

Der Gedanke der Lebenskraft, von Wöhler aus dem Reiche der chemischen Stoffe verbannt, findet so eine neue Zuflucht als Ordnungsprinzip der chemischen Vorgänge des belebten Körpers.

Auch diese Festung wird von allen Seiten belagert. Die Erweiterung unserer Kenntnis von der Verteilung wirksamer Flächen im Raum durch die Wissenschaft der Kolloidchemie hat das Verständnis für die Baubedingungen der Zellelemente vertieft. Schon in den Anfängen dieser Entwicklung hatte Hofmeister 1901 in einem Vortrage über die chemische Organisation der Zelle dargelegt, daß Aufbau- und Abbauvorgänge nebeneinander verlaufen, ohne sich zu stören, weil die kolloidale Natur, der wabige Bau der Zellflüssigkeit, unzählig getrennte Punkte bietet, an denen wirksame Katalysatoren festwurzeln; das Material, auf das sie wirken, wird ihnen durch Bewegungen in der Zellflüssigkeit zugeführt.

Bedenkt man, daß die ungeheure Oberflächenentwicklung kolloidaler Gebilde einen überaus vielseitigen Aufbau im kleinsten Raum gestattet, so erscheint die Zelle als eine höchst komplizierte, chemische Fabrik, die, aus zahllosen selbst gebauten Spezialmaschinen zusammengesetzt, in regelmäßiger Folge chemische Produkte bildet und umwandelt.

Die Klärung unserer Kenntnisse vom Verlauf katalytischer Vorgänge ist auch dem Studium der Zellkatalysatoren, der Enzyme, zugute gekommen, und führende Forscher unserer Wissenschaft setzen ihre Kraft daran, dem Wesen des Enzymbegriffs näher zu kommen, in erster Reihe festzustellen, was der Enzymwirkung stofflich zugrunde liegt.

Auch das Wie in der allgemeinen Richtung des biologischen Geschehens erscheint nicht ganz 'unzugänglich'. Man kann verstehen, daß zur Wirkung der Enzyme auch die Bildung neuer Enzyme gehört, um so chemische Vorgänge auszulösen und zu hemmen, wie es die erhaltungsgemäße Richtung des Geschehens erfordert. Während sonst eine gegebene Anordnung unter dem Einflusse eines Katalysators zu einer stabileren Anordnung führt, ohne daß darüber hinaus zwischen dem Vorgang und dem Katalysator eine naturgesetzliche Verknüpfung bestände, wird hier das Werkzeug, indem es wirkt, ungebildet. Die Aufeinanderfolge der Umbildungen, die Epigenese der Enzyme, enthält den Richtungsbegriff der Lebensvorgänge, ohne aber bisher die Vorstellung der auf die Erhaltung von Einzelwesen und Art gerichteten Zweckmäßigkeit entbehren zu machen.

Wir können nicht wissen, was spätere Zeiten an Erkenntnis und Erkenntnismitteln erwerben werden, und so ist es wohl wesentlich Sache des Temperaments, wie weit man in dieses Unbekannte hinein seine Hoffnungen und Erwartungen ausspinnen mag. Aber immer breiter quillt der Strom der Forschungsarbeit, in der sich viele zu einer natürlichen Einheit zusammengefaßt sehen. Aus hundert Gedanken geboren, geht ein neuer Gedanke in hundert Köpfe über, in denen er, aus eigener Erfahrung befruchtet, ein wenig anders wird und weiter wirkt. So wollen wir der Hoffnung nicht ganz entsagen, daß ein späteres Jahrhundert den Gedenktag eines Mannes feiern wird, der die Vorgänge der belebten Welt auf die der unbelebten Welt zurückzuführen lehrte, wie wir heute den Gedenktag unseres Friedrich Wöhler feiern, der die Stoffe der belebten und der unbelebten Welt zu einer Einheit zusammenfaßte. [A. 155.]

## Über Misch- und Volldünger.

Von Direktor Dr. A. MITTASCH, Ludwigshafen a. Rh.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Landwirtschaftschemie auf der 41. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker am 1. Juni 1928 in Dresden.

(Eingeg. 4. Juli 1928.)

Wenn ich es unternehme, als Fabriklaboratoriumschemiker und als Mann ohne Ar und Strohalm einen Vortrag über Misch- und Volldünger zu halten, so ist es von vornherein klar, daß die chemisch-technische Seite des Themas im Vordergrund stehen wird, während die landwirtschaftliche Seite erst an zweiter Stelle und nur kurz behandelt werden soll.

### I.

Verstehen wir unter Misch- und Volldüngern solche zusammengesetzte Handelsdünger, die mehr als einen der drei für die Düngung von Kulturpflanzen in erster Linie in Betracht kommenden Nährstoffe: Stickstoff, Phosphor und Kali, enthalten<sup>1)</sup>, so weiß jeder Agrikulturchemiker, daß derartige Mischdünger, historisch genommen, in die Anfänge der künstlichen Düngung zurückreichen.

So kann man in gewissem Sinne die Knochenmehle mit ihren 2–6% N neben 16–30%  $P_2O_5$  sowie namentlich die Guanos, die bekanntlich von ihrer Entstehung her neben 5–16% N 8–13%  $P_2O_5$  und 1–3%  $K_2O$  enthalten, und die in der Düngepraxis schon vor etwa 80 Jahren eine bedeutende Rolle spielten, als Vorbild oder Vorläufer der

<sup>1)</sup> Aus der Beschränkung der Definition auf N, P und K ergibt sich, daß die kalkhaltigen Düngemittel, wie Thomasmehl, Kalkstickstoff, Kalksalpeter usw., obwohl sie im Grunde auch zwei Nährstoffe enthalten, nicht ohne weiteres als Mischdünger aufgefaßt werden; dem entspricht, daß ihr Kalkgehalt im Preise keine Bewertung findet.

späteren Mischdünger ansehen, die durch besondere Mischverfahren (bzw. Umsetzungsverfahren) aus Einzeldüngern hergestellt werden. Auch der Liebig'sche Patentdünger von 1845, der bekanntlich Kali, Phosphor und Kalk enthielt, kann hier genannt werden<sup>2)</sup>.

In bezug auf die Entwicklung der Herstellung und Verwendung zusammengesetzter Dünger können wir drei Linien unterscheiden:

a) Die an die Superphosphat- (und in beschränktem Umfange auch an die Kali-) Industrie anknüpfende Mischdüngerefabrikation.

b) Die insbesondere in Amerika sich an die Verwendung organischer Abfälle anschließende Entwicklungsreihe.

c) Die neuerdings von der Industrie des synthetischen Ammoniaks ausgehende Volldüngerbewegung.

a) Auf der Superphosphatbasis bauen sich folgende, etwa seit 1890 in den Handel gebrachte Mischdünger auf:

1. Ammoniak-Superphosphat, hergestellt durch Zusammenmischen von Superphosphat und Ammonsulfat.

<sup>2)</sup> Engl. Pat. 10 616/1845. Schon vorher (1843) war in England, und zwar in Rothamsted, von Lawes und Gilbert ein Mischdünger (complete fertilizer) zusammengestellt worden, der Superphosphat und Ammonsulfat sowie Aschenbestandteile (Kali) enthielt (Russell, Vortrag vom 7. Okt. 1927; siehe auch Honcam p. Zeitschr. angew. Chem. 1928, 463).

Der Dünger enthält N und  $P_2O_5$  in wechselnden Verhältnissen, hauptsächlich 9 : 9; daneben gibt es 13 weitere Abstufungen.

2. Kali-Superphosphat, gewonnen durch Zusammenmischen von Superphosphat und Chlorkali.

$P_2O_5 : K_2O = 10 : 5; 7 : 9; 10 : 10$ ; insbesondere als Wiesendünger auf den Markt gebracht.

3. Kali-Ammoniak-Superphosphat, hergestellt aus Superphosphat, Ammonsulfat und Chlorkalium.

$N_2 : P_2O_5 : K_2O$  in etwa acht Abstufungen.

Im Kali-Ammoniak-Superphosphat haben wir den ersten Repräsentanten eines Volldüngers, d. h. eines zusammengesetzten Düngers, der alle drei Hauptnährstoffe — N, P und K — in wesentlichen Mengen enthält. Weiter sind zu nennen:

4. Ammoniak-Salpeter-Superphosphat sowie

5. Gemische von Superphosphat mit Kalisalzen und organischen Stickstoffdüngern wie Hornmehl, Fleischmehl und dergleichen.

6. Superphosphatschlempe, aus Superphosphat und Melasseschlempe gewonnen (2% N, 8%  $P_2O_5$ , 6%  $K_2O$ ).

Diese superphosphathaltigen Mischdünger<sup>2)</sup> werden meist von der Superphosphatindustrie selbst hergestellt, zum Teil aber auch vom Düngemittelhandel oder auch von genossenschaftlichen Organisationen, wie der „Baywa“-Mischdünger der Bayerischen Waren-Vermittlung landwirtschaftlicher Genossenschaften.

In ähnlicher Weise, nur in minderem Umfange, sind zeitweise auch Thomasmehl und Knochenmehle zur Phosphatgrundlage von Mischdüngern genommen worden.

Die neuere Entwicklung der Bestrebungen der Phosphorsäureindustrie, Düngemittel mit mehreren Nährstoffen zu erzeugen, sei nur kurz gestreift. So hat die Rhénania, die Herstellerin des bekannten Rhénania-Phosphates, mehrere Patente genommen auf die Herstellung von Mischdüngern, welche Phosphorsäure und Kali nebeneinander enthalten, und sie hat nach einer Mitteilung Ehrenbergs<sup>3)</sup> auch ein derartiges Produkt mit einem Gehalt von etwa 17%  $K_2O$  und 25%  $P_2O_5$  für die Großfabrikation in Aussicht genommen<sup>4)</sup>.

b) An Abfalldünger organischer Art sich anschließende Mischdünger spielen bekanntlich in der amerikanischen Landwirtschaft seit Jahrzehnten eine große Rolle<sup>5)</sup>. Die Gleichförmigkeit weiter Bodenstrecken und die Verhältnisse auf den Farmen boten die

<sup>2)</sup> Als ein Stickstoff-Phosphorsäure-Dünger auf Superphosphatbasis kann auch das Gerlachsche Ammoniakphosphat genannt werden, das nach einem Patent von 1914 durch Einwirkung von gasförmigem Ammoniak auf Superphosphat hergestellt werden soll, aber keinen Eingang in die Praxis fand, hauptsächlich deshalb, weil bei der Herstellung die wasserlösliche Phosphorsäure in citratlösliche zurückgeht, die in Deutschland niedriger bewertet wird.

<sup>3)</sup> Mittell. d. D. L. G. 1927, 216.

<sup>4)</sup> Auf die amerikanischen Bestrebungen, von den reichen Phosphatlagerstätten ausgehend, durch verschiedene Aufschlußverfahren und durch Beimischungen von Stickstoffsalzen zu Mischdüngern zu gelangen, sei nur kurz verwiesen.

<sup>5)</sup> Vgl. „Die Ernährung der Pflanze“ 1928, S. 127, über amerikanische Düngermischungen. — Eine gewisse Ähnlichkeit hiermit zeigen die Bestrebungen in Deutschland, Humusdünger herzustellen (Humunit, Stickstoffhumat, Kalihumat von der Deutschen Humuskultur-Gesellschaft in Magdeburg). Der Wert dieser Dünger, die gleichzeitig Bodenverbesserungsmittel sind, ist außer Frage, doch stehen die Frachtkosten einem weiten Transport solcher Mischdünger hinderlich entgegen. Auch die Bestrebungen, Zellstoffabläuge für Düngemittel nutzbar zu machen, sind in diesem Zusammenhang zu nennen.

günstigsten Bedingungen für eine Entwicklung von Mischdüngerindustrien, und zwar in einer für Amerika durchaus charakteristischen Weise<sup>7)</sup>. Die geringen verfügbaren Mengen Stallmist schufen das Bedürfnis nach anderen kohlenstoffhaltigen, bodenverbessernden Düngemitteln, wobei sich gleichzeitig die Möglichkeit ergab, große Mengen sonst vielfach unverwertbarer Abfallstoffe nutzbringend zu verwenden; und so erklärt sich ohne weiteres das Überwiegen von Mischdüngern auf der Basis organischer Abfalldünger. In erster Linie kommen für die Mischungen folgende Stoffe in Betracht:

1. Abfälle der Großschlächtereien (Tankage), wie Blutmehl, Fleischmehl und Knochenmehl.
2. Rückstände der Baumwollindustrie usw. (Baumwollsaatmehl, auch Kopramehl, Tabakstaub u. a. m.).
3. Rückstände der Fischverarbeitung (Fischmehl).
4. Sonstige Abfälle, wie städtischer Abwasserschläm (,,sewage“, z. B. in der Form von „Milorganit“ von Milwaukee, mit 6% N und 4%  $P_2O_5$ ).

Der an sich niedrige Nährstoffgehalt dieser Substanzen wird in der Regel durch Zumischen anorganischer Düngesalze, z. B. Superphosphat, erhöht, wobei Mischdünger mannigfachster Art und mit sehr verschiedenen Gehalten an N, P und K entstehen — zählt man doch zurzeit gegen 1800 verschiedene amerikanische Mischdünger.

Eine Übersicht über die durchschnittliche Zusammensetzung der Mischdünger in den Vereinigten Staaten seit 1918 gibt Lipman<sup>8)</sup>.

Jahr	Gesamtstickstoff %	Gesamt $P_2O_5$ %	Lösl. $P_2O_5$ %	Kali %
1918	2,31	10,19	8,53	1,96
1919	2,10	10,03	8,58	2,24
1920	2,35	9,80	8,38	3,86
1921	2,46	9,83	8,49	4,26
1922	2,68	9,74	8,54	5,13
1923	2,71	9,49	8,28	5,48
1924	2,97	9,44	8,18	5,75
1925	2,94	9,70	8,41	5,77
1926	3,08	9,72	8,37	6,20
1927	3,09	9,71	8,70	6,39

Dabei ist es bemerkenswert, daß trotz aller weitgehenden Differenzierung derartiger Mischdünger das Nährstoffverhältnis darin gar nicht so sehr schwankt, sondern sich auf eine beschränkte Anzahl von Typen zurückführen läßt<sup>9)</sup>; eine Tatsache, die für unsere späteren Betrachtungen nicht ohne Interesse ist.

Für die weitere Entwicklung der Dinge in Amerika ist es von Bedeutung, daß gerade neuerdings die amerikanischen Versuchsstationen immer mehr auf die vorteilhaftere Verwendung sogenannter „konzentrierter“ Düngemittel<sup>10)</sup>, d. h. solcher mit einem Gesamtnährstoffgehalt von über 14%, hinweisen, gegenüber den bisher gebräuchlichen Mischdüngern von geringeren Gehalten. In neuester Zeit sind sogar Bestrebungen im Gange, die Beimischung organischer Stoffe, die z. T. auch als Futtermittel Verwendung finden können, wesentlich einzuschränken und an deren Stelle rein anorganische Mischdünger zu verwenden.

<sup>7)</sup> Vgl. hierzu die Ausführungen von Roemer in „Berichte der Landwirtschaft“, Neue Folge, 4. Sonderheft 1926, S. 19, sowie auch S. Wyer in „Fundamentals of our Fertilizer Problem“.

<sup>8)</sup> Amer. Fertilizer 68, Nr. 3, S. 22 [1928].

<sup>9)</sup> Siehe Seite 904.

<sup>10)</sup> Vgl. Lipman, Amer. Fertilizer 68, Nr. 4, S. 21 ff. [1928] über „Concentrated Fertilizer“; desgl. W. H. Ross, ebenda 60, 23 [1924].

c) Die dritte Richtung der Herstellung und Verwendung zusammengesetzter Dünger knüpft an die Herstellung des synthetischen Ammoniaks nach Haber-Bosch an, wobei unverkennbar ist, daß hier mit einer Art historischen Zwanges zu den Einfachdüngern die Zwei- und Mehrfachdünger hinzugekommen sind. Und zwar setzt diese neuere Bewegung deutlich in dem Zeitpunkte (etw. vor 8 Jahren) ein, als in den maßgebenden Kreisen der neuen Stickstoffindustrie der Beschluß gefaßt wurde, der deutschen Landwirtschaft den Stickstoff nicht nur in der Ammoniakform, sondern auch in weiteren grundsätzlich und praktisch wichtigen Formen zu bieten. Zwei Düngemittel insbesondere sind es, an die sich die neue Mischdüngerindustrie anschließt, das Ammonnitrat und der künstliche Harnstoff, wobei gegenwärtig die Nitrat-form im Vordergrund steht<sup>11)</sup>.

Beginnen wir mit dem Ammonnitrat. Es ist von Bedeutung gewesen, daß dieses Stickstoffdüngemittel — so ideal es vom theoretischen Standpunkt aus erscheint, weil es zwei Formen des Stickstoffes ohne jeden Ballast enthält<sup>12)</sup> — zwei Eigenschaften besitzt, die seine praktische Tauglichkeit stark herabsetzen: die unter den gewöhnlichen klimatischen Verhältnissen sich zeigende hohe Hygroskopizität und die latent vorhandene Explosivität. Beides kann nun dem Ammoniumnitrat genommen werden durch Beimischung anderer geeigneter, insbesondere düngetechnisch wertvoller Stoffe, wobei sekundäre Prozesse, wie chemische Umsetzung zu neuen Verbindungen, gegebenenfalls auch Mischkristall- und Doppelsalzbildung, eine große Rolle spielen.

<sup>11)</sup> Zurzeit bemüht man sich um eine „Standardisierung“ der Düngemischungen, d. h. um eine Markeneinschränkung auf wenige Typen mit einem bestimmten Verhältnis der Hauptnährstoffe und einem verbürgten Mindestgehalt derselben. Nach dem Vorschlag von Bear auf einer 1928 in Chicago abgehaltenen Agrikultur-Konferenz wurden für die Vereinigten Staaten folgende elf Standard-Handelsmarken für Mischdünger festgesetzt:

Verhältniszahlen in Prozenten N : P : K	Mindestgehaltszahlen in Prozenten N : P : K
A 0—7—3	0—14—6
B 0—5—5	0—12—12
C 0—2—8	0—8—32
D 1—7—2	2—14—4
E 1—6—3	2—12—6
F 1—5—4	2—10—8
G 1—3—6	3—9—18
H 2—6—2	4—12—4
I 2—5—3	4—10—6
J 2—4—4	4—8—8
K 3—4—3	6—8—6

<sup>11)</sup> Wenn auch durch Forschungen von Prianschni-koff u. a. (s. z. B. Ztschr. Pflanzenernähr. Düngung IV A, 242 [1925]; Ergebnisse der Biologie 1926 T, 407 ff.) die biologische Gleichwertigkeit des Ammoniumions mit dem Nitration erwiesen ist, so zeigen praktisch doch mehrfach die nitrathaltigen Dünger eine gewisse Überlegenheit.

<sup>12)</sup> Inwiefern solche Kombinationen als Stickstoffdünger besonders wertvoll sind, kann hier nicht genauer erörtert werden; wir verweisen auf Nolte, Mitt. d. D. L. G. 1926 (Nr. 21), S. 462. Vgl. auch die Ausführungen von Demolan bei der II. Internationalen Stickstoffkonferenz 1928, wonach die kombinierte Anwendung von Ammoniakstickstoff und Salpeterstickstoff als eine besonders empfehlenswerte Stickstoffdüngung erscheint. Ähnlich hebt Truffaut, Paris, den überragenden Wert solcher Düngekombinationen hervor, die den Stickstoff teilweise als Amidstickstoff (Harnstoff) enthalten; s. Truffaut u. Bezssonoff, La science du sol 1924, Bd. III, S. 3 ff.

### 1. Ammonsulfatsalpeter oder Leuna-salpeter.

Er bildet gleichsam die erste Übergangsstufe zu den eigentlichen Misch- und Volldüngern, von denen er sich dadurch unterscheidet, daß er zwar zwei verschiedene Formen des Stickstoffs, nicht aber sonstige Nährstoffe, wie Kali oder Phosphor enthält. Wir gehen also rasch über ihn hinweg und bemerken nur, daß chemisch genommen, seine Grundlage, wie Prof. Jäncke einwandfrei nachgewiesen hat<sup>13)</sup>, ein Doppelsalz  $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ist, neben dem noch etwas überschüssiges Ammonsulfat vorhanden ist; der Stickstoffgehalt beträgt  $\text{N} = 26\%$ , wovon drei Viertel in der Ammoniakform und ein Viertel in der Nitratform vorliegt.

### 2. Kaliammonsalpeter.

Dieser Mischdünger wird bekanntlich dadurch gewonnen, daß eine wasserhaltige Ammonnitratschmelze mit technischem Chlorkali innig gemischt wird.

Schon kleine Mengen Wasser genügen zur Umsetzung der genannten Salze gemäß



so daß im fertigen Dünger ein Gemisch von hauptsächlich Kalisalpeter und Ammonchlorid, und zwar großenteils in Form von Mischkristallen, und Kaliumchlorid vorliegt<sup>14)</sup>. Der Nährstoffgehalt des Salzes ist 8% Ammoniakstickstoff, 8% Nitratstickstoff und 28%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Analog hat man auch einen Natrammonsalpeter hergestellt, indem man statt Chlorkali technisches Chlornatrium verwendete; doch ist dieser Mischdünger nicht zu größerer Bedeutung gelangt. Dagegen haben sich für den schon früher von der B. A. S. F. versuchsweise hergestellten Kalkammonsalpeter (Gemisch von Ammoniumnitrat mit Calciumcarbonat) besondere Aussichten eröffnet.

### 3. Leunaphos.

Zum Verständnis der weiteren Entwicklung muß angeführt werden, daß die I. G. Farbenindustrie auf Grund eingehender Studien, teilweise unter Benutzung auswärts erzielter Fortschritte, zwei wertvolle Verfahren zur Herstellung von Diammonphosphat,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , ausgebildet hat<sup>15)</sup>. Nach dem ersten wird in üblicher Weise Rohphosphat mit Säure aufgeschlossen und nach Abscheidung des Kalkes als Gips Ammoniak eingeleitet; nach dem anderen, unter bestimmten Verhältnissen wirtschaftlich überlegenen Verfahren, werden die Rohphosphate elektrothermisch mit Kohle zu elementarem Phosphor reduziert; dieser wird zu Phosphorsäure oxydiert und hieraus Diammonphosphat hergestellt. Da dieses Salz im Vergleich mit seinem Stickstoffgehalt einen sehr hohen Gehalt an Phosphorsäure aufweist ( $\text{P}_2\text{O}_5 = 53\%$  gegen  $\text{N} = 21\%$ ), so wurde es mit

<sup>13)</sup> Ztschr. anorgan. allg. Chem. 160, 171 [1927].

<sup>14)</sup> Über den Grad der Umsetzung wurden genaue Messungen vorgenommen, wobei sich ergab, daß unter normalen Arbeitsbedingungen der Umsatz etwa 80–90% beträgt. Zur Verfolgung derartiger Umsetzungen wurden verschiedene Methoden ausgearbeitet, auf die nicht näher eingegangen werden kann; es sei nur bemerkt, daß sich als die drei besten und relativ einfachsten Methoden erwiesen haben: 1. Scheidung der Salzpartikel nach dem spezifischen Gewicht mit besonderen Scheidelösungen unter Anwendung oberflächenaktiver Stoffe, wie Nekal. 2. Messung der (negativen) Lösungswärme des Salzes in Wasser, da diese für das Salzpaar des Ausgangs- und dasjenige im Endprodukt hinreichend verschieden ist. 3. Überleiten von trockenem Ammoniak, wobei nicht umgesetztes Ammonnitrat bestimmte Mengen Ammoniak aufzunehmen vermag.

<sup>15)</sup> In Amerika werden auch Düngesalze mit Monoammonphosphat  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  in den Handel gebracht (Ammophos).

Ammonsulfat gemischt. Dies geschieht so, daß man 40 Teile Diammonphosphat mit 60 Teilen Ammonsulfat zusammenbringt, in einer Förderschnecke mischt und das Produkt im Drehofen trocknet. Das Salzgemisch mit 20% N und 20%  $P_2O_5$  wurde unter dem Namen „Leunaphos“ in den Handel gebracht und wird für Sonderfälle, z. B. für Kulturen in Ländern mit neuvulkanischen Böden, die genügend Kali enthalten, weiter hergestellt.

#### 4. Nitrophoska.

Eine Art Kombination oder Synthese von 2 und 3 stellt nun der nächste Dünger, der N, P und K enthaltende Volldünger Nitrophoska in seinen verschiedenen Formen dar. Für diese Nitrophoska-Volldünger ist charakteristisch, daß sie nicht durch einfaches Mischen der Bestandteile, sondern auf dem Wege

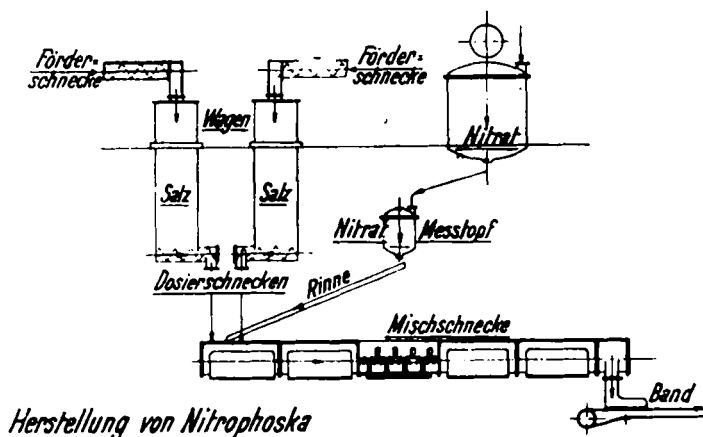


Abb. 1.

chemischer Umsetzung gewonnen werden und darum die Bestandteile in innigster Mischung enthalten. Vom Kaliammonsalpeter unterscheidet sich Nitrophoska in allen seinen Formen dadurch, daß zu Stickstoff und Kali als dritte Komponente die Phosphorsäure hinzukommt. Seine Gewinnung geschieht in der Weise, daß zu Ammonnitrat Diammonphosphat und hochprozentiges (über 50%iges) Chlorkali (oder Kaliumsulfat) gegeben wird, und zwar unter Bedingungen, die zu einer chemischen Umsetzung führen. Man arbeitet nach verschiedenen Verfahren, die darin übereinstimmen, daß man das Ammonnitrat zum Schmelzen erhitzt, die anderen Salze zufügt, das breiige Gemisch gut durchrührt, in Kühltrommeln abkühlt und schließlich vermahlt.

Dieses Verfahren erscheint auf den ersten Blick sehr einfach. Um jedoch bei drei Komponenten ein stets vollkommen gleichmäßig gemischtes Produkt zu erhalten, wie es für den Handel unbedingt erforderlich ist, bedarf man sinnreich konstruierter Vorrichtungen zum automatischen Dosieren der einzelnen Komponenten sowie Misch-, Abkühlungs- und Mahlvorrichtungen von höchster Vollkommenheit. Ein schematisches Bild der Herstellungsweise gibt Abb. 1, während Abb. 2—4 den Fabrikationsbetrieb (Dosierung, Transport und Lagerung) veranschaulichen.

Nitrophoska ist seiner Herstellung nach im wesentlichen ein ternäres Gemisch von Kalisalpeter, Ammonchlorid und Ammonphosphat und kommt in verschiedenen Formen in den Handel, die sich im wesentlichen im Nährstoffverhältnis unterscheiden<sup>17)</sup>:

<sup>17)</sup> Vgl. die Broschüren des Stickstoffsyndikats und der I. G. Farbenindustrie über Stickstoff-Düngemittel sowie über Nitrophoska I. G.

	N	$P_2O_5$	$K_2O$	
I. G. I (schwarz)	17,5%	13%	22%	vornehmlich für Getreide (stickstoffbetont)
I. G. II (blau)	15%	11%	28,5%	für Hackfrüchte und leichten Boden (kalibetont)
I. G. III (rot)	16,5%	16,5%	20%	für phosphorsäurearme Böden (phosphorbetont)

Für das Ausland, d. h. insbesondere für Amerika, kommt neben III (dort B genannt) noch folgende weitere Form für Baumwollplantagen in den Handel:

A (grün) 15% 30% 15% = 1:2:1.

Und schließlich gibt es eine mit Kaliumsulfat hergestellte Form, die vorwiegend für die Düngung des chloempfindlichen Tabaks bestimmt ist:

C (braun) 15,5% 15,5% 19% = 1:1:1½.

In allen seinen Formen ist so Nitrophoska eine Kombination wertvoller Einzeldüngesalze, deren Teilchen auf Grund der besonderen Herstellungsweise durch chemische Umsetzung auf das innigste vereinigt und verkittet sind, so daß praktisch jedes Körnchen alle drei Bestandteile enthält und eine Entmischung ausgeschlossen ist. Die Gehalte an N, P und K sind höher als bei allen früheren Mischdüng. Dabei ist Nitrophoska völlig wasserlöslich, hochprozentig, physiologisch nur schwach sauer<sup>17)</sup> bzw. praktisch neutral<sup>18)</sup> und ballastarm<sup>19)</sup>.

Neue Möglichkeiten für die Volldüngerindustrie ergeben sich, wenn man als Phosphorkomponente statt Ammonphosphat das vielfach bewährte Dicalciumphosphat nimmt. Wir wissen heute, daß die in Deutschland übliche besondere Hochschätzung der Wasserlöslichkeit des Düngephosphates nicht bedeutet, daß ein citratlösliches Phosphat wie Dicalciumphosphat unter allen Umständen geringeren Wert besitzt; und so kann es leicht sein, daß eines Tages auch die auf der Basis des Dicalciumphosphates hergestellten Volldünger eine größere Bedeutung erlangen werden; die deutlich physiologisch-alkalische Reaktion vieler solcher Misch-

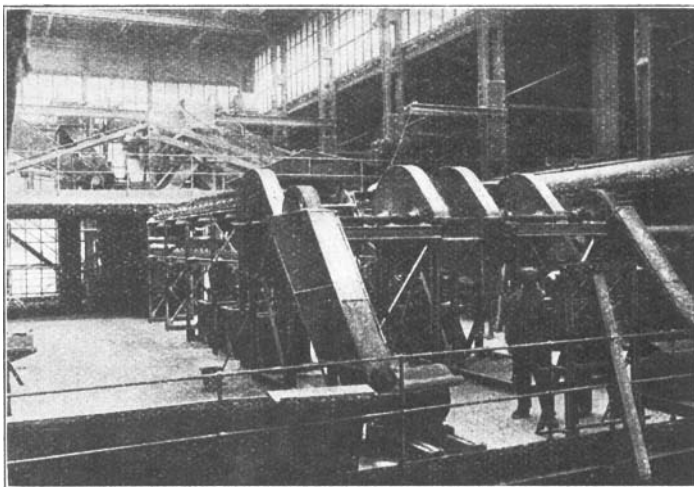


Abb. 2.

<sup>17)</sup> Vgl. Beling, Ztschr. Pflanzenernähr. Düngung, Abt. B, 6, 562 [1927].

<sup>18)</sup> Kappen, Ztschr. Pflanzenernähr. Düngung, Abt. B, S. 28 [1928], hebt hervor, daß Nitrophoska nur infolge der Nitrifikation des Ammoniakstickstoffs eine schwach versauernde Wirkung ausübt.

<sup>19)</sup> Unter Ballast werden Stoffe außer K, P, N und Ca verstanden, wie Mg, Fe, S, Cl und Na, die zwar gleichfalls für den Aufbau der Pflanze in gewissen (geringen) Mengen nötig sein können, im Boden aber regelmäßig schon genügend vorhanden sind.

dünger (etwa Kalisalpeter-Dicalciumphosphat-Kalksalpeter), verbunden mit der puffernden Wirkung des Calciumphosphates, würde von vornherein für bestimmte Böden Vorteile bieten. Ferner lassen sich auch Volldünger herstellen, die andere Kalkverbindungen als Dicalciumphosphat enthalten.

Nachdem wir die vom Ammonnitrat aus geschaffenen Produkte beschrieben haben, sind noch in Kürze

gesehen werden kann, so ist hier in erster Linie der Volldünger

#### 5. Harnstoff-Kali-Phosphor

zu nennen, ein völlig ballastfreier Dünger, hergestellt und bestehend aus Harnstoff, Kalisalpeter und Diammonphosphat, mit 28% N, 14%  $K_2O$  und 14%  $P_2O_5$ . In welchem hohem Maße dieser Volldünger als

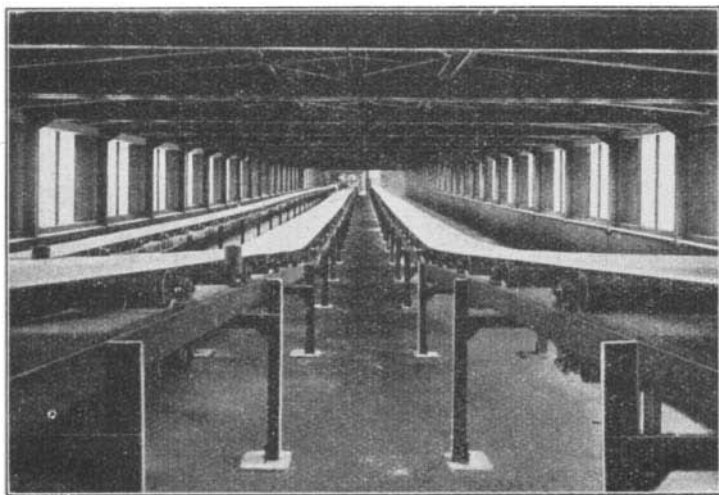


Abb. 3.

die Möglichkeiten zu erörtern, vom künstlichen Harnstoff ausgehend zu Misch- und Volldüngern zu gelangen. Wenn wir von künstlichem Harnstoff sprechen, so meinen wir hier nicht eine Darstellung aus Ammoniumcyanat, gemäß jener epochemachenden Beobachtung von Wöhler, deren Hundertjahrfeier in diesem Jahre begangen wird, sondern wir meinen die Darstellung aus Ammoniumcarbamat oder Ammoniumcarbonat durch Wasserabspaltung im geschlossenen Gefäß über  $120^\circ$ , eine Darstellung, die auf Beobachtungen

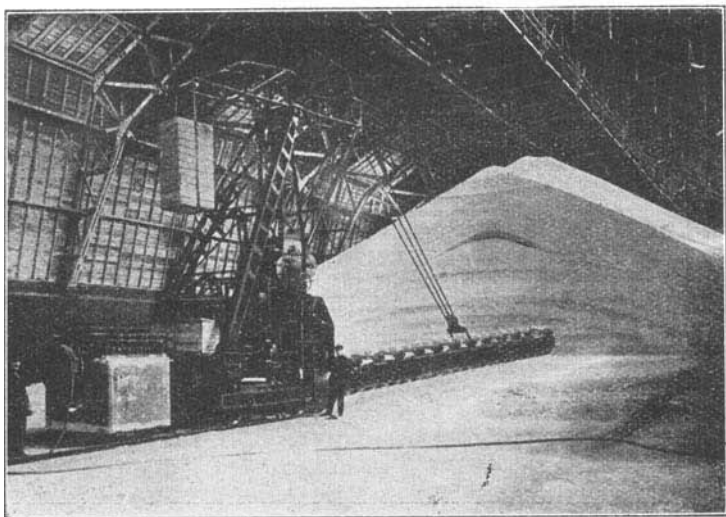


Abb. 4.

von Basaroff<sup>20)</sup> zurückgeht und zuerst in der B. A. S. F. durch Bosch und seine Mitarbeiter technisch durchgeführt worden ist<sup>21)</sup>.

Sehen wir vom Kalksalpeter-Harnstoff,  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4CO(NH_2)_2$ , ab, einer gleichfalls von der B. A. S. F. hergestellten Verbindung (N = 34%,  $CaO$  = 13%), die in gewissem Sinne auch als Mischdünger an-

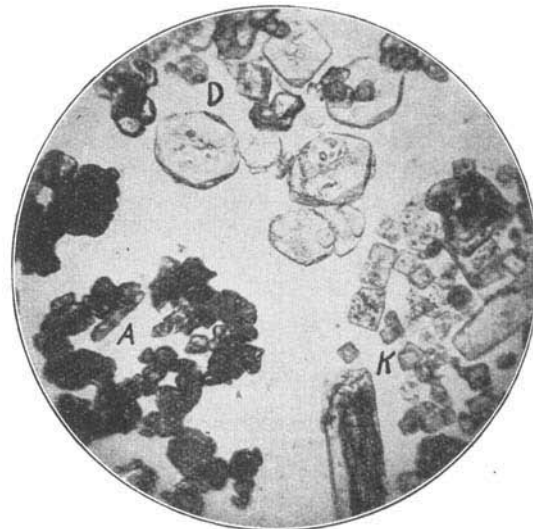


Abb. 5.

Garten- und Blumendünger Anklang gefunden hat, ist so bekannt, daß ich mir jedes weitere Wort darüber sparen kann. —

Ich habe in meinen Ausführungen eine Übersicht über die Entwicklung der Volldüngerbewegung in der I. G. Farbenindustrie gegeben und möchte, um zu zeigen, wie bei der Schaffung neuer Düngesalze und -gemische in der I. G. vorgegangen wird, noch einiges über die mikroskopische Prüfung, die phasentheoretische Behandlung und die Lager-

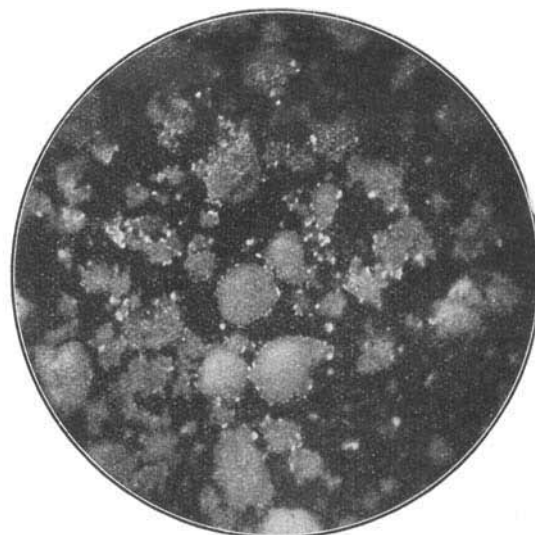


Abb. 6.

und Streufähigkeitsprüfung derartiger Düngersagen:

1. Mikroskopische Prüfung<sup>22)</sup>. Bringt man die neueren I.-G.-Volldünger, wie sie sind, bei mittlerer Vergrößerung (50fach linear) unter das Mikroskop, so lassen sich meist nur dichte Aggregate erkennen, denn die einzelnen Bestandteile sind so innig miteinander ver-

<sup>20)</sup> Basaroff, Journ. prakt. Chem. I, 283 [1870].

<sup>21)</sup> D. R. P. 294 793, 295 389, 295 075 von 1914.

<sup>22)</sup> Nach Dr. Eißner, Forschungslaboratorium des Werkes Oppau.



wachsen und verkittet, daß man sie erst nach Zertrümmern der Teilchen deutlich zu unterscheiden vermag. Als Beispiel hierfür wählen wir ein Nitrophoska J. G. I. Abb. 5 zeigt zunächst die einzelnen Komponenten:

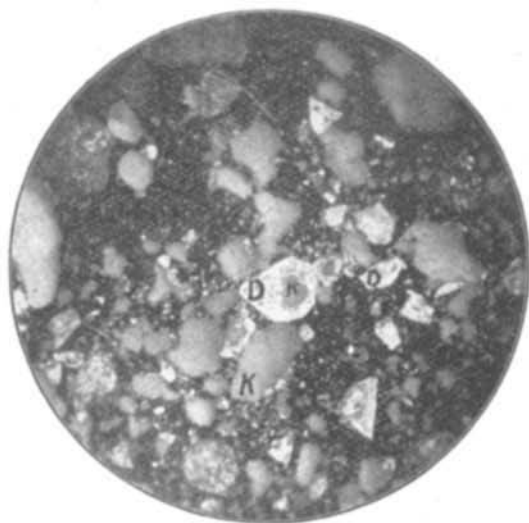


Abb. 7.

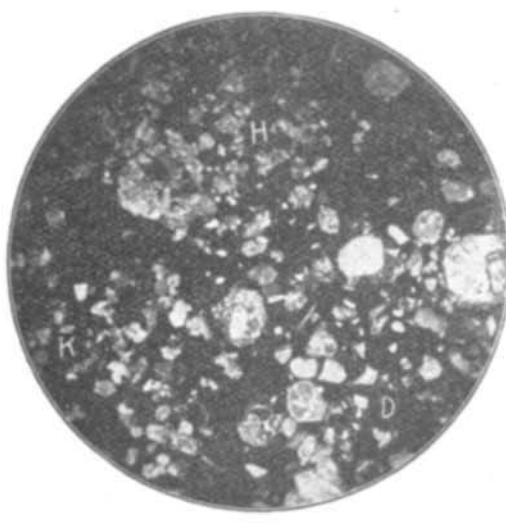


Abb. 8.

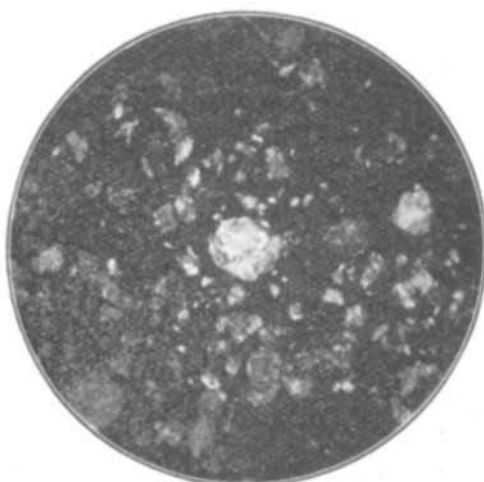


Abb. 9.

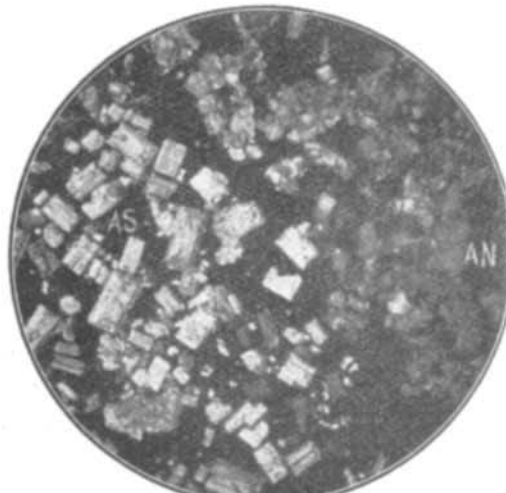


Abb. 10.

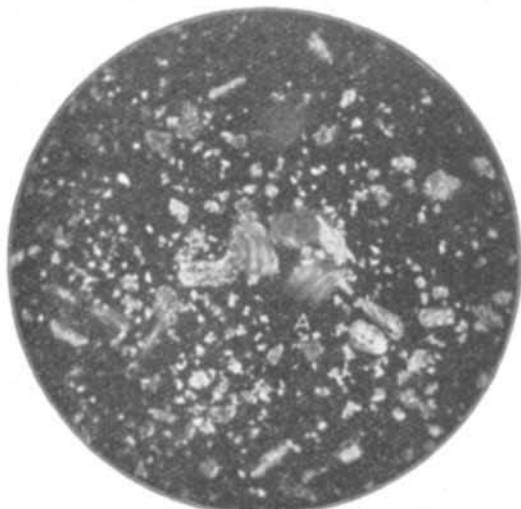


Abb. 11.

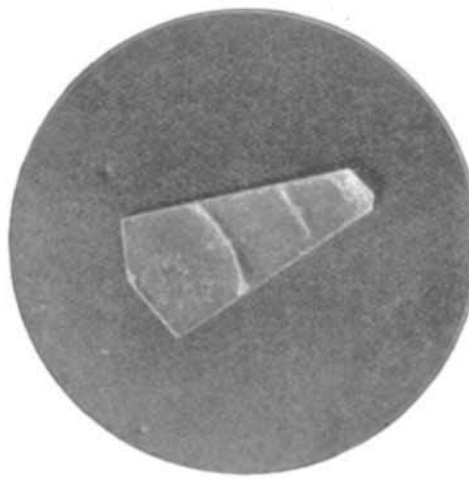


Abb. 12.

ten: Diammonphosphat (D), Ammonnitrat (A) und Kaliumchlorid (K); in Abb. 6 führen wir den Kalisalpeter vor, wie er sich, durch Umsetzung entstanden, auch im Nitrophoska wieder findet. Abb. 7 zeigt nun Nitrophoska selbst, wobei zu bemerken ist, daß einige Aggregate

zerdrückt wurden, um das von Kaliammonsalpeter (K) überkrustete Diammonphosphat (D) sichtbar zu machen.

Wir gehen weiter zu der Kombination Harnstoff-Kali-Phosphor über. In Abb. 8 sehen wir zunächst die Bestandteile nebeneinander: Harnstoff (H), Kalisalpeter (K) und Diammonphosphat (D). In Abb. 9 haben wir den Volldünger selbst. Auch hier ist, wie man sieht, eine sehr gute Durchmischung erreicht.

Nebenbei sei noch der Leunasalpeter vorgeführt. In Abb. 10 sieht man die Komponenten: Ammonsulfat (AS) und Ammonnitrat (AN). Abb. 11 zeigt den Leunasalpeter selbst. Die beiden Bestandteile haben sich zu dem Doppelsalz  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$  umgesetzt, dessen einzelne Kriställchen in Form von dichten Aggregaten zusammensitzen. Vereinzelt findet man ein einzelnes Körnchen des im Überschuß verwendeten Ammonsulfats (A in Abb. 11), während freies Ammonnitrat niemals festzustellen ist. — Zum Schluß zeigen wir noch eine Aufnahme (12) eines einzelnen größeren Kristalls des reinen Doppelsalzes, das fast ausschließlich in „Zwillingen“ kristallisiert (die etwa längs durch die Mitte verlaufende Linie ist die sogenannte Zwillingsnaht).

2. Auf die phasentheoretische Behandlung der Salzsysteme, die zur Ermittlung der Löslichkeits- und Umsetzungsverhältnisse der Salze Prof. Jäneckes bei uns für alle wichtigen Fälle unternommen hat, sei nur kurz hingewiesen.

Das erste Diagramm (Abb. 13) zeigt die Löslichkeit der Salze, aus denen Nitrophoska zusammengesetzt ist, in graphischer Darstellung im Dreieck. Das vollständige Löslichkeitsdiagramm für alle sechs in Betracht kommenden Salze (Ausgangssalze und mögliche Umsetzungsprodukte) gibt

Abb. 14 im Prisma für Temperaturen von 0° und 75°, wobei die Dreiecke der vorhergehenden Abbildung hier in einem Schnitt des Prismas liegen. Will man die Löslichkeitsveränderungen mit der Temperatur darstellen, so bekommt man Kurven, wie sie Abb. 15 zeigt.

3. Was schließlich die Prüfung der hygroskopischen Eigenschaften und des dadurch bedingten Lager- und Streufähigkeitsgrades anlangt, so sind auch in dieser Beziehung eingehende theoretische wie praktische Untersuchungen an den neuen I.-G.-Produkten ausgeführt worden. Das hauptsächlich in dem Mischdüngerbetrieb des Werkes Oppau ausgebildete Prüfungsverfahren ist, kurz gesagt, folgendes:

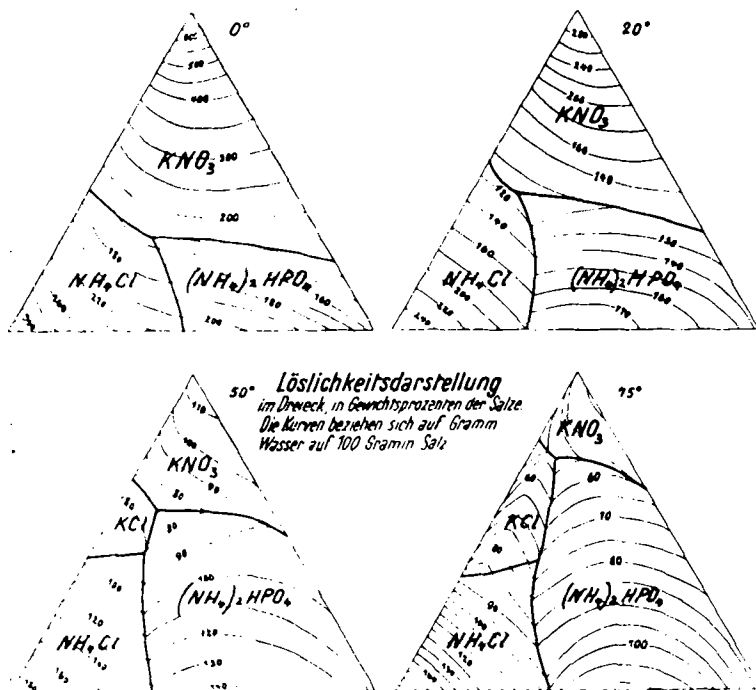
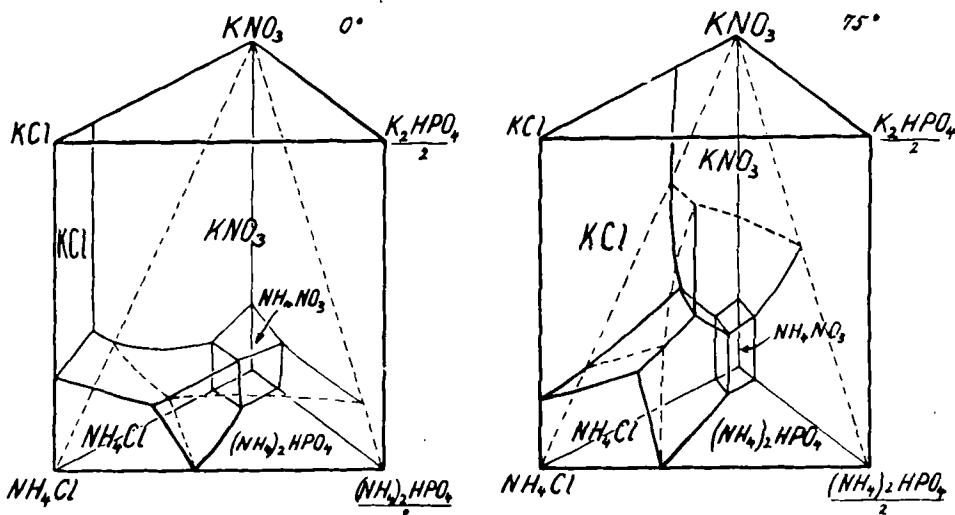


Abb. 13.

Zunächst werden durch messende Versuche im kleinen Maßstabe Dampfspannungskurven aufgenommen, sodann wird die Wasseranziehung durch Lagerung kleiner Mengen unter bestimmten Bedingungen



Löslichkeitsdarstellung im Prisma  
in Molekülprozenten der Salze, nach Jänecke

Abb. 14.

der Temperatur und des Feuchtigkeitsgrades gewichtsmäßig und sonstwie bestimmt unter Heranziehung bekannter und bewährter Düngesalze als Vergleichsmaßstab, und schließlich, wenn diese Proben zufriedenstellend verliefen, werden Lagerungs- und Streuveruche in großem Maßstabe vorgenommen. Wie im

einzelnen verfahren wird, darüber möchte ich bei der Bedeutung der Sache einige Andeutungen machen<sup>23)</sup>.

Die Arbeit beginnt, wie angegeben, damit, daß man Dampfspannungskurven der Salzgemische

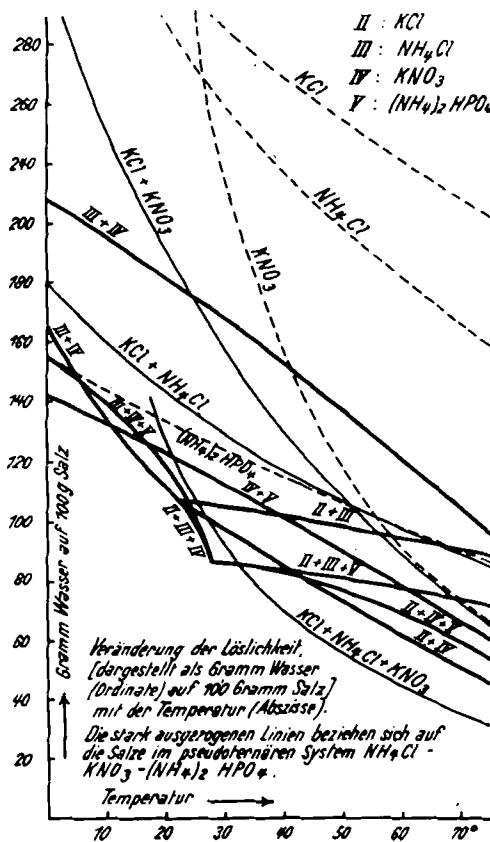


Abb. 15.

nach statischen oder dynamischen Methoden aufnimmt, indem man sich vor Augen hält, daß für die Wasseranziehung einer festen Substanz der Unterschied zwischen dem jeweiligen Feuchtigkeitsgehalt der Luft und der Dampfspannung der gesättigten Lösung jenes Stoffes bestimmend ist. Dabei sind die Dampfspannungskurven von Substanzgemischen im Gegensatz zu denjenigen einfacher Stoffe ziemlich kompliziert. Abb. 16 gibt die Dampfspannungskurven der gesättigten Lösungen einiger einfacher Düngesalze (und vergleichsweise auch die relative Sättigung der Luft) als Funktion der Temperatur wieder; Abb. 17 veranschaulicht die Dampfspannung einfacher und zusammengesetzter Dünger als Funktion der Wassermenge bei 20°.

Für die Beurteilung der Lagerfähigkeit kommt nun nicht nur die Geschwindigkeit, mit

<sup>23)</sup> Wissenschaftliche Literatur hierzu s. Prideaux, Journ. Soc. chem. Ind. 39, 182 [1920]. Wilson u. Fuwer, Ind. engin. Chem. 14, 913 [1922]. Edgar u. Swan, Journ. Amer. chem. Soc. 44, 570 [1922]. Obermiller u. Goertz, Ztschr. angew. Chem. 36, 429 [1923]. Obermiller, Ztschr. angew. Chem. 37, 904 [1924]. Obermiller, Ztschr. physikal. Chem. 109, 145 [1924]. Schoorl, Pharmac. Weekbl. 62, 276 [1925]. Mooney, Ind. engin. Chem. 17, 635 [1925]. Owens, Proceed. Roy. Soc., London, 110, 738 [1926].

der ein Salz oder Salzgemisch aus der Atmosphäre Feuchtigkeit anzieht (hygroskopische Intensität) in Betracht, sondern auch die Menge Feuchtigkeit, die das Salz bis zum Verlust der Streufähigkeit aufnehmen kann (Wasserkapazität). Die Bestimmung dieser Kapazität bereitet insofern Schwierigkeiten, als der Punkt, bei welchem ein Salzgemisch seine Streufähigkeit verliert, nicht leicht eindeutig zu erfassen ist.

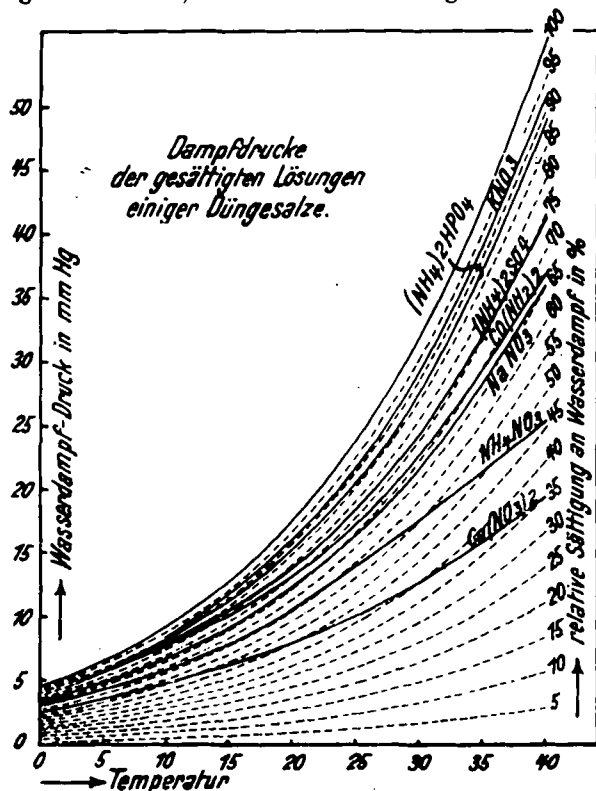


Abb. 16.

Eine für praktische Zwecke in der Regel ausreichende und verhältnismäßig rasch zum Ziele führende Methode ist die Bestimmung in Hygrostaten, d. h. in Gefäßen, in denen beispielsweise mit Natronlauge oder

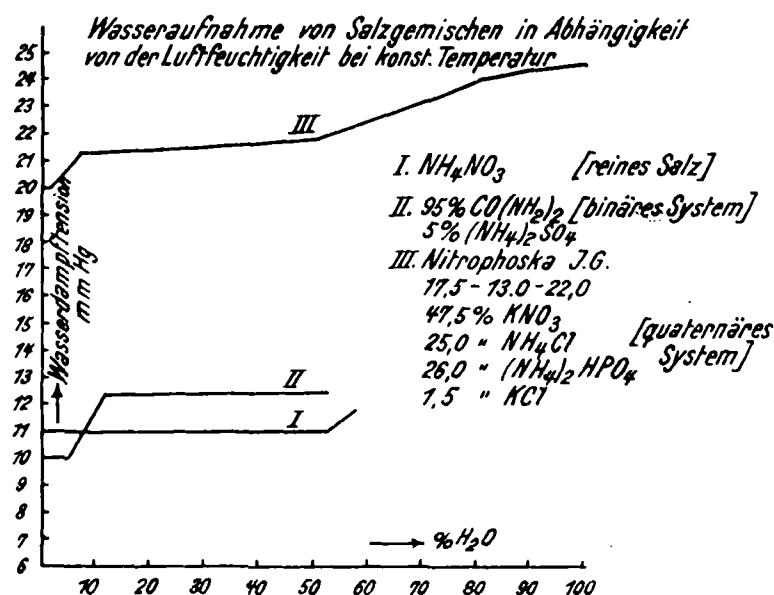


Abb. 17.

Schwefelsäure bestimmter Konzentration eine genau bestimmte Luftfeuchtigkeit eingestellt ist. Werden die in den Hygrostaten aufbewahrten Proben von Zeit zu Zeit gewogen, so ergeben sich Zahlen, die für die hygroskopische Intensität wie für die Wasserkapazität des

Produktes charakteristisch sind (Abb. 18 für 75% relative Feuchtigkeit bis zum Unbrauchbarwerden aufgenommen).

Um nun weiter festzustellen, wie der Grad der Wasseraufnahme die Streufähigkeit des Salzes bestimmt, benutzt man einen für das Laboratorium konstruierten Streuapparat (Abb. 19). Das Ergebnis einer Streumengenbestimmung bei Nitrophoska I—III mit verschiedenem Wassergehalt zeigt Abb. 20.

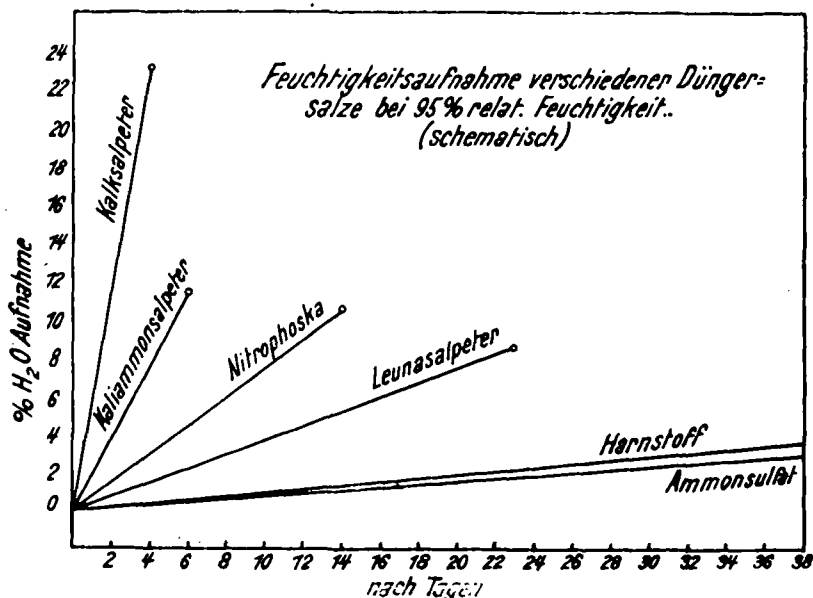


Abb. 18.

Von großer Wichtigkeit ist auch die Erkenntnis der Erhärtungserscheinungen, die beim Lagern von Düngemitteln auftreten können. Die Erhärtung beruht bekanntlich auf verschiedenen Ursachen, insbeson-

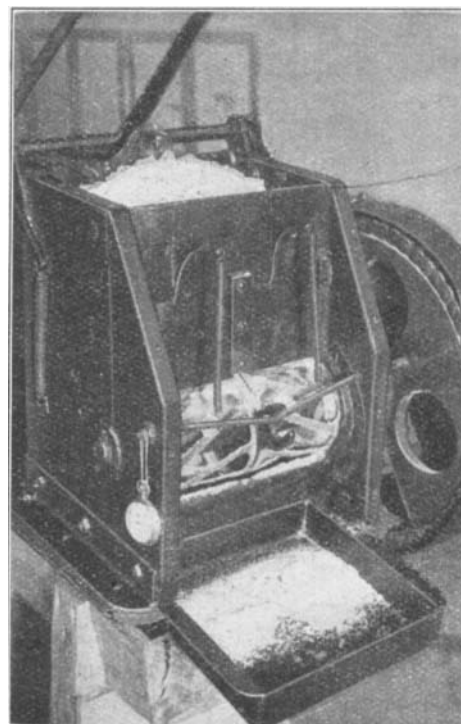


Abb. 19.

dere dem Wechsel von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, wodurch im Lagerraum ein Wechsel von Wasseraufnahme und -abgabe hervorgerufen wird. Dabei spielen aber auch zahlreiche weitere Momente, z. B. der von den oberen Schichten ausgeübte Druck, die Tempe-



raturhöhe an sich, sowie eine bei manchen Düngemitteln, beispielsweise bei Salpetersorten, an sich vorhandene spezifische Tendenz zum Erhärten durch Rekristallisieren eine wichtige Rolle. Diese Erhärtungserscheinungen

Düngemittel sich bei der Lagerung in großen Mengen oft anders verhalten als die kleinen Versuchsproben, zumal bei der Lagerung größerer Mengen höhere Preßdrucke auf die unteren Schichten ausgeübt werden.

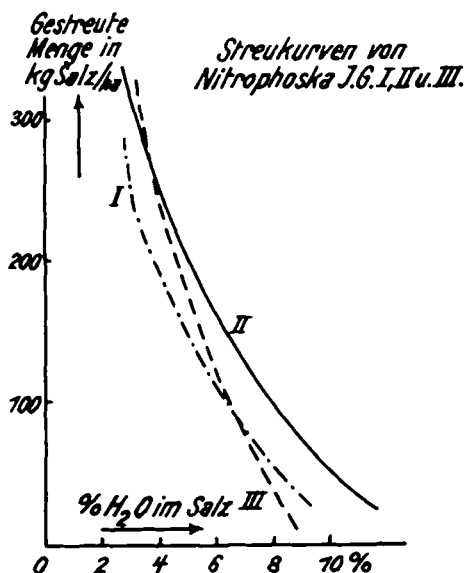


Abb. 20.

werden geprüft, indem man aus den zu vergleichenden Düngemitteln mit einem konstanten Druck Würfel preßt, diese einige Zeit lagern läßt und dann den Zertrümme-

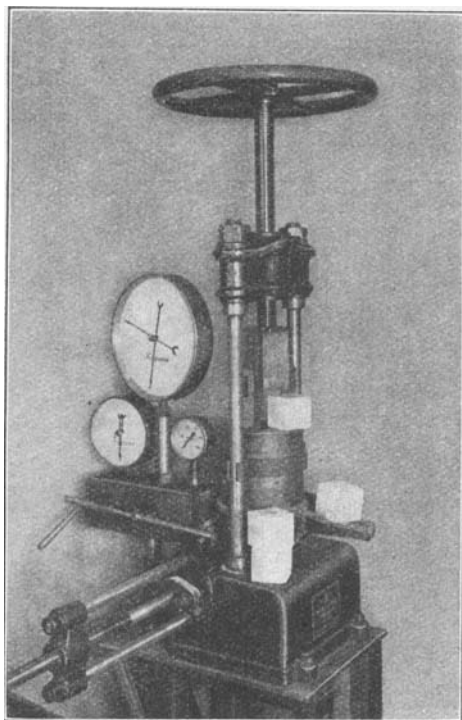


Abb. 21.

rungsdruck der Würfel bestimmt (Abb. 21). So wurden beispielsweise folgende Zertrümmerungsdrucke gefunden:

Leunasalpeter (neuere Formen)	54,7 kg/qcm
Nitrophoska I. G. I	50,5 kg/qcm
Nitrophoska I. G. II	53,7 kg/qcm
Nitrophoska I. G. III	37,3 kg/qcm
Kaliammonsalpeter	70,4 kg/qcm

Alle diese Prüfungen in kleinem Maßstabe haben jedoch nur einen orientierenden Wert, da bekanntlich die

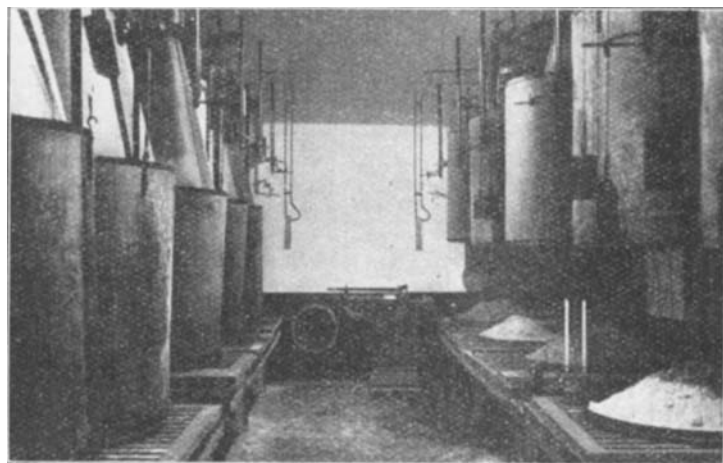


Abb. 22.

Zur Prüfung der Hygroskopizität und Lagerfähigkeit im größeren Maßstabe dient zunächst ein Versuchsraum, in dem Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft willkürlich eingestellt werden können. Abb. 22 zeigt das Innere des Versuchsraumes, wo auf Blechen die Düngemittelproben (je 50 kg) gelagert werden. Durch die über den Blechen hängenden (teilweise hochgezogenen) Trichter streicht auf eine bestimmte Temperatur und Feuchtigkeit ge-

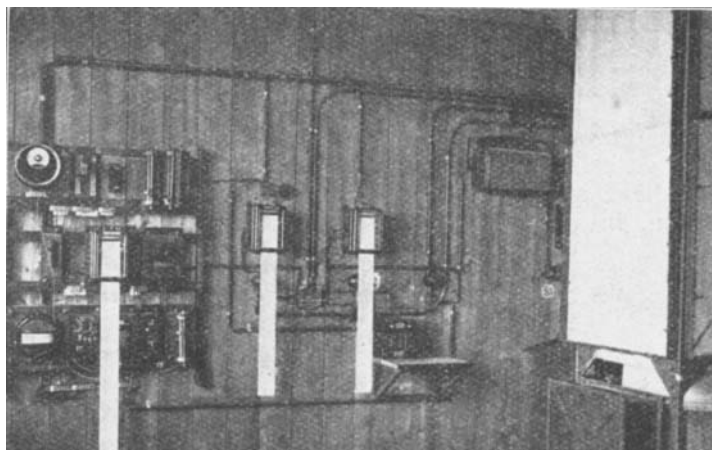


Abb. 23.

brachte Luft, die durch einen Ventilator in Zirkulation gehalten wird. Selbsttätige Steuer- und Registriervorrichtungen (Abb. 23) machen eine besondere Bedienung überflüssig. Werden die Proben von Zeit zu Zeit gewogen, so ergeben sich ähnliche Kurven wie bei den Hygrostaten.

Natürlich wird auch der Einfluß der in der Praxis durch Jahreszeit und Wetter bedingten Schwankungen der Feuchtigkeit und Temperatur berücksichtigt, sei es, daß man absichtlich solche Schwankungen hervorruft, oder daß man direkt unter „natürlichen“ Verhältnissen arbeitet (Abb. 24). Dabei wird auch die Erhärtung der Düngesalze gemessen, indem ein Stempel von bestimmtem Querschnitt durch Auflegen von Gewichten in den Haufen eingedrückt wird. Je tiefer bei einem bestimmtem Gewicht der Stempel eindringt, desto geringer ist die Erhärtungsfähigkeit.

Schließlich wird auch die Streufähigkeit des Salzes mit den in der Praxis verwendeten Streumaschinen auf dem Stand und auf dem Felde geprüft. Ein auf diese Weise gewonnenes Ergebnis zeigt Abb. 25; sie gibt die Streuungen für Nitrophoska 15 : 11 : 26,5 auf der Streumaschine „Westfalia Prima“ bei verschiedenen Einstellungen der Maschine.

Auf Grund der vorgenommenen Prüfungen wird es nunmehr möglich, das für den Versand nach bestimmten Gegenden und Klimaten geeignete Verpackungsmaterial zu wählen, wobei einfache Säcke, Doppelsäcke oder kaschierte Säcke in Frage kom-

muningsversuche an verschiedenen auswärtigen Stellen ausgeführt. Auch im Auslande steht der I. G. Farbenindustrie zu diesem Zwecke eine Reihe von Versuchslagern zur Verfügung, in Holland, Spanien, Nordamerika, Zentralamerika, Ostasien, Indien usw., die vom Werk Oppau kontrolliert werden. Wenn dann z. B. in Barcelona oder Shanghai mit Oppau übereinstimmende Werte für Nitrophoska erhalten werden, so können die Resultate als unbedingt zuverlässig angesehen werden.

Es sei schließlich erwähnt, daß alle nitrathaltigen Misch- und Volldünger auch in bezug auf die Lager-

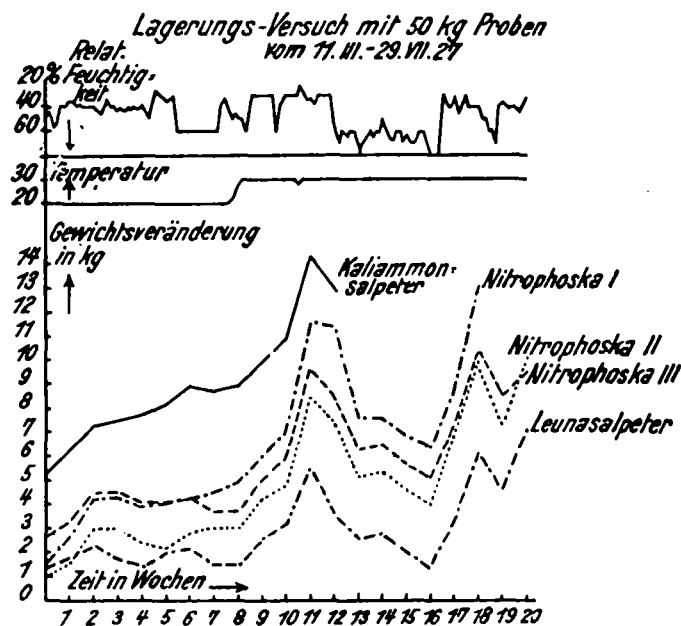


Abb. 24.



Abb. 25.

men. Auch diese Verpackungsfrage ist eine wichtige Angelegenheit, die nochmals im Versuch geprüft wird.

Für die Verwendung in den Tropen werden die Lagerungsversuche in einem besonderen „Tropenraum“ vorgenommen, in dem die Temperatur dauernd auf etwa 40° und die Luftfeuchtigkeit auf etwa 80% gehalten wird (Abb. 26). Die verschiedenen Düngemittel werden hier, meist in Säcken, eine bestimmte Zeit, gewöhnlich vier Wochen, gelagert; schon während der Lagerung und noch mehr beim Ausschütten (Abb. 27) zeigen sich die charakteristischen Unterschiede. Auch bei diesen Versuchen wird in der Regel eine zusätzliche Prüfung bei wechselnden Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten vorgenommen.

Als notwendige Ergänzungen zu den so gewonnenen Ergebnissen werden schließlich auch noch Lage-



Abb. 26.

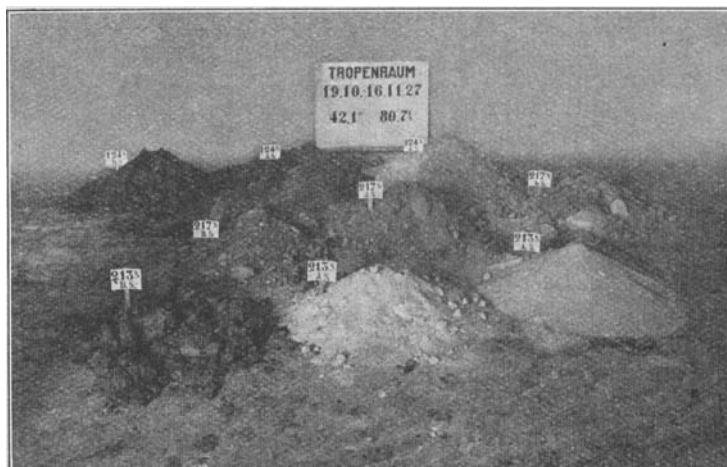


Abb. 27.

sicherheit, d. h. insbesondere auf Brand- und Sprengsicherheit, sorgfältig geprüft werden<sup>24)</sup>, bevor man sie unserer landwirtschaftlichen Abteilung zur Prüfung auf ihre Düngewirkung übergibt.

## II.

Nach der Übersicht über die von verschiedenen Seiten in den Handel gebrachten Mischdünger, insbesondere die neuen Volldünger der I. G. Farbenindustrie, ist zu fragen, ob die Herstellung und Verwendung solcher Misch- und Volldünger auch vor dem Forum der Agrikulturchemie bestehen kann. Dabei ist auf folgende Momente Rücksicht zu nehmen:

<sup>24)</sup> Speziell über Nitrophoska wird demnächst ein Gutachten der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin, veröffentlicht werden, das unsere eigenen Versuchsergebnisse über die Gebrauchssicherheit bestätigt.

## a) Das Nährstoffverhältnis N-P-K.

## b) Die Frage der Zulässigkeit von Misch- und Volldüngern überhaupt.

Hier muß ich allerdings vorausschicken, daß ich mich auf ein Gebiet begeben, auf dem ich kein Fachmann in strengem Sinne bin, so daß ich im wesentlichen nur auf Grund der vorliegenden Literatur zu einer eigenen Stellungnahme kommen kann.

Zu a. Nehmen wir zunächst die Herstellung und die Verwendung der Mischdünger als gegeben an, so fragt es sich, welches die besten Mischungsverhältnisse sind.

Von vornherein ist es klar, daß es ein günstigstes Nährstoffverhältnis N-P-K und einen „Universaldünger“ nicht gut geben kann, da die Natur der Pflanze, die Beschaffenheit von Boden und Klima sowie die mögliche Mitverwendung von natürlichem Dünger eine sehr große Rolle spielen. Jede Uniformierung wäre hier von Übel, und es kann nur die Aufgabe sein, festzustellen, welche Mischungsverhältnisse im großen und ganzen wertvoll erscheinen, und gewisse Typen zu schaffen, die sich in der Praxis zu bewähren haben.

Die Gesichtspunkte für die Wahl der Nährstoffverhältnisse kann man bekanntlich pflanzenphysiologischen Überlegungen, zusammen mit den Erfahrungen der Praxis, entnehmen. In ersterer Beziehung kann man fragen, ob ein gewisser Anhaltspunkt dafür, in welchem Verhältnis die Nährstoffe im Volldünger enthalten sein sollen, schon von der Pflanze selbst geliefert wird; denn bei einer Dauerkultur muß ja schließlich gerade das, was durch die Ernte dem Boden entzogen wird, dem Boden für eine neue Ernte wieder zugeführt werden. Es liegen zahlreiche Angaben vor, welche Mengen an N, P und K eine Normal-ernte bestimmter Nutzpflanzen enthält; ich führe folgende an (nach Heinrich-Nolte<sup>25)</sup>):

Kulturpflanze:	Ernteentzug durch eine geringe bis große Ernte		
	dz/ha an N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Weizen . . . .	35 — 125	15 — 50	20 — 65
Roggen . . . .	25 — 100	15 — 50	25 — 85
Gerste . . . .	30 — 90	15 — 40	30 — 70
Hafer . . . .	35 — 100	15 — 40	45 — 105
Mais . . . .	35 — 165	15 — 75	45 — 195
Erbsen . . . .	75 — 175	20 — 45	35 — 80
Rotklee . . . .	75 — 190	20 — 55	70 — 173
Luzerne . . . .	145 — 325	30 — 75	90 — 205
Wiesenheu . . .	30 — 190	10 — 60	30 — 230
Kartoffeln . . .	60 — 130	25 — 60	90 — 220
Zuckerrüben . .	45 — 110	20 — 50	95 — 225
Futterrüben . .	50 — 210	20 — 85	120 — 480
Raps . . . .	55 — 175	25 — 90	50 — 140
Lein . . . .	25 — 70	15 — 40	35 — 75
Weißkohl . . . .	70 — 240	10 — 140	170 — 580

Nimmt man von einigen für Deutschland wichtigsten (gesperrt gedruckten) Nutzpflanzen das Mittel, so kommt man auf ein Verhältnis

N <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	:	K <sub>2</sub> O
11	5		13

in Übereinstimmung mit einer Angabe von Simmermacher und Ohlmer<sup>26)</sup>, daß die Pflanzen durchschnittlich auf 5 Teile Phosphorsäure 10—15 Teile Kali und etwa 10 Teile Stickstoff aufnehmen.

<sup>25)</sup> Heinrich-Nolte, Dünger u. Düngen, 8. Aufl., 1922, S. 174.

<sup>26)</sup> D. Landwirtschaftl. Presse 1928, 126.

Das sind Zahlen, die z. B. von der Zusammensetzung der Nitrophoska-Arten hinsichtlich der Phosphorsäure nicht unwesentlich abweichen. Wie ohne weiteres einleuchtet, ist diese Abweichung hinsichtlich der höheren Bemessung der Phosphorsäure dadurch begründet, daß P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> im Boden den relativ geringsten temporären Ausnutzungsfaktor besitzt (etwa 10—20% gegenüber 50% und darüber bei N und K<sup>27)</sup>).

Andererseits könnte man, wenn man die bei mäßiger Bodenbeanspruchung als alleinige Düngung durch Jahrhunderte bewährte natürliche Düngung als Muster nehmen will, fragen, in welchem Verhältnis solcher natürliche Dünger durchschnittlich die Stoffe N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O enthält.

Es enthält frischer Mist<sup>28)</sup> . . . 0,45% N; 0,20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,60% K<sub>2</sub>O  
Abgelagerter Stallmist . . . . 0,54% N; 0,25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,70% K<sub>2</sub>O  
Mistjauche . . . . . 0,25% N; 0,01% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,60% K<sub>2</sub>O

Man hat also folgende Verhältniszahlen:

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Nitrophoska I . . .	1	0,75	1,25
„ II . . .	1	0,75	1,75
„ III . . .	1	1	1,25
Pflanzensubstanz . .	1	0,5	1,25
Mist ungefähr . . .	1	0,5	1,30

Natürlich ist das aus der Pflanze bzw. aus der Ernte oder auch das aus der Düngung mit Mist gewonnene Maß schon für eine bestimmte Pflanze durchaus mit Vorsicht anzuwenden, da verschiedene Momente außer acht geblieben sind. In positiver Hinsicht kommen in Betracht die Zuführung von Stickstoffverbindungen aus der Atmosphäre und die Erzeugung von Stickstoffverbindungen im Boden durch Bakterien<sup>29)</sup>, sowie ferner die Zuführung von Nährstoffen durch Nebendüngung in Form von natürlichem Dung oder Gründüngung. In negativer Hinsicht ist zu beachten einerseits die Auswaschung von Nährstoffen, wobei, von Kalk abgesehen, namentlich Kali und unter Umständen auch Stickstoff, insbesondere in Nitratform, stärker betroffen sind, und andererseits die Festlegung namentlich von Phosphat in einer schwerer assimilierbaren Dauerform.

Nimmt man dann die Verschiedenheiten der Pflanzen, der Böden, der klimatischen Bedingungen und der einzelnen Jahresernten hinzu, so ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Wissenschaft den Einzelfall wohl zu analysieren, aber nicht eindeutig zu bestimmen vermag; und so muß man, wie in der Praxis überall da, wo es sich um schwer übersehbare Mannigfaltigkeiten handelt, die zudem wie hier durch besondere Zufälligkeiten des Wetters usw. noch weniger übersichtlich werden, zu konkreten Erfahrungen seine Zuflucht nehmen.

Solche Erfahrungen sind wiederum von Fall zu Fall, je nach Boden, Pflanzenart, klimatischen Bedingungen usw. sehr verschieden; immerhin liegt, wie sich bei genauem vergleichendem Studium gezeigt hat, der Fall doch nicht hoffnungslos. Tatsächlich heben sich aus der Fülle der denkbaren Möglichkeiten für ein günstiges Nährstoffverhältnis in der Praxis sehr deutlich gewisse, und zwar einige wenige Typen heraus, die die I. G. bei ihren Bestrebungen zur Schaffung neuzeitlicher

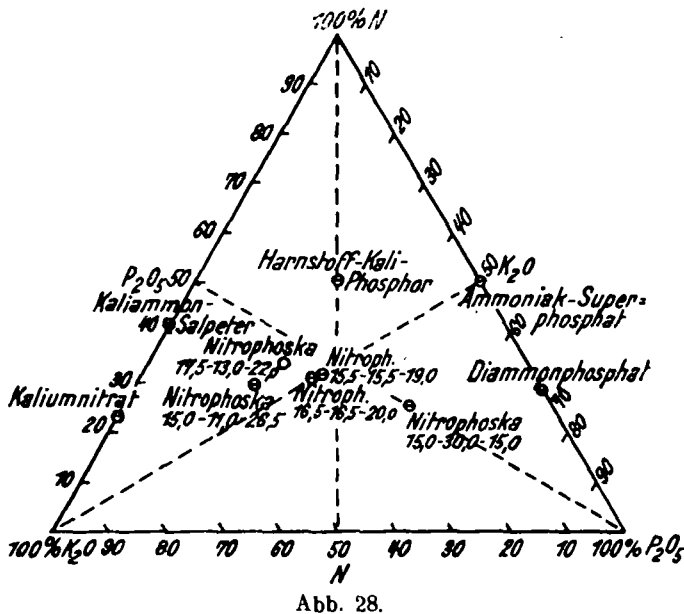
<sup>27)</sup> Vgl. Wagner, Anwendung künstl. Düngemittel 1926, 41 u. 183.

<sup>28)</sup> Vgl. Mentzel u. v. Lengerke, Landw. Kalender 1928, 103.

<sup>29)</sup> Vgl. Schneidewind, „Die Ernährung der landw. Kulturpflanzen“, 6. Aufl. 1928, S. 55—57; Greaves, Bacteria in Relation to Soil Fertility 1925, S. 154/155.

Volldünger zur Grundlage genommen hat<sup>20</sup>). Maßgebend war dabei die Überlegung, daß, wie auch das Nährstoffverhältnis im einzelnen gewählt wird, immer dem Stickstoff eine besondere Stellung einzuräumen ist, insofern, als dafür gesorgt werden muß, daß er als im Boden wenig speicherbarer und darum regelmäßig im Minimum befindlicher, dabei aber wirksamster und gleichzeitig teuerster Grundnährstoff durch genügende Mengen Kali und Phosphor zur vollen Auswirkung gebracht wird<sup>21</sup>).

In diesem Zusammenhange sei darauf hingewiesen, daß auch in den Vereinigten Staaten von Amerika ausgedehnte Forschungen über die zweckmäßigsten Nährstoffverhältnisse für die einzelnen Kulturpflanzen im Gange sind; so fand O. Schreiner für Kartoffeln N-P-K 5:8:7 als die beste Mischung. Dabei wird in Amerika neuerdings für die übersichtliche Darstellung der verschiedenen Nährstoffverhältnisse die graphische Aufzeichnung im Dreieck nach O. Schreiner benutzt, der diese Methode seit



**Abb. 28.**

1909 verwendet. Wer den vorjährigen 1. Internationalen Kongreß für Bodenkunde in Washington besucht hat, wird sich erinnern, daß vielfach Mischdünger in dieser Weise charakterisiert wurden. Daneben wählt man auch vielfach eine Veranschaulichung durch Kreissektoren, in der Regel mit verschiedenen Farben für die Nährstoffe N, P, K usw.

Im Abb. 28 sind einige zusammengesetzte Dünger im Dreieck wiedergegeben.

Zu b: Wir kommen nun zu der grundlegenden und viel erörterten Frage, wieweit zusammengesetzte Dünger eine Daseinsberechtigung haben und unter welchen Umständen sie zu verwenden sind.

Hier könnte es nun nach den Erfahrungen mit gewissen Mischdüngern früherer Zeiten zunächst scheinen,

<sup>30)</sup> Vgl. die Ausführungen von Simmermacher u. Ohlmer, a. a. O., wonach die Zusammensetzung von Nitrophoska I und II ungefähr mit dem Verhältnis übereinstimmt, in dem 45 beliebige landwirtschaftliche Großbetriebe in der Provinz Brandenburg N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O durchschnittlich anwenden.

31) Bei sechsjährigen Mangeldüngungsversuchen auf elf typischen Hauptbodenarten des Freistaates Sachsen von Landwirtschaftsrat Dr. Kirmisse betrug der Ertragsverlust bei Mangel an Phosphorsäure etwa 5%, an Kali 10% und an Stickstoff 45%. (Sächs. landw. Ztschr. 1928, Nr. 7.)

als ob in dem Übergang zu den neuen Volldüngern ein Rückschritt liege. Tatsächlich haben ja so manche ältere Mischdünger schon nach kurzer Zeit wieder den Boden verloren, so daß sie zwar auf der Liste der zugelassenen Düngemittel stehen<sup>22)</sup>, im Handel aber nicht zu haben sind, und sie haben dieses Schicksal erfahren vor allem durch die Kritik, die die wissenschaftliche landwirtschaftliche Chemie an ihnen geübt hat<sup>23)</sup>. Abgesehen von dem im allgemeinen höheren Preis der Nährstoffe in zahlreichen älteren Mischdüngern, sowie von Handelsmißbräuchen in Übervorteilung und Verfälschung, war es namentlich die Willkürlichkeit des Nährstoffverhältnisses in jenen älteren Mischdüngern, die eine breite Angriffsfläche bot. Die Mannigfaltigkeit war so groß, und die Produktions- und Handelsbräuche waren so unübersichtlich und so schwer kontrollierbar, daß der Landwirt vielfach einen zu teuren und einen für die Bedürfnisse seines Bodens wenig geeigneten Mischdünger bekam. Wieviel vorteilhafter erschien es darum, einige wenige Einzeldünger zur Auswahl zu haben, deren Gehalt an Nährstoffen bis auf Zehntelprocente feststeht, und für die sowohl eine feste Preisskala wie auch eine bestimmte und wohlbegründete Anwendungsvorschrift vorliegt!

So ist denn tatsächlich als der ideale Fall der anzusehen, daß entsprechend den jeweiligen Verhältnissen des Bodens, des Klimas, der Pflanzenart usw. dasjenige N-P-K-Verhältnis vom Landwirt selbst gewählt und angewandt wird, das jeweils die besten Erfolge verspricht. Ist aber dieser ideale Falle wirklich oft gegeben? Ist es nicht vielmehr so, daß man vielfach zu einseitig düngt, so daß z. B. der Stickstoff darum nicht zur vollen Auswirkung kommt, weil nicht genügend Kali oder Phosphor gestreut worden ist\*), oder auch umgekehrt, daß Kali- oder Phosphorwirkung unter ungenügender oder mangelnder Stickstoffgabe leiden? Und ist es dann nicht geradezu eine Pflicht der Düngemittelindustrie, auch Volldünger zu schaffen, die den Landwirt auf alle Fälle in den Stand setzen, in der Ausführung der Düngung sich vor krassen Mißerfolgen zu schützen und zum mindesten Aussichten auf gute Durchschnittsernten zu schaffen?

Wir wissen heute, daß die Mißstände, die sich in dem älteren Mischdüngerwesen im einzelnen vielfach ergeben haben, nicht notwendig mit dem Begriff der zusammengesetzten Dünger verbunden sind, sondern daß der Gebrauch solcher ebenso wohlfeil, sicher, wirksam und zweckmäßig (oder im Einzelfalle noch zweckmäßiger) sein kann wie der der Einfachdünger.

Tatsächlich kann die Verwendung käuflicher Volldünger direkt Vorteile bieten, z. B. schon darum, weil die eigene Mischarbeit des Landwirtes unmöglich so gründlich sein kann wie die fabrikatorische Durchmischung der Bestandteile. Dazu bringt die hohe Konzentration der Nährstoffe in solchen Volldüngern ohne weiteres eine starke Ersparnis an Fracht und Abfuhrkosten mit sich, wozu noch eine wesentliche Minderausgabe durch den Wegfall der Mischarbeit und durch die geringere Streuarbeit kommt, Momente, die in Gegenden mit schlechter Ver-

<sup>32)</sup> Vgl. Waage, Düngemittelbuch, 1924.

<sup>33)</sup> Vgl. Hoffmann, „Vorsicht beim Ankauf von Düng- und Futtermitteln“, Berlin 1904; Beger, *Wochenbl. f. Landwirtschaft* 1916, Nr. 5; Morgen, *Bericht Hohenheim*, Stuttgart 1898.

<sup>34)</sup> Nach den Feststellungen von Liehr, Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung 7, B 201 [1928], sind von den untersuchten deutschen Böden 70% phosphorsäurebedürftig, 43% kalibedürftig.

kehrslage und ungünstigen Arbeitsverhältnissen besonders stark ins Gewicht fallen, so daß hier vielfach erst durch die Volldünger eine Wirtschaftlichkeit in der Anwendung der Düngemittel, also die praktische Möglichkeit des Düngens überhaupt resultiert. Natürlich soll das nicht heißen, daß etwa in Zukunft die Misch- und Volldünger allein das Feld beherrschen sollten. Die Frage kann überhaupt nicht lauten: ob Mischdünger oder Einzeldünger?, sondern: wo und wann Mischdünger, und wo und wann Einzeldünger?; und daß bei dieser Zweckmäßigkeitsfrage Wissenschaft und Erfahrung, nicht aber vorgefaßte Meinung das letzte Wort zu sprechen haben, darüber herrscht wohl in Erzeuger- und Verbraucherkreisen volle Übereinstimmung.

Von den Einwänden, die gegen die neuen Volldünger der I. G. Farbenindustrie erhoben worden sind, hält der eines zu hohen Preises vor einer genauen Kalkulation nicht stand<sup>35)</sup>. Die weitere Behauptung, eine getrennte Gabe von N, P und K zu verschiedenen Zeiten sei zweckmäßiger, ist von vornherein für Sommerfrüchte ungültig. Sie schießt aber auch hinsichtlich des Wintergetreides über das Ziel hinaus; denn nur für niedrigprozentige Kalisalze ist eine Verabfolgung im Herbst zweckmäßig, um nämlich die Auswaschung der Ballaststoffe während des Winters zu ermöglichen. Bei so ballastarmen Salzen, wie sie im Nitrophoska vorliegen, sind derartige Bedenken nicht angebracht; zeigt ja auch die Absatzstatistik des Kalis mit dem Übergang zu höherprozentigen Salzen deutlich eine Verschiebung vom Herbst nach den Wintermonaten hin. In bezug auf die Phosphorsäure steht fest, daß bei Böden mit normalem Phosphorsäuregehalt der Zeitpunkt des Ausstreuens keine große Rolle spielt<sup>36)</sup>.

Eine ausführliche Darlegung aller Gesichtspunkte, die für und gegen die Anwendung von Volldüngern wie Nitrophoska ins Feld geführt werden können, hat Ehrenberg in seinem Vortrage über „Gehaltreiche Düngemittel“ auf der vorjährigen Frühjahrstagung der D. L. G.<sup>37)</sup> gegeben, in dem er den Nutzen der Mischdünger vorwiegend für den kleineren Landwirt als gegeben ansieht, da dieser mangels genügender Kenntnis seines Bodens mit Einzeldüngern leicht in den Fehler einseitiger Düngung ver falle. Auch auf die praktischen Schwierigkeiten, die sich für den Landwirt beim eigenen Mischen von Düngemitteln ergeben, wird hingewiesen<sup>38)</sup>.

Wie eng andererseits der Kreis derjenigen Landwirte, die über ausreichende Kenntnis des Nährstoffvorrates ihres Bodens verfügen, von fachmännischer Seite geschätzt wird, geht aus einer Äußerung hervor, die der Vorsitzende der Düngerabteilung der D. L. G.,

<sup>35)</sup> Simmermacher u. Ohlmer (a. a. O.) berechnen, daß 3000 Ztr. Nitrophoska 6376 Ztr. Einzeldünger in Form von Ammonsulfat, Superphosphat und 40%igem Kali äquivalent sind, so daß bei der Verwendung von Nitrophoska, namentlich unter Berücksichtigung seines Salpeterstickstoffs, sowie der Arbeitersparnis beim Mischen und Ausstreuen, eine wesentliche Minderausgabe resultiert.

<sup>36)</sup> Diese Hinweise sowie einiges weiteres Tatsachenmaterial des II. Teiles verdanke ich Herrn Prof. Warmbold.

<sup>37)</sup> Mitteilung der D. L. G. 1927, 216.

<sup>38)</sup> Urteile weniger günstiger neben solchen günstiger Art finden sich in Futter- und Düngemittel-Industrie 1927, Nr. 1 und 2 (Haager u. a.). — Die Vorteile und Nachteile von Mischdüngern im Gebrauch werden auch von Goy in der Illustr. Landwirtsch. Ztg. 1928, Nr. 50, gegenübergestellt, wobei er zu dem Schlusse kommt, daß der Landwirt eingehend prüfen müsse, ob er Mischdünger nehmen soll oder nicht. Dabei wird die Anwendung der Mischdünger als „Notbehelf“ angesehen, der bei steigender Bodenerkenntnis zurückgehen müsse.

Herr Schurig-Zeestow, in der Diskussion des erwähnten Vortrages gemacht hat und in der er in bezug auf die von ihm hervorgehobene „Rückversicherung“ der Stickstoffwirkung durch Gebrauch von Nitrophoska sagt, „daß höchstens 5% aller Landwirte durch Bodenuntersuchungen einigermaßen über den Nährstoffgehalt ihres Bodens unterrichtet seien“. Tatsächlich werden ja die in neuerer Zeit erfreulicherweise vorhandenen Methoden zur Feststellung des Düngedürfnisses der Böden (Methoden von Lemmermann, Neubauer, Mitscherlich usw.) noch viel zu wenig in der Praxis angewandt, und es ist sehr zu wünschen, daß in landwirtschaftlichen Kreisen von der Möglichkeit, ihre Böden in den landwirtschaftlichen Versuchsstationen untersuchen zu lassen, immer mehr Gebrauch gemacht wird<sup>39)</sup>.

In diesem Zusammenhange erscheint es angebracht, ein Wort auch über die Forderung „individueller Düngung“ zu sagen. Versteht man hierunter eine Düngung, die dem besonderen Nährstoffbedürfnis in bezug auf die Art der Pflanze, die Art des Bodens, die Fruchtfolge, das Klima, die Düngungsintensität usw. völlig Rechnung trägt, so ist klar, daß ein solches Ideal nie voll zu verwirklichen ist. Wechselt ja schon der Boden auf einzelnen Schlägen und Stücken eines Betriebes oft so stark, daß es unmöglich ist, diesem Wechsel in der Düngung voll zu entsprechen. So sind denn auch gegenwärtig noch kaum die besteingerichteten Versuchsgüter in der Lage, eine wirklich streng individuelle Düngung durchzuführen<sup>40)</sup>, und es müssen bis auf weiteres die Düngelpläne vielfach noch auf die Befolgung guter, erprobter Rezepte hinauslaufen. Es leuchtet ein, daß unter solchen Umständen die Verwendung geeigneter Volldünger das Risiko eines Fehlschlages nicht vergrößern, sondern eher herabmindern wird gegenüber einer willkürlichen „individuellen“ Düngung ohne zureichende Grundlagen, wobei zugleich die Gefahr einer Nährstoffverschwendung<sup>41)</sup> kleiner, die Aussicht auf eine gute Düngerrente höher<sup>42)</sup> wird.

An dieser Stelle sei noch auf einige Aufsätze hingewiesen, die sich mit der Frage der Volldünger, insbesondere Nitrophoska, befassen, und die im wesentlichen zu einem zustimmenden Urteil gelangen. So betont P. Wagner<sup>43)</sup>, daß sich die Verwendung von

<sup>39)</sup> Die Verbilligungsaktion des Reiches für Bodenuntersuchungen (s. Liehr, Ztschr. Pflanzenernähr. Düngung 1928, 201) ist auf das wärmste zu begrüßen. Allgemein erscheinen ja Studien über das Zusammenwirken von Boden und Düngung, unter Stützung auf Bodenkunde und Bodenbakteriologie, als eine der wichtigsten Aufgaben für die landwirtschaftlichen Versuchsstationen.

<sup>40)</sup> Dazu kommt, wie Warmbold in seinem auf der zweiten Internationalen Stickstoffkonferenz Anfang Mai 1928 gehaltenen Vortrage ausführt, daß allgemein unser Wissen über Größe und Zusammenwirken der Faktoren, von denen das Düngedürfnis und der Fruchtbarkeitszustand der Böden abhängen, und über die Beziehungen von Witterung und Ernte, sowie die Bedeutung der verschiedenen Nährstoffformen, die Rolle der Begleitstoffe usw. noch sehr gering ist.

<sup>41)</sup> Es ist natürlich Mitscherlich zuzustimmen (Illustr. Landwirtsch. Ztg. 1927, Nr. 1), daß, wenn ein Boden genügende Mengen von Kali oder Phosphorsäure oder Stickstoff enthält, eine Düngung mit Nitrophoska eine Verschwendung ist. — Vgl. ähnlich Bömer, Mitt. der D. L. G. 1927, 224.

<sup>42)</sup> Über die seit 1913—1914 bedeutend gestiegene Rentabilität der Anwendung von Stickstoffdüngern, einschließlich Volldüngern, s. Bueb, Vortrag auf der II. Internationalen Stickstoffkonferenz 1928.

<sup>43)</sup> Landwirtsch. Presse 1927, Nr. 39—41 (Nitrophoska oder individuelle Düngung): „Die Verwendung von Nitrophoska paßt sich den gegebenen Bedürfnissen am leichtesten an, wenn mittlere Verhältnisse vorliegen. Ausnahmeverhältnisse



Nitrophoska mittleren Verhältnissen gut anpaßt, während Ausnahmefälle besondere Maßnahmen verlangen. Ähnlich weist N o l t e <sup>44)</sup> die Behauptung zurück, daß Nitrophoska Nährstoffverschwendung bedinge, und erklärt derartige Volldünger für die breite Masse der Landwirte als sehr wertvoll. In gleichem Sinne äußern sich M ü n t e r <sup>45)</sup> sowie Graf Kanitz <sup>46)</sup> u. a. Von ausländischen Stimmen möchte ich nur den angesehenen Agrikulturchemiker Lipman <sup>47)</sup> anführen, der auf Grund vergleichender Versuche, in die auch Nitrophoska einbezogen war, zu einem für diesen Dünger günstigen Ergebnis gelangt, so daß also auch für amerikanische Verhältnisse in der Bereitstellung typisierter hochwertiger Volldünger mit bestimmten Nährstoffverhältnissen ein wesentlicher Vorteil liegt.

Mißbrauch, im Sinne einer Verschwendung oder sonstwie, kann mit jedem wertvollen Gut, so auch mit Misch- und Volldüngern, getrieben werden, und lernen

fordern Abweichungen von der normalen Düngung. Den notwendigen Abweichungen von der normalen Düngung aber würde man auch bei Verwendung von Nitrophoska ohne Schwierigkeiten Rechnung tragen können. „Von einer ‚Schematisierung‘ der Düngungslehre kann hier keine Rede sein. Ich habe gezeigt, daß man, soweit individuelle Düngung erforderlich und durchführbar ist, auch mit Nitrophoska individuell düngen kann.“

<sup>44)</sup> Landwirtschaftl. Presse 1928, Nr. 6: „In der weitaus größten Mehrzahl heimischer Böden, insbesondere bäuerlicher Betriebe, ist neben der Wirkung des Stickstoffs auch eine solche der anderen Nährstoffe zu beobachten, so daß die Wahrscheinlichkeit einer Verschwendung an Kali und Phosphorsäure bei Verwendung von Nitrophoska in der breiten Praxis nur gering ist.“ — Schon vorher hatte N o l t e (Landbau u. Technik 1927, Nr. 2) gesagt: „Wie soll sich aber nun die breite Masse der praktischen Landwirte verhalten, die keine Düngungsversuche im eigentlichen Sinne macht, um einer zweckmäßigen Düngung nahezukommen? Sie werden in der Regel aus Büchern, Vorträgen und ähnlichen belehrenden Möglichkeiten Erkenntnis schöpfen, wie in der Mehrzahl der Fälle sich die verschiedenen Bodenarten und Pflanzen verhalten und bei veränderten wirtschaftlichen Verhältnissen mit Nährstoffen versehen werden müssen. Dabei werden sie feststellen, daß derjenige Pflanzen-nährstoff, der in erster Linie die Höhe des Rohertrages und bei sorgfältigem Abwägen auch des Reinertrages bedingt, in der Regel der Stickstoff ist, und daß seine Wirkung gesicherter ist, wenn auch die anderen Nährstoffe, und zwar im relativen Überschuß, vorhanden sind. Denn der Preis von Kali und Phosphorsäure ist relativ niedrig im Vergleich mit dem des Stickstoffs, und ein kluger Rechner sichert den Erfolg der relativ teuersten Maßnahme durch relativ billige Möglichkeiten. Er wird nun zu einer Zusammenstellung von Nährstoffen kommen, wie sie etwa im ‚Nitrophoska‘ vorliegt, und von dem er nach den seiner Wirtschaft eigentümlichen Erfordernissen wechselnde Mengen verabfolgt und so zu einer rationellen Düngung gelangt.“ Und weiter: „Auf alle Fälle gibt ein derart geeigneter Volldünger die Möglichkeit, die heimische mineralische Düngung auf eine breite Grundlage zu stellen, insofern als ein solcher Volldünger auch dem kleineren Besitzer die Möglichkeit gibt, ohne tiefgehende wissenschaftliche Kenntnis der Eigenschaften der einzelnen Nährstoffformen die Erträge seiner Felder mit Aussicht auf sicheren Erfolg zu steigern und somit die heimische Erzeugung zu erhöhen.“

<sup>45)</sup> M ü n t e r, Landwirtschaftl. Presse 1927, 716: „Für den Landwirt, der seine Böden nicht auf ihren Nährstoffgehalt untersuchen kann, sind die Nitrophoska-Dünger bequeme und sichere Düngemittel.“

<sup>46)</sup> Georgine Land- u. Forstwirtschaftl. Ztg. vom 18. Februar 1927: „Anstatt also von vornherein vor einem Volldünger wie Nitrophoska zu warnen, weil er nicht für alle Fälle ideal ist, sollte man sich lieber freuen, daß unsere wirklich auf der ganzen Welt führende Stickstoffindustrie . . . einen Volldünger herausgebracht hat . . ., der ohne Frage von einem großen Teil der Landwirte mit Erfolg angewendet werden kann.“

<sup>47)</sup> Amer. Fertilizer 68, Nr. 4, S. 23 [1928].

müssen wir immerzu, auch auf dem Gebiete der Volldünger; was m. E. aber feststeht, ist die Tatsache, daß ein starkes Bedürfnis nicht nur nach Einzeldüngern, sondern auch nach wissenschaftlich begründeten und praktisch sich bewährenden Volldüngern besteht und daß dieses Bedürfnis befriedigt werden muß. Was speziell Nitrophoska anlangt, so kann man schon heute sagen, daß über diesen Dünger die Praxis bereits ein Urteil gesprochen hat. Obgleich erst die Resultate eines Jahres vorliegen, finden sich doch zahlreiche Angaben, daß damit bei Getreide und Kartoffeln die gleichen, ja mitunter bessere Ergebnisse als mit Anwendung entsprechender Einfachdünger erzielt worden sind<sup>48)</sup>. Daß in vereinzelt Fällen auch eine geringere Wirkung beobachtet wurde, nimmt nicht wunder, da derartige Ausfälle, die sich aus besonderen Verhältnissen des Bodens oder der Witterung erklären, bekanntlich bei allen Düngemitteln vorkommen können. Im ganzen sind die Resultate durchaus erfreulich, und dementsprechend ist auch der Absatz an Nitrophoska in so stark steigender Entwicklung begriffen, daß öfters die Nachfrage nicht befriedigt werden konnte<sup>49)</sup>.

Fassen wir zum Schluß zusammen, welche Anforderungen der Verbraucher an Misch- und Volldünger stellen wird, so sind dies außer den schon für Einfachdünger hinsichtlich Lagerfähigkeit, Streufähigkeit, Wirksamkeit usw. geltenden Anforderungen folgende:

a) Die einzelnen Nährstoffe der Mischung sollen auch in der Mischung leicht assimilierbar, d. h. in der Regel leicht löslich, und derart zusammengestellt sein, daß sie beim Gebrauch in der gleichen Weise zur Auswirkung kommen, als wenn die Einzelsalze für sich ausgestreut werden.

b) Die Kernnährstoffe sollen sich im Volldünger in so vollkommener gegenseitiger Durchdringung befinden, daß möglichst jedes einzelne Korn sie sämtlich enthält.

c) Der Gehalt an Nährstoffen soll ein möglichst hoher sein.

d) Die Volldünger sollen nach Möglichkeit derart beschaffen sein, daß sie unter verschiedenen Bedingungen des Klimas und der Jahreszeit nach Lagerfähigkeit und Streufähigkeit genügen.

e) Die Volldünger müssen handhabungssicher und analysenfest sein; auch dürfen nicht technische Unvollkommenheiten, wie zu Entmischungen führende Ungleichheit im Korn, oder schädliche Nebenwirkungen, etwa durch bestimmte Ballaststoffe, auftreten.

Wir haben die Forderungen genannt, die der Landwirt an den Düngemittelhersteller zu richten hat. Der Hersteller hinwieder wird sich mit einem einzigen Wunsch begnügen, der, in die Form eines an den Landwirt gerichteten kategorischen Imperativs gekleidet, etwa lautet:

„Handle in bezug auf die Anwendung von Voll- oder Einzeldüngern so, daß dein Handeln im Einklang mit den allgemeinen Gesetzen und Regeln der Landwirtschaft steht!“ —

Was die künftigen Aussichten der Misch- und Volldüngerindustrie betrifft, so scheint es mir, daß diese für

<sup>48)</sup> Wir nennen in dieser Beziehung noch die günstigen Resultate von Hasler und Dr. Weber, Landwirtschaftl. Presse 1927, Nr. 48; N o l t e, Mitteil. d. D. L. G. 1927, Nr. 50 und 1928, Nr. 14; weiterhin Stärk, ebenda 1928, Nr. 1 (Nitrophoska als Weidedünger); M ü n t e r (a. a. O.); vgl. ferner Landwirtschaftl. Presse 1927, Nr. 42, S. 580; 1928, Nr. 6, S. 86; Hallesche Landwirtschaftl. Ztg. 1927, Nr. 5, S. 65, u. a. m.

<sup>49)</sup> Die Nitrophoskafabrikation im laufenden Jahre soll 400 000 t betragen.

Volldünger von einwandfreier Beschaffenheit günstig sind. Ich glaube auch, daß die Zeit einer „individuellen“ Düngung in der Weise, daß jeder Landwirt auf Grund genauer Feststellung des Nährstoffbedürfnisses seiner Grundstücke das Mischungsverhältnis für seine zu düngenden Äcker jeweils selbst bestimmt, noch recht fern ist, ja, daß das volle Ideal einer solchen Behandlung vielleicht überhaupt nie erreicht werden wird, so daß neben den Einzeldüngern auch für einwandfreie Volldünger sowohl im Inland wie im Ausland möglicherweise immer Platz sein wird.

Daß bei der kurzen Zeit, seit der die neueren Volldünger der I. G. Farbenindustrie im Handel sich befinden und angewandt werden, noch verschiedene Fragen offen stehen, ist ja klar; Fragen mannigfacher Art, um

deren Lösung sich Wissenschaft und Praxis bemühen. Möglich auch, daß das allerletzte Wort noch nicht gesprochen ist und weitere Fortschritte auf dem Misch- und Volldüngerwesen kommen werden. Dessen können Sie versichert sein, daß die I. G. Farbenindustrie für jede Anregung von beliebiger Seite und auch für jede Kritik sachlicher Art dankbar ist und daß sie dauernd auf Verbesserungen sinnt. Lassen Sie uns, meine Herren, zusammen arbeiten, daß auf dem Gebiete des Düngewesens kein Stillstand eintritt, sondern daß wir immer weiter kommen, treu dem Vorbild Liebig's mit seinem leidenschaftlichen Drang nach Wahrheit und Fortschritt, getreu auch seinem Streben, die Wissenschaft immer praktischer und die Praxis immer wissenschaftlicher zu gestalten!

[A. 159.]

## Mischkristalle, Lösungen und Schmelzen im System (K, NH<sub>4</sub>) (Cl, NO<sub>3</sub>).

Von Prof. Dr. E. JÄNECKE.

(Nach Versuchen im Forschungslaboratorium der I. G. Farbenindustrie, Oppau, ausgeführt gemeinsam mit Dr. Hamacher.)  
Vorgetragen in der Fachgruppe für anorganische Chemie auf der 41. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker am 1. Juni 1928 in Dresden.

(Eingeg. 1. Juni 1928.)

Das reziproke Salzpaar (K, NH<sub>4</sub>) (Cl, NO<sub>3</sub>) umfaßt entsprechend der Gleichung  $KCl + NH_4NO_3 = NH_4Cl + KNO_3$  vier einzelne Salze. Von diesen vier Salzen kommt nur Chlorkalium nicht in mehreren Modifikationen vor. Chlorammon besitzt bekanntlich einen Umwandlungspunkt bei 184,5°<sup>1)</sup>. Für Kaliumnitrat werden meist auch nur zwei Modifikationen angenommen, auch nach den Tabellen von Landolt und

heblichem Druck beständig ist<sup>2)</sup>. Von Ammonnitrat kennt man bekanntlich fünf verschiedene Modifikationen.

Von dem binären Salzsystem ist das der Kalisalze am einfachsten. Die Abb. 1 zeigt, daß zwischen beiden ein Eutektikum auftritt nahe dem Kaliumnitrat und daß die eine für gewöhnlich beobachtete Umwandlungstemperatur bei 125° sich an gleicher Stelle in dem Zustandsbilde wiederfindet, woraus hervorgeht, daß Misch-

Zustandsbild KNO<sub>3</sub>—KCl mit Löslichkeitskurve.

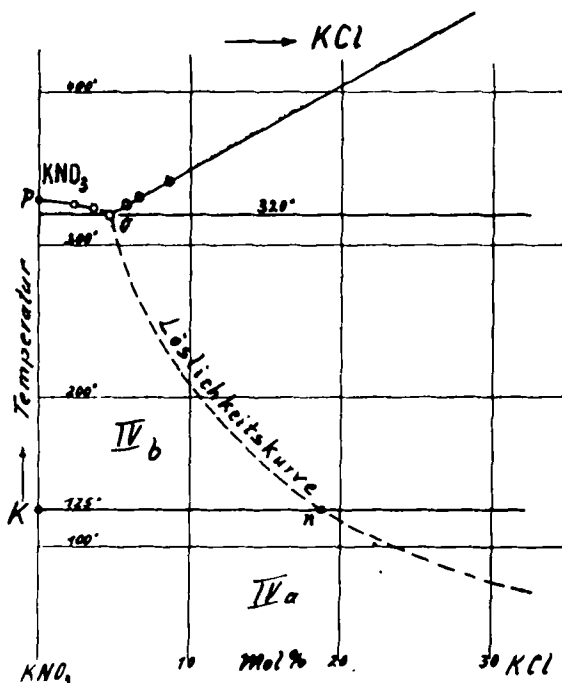


Abb. 1.

Zustandsbild NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>—NH<sub>4</sub>Cl mit Löslichkeitskurve.

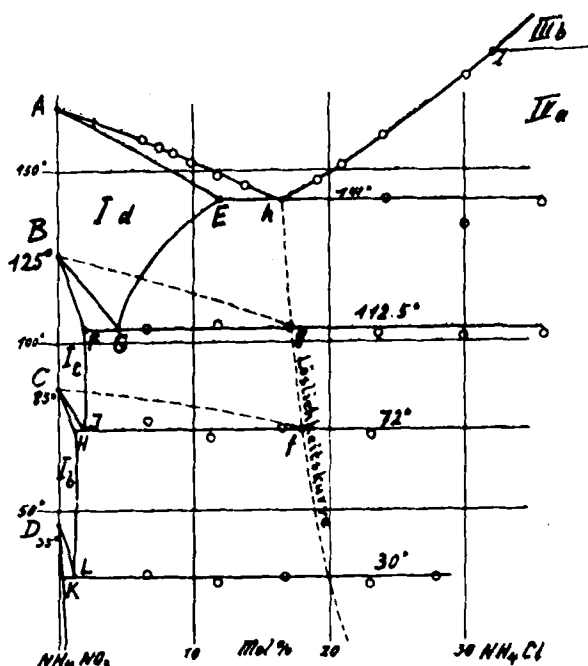


Abb. 2.

Börnstein. Dabei fand ich schon 1915, daß Kaliumnitrat noch eine dritte Modifikation aufweist, welche allerdings nur einen kleinen Existenzbereich hat zwischen 125° und 145°<sup>2)</sup>, und Bridgman stellt außer diesen dreien noch eine vierte fest, welche aber nur unter er-

kristalle keine Rolle spielen. Die Abbildung enthält auch die Löslichkeitskurve für Lösungen mit zwei Salzen als Bodenkörper, die sogenannte Zweisalzkurve, wobei in dieser Abbildung nur das Mischungsverhältnis der Salze und nicht der Wassergehalt zum Ausdruck kommt. Die Kurve ist bis zu dem eutektischen Schmelzpunkt hin, der ja auch ein Zweisalzpunkt ist, extrapoliert. Komplizierter ist das Löslichkeitsbild der Ammonsalze, wie es

<sup>1)</sup> Smith, Eas Hack u. Scatchard, Journ. Amer. chem. Soc. 41, 1969 [1919]. Hachmeister, 174°, Diss. 1919, Ztschr. anorg. allg. Chem. Wegscheider, 184,5°, Ztschr. anorg. allg. Chem. 103, 207 [1918].

<sup>2)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 90, 292 [1915].

<sup>3)</sup> Physikal. Ber. 40, 213, [1916]; Proceed. National Acad. Sciences, Washington, 513—516 [1915].