

Zeitschrift für angewandte Chemie

34. Jahrgang S. 589-596

Aufsatzzell und Vereinsnachrichten

29. November 1921, Nr. 95

Neuere Ansichten über die Rolle des Kaliums im Pflanzen- und Tierkörper.

Von Dr. WILLY MAYER, Berlin-Lichterfelde-West.

(Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Stuttgart im Mai 1921 in der gemeinsamen Sitzung der Fachgruppe für anorganische Chemie und der Kultusgruppe.)

(Eingeg. 14.11. 1921.)

Die Beobachtung, daß die Pflanze in ähnlicher Weise wie auch das Tier und der Mensch Wachstumserscheinungen zeigt, mußte sich schon den primitivsten Völkern, die ja im engsten Kontakt mit der Natur lebten, notwendigerweise aufdrängen. Der Analogieschluß, daß die Pflanze, wie auch das Tier und der Mensch zu ihrer Entwicklung gewisser Nährstoffe bedarf, lag nahe und die Beobachtung der düngenden Wirkung der Abfall- und Auswurfstoffe, von welcher der Mensch seit undenklichen Zeiten praktischen Gebrauch machte, gab Anlaß zur Aufrichtung der lange Jahrhunderte geltenden These, die den Humus als einziges Pflanzennährmittel ansah. Daß aber der Pflanzenkörper nicht allein aus organischer Substanz bestand, wurde jedem täglich vor Augen geführt, denn wenn man ein Stück Holz verbrannte, blieb stets ein unverbrennbarer Rückstand, die Asche, zurück. Es hat aber lange gedauert, bis man sich zu der Ansicht durchrang, daß auch die Aschenbestandteile der Pflanze, wie man später die in derselben enthaltenen anorganischen Bestandteile zusammenfassend benannte, normale und notwendige Faktoren derselben darstellen. Man erklärte ihre Anwesenheit damit, daß die Pflanze gezwungen sei, durch ihre Wurzeln mit dem Wasser auch gewisse in ihm stets gelöst enthaltene Unreinigkeiten, gerade in der Hauptsache jene Mineralstoffe, die sich in der Asche wiederfinden, aufzunehmen, sofern man nicht zu der noch bequemeren Erklärung, die noch im Jahre 1800 als Antwort auf eine Preisfrage der Berliner Akademie der Wissenschaften gegeben wurde, nämlich, daß die Pflanze die Aschenbestandteile als einen Teil ihres Lebensprozesses selbst erzeuge, seine Zuflucht nahm. Ganz richtig macht Adolf Mayer darauf aufmerksam, daß es namentlich an den mangelnden Beziehungen zwischen Chemie und Physiologie gelegen hat, wenn derartige Anschauungen um diese Zeit noch Bestand haben könnten, denn der Satz von der Erhaltung des Stoffes war durch Lavoisier doch schon 20 Jahre vor der Stellung dieser Preisfrage aufgestellt und bewiesen worden und gehörte bereits zu jener Zeit zum festen Bestand der chemischen Tatsachen. Im Jahre 1804 hat allerdings de Saussure schüchtern, und später, 1837, Sprengel unumwunden die Ansicht auszusprechen gewagt, daß ein Teil der Aschenbestandteile unentbehrliche Nährstoffe der Pflanze resp. Bestandteile eines fruchtbaren Bodens seien, aber erst das Jahr 1840 brachte den endgültigen Sturz der Humus- und Sieg der Mineralsalz-Theorie, als Justus v. Liebig das seinen Namen tragende Gesetz vom Minimum, welches lautet: „Der Ernteetrag ist stets von demjenigen Wachstumsfaktor und Bestandteil in der Pflanze abhängig, welcher gemessen an dem Bedarf der Pflanze in geringster Menge vorhanden ist“, klar aussprach. Der experimentelle Beweis für diese Lehre wurde allerdings erst zwei Jahre später, im Jahre 1842, wieder als Antwort auf eine, diesmal von der Universität Göttingen gesetzte Preisfrage durch Wiegmann und Polstorff erbracht, die das Liebigsche Gesetz vom Minimum durch Vegetationsversuche bewiesen.

Dieses Gesetz vom Minimum ist bis in die Jetzzeit als Grundlage aller pflanzenernährungsphysiologischen Arbeiten anerkannt worden und hat sich, namentlich in seiner Anwendung auf die Praxis, als äußerst fruchtbar und segenbringend erwiesen. Erst vor etwa zehn Jahren haben Mischerlich und einige andere versucht, eine strengere mathematische Formulierung der Einwirkung der einzelnen Pflanzennährstoffe und Wachstumsfaktoren auf den Ernteetrag zu geben und die moderne Agrikulturchemie geht nun daran, das mehr qualitative Gesetz vom Minimum durch ein quantitatives zu ersetzen.

Das Gesetz des Minimums bot der Landwirtschaftswissenschaft und Botanik einigermaßen sicheres Fundament, namentlich zur Förderung praktischer Ziele. Durch umfangreiche chemische Untersuchungen wurde zunächst der Gehalt der verschiedenen Pflanzen und Pflanzenteile an den als notwendig erkannten Elementen und deren Verbindungen, namentlich Stickstoff, Kali, Phosphorsäure und Kalk ermittelt und auch der quantitative Gang der Aufnahme derselben während des Wachstumsverlaufes bestimmt, weil sich herausstellte, daß das Bedürfnis für Pflanzennährstoffe während der verschiedenen Wachstumsperioden ein ganz verschiedenes war. Schließlich rückte man auch der Frage des Vorrats an Pflanzennährstoffen in dem Standort und Träger des Pflanzenwachstums, in der Erde, zu Leibe, wobei sich zeigte, daß der Gehalt an Aschenbestandteilen doch auch noch in einer gewissen Beziehung zum Vorrat an Pflanzennährstoffen in dem Kulturmedium stand.

Von der Erkenntnis, daß einzelne Pflanzen zu bestimmten Zeiten ihrer Entwicklung oder auch ganz allgemein im Laufe ihrer Vege-

tationsperiode ein ausgesprochenes Bedürfnis nach einem bestimmten Pflanzennährstoff haben, bis zur Befriedigung dieses Anspruches durch Zufügung des betreffenden Elementes in entsprechender Menge und in für die Pflanze aufnehmbarer Form, also zum Übergang von einer aufs Geratewohl arbeitenden zur rationellen Düngung, war nur noch ein Schritt, der bald vollzogen wurde.

Wohl waren nun dem Praktiker gewisse Regeln gegeben, wohl bemühten sich die landwirtschaftlichen Versuchssationen durch immer genauere Methodik der Versuchsanstellung die einschlägigen Verhältnisse möglichst zu klären, der Agrikulturchemiker und Pflanzenphysiologe strebte weiter. Ihm galt es, die Rolle, welche jedes der einzelnen als unentbehrlich erkannten Elemente im Leben der Pflanze spielte, zu ergründen, den Gesamtmechanismus und Chemismus des Aufbaues des Pflanzenkörpers, der Bildung von Eiweiß, Fett, Kohlehydraten und anderer Bestandteile aus den einfachen Urstoffen zu erforschen. Allein nur zu bald mußte man erkennen, daß diese Aufgabe, wenn sie vielleicht auch nicht über unsere Kraft geht, doch hart die Grenze unseres naturwissenschaftlichen Könnens streift.

Der nächstliegende Weg zur Klärung der Frage, welche Funktionen die einzelnen Elemente im Leben der Pflanze spielen, war der, die Pflanze in einem Nährmedium heranzuziehen, in welchem das betreffende Element nicht enthalten war. Dieser Weg ist aber praktisch ungängbar und zwar aus verschiedenen Gründen. Wohl hatte man gelernt, den Boden, der ja, selbst wenn es sich um sterilen Sand handelt, immer noch gewisse Mengen Pflanzennährstoffe enthält, wenigstens bei einer Anzahl, leider allerdings nicht bei allen Gewächsen, zu umgehen und vollständig durch Wasser zu er- etzen. Die sogenannte Methode der Wasserkultur erlaubte Nährösungen von beliebigem und genau bekanntem Gehalt zur Anzucht des Beobachtungsmaterials zu verwenden. Allein der vollständige Ausschluß eines Pflanzennährstoffes ist auch hier aus zwei Gründen nicht möglich, denn erstens enthält der Same oder der Steckling, aus dem sich die Pflanze entwickeln muß, immer gewisse Mengen jedes Pflanzennährstoffes, den die Mutter Natur ihren Kindern für die erste Entwicklung mit auf den Weg gibt und zweitens besagt ja das Gesetz vom Minimum, daß die Entwicklung dann aufhört, wenn der im Minimum befindliche Vegetationsfaktor aufgezehrt ist. Man wird also nach kurzem, anfänglich vielleicht einigermaßen normal scheinendem Wachstum kümmernde und schließlich absterbende Pflanzen erhalten, mit denen wenig anzufangen ist.

Etwas mehr Erfolg hat man mit der Methode einer Unterernährung an nur einem bestimmten Elemente gehabt, wobei typische Mängelscheinungen eintraten. Allein auch diese Mängelscheinungen, obgleich sie bei einer und derselben Pflanzenart beliebig oft reproduzierbar sind, also das Bild einer pathologischen Stoffwechselerscheinung darbieten, müssen mit großer Vorsicht gedeutet werden, da es sehr schwer festzustellen ist, wie weit Verschiebungen und Störungen der diversen Funktionen des inneren Stoffwechsels sich an äußeren Merkmalen kenntlich machen. Auch analytisch sind diese Erscheinungen sehr schwer zu verfolgen, da z. B. Störungen der assimilatorischen Tätigkeit, welche wahrscheinlich auf dem Mangel von nur einem Nährstoff, dem Kalium, beruhen, sich unbedingt auch an dem ganzen Fett- und Eiweißstoffwechsel, welcher ja direkt von der Assimilationstätigkeit abhängig ist, bemerkbar machen müssen. Daß dabei auch gefährliche Trugschlüsse unterlaufen können, zeigt die bereits seit langem bekannte Tatsache, daß bei Mangel an Eisen sich kein Chlorophyll in der Pflanze entwickelt. Diese Erscheinung wurde lange dahin gedeutet, daß man das Eisen als wirksamen Bestandteil im Chlorophyll ansah und ihm bei der Photosynthese der Kohlehydrate eine Rolle zusprach. Erst im letzten Jahrzehnt ist es Willstätter gelungen, nachzuweisen, daß das Chlorophylmolekül tatsächlich eisenfrei ist und man hat sich seine Bildung wohl so vorzustellen, daß sich zwar intermediär ein eisenhaltiges Produkt bildet, das Eisen aber im weiteren Verlaufe der Synthese wieder abgespalten wird, genau ebenso wie der Organiker häufig gewisse Elemente oder Gruppen in Verbindungen einführt, um sie später wieder gegen andere auszutauschen. Außerdem können sich gewisse Elemente in einigen ihrer Funktionen, aber niemals in allen derselben, im Pflanzenorganismus wenigstens teilweise vertreten, so daß dadurch das Bild dieser Erscheinungen noch mehr getrübt, die Deutung noch stärker erschwert wird. Dies ist z. B. der Fall, sofern es nur auf die Aufrechterhaltung der Reaktion des Zellinhaltts ankommt; bei der Entsäuerung desselben können sich sicher bis zu einem sehr hohen Grade sämtliche Basen vertreten und tun dies auch, allerdings mit wechselndem Erfolge, wie wir später noch beim Zusammenhang des Kali-Kalk-Stoffwechsels sehen werden.

Man hat sich deshalb daran gewöhnt, allgemein vom Mineralstoffwechsel des pflanzlichen und tierischen Organismus als etwas Zusammengehörigem, ineinander greifendem zu sprechen, weil noch andere Verhältnisse, auf die wir gleich kommen werden, die starke Abhängigkeit der verschiedenen Nährstoffe von-

einander beweisen. Bekanntlich stellt jede Zelle ein unter einem bestimmten osmotischen Druck, dem Turgor, stehendes Gebilde dar; läßt man nun einen Bestandteil in der Nährösung fort, so ändert sich der osmotische Druck derselben, wodurch wieder Störungen im inneren Gleichgewicht der Zellen durch Aus- oder Eintritt diffundierbarer Körper eintreten müssen. Schließlich ist deshalb versucht worden, isoosmotische Lösungen zusammenzustellen unter Verwendung pflanzenphysiologisch neutraler Salze, deren es allerdings wenige gibt.

Aber auch dieser Weg führte nicht zu befriedigenden Resultaten, denn man erhielt meistens so abnorm gestaltete und zweifellos im Gesamtstoffwechsel so stark gestörte Pflanzen, daß ein sicherer Schluß auf die Rolle, die eines der Elemente im Leben der Pflanze zu erfüllen hat, nicht gezogen werden konnte.

Den Anregungen Otto Löws ist es zu danken, daß man sich von dem Verhalten der einzelnen Bestandteile in der Nährösung sowohl zueinander wie auch zur Pflanze einmal Rechenschaft zu geben versuchte. In seiner bekannten Lehre vom Kalkfaktor hat er die Behauptung aufgestellt, daß für jede Pflanzenart ein bestimmtes Verhältnis von Kalk zu Magnesia das physiologisch richtige sei, und daß eine große Abweichung von diesem, als optimal festgestellten Verhältnissen schädlich sei. An Stelle der absoluten Menge wie bisher trat nunmehr das Verhältnis der einzelnen Nährstoffe zueinander. Löws Theorie ist viel angefochten worden, fraglos steckt aber ein richtiger Kern in ihr; nähere Aufklärungen brachten auch die seit einigen Jahren von Jac. Löb auf tierphysiologischem Gebiet ausgeführten Arbeiten. Denn dem Tierphysiologen boten sich, namentlich an den niederen Organismen vorwiegend des Salz- und Süßwassers, sehr geeignete Versuchs- und Forschungsobjekte dar, an denen Löb nachwies, daß z. B. eine mit dem Seewasser isotonische Chlornatriumlösung für Organismen ebenfalls giftig ist, daß dieselbe aber durch Hinzufügen von Chlorkalium und Chlorcalcium entgiftet wurde. Auf Grund dieser fortschreitenden Erkenntnis wurden die lediglich isotonischen Nährösungen nunmehr durch die auf das physiologische Gleichgewicht der Bestandteile eingestellten „physiologisch äquilibrierten“ Lösungen ersetzt. Diese können am besten so definiert werden, daß in diesen Lösungen sich die Giftwirkungen, welche jedes der Kationen und Anionen ihrer Komponenten für sich allein ausüben würde, gegenseitig aufheben und so eine Entgiftung der ganzen Lösung eintritt. Für die pflanzliche Physiologie hat namentlich Osterhout die einschlägigen Verhältnisse geklärt und z. B. gefunden, daß das Kaliumion, obwohl es ja im Leben der Pflanze ein unentbehrlicher Nährstoff ist, für sich allein eine Giftwirkung entfaltet, ebenso wie das Magnesium. In entsprechender Mischung entgiften sich aber die beiden vollständig und werden dadurch für die Pflanze aufnehmbar und können am Aufbau des Körpers derselben und an den Funktionen der inneren Organe mitarbeiten.

Befassen wir uns zunächst mit der quantitativen Verteilung des Kaliums in den verschiedenen Teilen der Pflanze, so finden wir, daß in dem Samen durchgehend relativ hohe Kalimengen aufgespeichert sind. Neben dem Embryo enthält der Same hauptsächlich noch das Endosperm, das vorwiegend aus organischen Reservestoffen, Eiweiß, Fetten, Kohlehydraten usw. besteht und einen verhältnismäßig geringen Mineralsstoffgehalt aufweist. Der Grund hierfür ist einleuchtend, denn die organischen Stoffe, die zum Aufbau des Pflanzekörpers notwendig sind, können nur mit Hilfe assimilatorischer Tätigkeit gebildet werden, während das zum Keimen notwendige Wasser normalerweise bereits reichliche Mengen Nährsalze heranführt. Bis zum Einsetzen der Assimilationstätigkeit ist also die Pflanze vollständig auf die im Samen enthaltenen Reservestoffe für den Aufbau ihres Körpers angewiesen.

Von den Mineralbestandteilen des Samens steht das Kali, das rund $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{5}$ der Gesamtmasse am acht, obenan. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß sich der Kaligehalt im Samen durch eine Kalidüngung oder durch hohen natürlichen aufnehmbaren Kaligehalt im Boden nur sehr wenig beeinflussen läßt, daß er gewissermaßen eine konstante Größe für die betreffende Art und die betreffenden Vegetationsbedingungen ist, während dies für andere Aschenbestandteile im Samen und namentlich auch für andere Teile der Pflanze, z. B. für die Blätter, nicht der Fall ist. So fand ich z. B. bei Untersuchungen von Tabakblättern, die aus Düngungsversuchen stammten, die ich als Leiter der Versuchsstation des amerikanischen Tabaktrustes auf Porto Rico ausgeführt hatte, daß der Kaligehalt der Blätter um etwa 300% schwankte, während der Same derselben Pflanzen keine größeren Schwankungen als etwa 25% aufwies. Wir werden später noch auf diesen Zusammenhang zurückkommen.

Die in ihrer Funktion dem Endosperm bis zu einem gewissen Grade gleichkommenden unterirdischen Reservestoffbehälter, wie Knollen, Rhizome usw., weisen dieselben Verhältnisse auf, nur daß ihr Kaligehalt meist noch etwas höher ist und zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{3}{4}$ der Gesamtmasse beträgt.

In bezug auf die Wurzel ist zu sagen, daß der Kaligehalt in den verschiedenen Lebensstadien ein ziemlich verschiedener ist und Regelmäßigkeiten oder Gesetzmäßigkeiten bis jetzt noch nicht sicher festgestellt worden sind.

Etwas genauer sind die Verhältnisse bei den Stengelteilen erforscht; namentlich die Gramineen sind ihrer großen wirtschaftlichen Bedeutung wegen häufiger als Untersuchungsobjekt herangezogen

worden. Im allgemeinen wurde eine mit der Periode der stärksten Wachstumsenergie zusammenfallender Maximalgehalt an Kali durch viele Forscher festgestellt. Auch der natürliche Kaligehalt des Bodens oder die Zuführung von Kali durch Düngung beeinflussen hier den Kaligehalt sehr wesentlich. Anders, namentlich auch physiologisch, verhalten sich die Stämme der Holzarten, welche keine assimilatorische Tätigkeit ausüben. Das Bild ist hier nicht so klar, denn es sind eine große Anzahl von einzelnen Erscheinungen zu beachten, die zum Teil gegeneinander wirken, wie z. B. die Wachstumserscheinungen des Stammes, die Leitung des Mineralstoffes von der Wurzel zum Gipfel und Rückleitung der Assimilate. Diese einzelnen Verhältnisse zahlenmäßig zu erfassen und gegeneinander abzugrenzen, ist sehr schwer und das Bild wird dadurch stark getrübt. Doch ist ein Unterschied im Kaligehalt des Kern- und Splintholzes desselben Stammes festzustellen, derart, daß im Splintholz, als dem mehr den Lebensfunktionen gewidmeten Teil, derselbe höher ist und, obgleich auch ab und zu vielleicht Ausnahmen von dieser Regel vorkommen können, kann man behaupten, daß im allgemeinen im Gipfel- und Astholz, also nahe an den assimilatorischen Teilen des Baumes der Kaligehalt erheblich höher ist als in der Stammitte. Von Interesse dürfte auch die Tatsache sein, daß der größte Teil des Kalis in wasserlöslicher Form an organische und anorganische Säuren gebunden vorkommt.

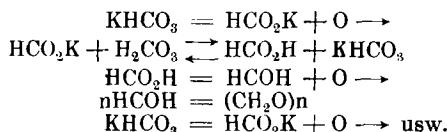
Betrachten wir nun zuletzt den hauptsächlich der Bildung neuer Substanz gewidneten Teil der Gewächse, die Blätter. Hier finden wir wieder, daß das Kalium in einer großen Menge vorhanden ist, sehr selten unter ein Drittel der Reinasche bleibt und bis zu zwei Dritteln ansteigen kann. Im Gegensatz zum Kaligehalt des Stammes ist, wie bereits erwähnt, der Kaligehalt der Blätter auch sehr stark durch das den Pflanzen in dem Nährsubstrat zur Verfügung stehende Kali beeinflußbar.

Versuchen wir nun die Ergebnisse vieler Tausender von Untersuchungen, deren Resultat ich Ihnen kurz angegeben habe, im Zusammenhang zu betrachten, so finden wir, daß Kali hauptsächlich dort in großen Mengen vorkommt, wo Kohlehydrate gebildet oder umgebildet werden, wie bereits Liebig sich ausdrückt: „Das Kali ist mit den Kohlehydraten vergesellschaftet.“ Die Blätter enthalten die größten Mengen und auch in denjenigen Teilen, die den Blättern am nächsten sind, in den Gipfel- und Asttrieben, in denen aller Wahrscheinlichkeit nach die Kohlehydrate umgebildet und verarbeitet werden, finden wir hohe Kaligehalte. Unter diesem Gesichtspunkte wird auch der konstante Kaligehalt des Samens verständlich, denn wenn Kali tatsächlich zur Bildung und Umbildung der Kohlehydrate nötig ist, so muß es in genügender Menge im Samen vorhanden sein, um das Nährgewebe, das zum größten Teil aus unlöslichen Kohlehydraten besteht, in lösliche für das Wachstum der Pflanzen verwertbare Zellbausteine überzuführen und, sobald durch die Keime die organischen Reservestoffe desselben aufgebraucht sind, muß unbedingt und raschestens eine Neuerzeugung der Kohlehydrate einsetzen, denn sie sind das Ur- und Ausgangsprodukt, aus dem sich der ganze organische Anteil des Pflanzekörpers aufbaut. Die vorsorgliche Natur legt also bereits das für diese Tätigkeit unentbehrliche Element in genügender Menge im Samen fest.

Diese These, die ich Ihnen vorgetragen habe, bedarf natürlich noch des allgemeinen Beweises. Hier war wieder eine Erscheinung hinderlich, die zwar bei der Erforschung der gesamten belebten Natur sich geltend macht, in der Agrikulturchemie und Pflanzenphysiologie aber besonders störend ist, die Tatsache, daß die Umwandlungen in der Natur zwar mit größter Geschwindigkeit, aber immer nur mit kleinsten, in Arbeit und Umsetzung befindlichen Mengen vor sich gehen. Vom Ausgangs- und Endprodukt hat man also meistens genügend zur Verfügung, von den Zwischenprodukten, die uns natürlich ganz besonders stark interessieren, dagegen sind nur selten welche in ganz geringem Umfang zu fassen. Dies dürfte einer der grundlegenden Unterschiede zwischen den chemischen Vorgängen im belebten Körper und im Laboratorium sein. Seit Liebig haben sich eine große Anzahl Gelehrter um die Aufklärung der Zusammenhänge bemüht und namentlich auch versucht, die sich absolvierenden Vorgänge klarzustellen. Von den älteren sind es namentlich Nobbe, Hellriegel, Wilfarth, Mittelstedt, Wimmer und Römer, von den neueren Stoklasa und seine Mitarbeiter, die diese Frage experimentell bearbeitet haben. Die Zuckerrübe erwies sich als ein hierfür sehr geeignetes Versuchsobjekt, weil sie von allen Pflanzen am meisten Kohlehydrate produziert und weil auch ihr Kalibedürfnis ein sehr hohes ist. Im Gegensatz zu den Gramineen, also den Gräsern und Getreidefrüchten, welche aus dem Boden mehr Anionen als Kationen aufnehmen und zur Kartoffel, die Anionen und Kationen in ungefähr gleicher Menge resorbiert, nimmt die Zuckerrübe mehr Kationen als Anionen auf. Damit stimmt die Tatsache überein, daß außer der Zuckerrübe auch die Kartoffel noch größere Mengen Kohlehydrate bildet. Auf Grund eines durch längere Jahre fortgesetzten agrikulturchemischen Studiums, auf dessen Einzelheiten hier einzugehen die Zeit fehlt, kommt Stoklasa zu folgendem Schluß:

„Den Mechanismus der photochemischen Reaktion können wir uns so vorstellen, daß durch die Einwirkung der ultravioletten Strahlung auf das Kaliumbicarbonat zuerst die Ameisensäure, der Sauerstoff und das Kaliumcarbonat entstehen. Die in Entstehung begriffene Ameisensäure wird durch den weiteren Verlauf der ultravioletten Strahlen in Formaldehyd und Sauerstoff zersetzt und der

Formaldehyd bei Gegenwart von Kalium zu Hexosen kondensiert. Das frei entstandene Kaliumcarbonat wird beim Hinzutreten von Kohlensäure und Wasser wieder in Kaliumbicarbonat umgewandelt und dieser Prozeß setzt sich so weiter fort. Die photosynthetische Assimilation der Kohlensäure, wobei das Licht als Energiequelle Verwendung findet, können wir uns in nachstehenden Gleichungen vorstellen:



Der aus Ameisensäure gebildete Formaldehyd kondensiert sich bei Gegenwart von Kalium rasch zu Kohlehydraten.¹

Es steht zu erhoffen, daß die Ergebnisse Stoklasas sich bei der Nachprüfung durch andere Forscher bestätigen werden. Sollte diese Hoffnung sich bewahrheiten, so wären wir der Aufklärung des Wesens der Photosynthese und einer der Aufgaben, welche das Kalium im Leben der Pflanze zu erfüllen hat, bereits wesentlich nähergekommen.

Die Tatsache, daß die Kohlehydratbildung durch Kalium wesentlich beeinflußt wird, ergibt sich auch aus dem Ausfall einer großen Anzahl organoleptischer Proben. Vor dem Kriege wurden alljährlich auf Veranlassung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, des Vereins der Konservenfabrikanten und der Düngerkorporationen Kostproben von aus Dünghungsversuchen stammenden landwirtschaftlichen Roh- und Fertigprodukten angestellt, wobei sich die Einten der verschiedenen gedüngten Pflanzen deutlich durch ihren Geschmack unterschieden. Die Früchte, welche den ohne Kali gebildeten Teilstücken entstammt, erwiesen sich im Geschmack als nüchtern und wenig süß. Bei Trauben konnte man — eine übrigens den Praktikern längst bekannte Erscheinung — stets den Zusammenhang zwischen dem sogenannten Mostgewicht, also dem annähernden Zuckergehalt und der Höhe der Kalidüngung feststellen. Die Mohrrüben von stark mit Kali gedüngtem Boden erwiesen sich immer auch im Geschmack als die süßesten. Besondere Bedeutung besitzt das Kali für die Südfrüchte, namentlich die Citrusarten, also Apfelsinen und Zitronen, sowie für die Ananas. Hier hat sich gezeigt, daß ein hoher Kaligehalt nicht nur den Geschmack, das Aroma und den Zuckergehalt erst zur vollen Entwicklung bringt, sondern auch, was namentlich weltwirtschaftlich wichtig ist, die Haltbarkeit während der Schiffs- und Landtransporte geradezu ausschlaggebend beeinflußt. Diese Erkenntnis hat dazu geführt, diese Gewächse direkt mit Kali zu mästen, sie zur Luxuskonsumation von Kali anzuregen, d. h. ihnen künstlich durch Düngung mehr Kali zuzuführen als nach dem Gesetz des Minimums für Erzielung einer Höchsternte nötig sein würde, und zwar mit dem ausgeprochenen Zweck, eine Aufspeicherung von Kali über den normalen Gehalt hinaus in den dazu befähigten Gewebeteilen zu bewirken.

Ähnliche Verhältnisse finden sich auch bei der Tabakpflanze, nur sind es hier die Blätter, deren Brennbarkeit, Geschmack und Eignung zum Deckblatt, das sogenannte Leben des Tabaks wesentlich von dem Gehalt an apfel-, wein- und zitronensaurem Kali abhängt und wo es gelingt, diesen Gehalt durch Zuführung von geeigneten Kalisalzen auf das Doppelte und Dreifache zu erhöhen.

Damit wären wir zu einer weiteren sehr wichtigen Tätigkeit, die das Kali im Pflanzenorganismus zu erfüllen hat, gelangt, nämlich zum Transport der sich im Laufe des Lebensprozesses bildenden organischen Säuren. Der Zellinhalt kann nämlich nur bis zu einer bestimmten für die verschiedenen Pflanzen verschiedenen Höhe sauer werden, ohne das normale Funktionieren der Zelle zu beeinträchtigen; dem Kali fällt zweifellos die Rolle zu, diese Säuren in Form von löslichen Salzen abzutransportieren und event. durch Bindung an Kalk an von der Natur besonders vorgesehenen Stellen zur Ablagerung zu bringen. Das Kali leistet also durch den Transport und die Unschädlichmachung der Säuren in gewisser Beziehung Entgiftungsdienste. Auf diese Zusammenhänge hat namentlich in neuester Zeit Ebert hingewiesen.

Daß bei den Obsthäumen zwischen den Nährösungen einerseits und den Assimilaten andererseits ein gewisser Antagonismus besteht, war schon seit längerer Zeit bekannt. Namentlich sind diese Verhältnisse neuerdings von Poenecke studiert worden, der auf Grund der Erfahrungen des Wurzelschnittes, der Fruchtgürtel und der Ringelung der Obstbäume zu dem Schlusse kommt, daß bei Überwiegen der Assimilate Fruchtbildung, bei Überwiegen der Salze dagegen Holzbildung eintritt. Obgleich Poenecke ganz allgemein von den Mineralstoffen spricht, ist doch anzunehmen, daß, da Stickstoff, Phosphorsäure und Kalk in größeren Mengen dadurch verbraucht werden, daß sie unlöslich in Form von Holz oder Früchten festgelegt werden, während das Kali wasserlöslich bleibt, diesem ein großer Anteil an der Regulierung der Lebensvorgänge der Bäume zukommt.

Vor zehn Jahren hat Weevers die Behauptung aufgestellt, daß das Kaliumion namentlich an der Eiweißsynthese beteiligt sei. Seine Ansicht fand vielfach Zustimmung, obgleich sie keineswegs sicherer fundiert war als die erste, welche dem Kalium eine Rolle bei der Photosynthese zuweist. In der Hauptsache stützt sich diese

Theorie auf die neueren Ergebnisse der Kolloidchemie. Das Zellplasma ist eine kolloide Masse, da mit den Vacuolen, einer flüssigen, salzigen und zwar hauptsächlichen kalischaltigen Phase durchsetzt ist. Die Bildung neuer eiweißhaltiger Substanzen stellt man sich nun als Wechselwirkung zwischen den kristalloiden und den kolloidalen Bestandteilen vor, wobei alle die für diese Systeme charakteristischen Erscheinungen der Absorption, Adsorption, Sol- und Gelbildung, Ausflockung usw. dauernd nebeneinander herlaufen. Auch ist schon der Auffassung Raum gegeben worden, ein Teil der Eiweißstoffe könne mit dem Kali salzartige Verbindungen eingehen. Wenn sich dann in der Zelle die Eiweißsynthese vollzieht, so dürfte sich dieses Eiweiß zunächst in kolloidal gelöster Form aus den Kristalloiden bilden, dann durch die Wirkung der Salzlösung ausgeflockt werden und so zum Aufbau des Pflanzenkörpers dienen. Der Grund, weswegen man bei diesen Vorgängen dem Kali eine entscheidende Rolle zuweist, besteht in der Überlegung, daß sowohl die stickstoff- wie phosphorsäurehaltigen Salze bei diesen Synthesen verbraucht, d. h. in Form von Pflanzensubstanz festgelegt werden, die Kalk- und Magnesiasalze ebenfalls zum Teil andere Funktionen zu erfüllen haben, vielleicht auch infolge gewisser chemischer Eigenschaften nicht so löslich und beweglich sind, das Kali also, als einziges stets wasserlösliches Element übrig bleibt, um diese Vorgänge in der Zelle zu bewirken.

Eine Stütze für diese Auffassung geben neuere Arbeiten über die Anatomie der Kartoffelpflanze, die erst in allerletzter Zeit von der biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Dahlem veröffentlicht worden sind.

Stoklasa hat auch diese Ansicht mit seinen Mitarbeitern zusammen einer experimentellen Untersuchung unterzogen und kommt zu folgendem Schluß:

In kohlensäurefreier Atmosphäre findet unter Mitwirkung der Sonnenenergie bei Gegenwart von Kohlehydraten bei An- und Abwesenheit des Kaliumions die Bildung von Eiweißmolekülen statt. Bei großem Vorrat von organischen Verbindungen in der Pflanzenzelle kann der Aufbau der Eiweißstoffe auch ohne Kali unter Einwirkung der Sonnenenergie vor sich gehen, aber auch ohne Anwesenheit von Licht vollzieht sich der Vorgang der Eiweißbildung, wenn nur genügend geeignete Kohlenstoffquellen und außer dem Kaliumion alle anorganischen Nährstoffe in der Zelle vertreten sind. Ohne Kalium und bei Abwesenheit von Licht kann der Prozeß der Synthese der Eiweißstoffe nicht verlaufen.

Man muß auf Grund dieser Ergebnisse auch annehmen, daß das Kalium ausschlaggebend am Dissimulationsprozeß beteiligt ist und für den Betriebssstoffwechsel in der chlorophyllhaltigen und chlorophyllosen Zelle unbedingt erforderlich ist.

Die Frage, ob sich ein Mangel an Kalium auch bereits am ganzen Habitus der Pflanze erkennen läßt, ist von sehr vielen Forschern bearbeitet und in bejahendem Sinne entschieden worden. Vageler z. B. kommt zu dem Schluß, daß bei Roggen eine größere Kaliaufnahme eine stärkere Entwicklung des Assimilationsparenchyms bewirkt, ohne daß die Festigkeit des Halmes leidet. Damit im Zusammenhange steht auch die praktisch so bedeutungsvolle Tatsache, daß durch Zuführung von Kalium das bei reichlichem Stickstoff- und Phosphorsäurevorrat im Boden sehr leicht eintretende Lagern des Getreides verhindert werden kann. Eine große Anzahl von Pflanzen zeigt auch, namentlich in ihren Blättern, gewisse Verfärbungen und zum Teil sogar Nekroseerscheinungen, wenn in dem Nährmittel starker Kalimangel vorhanden ist.

Auch hat man häufig gefunden, daß auf mit Kalisalzen reichlich versorgten Feldern die Kulturpflanzen dem Frost besser Stand halten, weniger leicht erfrieren. In beiden Fällen, sowohl bei der Lagerung des Getreides als auch beim Erfrieren haben aber eingehende Untersuchungen gezeigt, daß es sich dabei nur um Kompensation einer einseitigen Nahrungszufuhr handelt, wodurch eine Schwächung der Konstitution des gesamten Pflanzenorganismus eintritt, mit anderen Worten, daß in allen diesen Fällen das Kali sehr stark im Minimum war gegenüber den anderen Nährsalzen.

Zum Schluß unserer Betrachtungen über die Rolle des Kaliums im Pflanzenorganismus können wir nicht an der Tatsache vorbeigehen, daß das Kalium auch schwach radioaktiv ist. Stoklasa hat auch diese Tatsache in den Kreis seiner Untersuchungen einbezogen und dabei festgestellt, daß eine ganz erhebliche Steigerung der Keimungsenergie von Samen in mit Kalisalz beschickten Emulsiorien eintritt. Auch der Zusammenhang zwischen Photosynthese und Radioaktivität ist untersucht worden und es kamen dabei interessante Zusammenhänge zwischen den biologisch als Antagonisten zu bewertenden von dem Kalium ausgehenden Beta- und Gammastrahlen und den Alphastrahlen zutage. Dagegen ist die Frage der Einwirkung verschiedener Strahlen auf wachsende Pflanzen noch nicht sicher entschieden, da hier auch der bereits genannte Antagonismus und die Schwierigkeit der Dosierung zu berücksichtigen sind.

Um nun den Aufgaben, die das Kalium im tierischen Organismus zu erfüllen hat, nachzuhören zu können, müssen wir erst den prinzipiellen Unterschied zwischen Tier und Pflanze festlegen und wollen uns hierzu als am einfachsten der Hertwigschen Definition anschließen, die besagt, daß die Pflanze in bezug auf die Kraftquelle für ihre Lebensvorgänge auf das Licht angewiesen ist wodurch bedingt wird, daß die Pflanze eine mehr nach außen, das Tier eine mehr nach innen gerichtete Flächenentfaltung seiner Organe aufzuweisen hat. Die Pflanze bildet aus hochoxydierten, einfach zu-

sammengesetzten Verbindungen niedriger oxydierte und komplizierte, dazu braucht sie das Sonnenlicht, und ihre Organe müssen so beschaffen sein, daß sie ausgiebig von demselben bestrahlt werden können. Diese hoch zusammengesetzten und niedrig oxydierten Verbindungen dienen nur als Nahrung für das Tier, das zur Zersetzung und Resorption derselben der großen, inneren Flächen des Magens, des Darms und der übrigen inneren Organe bedarf. Eine große Entfaltung der äußeren Fläche, der Grenzfläche mit der Luft wäre nicht nur unnötig, sondern wegen der Wärmewirtschaft des Körpers auch direkt nachteilig. Bei der Pflanze überwiegt die assimilatorische Tätigkeit, während beim Tier, das auf organische Nahrung angewiesen ist, die Dissimulations- und Oxydationsprozesse bei weitem an erster Stelle stehen. Eine Synthese aus den einfachen Verbindungen der Elemente findet also im Tierkörper nicht statt und die anorganischen Bestandteile desselben können außer durch das Trinkwasser nur in Form von pflanzlichen oder tierischen Substanzen als Nahrung in den Körper desselben gelangen.

Daß Kaliumverbindungen, in großer Menge genossen, ein Herzgift sind, haben bereits ältere Physiologen durch Einspritzung in die Zirkulationsorgane nachgewiesen. Auch gemeldete Fälle von Eingehen von Haustieren, namentlich Hühnern sowie von Wild nach Genuß von Kainit haben die Forscher zu der Bearbeitung der Frage der tödlichen Dosis für die verschiedenen Tiere angeregt. Kreisarzt Brandes hatte dieselbe z. B. auf etwa 4 g Kainit für ein Huhn festgestellt. Nachprüfungen namentlich durch Dr. Feser und andere haben aber ergeben, daß hier besondere Verhältnisse vorgelegen haben müssen, denn letzterer erhielt bei Gaben von 2—5 g je Tag noch keine Schädigung. Eine Taube fraß z. B. in 122 Tagen 289 g und eine andere in derselben Zeit 265 g Kainit in Mengen von 2—15 g pro Tag, ohne daß irgendwelche nachteiligen Folgen bemerkbar waren. Bei Schafen und Rindern lösten Dosen von 95—450 g täglich, selbst als in acht Tagen zusammen 3800 g gegeben waren, keine Erscheinung aus, doch scheint ein abnorm hoher Kaligehalt des Futters bei gleichzeitig ungenügendem Kalkgehalt allmählich eine Veränderung in der Zusammensetzung des Blutes zu bewirken und dies kann, wie bisher noch unveröffentlichte und auch noch nicht ganz abgeschlossene Untersuchungen vermuten lassen, Schädigungen der Gesundheit nach sich ziehen.

Daß übrigens das Kalium, trotzdem es im Leben des Tieres, jedenfalls zum Teil wenigstens, andere Aufgaben zu erfüllen hat, als im Leben der Pflanze, für dieses ebenso unentbehrlich ist wie für jene, zeigen verschiedene Beobachtungen. Bereits Kemmrich hatte durch Fütterungsversuche nachgewiesen, daß Hunde, die mit den salzarmen Rückständen der Fleischextraktfabrikation gefüttert wurden, trotz reichlicher Deckung des Fett-, Eiweiß- und Kohlehydratbedürfnisses aus Mangel an Nährsalzen sehr bald eingingen. Dieselbe Erfahrung hat man auch bei Schweinen gemacht. In neuerer Zeit hat Urbeau die akuten und chronischen Schädigungen, die eine sehr kaliarme, sonst aber ziemlich nährsalzreiche Fütterung verursacht, namentlich an Hühnern beobachtet. Sie bestehen hauptsächlich in krankhafter Veränderung der Funktionen der Verdauungsorgane, der Haut und des Nervensystems. Beachtenswert ist, daß sich die Degenerationserscheinungen auch auf die Nachkommen vererbt. Da außerdem die Nachkommenschaft zahlenmäßig sehr gering war, muß also die Tätigkeit des Zellprotoplasmas durch den Mangel an Kali einschneidend und ungünstig beeinflußt worden sein. Unwillkürlich wird man dabei an das bezüglich der Eiweißsynthese der Pflanzen Gesagte erinnert.

Vom experimentellen physiologischen Standpunkte aus ist noch eine Serie von Arbeiten bemerkenswert, welche der holländische Physiologe Zwaardemaker durchgeführt hat. Bekanntlich kann man ein unter gewissen Vorsichtsmaßregeln herausgenommenes Tierherz (Zwaardemaker hat hauptsächlich mit dem Froschherzen experimentiert) längere Zeit in normalem Schlag erhalten, wenn man dasselbe mit der sogenannten Ringerschen Lösung durchspült. Läßt man nun in dieser Ringerschen Lösung das Kalium aus, so steht das Herz nach kurzer Zeit still, um später, nach Umschalten der Durchpülungslösigkeit auf normale kalihaltige Ringersche Lösung wieder mit dem Pulsieren zu beginnen. Diese Pulsation kehrt aber auch bei kalifreier Ringerscher Lösung zurück, wenn man das Herz entweder mit Polonium oder einer anderen radioaktiven Substanz bestrahlt oder aber an Stelle des Kaliums in der Ringerschen Lösung eine äquiradioaktive Menge eines anderen radioaktiven Elements einführt. Außer für das Herz ist die Ersetzbarkeit noch für die Gefäßmuskulatur, Skelettmusculatur, Gefäßendothel, ferner auch für gewisse Teile des Nierenepithels bewiesen worden, dagegen scheint das Nervensystem davon ausgenommen zu sein. Es hat sich auch gezeigt, daß die Strahlung überdosiert werden kann und dann zum Stillstand des Herzens führt, womit die beobachtete toxische Wirkung des Kaliums auf das Herz erklärt werden könnte. Der bereits früher hervorgehobene physiologische Antagonismus zwischen den verschiedenen Gruppen der radioaktiven Elemente und der von ihnen ausgehenden Strahlungen trat auch bei diesen Versuchen mit aller Schärfe hervor. Damit sind neue Wege zur Erforschung der Lebensvorgänge gewiesen, welche reizvoll und aussichtsreich zu gleich sind.

Nun noch einige Worte über die Bedeutung des Kaliums im

menschlichen Organismus, der ja in physiologischer Beziehung nur als Spezialfall des tierischen aufgefaßt werden kann. Auch hier ist die toxische Wirkung auf das Herz bereits längst bekannt, daß aber das Kalium auch für den Menschen ebenso unentbehrlich ist wie für Pflanze und Tier, und daß der Mineralstoffwechsel auch hier höchste Bedeutung hat, ist namentlich durch die Versuche englischer Ärzte in den indischen Irrenhäusern festgestellt worden. Bei gleichem Gehalt der Nahrung an Kalorien und Darreichung von frischem Fleisch, Fett und Gemüse, ferner einmal wöchentlich Salzfleisch, erkrankten die Menschen zu 30% an Beriberi, wenn geschälter Reis verabreicht wurde, während bei ungeschältem Reis alle gesund blieben. War die Erkrankung nicht zu weit vorgeschritten, so konnten häufig unter Einhaltung derselben Kost durch Ersetzung des geschälten durch gedämpften oder ungeschälten Reis die Krankheitsercheinungen zum Schwinden gebracht werden. Der Unterschied zwischen beiden Arten von Reis besteht nur in dem Gehalt an Mineralstoffen und besonders an Kali. Auch bei der Pellagra denken verschiedene Forscher an ähnliche Verhältnisse, da bei vorwiegender Maisnahrung das physiologische Kaliminimum für den Körper oft nicht dauernd eingehalten wird. Urbeau, der die Verhältnisse bei der besonders stark auf Maisnahrung angewiesenen armen Bevölkerung Rumäniens studiert hat, fordert bei vegetabilischer Kost ein Minimum von 5 g Kali, bei gemischter Kost von 4 g Kali pro Tag.

Es ist eine bereits seit längerer Zeit bekannte Tatsache, daß bei der Einschmelzung von fester Körpersubstanz, wie sie im Fieberzustande vor sich geht, stets der Urin einen hohen Gehalt an Kalium aufweist; bei beginnender Gesundung sucht der Körper das verlorene Kali möglichst rasch wieder zurückzubekommen, wie Salzkowsky nachgewiesen hat. Gewebszerfall und Gewebsneubildung sind also eng mit dem Kalistoffwechsel verknüpft und man wird auch hier Analogien mit den Vorgängen in der pflanzlichen und tierischen Zelle als bestehend anerkennen müssen. Auf diesen Beobachtungen fußend, hat der praktische Arzt Dr. Greiter eine Nährsalzkur ausgearbeitet, die hauptsächlich in der Verabreichung von Kalisalz und Kieselsäure besteht. Der leitende Gedanke ist dabei, große Kalimengen in den Organismus einzuführen und dadurch eine gewisse Reinigung und Erneuerung der Körpersäfte zu bewirken, wobei namentlich die Kristallsubstanz, unter welcher Bezeichnung Greiter hauptsächlich Harnsäure und Phosphorsäure, die er als Abfall- und Ausscheidungsprodukte anspricht, versteht, eliminiert werden soll.

Auch der bekannte Kliniker Albu hat in neuerer Zeit hervorgehoben, daß die Nährsalze für die Funktion des menschlichen Organismus unentbehrlich sind. Er ist der Ansicht, daß ein großer Teil der Lebensvorgänge sich als Wechselwirkung zwischen den kolloidalen und den salzigen Teilen der Zellen abspielt. Wenn zwar Albu von Nährsalzen auch ganz allgemein spricht, so muß man doch wegen des hohen Gehaltes gewisser Teile der Zelle an Kalium demselben einen bevorzugten Platz hiebei einräumen.

Die Lebendes Krieges haben die Unvollständigkeit unserer lediglich auf dem Kalorienwert aufgebauten Ernährungswissenschaft bewiesen. Bei Umbau derselben wird man, gewitzigt durch schlechte Erfahrungen, an dem Mineralsalzstoffwechsel im allgemeinen und speziellen nicht vorbeigehen können.

Bis zum Jahre 1828 hatte sich der Forschergeist der Naturwissenschaftler selbst eine Schranke gebaut, die schon mehr einer Barrikade gleich, durch Aufstellung des Satzes, daß zwischen den anorganischen und organischen Verbindungen eine unüberbrückbare Kluft klasse und zu der Bildung der letzteren eine Lebenskraft, die Vis vitalis nötig wäre, ihr synthetischer Aufbau aus den Elementen unmöglich sei. Wöhler hat diese Barrikade gesprengt, als er den Harnstoff durch einfache Umlagerung des cyansauren Ammons darstellte. Aber nur zögernd ging der Zug der Forscher auf das damit erschlossene Neuland der Agrikulturchemie vor sich. Zunächst hatte die organische Chemie noch zuviel mit dem eigenen inneren Ausbau zu tun, um befriedend auf die von ihr abweigenden Wissenschaften wirken zu können. Liebig stellte den Kontakt her, der leider aber bald wieder verloren ging, und in der Hauptsache widmeten sich seine Schüler und Nachfolger dem Ausbau und der praktischen Anwendung seiner Mineralstofftheorie. Erst durch die Forschungen in der neueren Zeit sind die Beziehungen wieder aufgenommen worden als die modernen Organiker die Chemie der Zuckerarten, der Harnsäure und schließlich auch des Eiweiß und anderer wichtiger Bestandteile von Pflanze und Tier ermittelten oder zu ermitteln suchten.

Die Agrikulturchemie ist eine angewandte Wissenschaft, die in ihrer Entwicklung stets abhängig ist von der Mutterwissenschaft, der Chemie, die ihr das Rüstzeug zu ihren Arbeiten zu liefern hat. Noch ist es uns Agrikulturchemikern unmöglich, eine große Anzahl von Problemen, die dringend aus allgemein wissenschaftlichen, naturphilosophischen und weltwirtschaftlichen Gründen ihrer Lösung entgegengeführt werden müßten, richtig in Angriff zu nehmen, weil wir bei diesen Versuchen noch zu oft erkennen müssen, daß wir das Schicksal Fausts teilen und seine Worte: „Mit Rad und Kämmen, Walz und Bügel — ich stand am Tor, Ihr solltet Schlüssel sein — zwar Euer Bart ist kraus — doch hebt Ihr nicht die Riegel“ auch heute noch ihren Sinn und ihre Geltung nicht verloren haben. Wichtiger vielleicht als ein weiterer Ausbau der organischen Chemie, die sicher ja für uns auch ein nicht zu unterschätzendes Hilfsmittel ist, wäre, wie Sie bereits aus meinen Aus-

führungen entnahmen konnten, die Ausgestaltung zweier alter und des jüngsten Zweiges der Chemie, nämlich der Kolloidchemie, der katalytischen Chemie und der Radiochemie. Bereits vor beinahe 70 Jahren hat der Physiologe Ludwig den Satz ausgesprochen, daß es leicht dahin kommen könnte, daß die physiologische Chemie ein Teil der katalytischen werden dürfte und seither sind wir gerade in diesem Teile der Chemie verhältnismäßig sehr wenig weitergekommen. Erst wenn die, die drei genannten Wissenschaften bearbeitenden Forcher daran gehen können, ihre seitherige mehr qualitativ beschreibende durch die quantitative Arbeitsmethode zu ersetzen, kann auf die Morgenröte und Morgendämmerung auch in der Agrikulturchemie der lichte Tag folgen.

Lavoisier hat mit der Wage das Prinzip der Erhaltung der Materie aufgestellt und bewiesen. Quantitative Betrachtungen waren es, die den jahrhundertelangen Irrtum der Humustheorie überwunden haben und die Hoffnung ist nicht unbegründet, daß das quantitative Zeitalter der Radiochemie, Kolloidchemie und katalytischen Chemie uns helfen wird, dereinst den Schlagbaum zu heben, den kein Geringerer als Emil du Bois Reymond vor den Rätseln des Lebens aufgerichtet hat als er sagte; „Wir wissen es nicht und wir werden es nie erfahren“; die Zeit bis dahin wird man allerdings nicht nach Lusten oder Dezenien, vielleicht auch nicht nach Jahrhunderten, hoffentlich jedoch nicht nach Ewigkeiten bemessen müssen.

[A. 247.]

Neue Farbstoffe und Musterkarten.

Von Prof. Dr. P. KRAIS¹⁾.

(Mittelung aus dem Forschungsinstitut für Textilindustrie und der Werkstelle für Farbkunde in Dresden.)

(Eingeg. 12.11. 1921.)

Zu den nachstehend angeführten Farbtönenmessungen, die Herr Geheimrat Prof. Dr. v. Lagorio in der Werkstelle für Farbkunde ausgeführt hat, bemerkt die Werkstelle folgendes:

Die von W. Ostwald aufgestellten Normstufen für die Mischung von Weiß und Schwarz entsprechen theoretisch ganz bestimmten mathematisch fixierten Punkten der Grauskala, in praxi kann aber eine solche Genauigkeit nicht erreicht werden; es kann sich stets nur um eine ganze Anzahl nahe beieinander liegender Punkte handeln, also um Gebiete, die gewisser Toleranzgrenzen für die Meßzahlen benötigen. Diese Grenzen können eng sein, werden später aber erweitert werden müssen, damit man auf möglichst wenig Normenstufen kommt. Unter Umständen können Farben, die abweichende Meßzahlen aufweisen, aber zu derselben Stufe gehören, also die gleiche Buchstabenbezeichnung haben, auf das Auge einen abweichenden Eindruck hervorbringen, deshalb ist es geboten, stets nach Möglichkeit die Meßzahlen als genaue Charakteristik außer den Buchstaben anzuführen.

In Beziehung auf die Buchstabenbezeichnung, d. h. die Zuzählung einer Farbe zu einem Gebiet mit bestimmtem Weiß- und Schwarzgehalt ist zu bemerken, daß die Gebiete, die durch die Buchstaben a c e g i l n p bezeichnet sind, als Hauptnormen zu gelten haben, während die Gebiete b d f h k usw., welche zwischen diesen Normen liegen, auszuschalten sind. Fällt nun eine Farbe nach den erhaltenen Meßzahlen für Weiß und Schwarz in ein solches Zwischengebiet, so muß sie einem der benachbarten Hauptnormengebiete zugezählt werden. Man stellt die Mittelzahl des Zwischengebietes (s. Ostwald, Physikal. Farbenlehre S. 252), in welches die gefundenen Meßzahlen der Farbe fallen, fest. Der Vergleich dieser Zahl mit den gefundenen Meßzahlen ergibt dann ohne weiteres die Zugehörigkeit zu dem einen oder anderen der beiden benachbarten Hauptnormengebiete. Beispiel, durch Messen gefunden: 0,050 Weiß und 0,576 Schwarz; die Bezeichnung wäre, wenn man auch die Zwischenstufen berücksichtigt, o. c. Wir wollen uns aber nur der Hauptnormenstufen bedienen und die Zwischenstufe o ausschalten. Der mittlere Wert von o ist für Weiß 0,045, gemessen 0,050, d. h. er liegt über dem Mittelwert 0,045 näher zu n (0,056), wir ersetzen also o durch n, läge er unter 0,045, beispielsweise er wäre gleich 0,040, so würden wir p statt o setzen. Der S-Gehalt (0,576) fällt ins Hauptnormengebiet (Grenzwerte für S = 50 — 63, Ostwald, Physik. Farbenlehre, S. 229).

Auf diesem Wege kann allmählich durch Ausschaltung der Zwischenstufen aus dem praktischen Gebrauch der Übergang zum ausschließlichen Gebrauch der Hauptnormen verwirklicht werden.

Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation.

Schwefelbrillantschwarz G ist ein neues Schwefelschwarz von besonders schönem Farnton, der Farbstoff zeigt keinerlei Neigung zum Bronzieren, ist daher besonders für baumwollene Stückware und mercerisierte Baumwolle zu empfehlen.

Paranil schwarz 2B ist ein Entwicklungsfarbstoff von guten Echtheitseigenschaften, der sich mit Rongalit C rein weiß ätzen läßt.

Chromechtschwarz- und Chromatschwarzmarken, 9 Färbungen.

Chromechtfarbstoffe auf Cheviotgarn, eine Musterkarte mit

252 Färbungen, meist in Schattenreihen zu je 3 Tönen.

Ursolbraun SO, ein neuer einheitlicher Pelzfarbstoff, der braune bis olivbraune Töne von guter Licht- und Lagerechttheit liefert.

¹⁾ Vgl. Zeitschr. f. angew. Chem. 34, S. 382 [1921].

Badische Anilin- und Sodaefabrik.

Indanthrengoldorange SR Teig ist ein neuer Küpenfarbstoff für Baumwolle. Die Färbungen auf Baumwollgarn ergeben folgende Meßzahlen:

	Farben	Weiß	Schwarz	Norm
2½%ige Färbung	16	0,300	0,200	o a
10	19	0,100	0,260	1 a
30	20—21	0,080	0,450	p c

Indanthrenfarben für Bleichartikel, zwei Musterkarten mit bunigewebten Blusenstoffen, an denen die Unveränderlichkeit der Indanthrenfarben vor und nach 25 maliger Haushaltswäsche gezeigt wird. Anhaltspunkte für das Büchen von Indanthrenfärbungen unter Zusatz von Ludigol. Ein Prospekt mit Vorschriften. Anilin-, Alizarin-, Ergonon- und Indanthrenfarbstoffe auf Baumwollstoff gedruckt, 104 Muster mit genauen Vorschriften. Kurzer Überblick über die Herstellung der wichtigeren Lederarten sowie über die Verwendung der Teerfarbstoffe zum Färben von Leder; ein 92 Seiten starker Führer mit sorgfältig ausgearbeitetem, alphabetischen Register.

Leopold Cassella & Co.

Diaminechtgelb 4G und R, zwei neue, gut lichtechte (IV—V) direktziehende Baumwollfarbstoffe, sehr leicht färbbar, auch für Kunstseide, Halbwolle und Halbseide geeignet. Die Farbtöne auf Satin sind:

	Farben	Weiß	Schwarz	Norm	
1%	4G	04	0,070	0,100	n a
2%	" 4G	06 ²⁾	0,035	0,150	p a
0,75%	" R	06 ²⁾	0,036	0,180	p a
1,5%	" R	09	0,030	0,200	p a

Diaminechtblau F3G und F3B, zwei neue Direktblaues, Echtheit und Eignung wie die vorstehenden. Die Farbtöne auf Satin sind:

	Farben	Weiß	Schwarz	Norm	
1%	F3G	56	0,060	0,700	n e
3%	" F3G	54	0,021	0,800	r g
1%	" F3B	53	0,045	0,800	p e
3%	" F3B	52	0,019	0,940	r l

Diaminechtbraun 3G und GBB, ebenfalls Direktfarbstoffe, die gut egalisieren. Die Farbtöne auf Satin sind:

	Farben	Weiß	Schwarz	Norm	
1%	3G	14	0,050	0,700	o e
3%	" 3G	15	0,122	0,840	r i
1%	" GBB	18	0,04	0,750	p g
3%	" GBB	18	0,020	0,880	r i

Diaminechtrubin FB und Diaminechtrotviolet FR bilden eine wertvolle Ergänzung der Diaminechtfarbenreihe. Die Farbtöne auf Satin sind:

	Farben	Weiß	Schwarz	Norm	
1,5%	FB	33	0,035	0,560	p e
3%	" FB	32	0,021	0,672	r e
1,5%	FR	37	0,050	0,576	o c
3%	" FR	36	0,019	0,749	r e

Diaminogenblau GG und NBB sind Entwicklungsfarbstoffe, die diazotiert und mit Naphthol entwickelt lebhaft grünlicheblaue Färbungen von guten Echtheitseigenschaften geben. Die Farbtöne auf Satin sind:

	Farben	Weiß	Schwarz	Norm	
3%	GG	56	0,019	0,930	r i
3%	" NBB	53	0,017	0,950	r l

Die Färbungen lassen sich mit Hyraldit sehr leicht ätzen. Hydronrosa FF in Teig und FB in Teig sind zwei neue Küpenfarbstoffe, die sehr echte und hervorragende klare und lebhafte Rosatöne geben und auch gegen Chlorsoda, Chlorkalk- und Superoxydbehandlung widerstandsfähig sind. Die Farbtöne auf Satin sind:

	Farben	Weiß	Schwarz	Norm	
1,5%	Hydronrosa FF in Teig	31	0,150	0,260	i a
5%	" FF	29	0,035	0,346	p c
1,5%	" FB	32	0,200	0,276	g a
5%	" FB	31	0,035	0,432	p c

Alphanolechtgrau B und Alphanolgelbbraun G sind zwei neue saure Wollfarbstoffe, die sich auch nachchromieren oder auf Chromsud färben lassen und deren Färbungen gute Echtheitseigenschaften besitzen. Diese werden in mehreren Musterfärbungen vorgeführt.

Färbungen auf Wollstoff mit Kunstseideneffekten, 108 Muster, teils ein- teils zweifarbig ausgeführt.

Gangbare Färbungen für wasserdichte Mantelstoffe, 30 mit Immidal- und Hydronfarbstoffen hergestellte Muster.

Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co.

Basische Farbstoffe auf geätzter Tanninbeize gefärbt, 52 Muster des gleichen Stils, mit lauter verschiedenen Farbstoffen hergestellt.

Katanol ist ein neues Ersatzmittel für Tannin, dessen Anwendung in 6 Mustern gezeigt wird.

Eulan F, das neue Mottenschutzmittel der Firma, wird mittels eines illustrierten Prospekts nach Anwendung, Wirkung und Verwendungsgebieten beschrieben.

²⁾ Hier ist bemerkenswert, daß man mit 0,75% der R-Marke nahezu genau denselben Ton erhält, wie mit 2% der 2G-Marke, der erstere enthält nur eine Kleinigkeit mehr Schwarz.