, der mehr als 2% Magnesiumoxyd enthält, zerstörend auf Beton wirken. In letzter Linie werden die sog. Austauschsäure und die Kohlensäure dafür verantwortlich gemacht.

Im folgenden sollen zwei Fälle von Zerstörungen von Zementdrainrohren in Mineralböden näher beschrieben werden, die dem Institute im vorigen Jahre zur chemischen Untersuchung zugesandt wurden. Bevor ich jedoch über diese Fälle berichte, möchte ich noch auf etwas anderes kurz eingehen. Als ich bei diesen Untersuchungen die erhaltenen Analysenwerte der Drainrohre mit anderen normalen vergleichen wollte, fiel mir auf, daß in der mir zugänglichen Literatur kaum irgendwelche Vergleichszahlen zu finden waren. Über die Vorgänge, die nach dem Abbinden und Erhärten im Zement resp. Beton unter dem Einfluß der Atmosphären besonders der Kohlensäure stattfinden, ist recht wenig in quantitativ-chemischer Hinsicht berichtet worden. Es findet sich hier

¹⁾ F ramm, Zement 1922, S. 330 u. ff.

²⁾ M. Gary, Versuche über das Verhalten von Mörtel und Beton im Moor, Berlin 1922.

³⁾ H. Geßner, Schweiz. Ztschr. f. Straßenwesen, 1925, Nr. 5. u. 6.

⁴⁾ S. S. 884.

gewöhnlich nur die Angabe, daß das freie Calciumhydroxyd, das sich beim Abbinden unter der Einwirkung des Wassers neben dem Calciumsilicat und Aluminat in einer Menge von über 40%⁵⁾ bildet, an der Luft zum Teil Kohlensäure aufnimmt und dadurch in Calciumcarbonat übergeht. Wieweit aber diese Einwirkung der Kohlensäure geht, ob mit der Zeit nur das freie Calciumhydroxyd abgesättigt wird, oder ob die Einwirkung weiter geht, so daß auch das Calciumaluminat und Silicat zersetzt werden, darüber ist scheinbar wenig bekannt. Als ich nun bei meinen Untersuchungen hydraulische Moduln von über 3 und Silicatmoduln von unter 1,5 auch bei Drainrohren, die nicht benutzt waren, fand, glaubte ich, unter Umständen dies auf eine Wirkung der Kohlensäure zurückführen zu können. Daher unternahm ich eine Reihe von Versuchen, die diese Frage wenigstens ungefähr klären sollten, da es mir gerade für die Angriffbarkeit von Beton von Bedeutung zu sein scheint, inwieweit schon durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft eine Zersetzung des Zementes eintritt.

Die Versuchsanordnung war die folgende. Es wurden von einem Portlandzement bekannter Zusammensetzung auf gewöhnliche Art Drainrohre von 18 cm Durchmesser verfertigt. Die Rohre wurden im Freien der Einwirkung der Atmosphärlinen (Wasser und Kohlensäure) überlassen und nach 2, nach 10 und 30 Tagen analysiert, hauptsächlich in bezug auf den Kalk-, Kieselsäure-, Sesquioxyd- und Kohlensäuregehalt. Fernerhin wurden Drainrohre aus derselben Fabrik, die aus derselben Zementmarke hergestellt waren, mit einem Alter von 5 Monaten, 15 Monaten und 6 Jahren (bei Lagerung im Freien) analysiert. Die Rohre wurden mir in liebenswürdigster Weise von der Zementwarenfabrik Schreitlacken in Ostpreußen zur Verfügung gestellt. Zum Vergleich wurde noch ein Rohr, das etwa 10 Jahre in der Sammlung des Instituts, also in trockenen Räumen gelegen hatte, und unangegriffene Rohre von den zerstörten Drainleitungen herangezogen. Die folgende Tabelle 1 gibt Auskunft über die erhaltenen Analysenzahlen⁶⁾.

⁴⁾ u. ⁵⁾ Herrmann, Zentralbl. der Bauverwaltung. 1923, S. 1.

⁶⁾ Die Untersuchung wurde nach den in „v. Arlt, Laboratoriumsbuch für die Zementindustrie und „Lunge-Berl., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden“ angegebenen Methoden vorgenommen. Die Zahlen bedeuten Prozente.

Um diese Zahlen besser miteinander vergleichen zu können, da das Mischungsverhältnis etwas wechselt und damit das Bild unklar macht, wurden die erhaltenen Zahlen alle auf den ursprünglichen Zement umgerechnet, und zwar so, daß sie alle auf den Kalkgehalt (64,22%) des Zementes bezogen wurden. Die erhaltenen Zahlen sind in der folgenden Tabelle 2 enthalten.

Wie aus den Zahlen von Tabelle 1 hervorgeht, entspricht der Zement den Normen für Portlandzement.

Sonstige mechanische oder physikalische Prüfungen wurden mit ihm nicht vorgenommen. Betrachten wir zuerst die Zahlen für die Kohlensäure (Tab. 2), so sehen wir, daß schon in den ersten zwei Tagen eine beträchtliche Menge Kohlensäure aufgenommen ist, die an das freie Calciumhydroxyd gebunden wird. Die Kohlensäureaufnahme setzt sich dann ganz allmählich weiter fort. Nach 5 Monaten ist noch ein gewisser Teil des Calciumhydroxyds ungebunden vorhanden. Die Reaktion ist noch ziemlich alkalisch. In Dr. Z. 11, das 15 Monate im Freien gelegen hat, ist wahrscheinlich fast alles Calciumhydroxyd in Calciumcarbonat übergegangen, was sich auch daran zeigt, daß die Reaktion nur noch sehr schwach alkalisch ist. Die Kohlensäureaufnahme bleibt jedoch hier nicht stehen, sondern ist in dem 6 Jahre alten Rohr bis auf 41% gestiegen. In dem Rohr, das 10 Jahre im Institut gelegen hat, steigt der Kohlensäuregehalt nur auf 37%, dagegen in den Rohren, die etwa 14 Jahre der Einwirkung von kohlensäurehaltigem Grundwasser ausgesetzt im Boden gelegen haben, auf über 46%. Das würde heißen, daß die Kohlensäure nicht nur alles freie Calciumhydroxyd abgebunden hat, sondern daß die Einwirkung unter Zersetzung der Calciumaluminate und Silicate noch weiter gegangen ist.

Hiermit deutlich im Zusammenhang steht das Verhalten der Kieselsäure. In den ersten 15 Monaten der Lagerung hat weiter keine größere Veränderung stattgefunden, wenn auch von vornherein ein gewisser Rückgang gegenüber dem Zement eingetreten ist. Die wieder etwas höheren Zahlen in Dr. Z. 10 und Dr. Z. 11 sind wohl auf eine Verschiedenheit des Ausgangsmaterials zurückzuführen. Bis zu dieser Zeit etwa wird die aufgenommene Kohlensäure zum größten Teile an das Calciumhydroxyd gebunden worden sein. Bei den vier letzten Rohren bietet sich nun ein anderes Bild. Hier sind

Tabelle 1.

	Zement	Dr. Z. 13	Dr. Z. 14	Dr. Z. 15	Dr. Z. 10	Dr. Z. 11	Dr. Z. 12	Dr. Z. 5	Dr. Z. 8	Dr. Z. 1
Alter		2 Tage	10 Tage	30 Tage	5 Monate	15 Monate	6 Jahre	10 Jahre im Institut	14 Jahre im Boden	14 Jahre
Sand (HCl unlös.)	1,93	65,74	63,86	62,93	68,68	58,54	65,70	73,10	66,40	72,45
SiO ₂	19,87	4,95	5,00	4,92	4,53	5,36	3,55	2,54	2,46	2,34
Fe ₂ O ₃	3,02	0,96		2,76	2,70	2,23	2,84	0,71	0,87	0,91
Al ₂ O ₃	6,35	1,76						0,94	0,94	1,31
CaO	64,22	19,03	19,30	19,42	15,78	19,61	15,64	12,91	15,35	12,69
MgO	0,88	0,30	—	—	—	—	—	0,23	0,95	0,45
SO ₃	1,73	0,53	—	—	—	—	—	in Spuren	in Spuren	—
CO ₂	—	5,01	5,95	6,71	6,25	10,12	10,10	7,61	11,07	9,16
Glühverlust abzüglich CO ₂	1,31	1,67	1,88	1,80	1,68	2,17	2,10	1,32	1,30	1,02

Tabelle 2.

	Zement	Dr. Z. 13	Dr. Z. 14	Dr. Z. 15	Dr. Z. 10	Dr. Z. 11	Dr. Z. 12	Dr. Z. 5	Dr. Z. 8	Dr. Z. 1
CaO	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22	64,22
SiO ₂	19,87	16,70	16,64	16,26	18,43	17,55	13,76	12,64	10,29	11,84
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	9,37	9,18	9,18	8,93	9,08	9,30	8,17	8,21	7,57	11,23
CO ₂	—	16,90	19,80	22,18	25,44	33,14	41,46	37,88	46,80	46,84
Hydraul. Modul	2,19	2,48	2,49	2,55	2,33	2,39	2,93	3,08	3,59	3,08

beträchtliche Rückgänge an Kieselsäure eingetreten, so daß in einem Falle der hydraulische Modul bis auf 3,59 gestiegen ist. Bei genauer Betrachtung der Zahlen für CaO, SiO₂ und CO₂ zeigt es sich, daß die Menge an CaO (Dr. Z. 5 ausgenommen) etwa der Menge an CO₂ und SiO₂ entspricht (berechnet als CaSiO₃ und CaCO₃), so daß anzunehmen ist, daß der Kalk hierbei an diese gebunden ist. Daraus läßt sich schließen, daß nach Absättigung des freien Calciumhydroxyds erst die Aluminate und dann erst die Silicate zersetzt werden, wobei die ausgeschiedene Kieselsäure in den unlöslichen Zustand übergeht. Dies wird noch dadurch bestätigt, daß bei Dr. Z. 11, bei dem sicher mehr Kohlensäure aufgenommen ist als dem Calciumhydroxyd entspricht, der Kalkgehalt jedoch höher ist als der Kiesel- und Kohlensäure entspricht, noch keine Abscheidung von Kieselsäure stattgefunden hat. Hier werden erst die Kalkaluminate zerstört.

Die ursprüngliche Annahme, daß es die Kohlensäure ist, die den Beton verändert hat, hat sich also hierdurch bestätigt. Der Gehalt an Calciumcarbonat erreicht hierbei eine Höhe von über 75 % (auf den Zement berechnet). Durch einen so hohen Kalkgehalt wird natürlich die Angreifbarkeit, insbesondere der Kohlensäure gegenüber stark erhöht. Inwieweit dies auch von Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften des Zementes ist, wurde nicht nachgeprüft. Fernerhin ergibt sich noch aus diesen Zahlen, daß es bei so verändertem Zement nicht mehr möglich ist, den hydraulischen Modul des ursprünglichen Zementes zu berechnen und damit festzustellen, ob er den Normen entspricht. Ebenso verschieben sich die Zahlen für das Mischungsverhältnis, wenn auch nicht sehr stark, in einem für den Zement ungünstigem Verhältnis.

Nun sollen die beiden untersuchten Fälle von Zerstörungen von Drainrohren in Mineralböden näher beschrieben werden.

Fall 1: Es handelt sich um einen Sammlerdrain von 20 cm Durchmesser, der im Jahre 1911 verlegt worden ist. Die Rohre lagen in einem kalkreichen, sandigen Lehmboden, dessen Analyse später mitgeteilt wird, in der Gegend von Schippenbeil, Kr. Bartenstein (Ostpr.). Sie wurden im Jahre 1925 infolge teilweiser Zerstörung ausgegraben; sie hatten also 14 Jahre im Erdbothen gelegen. Die Rohre zeigten sich stark angegriffen. Teilweise waren sie gänzlich durchgefressen, so daß direkte Löcher entstanden waren. An anderen Stellen war der Zement ausgelöst und die groben Sand- und Kiesstückchen ragten empor. An den angegriffenen Stellen ließ sich der Beton leicht mit der Hand oder mit einem Messer abkratzen. Die folgende Photographie gibt ein anschauliches Bild von den Zerstörungen.

Die hervorragenden Sand- und Kiesstückchen bei den angegriffenen Rohren lassen sich auf der Figur deutlich erkennen. Zur Analyse wurde von Rohr 1 (Dr. Z. 1), das fast gar nicht angegriffen war, an zwei Stellen ein Stück herausgeschlagen und analysiert. Die erhaltenen Werte stimmten gut überein. Bei den beiden andern

Tabelle 3.

	Sand (HCl unlös.)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	Glüh-verlust (ab-zügl. CO ₂)
Dr. Z. 1 unbeschädigt	72,45	2,34	0,91	1,31	12,69	0,45	9,16	1,02
Dr. Z. 2	79,68	2,22	0,79	1,41	7,65	0,38	5,42	1,27
Dr. Z. 3	82,45	2,03	0,84	1,38	6,75	0,41	5,07	1,28

Rohren wurde der Beton möglichst an den beschädigten Stellen für die Untersuchung abgekratzt. Die Analyse hatte folgendes Ergebnis in Prozenten (s. vorstehende Tab. 3).

Unter Nichtberücksichtigung der oben erwähnten Veränderungen ergibt sich bei dem unangegriffenen Rohr (Dr. Z. 1) ein annäherndes Mischungsverhältnis von 1 : 4 (dem Gewicht nach). Das Mischungsverhältnis ist bei Dr. Z. 2 auf 5,4, bei Dr. Z. 3 auf 6,6 gesunken. Das würde eben heißen, daß der Zement an den angegriffenen Stellen herausgefressen ist, während die Sand- und Kiesstückchen zurückgeblieben sind.

Um nun einen besseren Überblick über die Veränderungen zu haben, die die Bestandteile des Zementes selbst erfahren haben, wurden die Zahlen auf den Zement umgerechnet, und zwar so, daß die gelöste Substanz (100 — Sand) gleich 100 gesetzt wurde.

Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, ist der Gehalt an Calciumoxyd und Kohlensäure in den angegriffenen Rohren

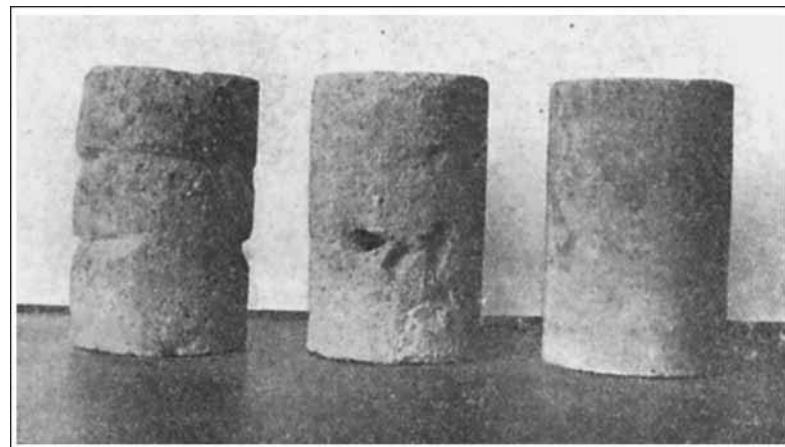


Fig. 1.

ziemlich stark vermindert, während die übrigen Bestandteile alle eine Erhöhung erfahren haben. Es ist also, wie vorauszusehen war, das Calciumcarbonat, das angegriffen und herausgelöst worden ist.

Tabelle 4.

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
Dr. Z. 1	8,49	3,30	4,75	46,06	1,63	33,25
Dr. Z. 2	10,92	3,89	6,94	37,65	1,87	26,67
Dr. Z. 3	11,57	4,79	7,86	38,46	2,31	28,88

Der Boden, in dem die Rohre lagen, war ein sandiger Lehm, der mit Ocker- und Kalkstückchen durchsetzt war. Seine Untersuchung hatte folgendes Ergebnis:

	Sand + Ton	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
Probe 1	83,78	0,75	3,12	2,11	3,82	1,16	3,73
Probe 2	80,92	0,92	2,84	1,44	5,93	1,46	4,84

Der Boden hat also einen ziemlich hohen Gehalt an Calciumcarbonat (etwa 6—10 %), daneben noch beträchtliche Mengen MgO, das zu einem großen Teil als Carbonat vorhanden ist, da sämtliche Kohlensäure nicht durch den Kalk allein gebunden sein kann. Sulfate und Chloride fehlen gänzlich. Eine wässrige Ausschüttelung wie eine mit Chlorkaliumlösung ergab $p_h = 7,3$ (colorimetrisch). Eine Zerstörung durch Sulfate oder durch Austauschsäure kommt also hiernach nicht in Frage.

Nachstehend folgt die Analyse des Grundwassers, ferner eines wässrigen Bodenauszuges, der durch

Schütteln von 200 g Boden mit 1000 ccm Wasser hergestellt wurde.

	p _h	freie CO ₂	Bicarb. CO ₂	CaO	MgO	SO ₃	Cl	
Grundwasser	6,1	36	66	81	17	—	—	mg/l
Bodenauszug	7,3	—	—	50,5	9,2	—	—	"

Auch hier ein gänzliches Fehlen von Chloriden und Sulfaten. Der Gehalt an Calcium- und Magnesiumverbindungen ist nicht hoch und entspricht einem verhältnismäßig weichen Wasser. Es zeigt sich aber ein Gehalt an freier Kohlensäure von 36 mg auf 1 l, während die Menge der gebundenen Kohlensäure (= Hälfte der Bicarbonat-CO₂) 33 mg auf 1 l beträgt. Nach Tillmanns und Heublein⁷⁾ berechnet sich hiernach der Gehalt an aggressiver Kohlensäure, die allein für die Zerstörung in Frage kommt, auf 30 mg/l.

Betrachten wir nun das ganze Bild zusammen, das diese Zahlen bieten, so möchte ich daraus den Schluss

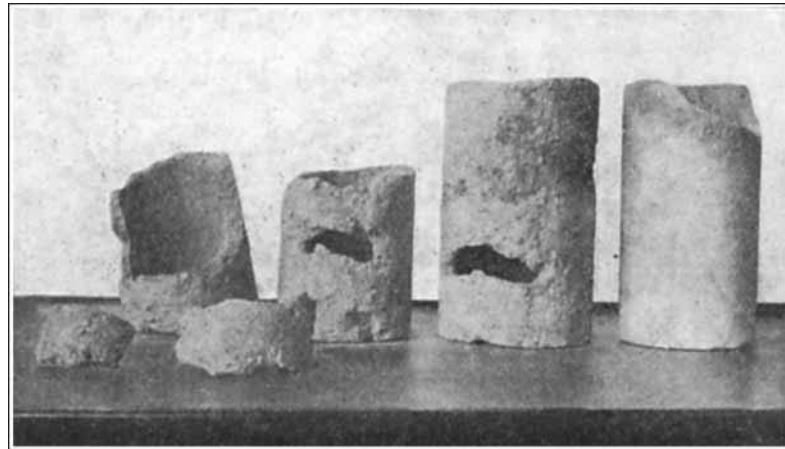


Fig. 2.

ziehen, daß es die aggressive Kohlensäure des Grundwassers gewesen ist, die den Zement, nachdem erst der größte Teil der Calciumverbindungen in das Carbonat übergeführt ist, unter Bildung des Calciumbicarbonats zerstört und aufgelöst hat. Dieses bestätigt sich auch dadurch, daß sich im angegriffenen Zement durch Ausschütteln mit Wasser eine gewisse Menge Bicarbonat nachweisen ließ. Inwieweit diese angreifende Tätigkeit der Kohlensäure durch die Magnesiumverbindungen, deren Gehalt im Boden etwa 1,4 % beträgt, unterstützt worden ist, insbesondere, ob ein Austausch des Calciums des Zementes mit dem Magnesium des Bodens und dadurch eine Erweichung des ganzen Zementes stattgefunden hat, läßt sich durch diese Untersuchungen nicht beantworten. Die Anreicherung der Magnesiumverbindungen in den angegriffenen Rohren hält sich innerhalb der Grenzen, wie sie auch für die andern Verbindungen beobachtet worden sind.

Fall 12: Auch hier handelt es sich um einen Sammelerdrain, der in den Jahren 1910/11 verlegt worden ist, also von demselben Alter wie der erste Fall. Der Sammler (mit einem Durchmesser von 18 cm) lag in einem Mineralboden, der oben jahrelang als Acker benutzt wurde, im Kreise Tilsit (Ostpr.), und wurde auch im vorigen Jahre ausgegraben. Die Zerstörungen an den Rohren waren, wie vorstehende Fig. 2 zeigt, außerordentlich stark.

Die Rohre waren zum Teil ganz zerfallen, zum Teil

⁷⁾ J. Tillmanns, Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser.

hatten sie große Löcher. An den angegriffenen Stellen ragten auch hier, wie deutlich zu erkennen ist, die gröberen Kies- und Sandstückchen hervor. Der Beton ließ sich hier sehr leicht entfernen. Die chemische Analyse hatte folgendes Ergebnis:

Tabelle 5.

	Sand	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	Glühverlust (abzügl. CO ₂)
Dr. Z. 8 unbeschädigt	66,40	2,46	0,87	0,94	15,35	0,95	11,07	1,30
Dr. Z. 7 beschädigt	78,97	1,59	0,92	1,20	8,54	0,65	6,50	1,01
Dr. Z. 6 beschädigt	82,71	1,60	1,02	1,47	6,52	0,57	4,34	1,31

Bei dem unangegriffenen Rohr (Dr. Z. 8) ergibt sich ein Mischungsverhältnis von 1 : 3. Bei den angegriffenen Rohren ist dies bei Dr. Z. 7 gestiegen auf 1 : 5,5 und bei Dr. Z. 6 sogar auf 6,3. Man sieht auch hieraus die starke Wirkung des angreifenden Agens, da das Mischungsverhältnis auf mehr als das Doppelte gestiegen ist. In der folgenden Tabelle 6 sind die erhaltenen Zahlen wieder auf Zement umgerechnet.

Auch hier dasselbe Bild wie vorher beschrieben. Der Gehalt an Calciumoxyd und Kohlensäure hat eine ziemlich starke Verminderung erfahren, während die andern Bestandteile zugenommen haben. Zu bemerken ist hier jedoch, daß der Gehalt an Magnesium relativ wenig zugenommen hat, also vielleicht auch zum Teil ausgelöst ist. Dies könnte unter Umständen dafür sprechen, daß im erst beschriebenen Fall, bei dem die Magnesiazunahme verhältnismäßig stark ist (s. Tabelle 4), doch eine Wirkung der Magnesiumverbindungen stattgefunden hat.

Der Boden, in dem die Rohre lagen, war ein

Tabelle 6.

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
Dr. Z. 8	7,3	2,59	2,80	45,68	2,82	32,95
Dr. Z. 7	7,56	4,38	5,71	40,61	3,09	30,90
Dr. Z. 6	9,25	5,90	8,49	37,72	3,30	25,10

sandiger Lehmboden, der nach der Analyse folgende Zusammensetzung hatte:

	Sand	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
Bd. 3	94,90	1,38	2,05	0,74	0,45	0,28	—

Danach enthält er kaum aggressive Substanzen, zumal auch hier Sulfate und Chloride fehlen. Die wässrige Ausschüttung ergab p_h = 7,0, die Ausschüttung mit Chlorkalium jedoch p_h = 6,1. Es ist also eine gewisse Menge Austauschsäure vorhanden. Daß diese jedoch die Zerstörungen verursacht hat, ist kaum anzunehmen, da eine Austauschacidität von 6,1 wohl nicht dazu genügen würde.

Nachstehend folgt dann die Analyse des Grundwassers und eines wässrigen Bodenauszuges, der wie vorher dargestellt wurde.

	p _h	freie CO ₂	Bicarb. CO ₂	CaO	MgO	SO ₃	Cl
Grundwasser	6,2	46	102	64	11	12	in Spuren mg/l
Bodenauszug	7,0	—	—	26	4	—	—

Die Zusammensetzung des Grundwassers ist eine ähnliche, wie im ersten Fall beschrieben. Auch hier ein ver-

hältnismäßig hoher Gehalt an freier Kohlensäure. Aus der gebundenen Kohlensäure (= 51 mg/l) berechnet sich dann die Menge des aggressiven Kohlendioxyds auf 33 mg/l. Da andere Ursachen hier nicht in Frage zu kommen scheinen, ist mit Sicherheit anzunehmen, daß die Rohre durch die aggressive Kohlensäure angegriffen und zerstört worden sind.

Zum Schluß sei noch kurz über die Untersuchung eines Zementdrainrohres berichtet, das durch Einflüsse des Moors zerstört worden ist. Das Rohr von einem Durchmesser von 8 cm lag etwa 6 Jahre im torfigen Untergrund und wurde im Jahre 1913 mit ziemlich starken Zerstörungen ausgegraben. Der Beton jedoch war noch recht fest und ließ sich ziemlich schwer entfernen (vielleicht bedingt durch die lange Aufbewahrung, bei der die angegriffenen Stellen allmählich entfernt wurden). Die Zusammensetzung war die folgende:

	Sand	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	CO ₂	Glühverlust
Dr. Z. 9 auf Zement berechnet	73,03	1,73	0,81	0,95	12,35	0,48	0,26	8,29	1,32
—	6,41	3,01	3,52	45,79	1,78	0,96	30,74	4,89	

Aus diesen Zahlen läßt sich über die Ursache der Zerstörung nichts entnehmen. Da sonstige Proben hierzu nicht vorhanden waren, läßt sich über die Ursache nichts sagen.

Zusammenfassung: Im ersten Teil wird kurz eingegangen auf die Vorgänge, die sich nach dem Abbinden und Erhärten von Beton unter dem Einfluß der Atmosphärelinien abspielen. Es wird gezeigt, daß durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft zuerst das freie Calciumhydroxyd abgebunden wird, dann werden die Calciumaluminat zersetzt und zum Schluß die Silicate, wobei die sich abscheidende Kieselsäure allmählich in den unlöslichen Zustand übergeht. Durch die starke Er-

höhung des Gehaltes an Calciumcarbonat auf über 75 % wird die Angreifbarkeit des Betons stark erhöht.

Dann werden zwei Fälle von Zerstörungen von Zementdrainrohren im Mineralboden beschrieben.

Als Ursache für die Zerstörungen wird der Gehalt des Grundwassers an aggressiver Kohlensäure festgestellt. In einem Falle tritt vielleicht noch eine Wirkung von Magnesiumverbindungen hinzu.

Als Schlußfolgerung aus diesen Untersuchungen erscheint es mir zur möglichsten Verhütung ähnlicher Zerstörungen geboten, vor der Verlegung einer größeren Drainanlage immer eine Untersuchung des Bodens und des Grundwassers vorzunehmen, um festzustellen, ob zementschädliche Bestandteile vorhanden sind. In einer größeren Anzahl Fälle wird das möglich sein. Inwieweit es überhaupt möglich wäre, durch Verwendung gewisser Zementsorten wie z. B. des neuen Tonerdezements, dessen Angreifbarkeit nach neuesten Arbeiten⁸⁾ viel geringer sein soll als die des Portlandzements, solche Zerstörungen zu vermeiden, müßten praktische Versuche zeigen. Es läßt sich dies bei den Tonerdezementen vielleicht erwarten, weil hier die Veränderungen durch die Kohlensäure (s. Tabelle 2), also die Überführung in das Calciumcarbonat, wie sie am Anfang der Arbeit beschrieben worden ist, nicht so weit gehen könnte, wie bei den Portlandzementen, wodurch die Angriffsmöglichkeit stark herabgesetzt wird.

[A. 99.]

Berichtigung.

Die Firma Koehler & Volkmar A.-G. & Co., Leipzig, bittet uns mitzuteilen, daß in der dem Heft Nr. 23 beigefügten Bestellkarte „Periodisches System der Elemente“ nach Prof. v. Antropoff der Preis der unaufgezogenen großen Karte irrtümlicherweise mit M 12,50 statt M 13,50 angegeben ist.

⁸⁾ Agde und Klemm, Z. ang. Ch. 39, 175 [1926]; Eisenbeck, Ch.-Ztg. 50, 165 [1926].

Patentberichte über chemisch-technische Apparate.

I. Wärme- und Kraftwirtschaft.

2. Koks-, Leucht- und Kraftgas, Teer, Nebenprodukte, Acetylen.

Lorn Campbell, Minneapolis, V. St. A. Acetylenbrenner für Schweiß- und ähnliche Zwecke mit Zündflamme, bei welchem die Absperrung des sauerstoffhaltigen Gases vor der völligen Absperrung des Acetylen und die Wiederzuführung des Acetylen in voller Stärke vor der vollen Zugabe des sauerstoffhaltigen Gases erfolgt, dad. gek., daß eine Regulierzvorrichtung für die Zündflamme in eine Zweigleitung von der Acetylenleitung in die Mischkammer eingeschaltet ist. — Es ist praktisch ausgeschlossen, bei einer Acetylenflamme den Hahn teilweise offen zu lassen oder eine Öffnung von bestimmter unveränderter Weite vorzusehen, durch welche das zum Betriebe der Zündflamme erforderliche Acetylen austritt. Vielmehr muß der Zündflammenstrahl bei Gebrauch von Acetylen sehr genau eingestellt sein; denn sobald reichlich Acetylen austritt, wird eine große Menge Ruß entwickelt. Es ist deshalb unvorteilhaft, weil sich der Ruß in der Mündung des Brenners festsetzt und dieselbe bald verstopft. Daher ist in der Zweigleitung von der Acetylenleitung in die Mischkammer eine Regulierzvorrichtung für die Zündflamme eingerichtet. Zeichn. (D. R. P. 427 331, Kl. 4 g, Gr. 44, vom 8. 9. 1923, ausg. 31. 3. 1926.) dn.

Ernst Lüttgens, Kiel. Gassparbrenner mit zwei konzentrischen, aus derselben durch ein Ringplatte mit zentralem Stützen geteilten Gasluftmischkammer gespeisten Flammenkränzen an der Brennerplatte, von denen der äußere absperbar ist und mit einem zentralen, vom Gashahn aus drehbaren und mit der Brennerplatte verbundenen Schaft, 1. dad. gek., daß an dem Schaft außerdem eine Scheibe mit Schlitz und

Loch befestigt ist, so daß sie die unterhalb mündenden, gleichen Gasdüsenöffnungen mit dem Ein- und Ausschalten des äußeren Brennerkränzes freigibt oder zudeckt und noch eine Feinstellung des inneren Brennerkränzes ermöglicht. — 2. dad. gek., daß der Brennerdeckel tellerartig mit erhöhter Mitte ausgebildet ist, und daß der innere Flammenkranz am Rande dieser Erhöhung in gleicher Ebene wie der äußere austritt. — Der vorliegenden Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, das Gas bei großem und geringem Gasverbrauch stets mit gleichem Druck aus der Düse austreten zu lassen, so daß ein stets praktisch gleiches Gasluftgemisch erzielt wird. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Düsenöffnung schlitzartig ausgebildet ist und daß eine Scheibe mit entsprechenden Öffnungen die Düsenöffnung je nach der Hahnstellung freigibt. Zeichn. (D. R. P. 427 332, Kl. 4 g, Gr. 52, vom 4. 4. 1925, ausg. 6. 4. 1926.) dn.

4. Öfen, Feuerung, Heizung.

Heinrich Steinfeldt, Leipzig-Leutzsch. Vertikal-Entgasungs-Ofen mit Einzelgeneratoren, 1. dad. gek., daß die Sohle (s) des Generators (g) so hoch gelegen ist, daß unter ihr, über Flur, ein Raum entsteht, in dem ein unmittelbar aus den Rekuperationsgasen beheizter Abhitzekessel (k) untergebracht ist. — 2. dad. gek., daß der Abhitzekessel (k) den ganzen unter der Generatorsohle (s) befindlichen Raum bis zur Vorderwand des Ofens einnimmt und die Entschlackung des Generators schräg

