

Hauptversammlung Rostock-Warnemünde am 11.—14. Juni 1924.

Als weiterer Vortrag in den allgemeinen Sitzungen am 12. und 14. Juni (vgl. S. 233) ist bis jetzt in Aussicht genommen:

Direktor Dr. Heymann von den Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Leverkusen: „Über chemotherapeutisch wirksame organische Verbindungen, insbesondere über „Bayer 205“.

Einhundert Jahre Portlandzement.

Von Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. K. GOSLICH, Berlin vormals Direktor der Stettiner Portlandzement-Fabrik.

(Eingeg. 22./3. 1924.)

Es sind jetzt 100 Jahre, daß der neue Baustoff Portlandzement seine Siegeslaufbahn angetreten hat. So darf man wohl stolz sagen. Hat er doch das ganze Ingenieurbauwesen revolutioniert; erst durch ihn ist es den Ingenieuren möglich gewesen, zunächst in geschichtetem Mauerwerk wasserdichte Bauten auszuführen, später in Stampfbeton ungeheure Kaimauern, Kanalisationen, Untergrundbahnen und Festungsbauten herzustellen, und endlich im Hochbau durch Einführung der Eisenbetonbauweise mit dem Eisen selbst in Wettbewerb zu treten. Es dürfte deshalb angezeigt sein, auch den Nichtfachmann über den Werdegang und das Wesen des Portlandzements zu unterrichten.

1824 erhielt der Maurer Joseph Aspdin ein englisches Patent auf ein hydraulisches Bindemittel, welches er Portlandzement nannte. Da sein Produkt dieselbe graugrüne Farbe hatte, wie der vielfach in London zu Fundamenten verwendete Portland-stone, wählte er diesen Namen.

Wohl hatten schon vor Aspdin Kalkbrenner erkannt, daß tonhaltige Kalksteine, welche gebrannt, sich noch gerade im Wasser lösen, schwach hydraulische Eigenschaften besaßen, das heißt, mit Sand zu Mörtel verarbeitet, sich nicht wie Weißkalk im Wasser auflösen, sondern „ständen“. Aber Aspdins Verdienst bleibt es, daß er erkannte, man könne aus Kalk (Kreide) und Ton in bestimmten Mischungen ein Material erbrennen, welches, nachdem es feingemahlen ist, die Fähigkeit erhält, Wasser zu binden und nach kurzer Zeit einen vollständig unlöslichen Mörtel zu geben.

Wohl gab es auch Kalksteine, welche in ihrer chemischen Zusammensetzung ungefähr der des Rohmateriales von Portlandzement nahekamen. Man nannte das daraus gewonnene Produkt Romanzement. Derselbe hat aber wegen seiner unsicheren Eigenschaften gegenüber dem Portlandzement wenig Bedeutung erlangt.

Unter dem historischen Namen Portlandzement wurde das Produkt aus England ausgeführt, und die erste Zementfabrik auf dem Festland, die Stettiner Portland-Cement-Fabrik behielt diesen Namen bei. Auch heute versteht man darunter ein Produkt, dessen chemische Zusammensetzung nach den empirisch gefundenen günstigsten Verhältnissen aufs genaueste künstlich hergestellt wird.

Wenn ich über den Werdegang des Portlandzements berichte, kann ich mich auf die deutschen Arbeiten beschränken; marschierte doch der deutsche Zement lange Zeit an der Spitze, denn er war von Hause aus von deutschen Chemikern auf peinlichste analytische Kontrolle eingestellt.

1852 kehrte Dr. Bleibtreu aus England zurück. Dort hatte er mehrere Jahre als Assistent von A. W. Hofmann im Royal College gearbeitet und sich auch für Portlandzement interessiert; hatte ihn doch der Kölner Dombaumeister Zwinger bei seiner Abreise nach England darauf hingewiesen, welche enormen Summen Deutschland schon damals für englischen Zement bezahlte. Doch die Engländer hüteten ihr Fabrikationsgeheimnis ängstlich. Bleibtreu ist wahrscheinlich nie in einer englischen Zementfabrik gewesen. Die einzige Kenntnis, welche er von dort zurückbrachte, war der Text des Aspdinschen Patents, die Wissenschaft, daß Kreide und Ton gemischt, nachher gebrannt und noch mit einem Geheimmittel versetzt würde. Bleibtreu mußte mit Hilfe dieser wenigen Unterlagen, gestützt durch Analyse englischen Zements, das technische Verfahren noch einmal erfinden. Aus geologischen Werken wußte er, daß Kreide auf Rügen und in Pommern auf der Insel

Wollin ansteht. Das Vorhandensein von blauem Septarienton am Oderufer erfuhr er wahrscheinlich erst, als er durch verwandschaftliche Beziehungen nach Stettin kam und dort den Großkaufmann Gudike kennenlernte, der ihm die Mittel zur Verfügung stellte für technische Vorversuche, um aus deutschem Rohmaterial Portlandzement zu gewinnen.

Gudike kaufte zu dem Zweck die in Züllchow gelegene Festungsziegelei. Unter königlicher Verwaltung krankte die Ziegelei „aus Mangel an geeignetem Ton“. Bei den damaligen schlechten Transportmitteln stand nur die Handkarre zur Verfügung; größere Abbaumungsarbeiten konnten nicht vorgenommen werden. Bleibtreu hatte das Glück, dicht neben der Ziegelei ein großes Tonlager von blauem Septarienton aufzudecken — das, was er suchte. Kreide wurde von der Insel Wollin in Segelkähnen herbeigeschafft.

In Züllchow wurde nun in einem Stall ein Zementlaboratorium, eine Schlämmereianlage (bestehend aus einigen alten Fässern), ein kleiner Brennofen und eine Mühle (bestehend aus einem großen eisernen Mörser) eingerichtet.

Ich übergehe die unendlichen Versuche, welche Bleibtreu machte, die vielen Mißfolge und Fehlschläge; suchte er doch immer noch nach dem englischen „Geheimmittel“. Aber noch andere Schwierigkeiten waren zu überwinden. Die Geldgeber wurden ungeduldig, die Behörden gaben erst nach langen Verhandlungen die Erlaubnis, eine kleine Lokomobile aufzustellen und Ende 1853 endlich die Erlaubnis, einen „größeren Zementofen“ zu bauen. Schließlich war das Verfahren soweit geklärt, daß an die Errichtung einer Fabrik und an die Gründung einer Aktiengesellschaft herangetreten werden konnte. Am 15. Juli 1855 wurde durch königliche Kabinettsorder die Genehmigung zur Errichtung einer Zementaktiengesellschaft erteilt, freilich unter der Kautiole, daß ein königlicher Kommissar jederzeit den Betrieb überwachen und Einsicht in alle Geschäftsgebaren der neuen Gesellschaft nehmen durfte.

Der Sommer 1855 wurde dem Bau der Fabrik gewidmet, und diese soweit gefördert, daß im Herbst der Betrieb eröffnet werden konnte.

Eine Genugtuung wurde den Begründern zwar in dieser schweren Zeit, nämlich die Anerkennung auf der Pariser Weltausstellung 1855, woselbst der Stettiner Portlandzement prämiert wurde. Machte doch die Tatsache, daß auf dem Festland auch Portlandzement erzeugt werden konnte, berechtigtes Aufsehen.

Aber Bleibtreu zog es schon lange nach seiner rheinischen Heimat, und sobald ein geeigneter Nachfolger gefunden und von ihm eingeweiht war, schnürte er sein Bündel. Am Rhein baute er bald die zweite Zementfabrik auf dem Festland für den Bonner Bergwerks- und Hüttenverein in Oberkassel a. Rh. Sein Nachfolger wurde zufälligerweise von einem der Aktionäre in der Person des Oberlehrers Dr. Delbrück in Bromberg gefunden. Dorthin hatten ihn politische Wirren verschlagen und ihn jeglicher Staatsanstellung beraubt.

Leicht war die Aufgabe nicht, welche Delbrück übernahm. Sollte die Fabrik lebensfähig bleiben, so mußten wesentliche Ersparnisse an Kohle und Lohn gemacht werden. Das war um so notwendiger, als die englische Konkurrenz und die damals große Vorliebe deutscher Verbraucher für ausländische Produkte zu bekämpfen waren. Das gelang allmählich, denn die Preise konnten etwas niedriger gehalten werden als die englischen, und die Verbraucher merkten bald, daß der Stettiner Zement frei war von bösen Fehlern, der dem englischen manchmal anhaftete; mußte letzterem doch öfters durch längeres Lagern und Lüften die Neigung zum „Treiben“ genommen werden. Das lag an der englischen, mangelhaften analytischen Kontrolle; denn es soll bis in die 90er Jahre englische Zementfabriken gegeben haben, die eine chemische Wage glaubten entbehren zu können!

Jetzt kam ein unerwarteter Schlag. Der Züllchower Zement war schnellbindend, genau wie der englische, d. h. mit Wasser zu einem Brei angemacht, fing er an, nach etwa 5 Minuten zu erstarren, und war nach $\frac{1}{2}$ Stunde abgebunden. Da wurde der Züllchower Zement ums Jahr 1859 plötzlich langsam, d. h. er band erst in 6—7 Stunden ab. Das war schlimm; der Zement war unverkäuflich. Natürlich fielen die Konkurrenz und die Klugen, „welche es ja gleich gesagt hatten“, darüber her, um den Zement zu diskreditieren. Alle Versuche, dem Übel abzuhelfen, schlugen fehl, die Gründe sind auch heute noch nicht entdeckt. Da gelang es Dr. Delbrück mit den einfachen, damals zu Gebote stehenden Hilfsmitteln nachzuweisen, daß der Langsambinder sich viel bequemer verarbeiten läßt, und daß seine Festigkeit eine viel größere ist als die des damals üblichen Schnellbinders. Bald bestätigte die Bauwelt Delbrück's Befunde; langsam bindender Zement mit 6—7 Stunden Bindezeit wurde die Forderung des Tages. Die inzwischen entstandenen, namentlich südwestdeutschen Fabriken, welche Kalksteine auf Zement verarbeiteten, konnten nur Schnellbinder machen; das war für diese Werke verhängnisvoll. Als Retter in der Not erschien Dr. Michaelis, welcher gefunden hatte, daß $1\frac{1}{2}$ —2 % Rohgips, fein gepulvert dem Schnellbinder zugesetzt, diesen in Langsambinder verwandelt. Diese merkwürdige Reaktion ist vollständig unaufgeklärt; wie kann das bißchen Gips eine solche eingreifende Änderung des Verhaltens hervorrufen?

Aber auch eine andere, in späterer Zeit gemachte Entdeckung ist unaufgeklärt. Man hatte gehofft, daß hochbasische Hochofenschlacke, welche ja eine ähnliche chemische Zusammensetzung hat wie Portlandzement, und welche ebenfalls aufgeschlossene, d. h. in Salzsäure lösliche Kieselsäure enthält, sich als hydraulisches Bindemittel verwerten ließ. Die im Wasser abgeschreckte („granulierte“) Hochofenschlacke, getrocknet und fein gemahlen, zeigte keine Spur Neigung, mit Wasser zu einem Brei angerührt, zu erhärten. Da entdeckte man, daß dieses Hochofenschlackenpulver mit 70 % Portlandzement zusammen vermahlen, ein gutes hydraulisches Bindemittel darstellt; man nannte dieses Mischprodukt Eisenportlandzement; ja man fand noch weiter, daß 15—30 % Portlandzement genügen, um die basische Schlacke in einen brauchbaren Zement zu verwandeln, sogenannten Hochofenzement. Welche Rolle dabei der Portlandzement spielt, um die Schlacke anzuregen, ob durch den freien Kalk, der im Portlandzement von Hause aus vorhanden ist, wie einige behaupten, oder ob Kalk beim Anmachen mit Wasser abgespalten wird, wie andre behaupten, ist noch nicht ergründet.

Diese merkwürdigen Reaktionen, die Tätigkeit des Gipses, das Anregen der Schlacke mit Portlandzement, ließen immer dringender die Hauptfrage wieder hervortreten: „Was ist Portlandzement?“

Namentlich die Leser dieser Zeitschrift werden nach einer Konstitutionsformel fragen. Leider muß gesagt werden: trotz aller Bemühungen, trotz allen Spielens mit Formeln, trotzdem der Staat 1904 eine namhafte Summe ausgesetzt hat für Lösung dieses Rätsels, ist eine solche Lösung noch nicht gefunden. Die Portlandzementsphinx hat ihr Antlitz noch nicht enthüllt.

Die deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement (letzte Fassung des Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 10. März 1910) geben nur folgende Definition oder besser gesagt, Fabrikationsvorschrift: „Portlandzement ist ein hydraulisches Bindemittel, mit nicht weniger als 1,7 Gewichtsteilen Kalk (CaO) auf 1 Gewichtsteil lösliche Kieselsäure (SiO_2) und Tonerde (Al_2O_3) und Eisenoxyd (Fe_2O_3), hergestellt durch feine Zerkleinerung, innige Mischung der Rohstoffe, Brennen bis mindestens zur Sinterung und Feinmahlen.“ Welche Verbindungen sich beim Brennen bis zur Sinterung bilden, bleibt unaufgeklärt.

Nur eines weiß man, daß die Kieselsäure aufgeschlossen, d. h. löslich in Salzsäure wird, wenn das Produkt bis zur Schwachbrandbildung gebrannt wird. Dann tritt beim weiteren Erhitzen bis etwa 1450° die Sinterung ein und Farbenumschlag des gelben Schwachbrandes in graugrünen Klinker. Lange Zeit bildete man sich ein, die graugrüne Farbe werde durch Eisenoxydul hervorgerufen, es müsse daher der Portlandzement in reduzierender Flamme gebrannt werden. Diese Vorstellung ist falsch. Durch Analyse wurde nur Eisenoxyd festgestellt, moderne Öfen brennen auch mit einem reichen Überschuß von Luft. Aber dieser Vorstellung sind tausende

von Tonnen Koks geopfert worden, da man folgerichtig am alten Schachtofen festhielt, denn dieser brannte bei Mangel an Luft mit reduzierender Flamme.

Unzählige Forscher haben sich mit dem Portlandzement beschäftigt, ohne eine befriedigende Lösung gefunden zu haben.

Zunächst versuchte man es mit rein analytischen Methoden. Die selben ergaben aber immer nur, daß Portlandzement, der allen von den Normen vorgeschriebenen Bedingungen entspricht, folgende Pauschalzusammensetzung hat:

Salzsäure (unlöslich)	0,69 %
SiO_2	21,34 %
Al_2O_3	5,98 %
Fe_2O_3	2,16 %
CaO	65,20 %
MgO	0,75 %
SO_3	1,69 %
S	0,03 %
Alkalien usw.	0,09 %
Glühverlust	2,07 %
	100,00 %

Aus dieser Analyse hat man nun alle möglichen Formeln konstruiert. Z. B. $x (3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + y (2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$. Andere behaupten, daß CaSiO_3 , wieder andre, daß $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ der Hauptbestandteil des Portlandzements, und daß daneben ein Kalkaluminat vorhanden sei.

Deshalb versuchten Amerikaner und Dr. O. Schott in seiner glänzenden Dissertationsarbeit synthetisch Mono-, Bi- und Tricalciumsilikat sowie verschiedene Kalkaluminate chemisch rein darzustellen und die Produkte darauf zu untersuchen, ob sie dem Portlandzement ähnliche oder gleiche Eigenschaften besäßen. Die Versuche fielen negativ aus. Keine von Schott's zahlreichen Schmelzen, in denen Tonerde oder Eisen fehlte, konnte mit Portlandzement rivalisieren. Schott kommt zu dem Schluß, daß Portlandzement aus einer Doppelverbindung von Bicalciumsilikat und Bicalciumaluminat besteht, in welcher ein gewisser Prozentsatz Calciumoxyd aufgelöst ist.

Kritisch bemerkte zu dieser Arbeit von Schott Prof. v. Glasenapp, Riga, daß die Versuche zu keinem dem Portlandzement ähnlichen Produkt führen können, da Schott und die Amerikaner im elektrischen Ofen mit Temperaturen von 1600° und darüber arbeiteten, wobei Schmelzen (Schlacken) entstehen, welche gepulvert, von Wasser kaum noch angegriffen würden. Dagegen würde das Vierstoffsystem (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) nur bis zur Sinterung (1450°) gebrannt, ein ganz andres, den Schlacken gar nicht vergleichbares Produkt ergeben, den Portlandklinker.

Da man auf diese Weise nicht weiter kam, griff man zum Mikroskop. Hiermit gelang es dem Schweden Törnebohm, an Dünnschliffen nachzuweisen, daß der Portlandklinker kein einheitliches künstliches Mineral ist, sondern, ähnlich dem Granit, aus mehreren selbständigen Komponenten besteht. Er nimmt 4 Minerale an, welche er kurzerhand Alit, Belit, Celit, Felit nennt, dazu kommt noch eine isotrope Zwischenmasse, ein gläserner Rest. Spätere Forscher (namentlich v. Glasenapp) vertieften die Törnebohm'sche Erkenntnis und geben an, daß Alit der Hauptbestandteil des Klinkers ist, daß Belit und Celit wohl identisch seien, während sie Felit gänzlich fallen lassen. Leider ist es bei der Kleinheit der Alit-Belitkristalle nicht möglich, dieselben zu isolieren und quantitativ festzulegen.

Jetzt kam von anderer Seite Hilfe. Angeregt von Prof. Vögerichten, Jena, haben mehrere seiner Schüler Arbeiten veröffentlicht, in denen sie mit Hilfe von Farbreaktionen nachweisen konnten, welche Stoffe in den Kristallen vorhanden sind, die sie unter dem Mikroskop beobachten konnten, wenn sie fein gepulverten Portlandklinker mit Wasser anmachten. Ihre Aufgabe war, Tonerde, Kalk, Kieselsäure in alkalischer Flüssigkeit nebeneinander nachzuweisen; Kalkwasserlösung von Anthrapurpurin färbt Tonerde braunrot, dagegen Kalk bei Abwesenheit von Ton rein rot, Patentblau färbt nur Tonerde in alkalischer Flüssigkeit intensiv blau, nicht aber geglühte Tonerde oder Ton, sondern nur Tonerde, die frisch durch Hydrolyse entstanden ist. Methylenblau reagiert auf freie Kieselsäure; liegt kieselsaurer Kalk vor, so muß die Kieselsäure erst durch Essigsäure frei gemacht werden. Kaliumferrocyanitlösung diente als Reagens auf Eisenoxyd.

Als Resultat dieser Untersuchungen wird angegeben, daß qualitativ die feinen Nadeln, welche als Hydratationsprodukt aus dem Klinkermehl hervorwachsen — sowie die Gelmasse aus Calciumsilikat, die dicken hexagonalen Plättchen aus Calciumaluminat — und die großen hexagonalen Kristalle aus Kalkhydrat bestehen.

Leider haben die Herren ihre Untersuchungen nur auf die Kristalle ausgedehnt, welche beim Anmachen des Klinkermehls mit Wasser entstehen, daraus folgt aber noch nicht, daß sie identisch

¹⁾ Herr Natho dreht in seinem Aufsatz (Jahrgang 36 dieser Zeitschrift, Seite 405—407) das vorgeschriebene Verhältnis gerade um, indem er behauptet, daß auf 1,7 Teile Kieselsäure + Ton + Eisenoxyd 1 Teil Kalk käme. Dieser Irrtum zieht sich wie ein roter Faden durch Nathos ganze Arbeit hindurch. Es erübrigt sich aus diesem Grunde, auf die Arbeit näher einzugehen, zumal da Herr Dr. Hägermann diesen und andere Irrtümer der Nathoschen Arbeit im „Zement“ 1924, Nr. 6 richtig gestellt hat.

sind mit den von Törnebohm an Klinkerdünnenschliffen beobachteten Alit, Belit usw.

Prof. v. Glasenapp, welcher 1913 die Törnebohm'sche Arbeit eingehend nachprüfte, hat leider seine Dünnenschliffe nicht mit den Farbstoffreaktionen qualitativ untersucht, aber er kommt zu dem, wohl jetzt allgemein als richtig angenommenen Schluß, daß die Hauptmasse des aktiven Klinkers aus einer Doppelverbindung von Kalksilicat und Kalkaluminat, dem Alit, besteht, eingebettet in einer glasigen Masse, aus der das Alit auskristallisiert ist. Das Vorhandensein von Belit leugnet er nicht. Er betrachtet dasselbe aber nur als ein Produkt ungenügend feiner Aufbereitung der Rohmaterialien, namentlich des Aluminiumoxyds und des Eisenoxyds. Diese Vorstellung ist begreiflich, wenn man bedenkt, daß in den nur bis zur Sinterung gebrannten Rohmassen die freie Beweglichkeit der Moleküle (wie beim Schmelzfluß) beschränkt ist, und nicht jedes Tonpartikelchen die ihm zustehende Kalkmenge erreicht, um Alit zu bilden. Als Beweis führt v. Glasenapp ein von Natur unendlich fein aufbereitetes Rohmaterial von Noworossisk am Schwarzen Meer an, in welchem Ton, Eisenoxyd und Kieselsäure in staubförmig feiner Verteilung überaus gleichmäßig in der Kalksteinmasse eingelagert sind. Der daraus erbrannte Klinker zeigt im Dünnenschliff nur Alit, eingebettet in einer glasigen Masse.

Unter dem Eindruck dieser Erkenntnisse bewegen sich die neuesten Forschungen ausschließlich auf dem Gebiet des Dreistoffsystems Kalk, Kieselsäure, Tonerde, unter teilweisem Ersatz der letzteren durch Eisenoxyd.

Unendlich viele Versuche sind angestellt, um fast alle aus dem Dreistoffsysteem möglichen Mischungen der Rohstoffe zu vermahlen, zu brennen und die erzielten Klinker auf ihre Eignung, als hydraulisches Bindemittel zu dienen, zu untersuchen. Immer mehr wurde die Zahl der möglichen Rohmischungen eingeschränkt, immer mehr näherte man sich dem schon empirisch ziemlich sicher festgelegten Endprodukt, nämlich, daß die quantitative Zusammensetzung des Klinkers nur schwanken dürfe für

Calciumoxyd von 58 % bis 66 %
Kieselsäure " 18 % " 23 %
Tonerde " 6 % " 9 %
Eisenoxyd " 2 % " 3 %

Dazu kommen noch einige Stoffe, welche in einer Pauschalanalyse auf Seite 266 angegeben sind, und welche teils als Verunreinigung oder als Zusatz zur Regulierung der Bindezeit (Gips) anzusehen sind.

Für die Portlandzement-Industrie ist die Auswertung chemisch wissenschaftlicher Arbeiten, wie aus dem obigen Ausführungen erhellt, zwar noch gering. Aber das weiß man doch jetzt positiv sicher, in welchen Grenzen sich die vier Hauptkomponenten bewegen dürfen. Deshalb sind die vorliegenden Rohmaterialien genau darauf zu untersuchen, ob die angegebenen Grenzwerte mit denselben erreicht werden können. Es hat z. B. gar keinen Zweck, weitere Vorversuche anzustellen, wenn das Kalkmaterial nicht über 75 % Calciumcarbonat enthält, oder wenn im Ton das Verhältnis von SiO_2 zu Al_2O_3 nicht ungefähr 2 : 1 ist.

Erst wenn diese chemischen Vorbedingungen erfüllt sind, kann man daran gehen, die mechanischen Eigenschaften der Rohstoffe zu studieren, d. h. ob und wie sich dieselben im großen mischen (aufbereiten) lassen, welche Öfen, welche Mühlen die passendsten sind. In dem maschinellen Teil einer Zementfabrik sind in letzter Zeit so große Fortschritte gemacht, daß vielfach Umbauten älterer Fabriken notwendig wurden. Vielleicht berichte ich darüber in einer späteren Abhandlung.

[A. 51.]

kungswertes" eines Mittels zu bestätigen hat, oder aber nur noch sekundäre Fehler nachweist, die dem Mittel für die große Praxis anhaften. Nach dieser Methode ist es unmöglich, daß ein Mittel zu Freilandsversuchen gelangen kann, welches nicht die Wahrscheinlichkeit für sich hat, wirksam zu sein, geschweige denn, daß Mittel zur Prüfung kommen, welche bei vollständiger Unwirksamkeit gegen den zu bekämpfenden Schädling obendrein noch beträchtliche Schädigungen an der zu schützenden Kulturpflanze hervorrufen. Ähnliche Bestrebungen liegen vor für die Schaffung einer Methodik zur möglichst exakten und schnellen Normierung von Saatbeizmitteln. Binz und Bausch¹⁾ und neuestens Gassner²⁾ haben durch Einführung des chemotherapeutischen Index auf diesem Gebiete wichtige Arbeit geleistet. Für Pflanzenschutzmittel im allgemeinen hat Falck³⁾ auf „die Ausbildung möglichst genauer Prüfungsmethoden für die exakte Bewertung eines Pflanzenschutzmittels“ hingewiesen. Falck hat auch mit seiner Methode 2 — Kultur seiner Testpilze (*Penicillium, Citromyces, Botrytis*) in Bierwürzeagar — Wertziffern für die absolute Hemmung durch Bordeauxbrühe, Kupferhydroxyd, Kupfersulfat und Resinol festgestellt, in der Weise, daß er die zu prüfenden Gifte in steigenden Dosen im Reagensglase zu Bierwürzeagar hinzufügte und die Konzentration des Giftes nachwies, bei welcher eine Entwicklung der Pilze unterblieb (absolute Hemmung, germizide Wirkung Falcks). Falck bemerkt dazu: „Umgekehrt wie beim Holzschutz genügen hier für den praktischen Pflanzenschutz offenbar viel niedrigere Werte, als sie der absoluten Hemmung auf vergifteten Bierwürzeagarsubstrat nach Methode 2 entsprechen. Wir haben noch keine germiziden Wertzahlen feststellen können, die den nach Methode 5 gewonnenen mykoziden Werten an die Seite gestellt werden können. Wir wissen jetzt aber, daß die hier nach Methode 2 festgestellten Zahlen für die absolute Hemmung erheblich höher liegen, als sie unter natürlichen Verhältnissen erfordert werden. Unter dieser Voraussetzung kann das Wertmaß nach Methode 2 zugrunde gelegt werden, bis wir adäquatare Methoden ausgebildet haben.“

Es sei nunmehr eine Ausmittelung, wie ich sie ausgearbeitet habe, an dem Beispiel der Auswertung eines Spritzmittels zur Bekämpfung pilzparasitärer Schädlinge durchgeführt. Die Vornahme einer solchen Auswertung vollzieht sich dabei nach folgendem Arbeitsschema:

1. Feststellung der physiologischen Wertziffern
 - Verbräunungen,
 - Theoretischer Giftwert,
 - Praktischer Giftwert,
 - Schattenwirkung.
2. Feststellung physikalischer Wertziffern
 - Haftfähigkeit,
 - Schwebefähigkeit,
 - Spritzfähigkeit,
 - Sichtbarkeit.
3. Praktische Wertziffern, aus 1 und 2 sich ergebend; im engeren, die Summe vom praktischen Giftwert und Haftwert.

Ehe überhaupt irgendeine neue Untersuchung eines für Schädlingsbekämpfungszwecke bei Pflanzen vorgesehenen Mittels vorgenommen wird, ist festzustellen, ob dieses zu prüfende Mittel Verbräunungen (1 a) hervorruft. Es ist zu dem Zwecke in der für die Verwendung geplanten Konzentration oder, wenn diese noch nicht festliegt, in mindestens 1%iger Lösung auf Blätter zu spritzen, die erfahrungsgemäß für Verbräunungen besonders empfindlich sind. Als wertvolles Reagens auf Verbräunungen durch Spritz- und Staubbmittel hat sich mir⁴⁾ das Bohnenblatt (*Phaseolus*) erwiesen, aber auch Stachelbeerblätter und besonders Apfelblätter sind von relativ hoher Empfindlichkeit. Treten bei diesen Vorversuchen Verbräunungen größerem Umfangs auf, so erübrigt sich schon ohne weiteres eine nähere Prüfung. Ist dieses nicht der Fall, so wird zur Feststellung der physiologischen Wertziffern geschritten.

Der theoretische Giftwert (1 b) setzt sich zusammen aus dem Tötungswerte eines Giftes und dem Hemmungswert; der Hemmungs-

¹⁾ Binz u. Bausch, Versuch einer Chemotherapie des Gerstenbrandes. Z. f. ang. Ch. 35, 241 [1922].

²⁾ Gassner, Biologische Grundlagen der Prüfung von Beizmitteln zur Steinbrandbekämpfung. Arb. a. d. Biol. R. A. H. V. Bd. 11, 1923. Gassner u. Esdorn, Beiträge zur Frage der chemotherapeutischen Bewertung von Quecksilberverbindungen als Beizmittel gegen Weizensteinbrand; ebenda.

³⁾ R. Falck, Über die Bewertung von Holz- und Pflanzenschutzmitteln im Laboratorium und über ein neues Spritzmittel für den Pflanzenschutz. Z. f. ang. Bot. 1, 177 [1919].

⁴⁾ E. W. Schmidt, Über die Voraussetzungen zu einer erfolgreichen Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten. Z. f. Pflanzenkrankheiten 32, 293 [1922].

Über die Ausmittelung eines Pflanzenschutzmittels und seine fungizide Bewertung.

Von Dr. E. W. SCHMIDT, Hannover.

(Eingeg. 30. 3. 1924.)

Die Auswertung eines neuen Mittels auf seine Brauchbarkeit für den Pflanzenschutz nahm bisher beträchtliche Zeit in Anspruch; manchmal konnten Jahre darüber hingehen, ehe man aus den vielfach widersprüchsvollen Ergebnissen der Freilandversuche zu einem einigermaßen klaren Urteil kam. Ungleichmäßigkeiten im Auftreten der zu bekämpfenden Schädlinge und klimatische Faktoren, insbesondere die so überaus wichtigen Niederschläge sind die Hauptgründe für diese Verzögerung. Ich habe deshalb versucht, durch Ausbildung entsprechender Methoden zur Auswertung eines Pflanzenschutzmittels den bisher üblichen langen Weg wesentlich abzukürzen, in der Absicht, daß nunmehr der Freilandversuch nur noch die Richtigkeit des durch die Laboratoriumsversuche sich ergebenden „voraussichtlichen Wir-