

Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1917

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log323

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 25.

22. Juni 1917.

Fünfter Jahrgang.

INHALT:

Ueber die Herstellung reiner Metalle. Von *Geh. Rat Prof. Dr. F. Mylius, Berlin-Charlottenburg*. S. 409.

C. Lindes Lebenswerk. Von *Prof. Dr. Max Jakob, Berlin-Charlottenburg*. S. 417.

Besprechungen:

Foerster, Karl, Vom Blütengarten der Zukunft. Von *E. Küster, Bonn*. S. 423.

Stoklasa, J., Das Brot der Zukunft. Von *E. Küster, Bonn*. S. 423.

Pilger, R., Die Meeresalgen. Von *E. G. Pringsheim, Halle*. S. 424.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Niederschlag, Abfluß und Wasseraufnahme des Bodens. Vorführung einiger neuer Instrumente zur Wind- und Höhenmessung. Ueber die Ausbreitung des Schalles in der Atmosphäre. S. 424.

Deutsche ornithologische Gesellschaft. S. 425.

Botanische Mitteilungen:

Ueber den anatomischen Bau der Wurzelhaube einiger Glumifloren. Untersuchungen über Variabilität, Sexualität und Erblichkeit bei *Phycomyces nitens*. Zur Frage der Bestäubung von Blüten durch Schnecken. S. 426—428.

Berichtigung. S. 428.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Kryptogamenflora für Anfänger

Eine Einführung in das Studium der blütenlosen Gewächse für Studierende u. Liebhaber

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gustav Lindau

Privatdozent der Botanik an der Universität zu Berlin, Kustos am Kgl. Botan. Museum zu Dahlem.

Soeben erschien:

Vierter Band, Teil III:

Die Meeresalgen

Von

Prof. Dr. Robert Pilger

Dritte Abteilung: Mit 183 Figuren. -- Preis M. 5.50

(Siehe Besprechung in dieser Nummer.)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

11

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wollen nun an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 24.— für den Jahrgang, M. 6.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 60 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse G.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Soeben ist erschienen und durch mich zu beziehen
Merck's Reagenzien-Verzeichnis
enthaltend die gebräuchlichen Reagenzien und Reaktionen
geordnet nach Autorennamen

Zum Gebrauch für chemische, pharmazeutische, physiologische und
bakteriologische Laboratorien sowie für klinisch-diagnostische Zwecke

Vierte Auflage

Abgeschlossen im Juli 1916

In Leinwand gebunden Preis M. 8.—

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Gesucht Handwörterbuch
der Naturwissenschaften, gebunden
Mathematisches Seminar der
Universität Bonn. (124)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Theorie und Konstruktion der Kolben- und Turbo-Kompressoren. Von
Dipl.-Ing. P. Ostertag, Professor am Kantonalen Technikum Winterthur. Mit 266 Textfiguren.
In Leinwand geb. Preis M. 11,—

Berechnung der Kältemaschinen auf Grund der Entropie-Diagramme. Von Dipl.-Ing. Prof.
P. Ostertag, Winterthur. Mit 30 Textfiguren und 4 Tafeln. Preis M. 4,—

Thermodynamische Grundlagen der Kolben- und Turbokompressoren.
Graphische Darstellungen für die Berechnung und Untersuchung von Adolf Hinz, Ober-
ingenieur der Frankfurter Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vormals Pokorny & Wittekind in
Frankfurt a. M. Mit 12 Zahlentafeln, 54 Figuren und 38 graphischen Berechnungstafeln.
In Leinwand gebunden Preis M. 12,—

Technische Thermodynamik. Von Prof. Dipl.-Ing. W. Schüle.
Erster Band: Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst tech-
nischen Anwendungen. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 244 Textfiguren und 7 Tafeln.
In Leinwand gebunden Preis M. 15,—
Zweiter Band: Höhere Thermodynamik mit Einschluß der chemischen Zustandsänderun-
gen, nebst ausgewählten Abschnitten aus dem Gesamtgebiet der technischen Anwendungen.
Zweite, erweiterte Auflage. Mit 155 Textfiguren und 3 Tafeln.
In Leinwand gebunden Preis M. 10,—

Verdampfen, Kondensieren und Kühlen. Erklärungen, Formeln und Tabellen für den
praktischen Gebrauch. Von Kgl. Baurat E. Hausbrand. Sechste, vermehrte Auflage —
In Vorbereitung.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

22. Juni 1917.

Heft 25.

Über die Herstellung reiner Metalle.

Von Geheimrat Prof. Dr. F. Mylius, Berlin-Charlottenburg.

Die Unterscheidung und Beschreibung der chemischen Elemente bildet die wichtigste Grundlage für unsere weit verzweigte Technik. Ihr Fortschritt geht sichtbar Hand in Hand mit der Entwicklung der Naturforschung, welche noch in unseren Tagen mit der Auffindung neuer Grundstoffe beschäftigt ist. Im Altertum kannte man neben Kohle und Schwefel bereits die 7 wichtigen Metalle Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer, Zinn, Blei und Eisen. Lavoisier unterschied 23, Berzelius über 50 Elemente.

Die internationale Atomgewichtstabelle 1916/17 umfaßt 83 Elemente, von welchen etwa 20 zu den Nichtmetallen zu zählen sind; die übrigen, also etwa drei Viertel aller Elemente, haben metallische Eigenschaften. Aber nicht alle Grundstoffe sind als solche einer allgemeinen Benutzung zugänglich¹⁾.

Viele sind mehr in ihren Verbindungen von praktischer Bedeutung, und manche sind auf der Erde so spärlich vorhanden, daß sie zur technischen Anwendung noch nicht in Betracht gezogen werden konnten.

Die verschiedenen Eigenschaften der chemischen Elemente hängen größtenteils von ihren allotropischen Zuständen ab, welche bekanntlich mannigfach wechseln können. Diese sind in neuerer Zeit häufig der Gegenstand eingehender Versuche gewesen, ohne daß eine allseitige Aufklärung in dieser grundlegenden Frage bis jetzt erreicht worden ist. Für die künftigen Untersuchungen bildet ein einwandfreies Ausgangsmaterial die nötige Vorbedingung. Schon wegen dieses wissenschaftlichen Zweckes ist die möglichst vollständige Reinigung der Grundstoffe von der größten Wichtigkeit. Ihre Bedeutung wird aber noch wesentlich erhöht vom Standpunkt der Anwendung in der messenden Physik und Chemie sowie in allen Zweigen der Technik. Hier bilden die Metalle eine geschlossene Gruppe, und im be-

sonderen die *Schwermetalle*, welche wir von alters her kennen. Ihr massenhafter Gebrauch seit vielen Jahrhunderten läßt den Wunsch nach einer immer gründlicheren Kenntnis ihrer Eigenschaften natürlich erscheinen. Die junge Wissenschaft der *Metallographie* hat diesem Bedürfnis schon mit wachsendem Erfolge Rechnung getragen, indem sie die große Bedeutung der „Struktur“ der Metalle für ihre Eigenschaften richtig erkannte.

Es sind aber zunächst weniger die reinen Elemente als deren metallische *Legierungen*, welche bisher in ihren Strukturverhältnissen eine weitgehende Aufklärung gefunden haben; die genaue Kenntnis der elementaren Metalle blieb noch zurück wegen der Schwierigkeit ihrer Beschaffung in reinem Zustande.

Eine kurze Übersicht über den jetzigen Stand der Frage nach der Herstellung reiner Metalle bildet den Inhalt dieser Mitteilung. Man mußte sich hier auf die wichtigsten Schwermetalle beschränken, weil bei diesen die Bedingungen der Reingewinnung am erfolgreichsten studiert worden sind. Aber selbst unter diesen gibt es einige, die allen Versuchen zu rationeller Reinigung bisher hartnäckig widerstanden haben, und deren Eigenschaften demnach nur erst mangelhaft bekannt sind; ganz besonders gehören dahin die hochschmelzenden Metalle, welche man ohne erneute Verunreinigung kaum zusammenschmelzen kann. Im Laufe der Zeit wird man die vorhandenen Schwierigkeiten auch hier überwinden.

Reinigungsstufen.

Der Begriff „rein“ verträgt sinngemäß keine Steigerung, und die Bezeichnung sorgfältig gereinigter Präparate als „purissimum“ ist zu beanstanden; nur zu häufig findet man auch in diesen Objekten erhebliche Verunreinigungen.

Dagegen lassen sich die Präparate verschiedener Herstellung nach dem Grade ihrer „Unreinheit“ miteinander vergleichen, indem man diese zahlenmäßig zum Ausdruck bringt. Die Vielseitigkeit der Verunreinigungen steht dem aber oft hindernd entgegen. Diese Schwierigkeit fällt fort, indem man die Summe aller Fremdstoffe als „Massenverunreinigung“ gewichtsprozentisch verzeichnet und das Verhältnis zur Gesamtmasse nach Zehnerpotenzen ordnet. Man erhält dann die folgenden „Reinigungsstufen“, welche zur Beurteilung beliebiger anorganischer wie organischer Präparate Anwendung finden können und sich dem Gedächtnis leicht einprägen:

¹⁾ In einer uns vorliegenden handlichen Schausammlung von C. A. F. Kahlbaum (Adlershof bei Berlin) sind die wichtigsten 55 Elemente in ihren charakteristischen Zuständen, zum Teil in mehreren allotropischen Modifikationen, vertreten. 41 davon sind als Metalle (im physikalischen Sinne) zu bezeichnen. 28 Elemente konnten dagegen wegen ihrer Seltenheit und Kostbarkeit in die Sammlung nicht aufgenommen werden; dahin gehören auch die radioaktiven Stoffe, über deren elementare Natur noch immer gestritten wird.

Reinigungs- stufen	Massenbetrag der Fremdstoffe			Verhältnis der maximalen Ver- unreinigungen zum Metall
Erste Stufe	1	bis 10	$\frac{0}{10}$	1:10
Zweite "	0,1	-	1	1:10 ²
Dritte "	0,01	-	0,1	1:10 ³
Vierte "	0,001	-	0,01	1:10 ⁴
Fünfte "	0,0001	-	0,001	1:10 ⁵
Sechste "	0,00001	-	0,0001	1:10 ⁶

und so fort.

Als Beispiel einer Substanz, welche sich in den verschiedensten Reinigungsstufen in der Natur findet, möge das *Wasser* genannt sein. Es erscheint in der ersten Stufe als Salzwasser im Ozean, in der zweiten als Ostsee-, in der dritten als Quell- oder Brunnenwasser, während das Regenwasser zur vierten Reinigungsstufe gehört. Durch Destillation läßt es sich noch weiter reinigen, und nach Beseitigung der gelösten Gase erhält man „Leitfähigkeitswasser“, für welches wohl die sechste Stufe erreicht worden ist.

Indem man reinem Wasser einheitliche Fremdstoffe hinzufügt, läßt sich feststellen, daß die Eigenschaften um so auffälliger verändert werden, je mehr die chemische Natur des Fremdstoffs von derjenigen des Wassers abweicht. So wird (in der vierten Reinigungsstufe) z. B. durch einen Zusatz von 0,01 % Wasserstoffsuperoxyd, Alkohol, Ammoniak oder dergleichen einfachere Stoffe kaum eine merkliche Veränderung hervorgerufen. Dagegen wirkt die gleiche Menge Farbstoffe, Riechstoffe, Bitterstoffe, Gifte oder Bakterien in derselben Verdünnung stark auf unsere Empfindungen ein; ebenso bringt die Anwesenheit kolloider Metalle die auffälligsten Veränderungen hervor. Ähnlich den eigentlichen Farbstoffen, welche (wie etwa das Jodeosin) das Wasser noch in der siebenten Verdünnungsstufe deutlich zu färben vermögen, wirkt z. B. das frisch reduzierte kolloide *Gold*; dasselbe erteilt dem Wasser noch in einer Verdünnung 1 : 1 Million (VI. Stufe) eine deutlich rot- oder blauviolette Färbung.

Bei hundertmal größerer Konzentration (1 Zentigramm Gold in 100 g) erscheint andererseits das frisch gefällte Gold als braune undurchsichtige Suspension mikroskopischer Kristalle. (Hier liegt in bezug auf das Wasser dieselbe Reinigungsstufe [IV] vor wie im durchsichtigen Regenwasser, welches ausschließlich lösliche und farblose Fremdstoffe enthält.)

In der Metallographie wird weniger auf die Massen als auf die *Raumgrößen* Rücksicht genommen. Vergleicht man mit dem unreinen Wasser die unreinen *Metalle* gleicher Reinigungsstufe nach räumlichen Verhältnissen, so ergibt sich bei diesen die Konzentration der Fremdstoffe in der Volumeneinheit (gemäß den höheren spezifischen Gewichten) erheblich höher als bei jenen. Der IV. Reinigungsstufe würde z. B. entsprechen:

in 100 cm ³ Wasser	0,01 g Fremdstoffe
„ „ „ Aluminium	0,05 „ „
„ „ „ Silber	0,095 „ „
„ „ „ Quecksilber	0,136 „ „
„ „ „ Platin	0,21 „ „

Auch bei den Eigenschaften der Metalle spielt die *Natur* der Fremdstoffe eine große Rolle, insofern *ähnliche* Stoffe meist geringe, *unähnliche* (nichtmetallische) Fremdstoffe aber bedeutende Veränderungen hervorrufen. Diese werden bei den Metallen aber gewöhnlich nicht direkt durch unsere Sinne (dann meist mikroskopisch), sondern meist erst durch Vermittlung physikalischer Versuche erkennbar.

Auffälliger noch als die physikalischen Konstanten werden häufig die *chemischen* Eigenschaften der Metalle durch kleine Massen von Fremdstoffen geändert, selbst wenn diese nur an der Oberfläche haften. Hierher gehört die *Beschleunigung* der Reaktionsgeschwindigkeit auf elektromotorischem Wege (z. B. die Auflösung von Zink unter dem Einfluß von Eisen oder Platin), die katalytische Kontaktwirkung einiger Metalle (z. B. Nickel oder Palladium) bei der Reduktion durch Wasserstoff, das Rosten des Eisens sowie die Aktivierung des Rhodiums durch Spuren von Schwefel, die Rolle des Platins, des Kupfers, des Osmiums als Sauerstoffüberträger usw.

Eine *Verzögerung* der Reaktion wird andererseits durch Sauerstoff bei leicht oxydierbaren Metallen bemerkt, welche sich an der Oberfläche mit einer dünnen Schutzschicht von Oxyd bedecken. Kurz, unser Thema steht in der engsten Beziehung zu den großen Gebieten der Polarisation und der Katalyse, welche hier aber nicht weiter berührt werden sollen.

Hilfsmittel zur Reinigung der Metalle.

Elektrolyse.

Während bei der Erzeugung der unreinen Handelsmetalle vorzugsweise „metallurgische Prozesse“ benutzt werden, sind diese für eine möglichst vollständige Reinigung meist nicht genügend. Immerhin führen Schmelzoperationen, Röstprozesse, Destillation, Kristallisation usw. in einzelnen Fällen (z. B. bei Quecksilber und Zink) zu weitgehender Beseitigung der Fremdstoffe; bei den meisten Metallen ist man aber auf die Anwendung des „*nassen Weges*“ angewiesen. Hier wird häufig die *Elektrolyse* als das wertvollste Hilfsmittel bei der Reinigung betrachtet. Ihre Wirksamkeit in dieser Richtung darf man aber nicht überschätzen. Es verdient festgestellt zu werden, daß man mit Hilfe der Elektrolyse allein (ohne Mitwirkung chemischer Trennungen) nicht imstande ist, aus mannigfach verunreinigten festen Metallen oder deren Lösungen das Hauptelement im Zustande der Reinheit zu isolieren, weder bei Benutzung löslicher noch unlöslicher Anoden. (Am leichtesten sind die Fehlerquellen vielleicht bei der Elektrolyse des Quecksilbers zu vermeiden.)

Die elektrolytischen Metalle aus der Technik sind demnach stets verunreinigt, und die fremden Elemente lassen sich durch chemische Analyse leicht nachweisen und bestimmen. Dies würde nicht möglich sein, wenn nicht der *chemische Weg* als Trennungsmittel sicherer wäre als der elektrolytische, welcher meist nur die Erreichung begrenzter Reinigungsstufen erlaubt. Als statistisches Material in dieser Frage haben wir z. B. die folgenden Präparate kennen gelernt:

Elektrolytisches Metall	enthält
Gold	Platin, Silber, Kupfer
Silber	Gold, Kupfer
Kupfer	Blei, Nickel, Eisen
Wismut	Platin, Silber, Kupfer, Zinn, Zink
Zinn	Kupfer, Blei, Eisen
Zink	Blei, Cadmium, Eisen
Eisen	Nickel, Kohlenstoff, Wasserstoff
Nickel	Platin, Kobalt, Kupfer, Eisen, Zink

Besonders bemerkenswert ist es, daß sowohl die Platin-Anoden als -Kathoden häufig verunreinigend auf die elektrolytischen Metalle einwirken.

Hampe mußte bei dem analytischen Gange zur Untersuchung des Handelskupfers die anfangs gewählte elektrolytische Beseitigung des Hauptelementes durch eine rein chemische Trennung ersetzen, da er fand, daß bei der elektrolytischen Fällung des Kupfers Antimon und Arsen mit niedergeschlagen werden; das häufig an der Kathode unerwartet mit gefällte Eisen wirkt bei manchen Metallen sehr störend.

Daß die elektrolytisch gefällten Metalle häufig auch nichtmetallische Fremdstoffe mit einschließen wie Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff usw., ist allgemein bekannt; als klassisches Beispiel dafür kann das *explosive Antimon* gelten, dessen Unbeständigkeit auf einem Gehalt an Chlor beruht.

Die Aufzählung dieser verschiedenen Fehlerquellen schließt nicht aus, daß die Elektrolyse mit Recht als ein unentbehrliches Hilfsmittel bei der Trennung der Metalle geschätzt wird, welches in vielen Spezialfällen auch eine weitgehende Reinigung der Metallniederschläge ergibt; besonders ist dies der Fall, wenn die elektrolytische Übertragung von Anode zu Kathode vorsichtig wiederholt wird.

Chemische Reinigung.

Analytische und präparative Trennungen.

Die Beobachtung der physikalischen oder chemischen Eigenschaften der Metalle gibt manchmal Andeutungen für die Gegenwart von Fremdstoffen. Der *direkte Nachweis* derselben geschieht jedoch immer nur durch die *chemische Analyse*, welche mit zunehmender Reinigungsstufe schwieriger wird. Schon die quantitative Bestimmung einzelner Fremdstoffe in der Größenordnung von 0,01 % ist nicht immer

leicht; die Feststellung der vierten Stufe mit einer Gesamtverunreinigung von 0,001 bis 0,01 Prozent erfordert die größte Sorgfalt, besonders, wenn auch einige nichtmetallische Stoffe daran beteiligt sind. Die höheren Reinigungsstufen können meist nur auf Grund qualitativer Reaktionen durch Schätzung erkannt werden, wobei subjektive Fehler kaum zu vermeiden sind. Und zwar gehen dieselben normalerweise dahin, die Massenverunreinigung zu *niedrig* einzuschätzen.

Demgemäß ist, dieser unvollkommenen Kontrolle entsprechend, auch die *präparative* Reinigung der Metalle weit schwieriger als diejenige des Wassers, an welches man höhere Ansprüche stellt.

Die gewöhnliche Art der Metallanalyse, bei welcher die Fremdstoffe aus der Lösung *direkt* durch Reagentien ausgefällt werden, ist nur bei größerer Verunreinigung anwendbar; bei *sehr geringer* Verunreinigung würden die Niederschläge infolge ihrer nie fehlenden „Löslichkeit“ ausbleiben. Hier kommt es, im Gegensatz zur Fällung, zunächst auf eine *Extraktion*, und dann weiter auf die Konzentrierung der Fremdstoffe an. Dieser Zweck läßt sich bisweilen durch *Ausschütteln* der wässrigen Lösungen mit Äther, Amylalkohol oder anderen schwer löslichen Flüssigkeiten erreichen (z. B. für Gold, Eisen oder Kobalt); manchmal ist auch die Trennung der Fremdstoffe durch Destillation anwendbar (z. B. Arsen). In den meisten Fällen aber muß aus den Lösungen eines fast reinen Metalls zunächst das Hauptelement in der Form eines reinen kristallisierten Salzes primär zur Abscheidung gebracht werden, so daß alle Fremdstoffe in die Mutterlauge übergehen. Aus dieser lassen sich nach der Konzentrierung noch weitere Fraktionen des Hauptmetalls gewinnen. *Sekundär* kann man dann aus der auf ein kleines Volumen gebrachten „letzten Mutterlauge“ die stark angereicherten Fremdstoffe durch Fällungsmethoden oder auf kolorimetrischem Wege usw. bestimmen.

Die kristallisierte Salzform des Hauptelementes, welche bei dieser Art der Analyse anwendbar ist, muß unter vielen möglichen Verbindungen in der sorgfältigsten Weise ausgewählt werden, da sie die Eigenschaft haben soll, sich frei von jeder Verunreinigung auszuschcheiden¹⁾. Derartige Vorzugsverbindungen können bei gutem Kristallisationsvermögen sehr verschiedener Art, und dabei leicht oder schwer löslich sein; besonders günstig ist es, wenn das „Waschmittel“ wenig davon auflöst. Die bei dieser analytischen Trennung bewährten Metallverbindungen sind dann gewöhnlich auch diejenigen Kristallgattungen, welche sich als Hilfsmittel für die *präparative* Reinigung des Hauptmetalls am

¹⁾ Nach den Erfahrungen von Th. Richards ist dies nicht in aller Strenge durchführbar, da alle aus einer Lösung ausgeschiedenen Kristalle Mutterlauge usw. einschließen; zur weiteren Reinigung darf also das „Umkristallisieren“ nicht unterlassen werden.

besten eignen¹⁾. In der nachstehenden Tabelle sind solche bewährten Salze zusammengestellt; zahlreich sind hier die Nitrats vertreten, welche besonders günstige Objekte für die weitere Verarbeitung darstellen.

Platin	$\text{Na}_2\text{PtCl}_6 + 6 \text{H}_2\text{O}$
Silber	AgCl
Kupfer	$\text{Cu}_2(\text{CNS})_2 - \text{Cu}_2\text{J}_2$
Wismut	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$
Antimon	$\text{SbCl}_3 - \text{HSbCl}_6 + \text{aq.}$
Zinn	$(\text{Nd}_4)_2\text{SnCl}_6$
Blei	PbSO_4
Cadmium	$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$
Zink	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
Nickel	$\text{NiCl}_2 + 6 \text{NH}_3 - \text{NiBr}_2$
Eisen	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 6 \text{H}_2\text{O}$

Diese Beispiele können bei den übrigen Metallen beliebig fortgesetzt werden.

Bei der Reinigung von Quecksilber und Gold bedarf es solcher definierten Zwischenprodukte gewöhnlich nicht, weil die Metalle selbst oder deren Lösungen die Extraktion der Fremdstoffe erlauben.

Überführung der Metalle in den kompakten Zustand.

Die Vorgänge, durch welche die gereinigten Salze in die metallischen Elemente übergeführt werden, richten sich ganz nach ihrem chemischen Charakter. Als Zwischenprodukte können häufig Oxyde benutzt werden, welche sich am leichtesten aus Nitraten gewinnen lassen. Die am meisten benutzten Reduktionsmittel sind schweflige Säure (Gold), Hydrazin, Milchsüßer (Platin, Silber), Cyankalium (Wismut, Antimon), Kohle usw. (Blei, Zink) und vor allem Wasserstoff bei höherer Temperatur, (Edelmetalle, Kupfer, Nickel, Eisen usw.).

Die meisten der Schwermetalle erhält man bei den Reduktionsprozessen sogleich im geschmolzenen Zustande und kann sie in Formen gießen; geschieht dies bei Zutritt von Luft, so sind die Reguli niemals ganz frei von Sauerstoff; man kann die Oxydhäute vermeiden, indem man die Metalle nahe dem Schmelzpunkt in evakuierte Glasröhren aufsaugt.

Um die regulinischen Metallmassen in chemische Individuen überzuführen, lassen sich die Elemente aus dem Schmelzfluß kristallisieren; dies ist z. B. bei Wismut, Antimon, Zinn, Blei, Cadmium, Zink leicht durchführbar, wenn sie in größeren Massen vorliegen.

Dieser Weg, die Reinigung der Metalle durch einen Kristallisationsprozeß zu vollenden, ist insofern als rationell zu bezeichnen, als die meisten etwa noch in kleiner Menge vorhandenen Fremd-

stoffe eine Erniedrigung der Schmelztemperatur hervorrufen. Die aus dem Schmelzfluß bei der Abkühlung sich abscheidenden Kristalle des Hauptmetalls werden also reiner sein als die „Mutterlauge“, welche bei etwas niedrigerer Temperatur erstarrt (von dieser Regel gibt es freilich auch einige Ausnahmen). Der Sauerstoff ist bei dieser Kristallisation nach Möglichkeit fernzuhalten. Dies kann bei den leicht schmelzenden Metallen z. B. durch eine Schicht Paraffin geschehen; in anderen Fällen kann man das fraktionierte Erstarren in einer Wasserstoffatmosphäre vor sich gehen lassen.

Hochschmelzende Metalle, wie Eisen und Nickel, erhält man bei der Reduktion durch Wasserstoff zunächst als schwere Pulver, welche sich bis zu einem gewissen Grade unter Druck zusammenschweißen lassen. Das Schmelzen zu einem einwandfreien Regulus macht hier Schwierigkeiten, welche noch nicht ganz beherrscht werden; auch hier wird als Ziel einer endgültigen Reinigung die Erzeugung größerer Kristalle des reinen Metalls zu erstreben sein.

Grenzen der Reinigung.

Theoretisch sollte man durch rationelle Anwendung der empfohlenen Hilfsmittel zu einheitlichen Metallen von unbegrenzt hoher Reinigungsstufe gelangen, d. h. zu den reinen Elementen. Es ist indessen nicht wahrscheinlich, daß es der Praxis möglich ist, die chemischen Elemente oder irgend einen anderen Stoff in absoluter Reinheit zu isolieren. Schon das schließliche Versagen der analytischen Kontrolle bei minimalen Verunreinigungen macht dies zweifelhaft; mehr aber noch die unerwartete Auffindung von Fremdstoffen in sorgfältig gereinigten Produkten. Gramont hat kürzlich die Verunreinigungen zusammengestellt, welche er auf dem empfindlichen Wege des Funkenspektrums in sorgfältig gereinigten Metallen spurenweise nachgewiesen hat, und welche sich nach seiner Angabe kaum beseitigen lassen. Das Silber ergab die Fremdstoffe: Ca, Cu, Au, Mg, Fe, Hg, Pb, Bi. Im gereinigten Eisen fand er: Mg, Mn, C, Ca, Cu, Sr, Si, Cr, Ti. Man darf sicher annehmen, daß daneben noch andere Elemente in minimalen Spuren vorhanden waren, zu deren Nachweis der spektroskopische Weg nicht genügte. Von diesen zahlreichen Fremdstoffen lassen sich manche leichter entfernen als andere, die im gereinigten Metall spurenweise zurückbleiben können.

Eine wesentliche Fehlerquelle bilden hier auch die angewandten Reagentien und das Wasser, welche niemals von Fremdstoffen frei sind und solche auch fortgesetzt aus den Gefäßen aufnehmen und an die Metallsalze übertragen. Endlich ist daran zu erinnern, daß die Metalle selbst meist auch der atmosphärischen Luft (oder anderen Gasen) mit ihren zahlreichen Bestandteilen ausgesetzt werden, von welchen sie einen Teil aufnehmen können. Als häufigste Verunrei-

¹⁾ Diese Art der Reinigung kommt auch allgemein bei den vorbereitenden Arbeiten zu den Atomgewichtsbestimmungen der Elemente in Anwendung, denen man eine große Fülle wertvoller Erfahrungen zu verdanken hat; man geht hier aber selten auf den metallischen Zustand der Elemente aus.

nigung sei hier besonders der *Sauerstoff* erwähnt, für welchen fast alle Metalle ein gewisses Lösungsvermögen besitzen. Bei der Beurteilung der Reinheit von Metallen wird der Sauerstoff oft absichtlich nicht in Betracht gezogen.

Obwohl demnach auf die Herstellung *absolut reiner Metalle* von vornherein ehrlich verzichtet werden muß, liegt doch unseres Erachtens kein Hindernis vor, sich diesem Idealzustand bei gesteigerter Sorgfalt zu nähern und die Objekte nahezu „spektralrein“ herzustellen. Für die meisten Zwecke wird es zulässig sein, äußerst kleine Verunreinigungen zu vernachlässigen.

Anwendung der Grundmetalle höherer Reinigungsstufen.

Bei der gröberen Beanspruchung in den *Gewerken* kommt die Benutzung reiner metallischer Elemente kaum in Frage. Hier genügen einerseits die Handelsmetalle erster oder zweiter Reinigungsstufe, während andererseits unbegrenzte Reihen ihrer Legierungen gebraucht werden. Dagegen bleibt die Benutzung der reinen Grundmetalle spezifischen Zwecken vorbehalten, welche sich entweder auf das wissenschaftliche Studium der Elemente beziehen oder solche als einheitliche Grundlagen zu genauen Wertbestimmungen nötig haben. Die Fälle dieses Gebrauchs werden von Jahr zu Jahr häufiger.

Im Folgenden mögen einige Metalle als Beispiele für die wissenschaftliche Anwendung kurz besprochen werden.

Quecksilber.

Das Quecksilber ist durch seinen flüssigen Aggregatzustand, seine Destillierbarkeit und seine Indifferenz gegen den Sauerstoffgehalt der Luft dem Wasser vergleichbar; von diesem unterscheidet es sich aber dadurch, daß sein Lösungsvermögen fast ganz auf die Gruppe der *Metalle* beschränkt ist. Diese Eigenschaften erlauben eine so weitgehende Reinigung des Elementes mit den einfachen Hilfsmitteln der fraktionierten Oxydation, der Filtration und der Destillation, daß es dazu kaum noch anderer Methoden bedarf.

Für Quecksilber mit haltbarer blanker Oberfläche, in welchem nach der gebräuchlichen Prüfungsart keine Verunreinigung nachweisbar ist, kann wenigstens die fünfte Reinigungsstufe angenommen werden. Bei dieser chemischen Einheitlichkeit und der physikalischen Homogenität, welche eine sehr genaue Bestimmung seiner Konstanten erlaubt, ist dem Quecksilber unter allen Metallen eine Vorzugsstellung einzuräumen. Als flüssiges Edelmetall bildet es eine unentbehrliche und einwandfreie Grundsubstanz für die Messung von Druck und Volumen, für die Wärmeausdehnung in der Thermometrie, für die Herstellung der Barometer und Manometer, für die Verkörperung des elektrischen Widerstandes (Ohm), für den Gebrauch im Elektrometer und für viele andere wichtige Zwecke der messenden Physik.

Gold.

Das Gold ist von altersher als der Urtypus der Edelmetalle bekannt, welche durch Luft und Wasser nicht verändert werden. Es besitzt eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung als Grundlage für den Wert unserer Münzen.

Die deutschen Kronen und Doppelkronen enthalten 90 % Gold; den Rest denkt man sich als Kupfer; tatsächlich sind darin aber noch manche anderen Metalle als Verunreinigungen enthalten, auf welche es bei der Wertbestimmung nicht ankommt; die nachstehende Analyse gibt davon eine Anschauung.

Gold	90.0	%
Kupfer	9.57	„
Silber	0.37	„
Blei	0.009	„
Eisen	0.013	„
Nickel	Spur	
Arsen	Spur	
Platin	0.023	„
Palladium	0.01	„
Iridium	Spur	
	100.0	

Durch die Legierung mit den metallischen Fremdstoffen ist das Gold zwar härter geworden, aber es hat seine Prägefähigkeit nicht eingebüßt. Anders wirken viel kleinere Verunreinigungen durch gewisse Metalle oder Halbmetalle, welche die Münzstätten sorgfältig vermeiden; ein Gehalt an 0.025 % *Blei* macht das Gold spröde und brüchig, so daß es sich nicht mehr prägen läßt. „Sprödes Gold“ enthält auch manchmal *Arsen*, *Wismut* oder *Antimon* in kleiner Menge.

Gold mit einem sehr kleinen Gehalt an *Iridium* ist zwar nicht spröde, aber trotzdem für Juwelierzwecke unbrauchbar, weil es bei der Bearbeitung zerreißt und die Feilen verdirbt durch kleine aber sehr harte Iridiumkristalle, welche sich aus dem geschmolzenen Metall ausgeschieden haben.

Auch das käufliche „Feingold“ ist immer unrein. Größere Ansprüche macht man an das in den Münzstätten gebrauchte *Kontrollgold*, wie es von den Scheideanstalten geliefert wird; meist gehört es der dritten Reinigungsstufe an. Auf rein chemischem Wege kann man das Gold leicht noch weiter reinigen und es wenigstens auf die fünfte Stufe bringen. In diesem Zustande eignet es sich für alle wissenschaftlichen Zwecke.

Platin.

Je geringer die Zufuhr ist, um so mehr erscheint das Platin als ein in Wissenschaft und Technik unentbehrliches Edelmetall, für welches bisher kein Ersatz gefunden worden ist. Dem Golde ist es in der größeren Glühbeständigkeit und im Härtegrade überlegen, für manche Zwecke ist es aber auch seinerseits zu weich. Als Legierung mit 10 % Iridium bildet es bekanntlich das bewährte härtere Metallmaterial für die inter-

nationalen Maß- und Gewichts-Prototype (Meter und Kilogramm).

Das sogenannte *technische Platin*, welches der ersten Reinigungsstufe angehört und zu Schalen, Tiegeln, Muffeln und anderen chemischen Geräten verarbeitet wird, enthält meist ebenfalls etwas Iridium. So ergab z. B. die Analyse einer bei dauerndem Glühgebrauch in der technischen Praxis bewährten *Glühmuffel* die folgende Zusammensetzung:

Platin	97,0 %
Iridium	2,23 „
Palladium	0,13 „
Rhodium	Spur
Gold	0,30 „
Kupfer	0,18 „
Eisen	0,12 „
Nickel usw.	Spur
	100,0

Neuerdings werden häufig zu Glühoperationen Geräte aus *reinem Platin* vorgezogen, welche zwar weicher, aber weniger leicht oxydierbar sind und einen geringeren Glühverlust ergeben. Bei der Firma W. C. Heraeus in Hanau wird das Platin bis zur vierten Stufe gereinigt, so daß die Fremdstoffe nur noch in Spuren vorhanden sind. Am meisten störend wirkt das bei der Bearbeitung des gegossenen Metalls (Walzen usw.) hinzugekommene *Eisen*, welches durch Extraktion mit Säuren und geschmolzenen Salzen nachträglich entfernt wird.

Das in hoher Glühtemperatur bei Anwesenheit von Sauerstoff auftretende „Zerstäuben des Metalls“ ist bei reinem Platin am geringsten und wächst mit den Verunreinigungen stark an. Ein Komitee von amerikanischen Chemikern hat sich mit Erfolg der Aufgabe unterzogen, diese Einflüsse des näheren zu untersuchen und die Platintiegel auf ihre „Haltbarkeit“ im voraus physikalisch zu prüfen.

Eine vielseitige Beanspruchung liegt bei der Anwendung des Platins zu *Elektroden* vor, und besonders zu *Anoden*, welche aus reinem Metall bestehen müssen, da sonst leicht die Verunreinigungen nach der Kathode hinüberwandern. Daß die unedlen Metalle dem Platin auch schon durch längere Behandlung mit kochendem Wasser entzogen werden können, ist sicher festgestellt worden.

Seit einiger Zeit spielt das reine Platin als *Kontaksubstanz* bei der Herstellung der Schwefelsäure sowie bei anderen wichtigen technischen Prozessen eine große Rolle; sehr geringe Verunreinigungen können hier die größten Störungen des Betriebes hervorrufen.

Eine rein physikalische Verwendung war dem reinen Platin bei der *Violleschen Lichteinheit* zugefächelt, welche sich auf die Konstanz der Lichtemission bei der Schmelztemperatur gründet. Diese Einheit ist jedoch trotz grundlegender Versuche nicht zu praktischer Anwendung gelangt,

da man die leichter zu reproduzierende Hefnerlampe vorzog.

Dagegen hat sich das bekannte *Thermoelement* von *Le Chatelier* in Wissenschaft und Technik als ein unentbehrliches Hilfsmittel zur Messung höherer Temperaturen eingebürgert; hier wird die thermoelektrische Kraft, welche an der Kontaktstelle von reinem Platin- und Platinrhodiumdraht entsteht, zur Temperaturmessung benutzt.

Ebenso groß ist die Bedeutung des Metalls in den neuen *Platin-Widerstandsthermometern*, deren Gebrauch auf dem mit der Temperatur stetig zunehmenden elektrischen Widerstande eines dünnen Platindrahtes beruht.

In der am 1. April 1916 eingeführten Temperaturskala ist das Intervall zwischen dem Schmelzpunkt des Quecksilbers und dem Siedepunkt des Schwefels durch das Platin-Widerstandsthermometer zu definieren.

Der Schmelzpunkt des Platins selbst wird in dieser Skala bei 1764° angenommen.

Die Platinbegleitmetalle

können in den Platinschmelzanstalten ebenfalls in fast reinem Zustande hergestellt werden; sie finden aber physikalisch und chemisch geringere Verwendung als das Platin. *Palladium* dient in der Gasanalyse als Absorptionsmittel für Wasserstoff, *Rhodium* ist ein wichtiger Bestandteil der Thermoelemente, *Iridium* wird in den elektrischen Öfen gebraucht, *Osmium* und *Ruthenium* dienen als Sauerstoffüberträger. Für die katalytischen Erscheinungen haben die reinen Platinmetalle eine weitgehende Bedeutung.

Silber.

Das im Handel befindliche *Feinsilber* gehört meist der dritten Reinigungsstufe an, es enthält immer Kupfer, häufig ein wenig Gold und Spuren anderer Fremdstoffe.

Die Frage nach der Herstellung des reinen Metalls wurde am gründlichsten durch *Stas* studiert, welcher bei seinen klassischen Untersuchungen über die Atomgewichte das Silber besonders bevorzugte und es bei der Beziehung zu anderen Elementen als gut definierte Einheit benutzte. Man wird annehmen dürfen, daß das destillierte Silber von *Stas* (obwohl ein wenig Sauerstoff darin vermutet wurde) weit über die vierte Reinigungsstufe hinausging.

Bei der chemischen Maßanalyse wird reines Silber als *Ursubstanz* zur Herstellung wichtiger Normallösungen benutzt.

Eine große physikalische Bedeutung besitzt das Silber als internationale und gesetzliche Grundlage für die Messung der elektrischen Stromstärke im *Silbervoltmeter*. Bei den Normalbestimmungen ist hier die Reinheit des Anodensilbers eine der wichtigsten Vorbedingungen. Durch langjährige wissenschaftliche Untersuchungen in allen Kulturländern ist die Genauigkeit

der mit dem Silbervoltameter ausführbaren Messungen wesentlich gesteigert worden.

Das metallische Silber dient ferner als Grundlage für die Abschätzung des thermischen und des elektrischen *Leitvermögens*, welches hier unter allen Metallen den größten Wert hat.

Wie die vorstehenden Beispiele zeigen, finden unter den metallischen Elementen besonders die *Edelmetalle* eine hervorragende Verwendung auf dem Gebiet genauer Maßbestimmungen und im besonderen in der experimentellen Physik. Dies erklärt sich großenteils aus der Beständigkeit ihres metallischen Zustandes, welcher während der Versuche meist erhalten bleibt. Aber auch zahlreiche andere Grundmetalle sind für die physikalischen Zwecke unentbehrlich, während manche als Normalsubstanzen mehr Bedeutung für die wissenschaftliche Chemie besitzen.

Zu den wichtigsten Eigenschaften der metallischen Elemente gehören neben dem Atomgewicht und dem elektromotorischen Verhalten der *Schmelzpunkt* und der *Siedepunkt*. Während die Lage des letzteren meist noch für sehr unsicher gilt, hat man die Schmelzpunkte bei vielen Metallen in der letzten Zeit so genau festgestellt, daß diese nunmehr während des Schmelzens zur Reproduktion bestimmter Temperaturen (sogenannte Fixpunkte) wertvolle Anwendung finden können, so z. B. bei der Vergleichung von Thermometern, für Thermostaten usw.

In der jetzt maßgebenden Temperaturskala zeigen die wichtigsten Metalle im reinen Zustande die folgenden Schmelzpunkte:

Quecksilber . . .	—	38,89 °
Zinn	+	231,84 °
Cadmium . . .		320,9 °
Zink		419,4 °
Antimon . . .		630,3 °
Silber		960,5 °
Gold		1063 °
Kupfer		1083 °
Palladium . . .		1557 °
Platin		1764 °

Auch die Bestimmung des elektromotorischen Verhaltens der Metalle macht fortgesetzte Untersuchungen mit möglichst reinen Präparaten notwendig. Als internationale Grundlage für die Messung der elektrischen Spannung dient in neuerer Zeit bekanntlich das normale „Weston-element“, in welchem neben Platin als Anode das *Cadmium* benutzt wird; dies früher kaum beachtete Metall hat dadurch wissenschaftlich eine große Bedeutung erlangt. In den früher mehr gebräuchlichen Normal-„Clark-Elementen“ wurde reines *Zink* benutzt, welches ja bei der galvanischen Stromerzeugung von jeher die größte Rolle spielt. Zum Aufbau der elektrischen Akkumulatoren wird endlich eine große Menge reines *Blei* gebraucht.

Insofern diese drei Elemente bei ihrer Verwendung in der messenden Physik ihren metal-

lischen Charakter verlieren resp. aufgelöst werden, liegt hier ein Übergang zur *chemischen Benutzung* vor.

Physikalische Vergleichung verschiedener Metalle.

Die von der *Struktur* abhängigen Eigenschaften der festen Metalle sind schwierig eindeutig zu bestimmen, weil man die Erzeugung einer etwa denkbaren „Normalstruktur“ nicht in der Hand hat.

Hier sind besonders das spezifische Gewicht, das Leitvermögen für Wärme und Elektrizität sowie die mechanischen Eigenschaften hervorzuheben.

Außer den in der festen Substanz zerstreuten Fremdstoffen gibt es noch zahlreiche andere Faktoren, welche die Struktur der Metalle beeinflussen: die wechselnden Bedingungen der Kristallisation bei dem Erstarren aus dem Schmelzfluß, die Wirkung der mechanischen Bearbeitung, die Rekristallisationserscheinungen, die Porosität usw.

Hierher gehört auch die Frage nach dem Aggregatzustand der verschiedenen Strukturelemente, Polymorphie, Amorphie, Unterkühlung usw., welche zum Gebiet der *allotropischen Modifikationen* hinüberleiten. Die letztere Erscheinung, für welche man bei dem Zinn ein wohlstudiertes Beispiel kennt, gilt auch bei vielen anderen Metallen keineswegs für ausgeschlossen und soll nach der Ansicht mancher Forscher für den Wechsel der Eigenschaften kompakter Metalle besonders wirksam sein.

Die vergleichende Bestimmung einiger wichtiger physikalischer Konstanten an verschiedenen Metallen war der Gegenstand mehrjähriger umfassender Untersuchungen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Die Beobachtungen waren sehr vielseitig und betrafen (außer zahlreichen Legierungen) gegossene Stäbe der Grundmetalle Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Silber, Kupfer, Wismut, Zinn, Blei, Cadmium, Zink, Nickel, Eisen, Aluminium. Das Leitvermögen für Wärme und Elektrizität stand im Vordergrund des Interesses. Daneben wurden auch die Dichte sowie verschiedene mechanische Eigenschaften, wie z. B. der Elastizitätsmodul, bestimmt. Aus den Ergebnissen der Untersuchung ist hervorzuheben, daß das Wiedemann-Franzsche Gesetz von der Proportionalität des thermischen und elektrischen Leitvermögens mit den Lorenzschen Sätzen bei den meisten Metallen annähernd bestätigt werden konnte; geringere Abweichungen traten bei Eisen, Platin und Palladium auf, große dagegen bei Aluminium und Wismut.

Die Ursachen dieser Abweichungen konnten noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt werden, doch ist an einer individuellen Verschiedenheit der Werte für die einzelnen metallischen Elemente nicht zu zweifeln.

Gemäß der analytischen Charakterisierung gehörte die Mehrzahl der untersuchten Metalle der dritten Reinigungsstufe an, Eisen und Aluminium waren jedoch stärker verunreinigt; das Nickel enthielt sogar über 3 % Fremdstoffe und entsprach der ersten Reinigungsstufe.

Bei der künftigen Fortführung dieser Arbeit würde man Wert darauf legen, den unbekannten Einfluß der *Verunreinigungen* möglichst auszuschalten, indem man die Metalle zur Untersuchung in höheren Reinigungsstufen verwendet. Inzwischen ist bereits vielfach die Änderung der Leitfähigkeit einzelner Metalle durch kleine Verunreinigungen beobachtet und die störende Bedeutung derselben besonders bei sehr niedrigen Temperaturen verfolgt worden.

Von den noch nicht besprochenen Metallen hat das *Kupfer* die größte Bedeutung in der Technik als Material für die Leitung des elektrischen Stromes; hier pflegt es nur im Falle der Not durch andere Metalle wie Zink oder Aluminium ersetzt zu werden. Im Zustand besonderer Reinheit ist es bei wissenschaftlichen Versuchen in den Galvanometerspulen sehr wichtig, bei welchen sich namentlich eine Verunreinigung mit *Eisen* sehr störend bemerkbar machen würde.

Als Träger der *magnetischen* Erscheinungen bleibt für die Technik das *Eisen* das wichtigste Metall. Metallographisch ist dasselbe wohl von allen Metallen am gründlichsten studiert worden; auch über den Einfluß seiner Verunreinigungen auf die magnetischen Konstanten liegen umfassende Untersuchungen aus der neuesten Zeit vor. In der Richtung der technischen Herstellung des *reinen* Eisens sind zwar große Fortschritte gemacht worden, doch bleibt es bemerkenswert, daß die *völlige* Reinigung dieses wichtigsten, in so großen Massen gebrauchten Metalls die größten Schwierigkeiten bietet. Einige wichtige physikalische Konstanten des Elements konnten daher noch nicht mit der gewünschten Genauigkeit bestimmt werden.

Auch für das reine *Nickel* besteht, schon wegen seiner magnetischen Eigenschaften, ein reges wissenschaftliches Interesse. Dasselbe konnte ebenfalls noch nicht völlig befriedigt werden, da es technisch noch nicht gelungen ist, das kompakte Metall als Element von einwandfreier Beschaffenheit in größerer Menge herzustellen. Auch die Gewinnung aus dem flüssigen und farblosen *Nickelcarboxyl* vom Siedepunkt 43° hat sich dauernd nicht eingebürgert. Das pulverförmige Nickel hat in den letzten Jahren große technische Bedeutung erlangt zur Vermittlung der Wasserstoffaddition an fettartige Verbindungen. In den Metallen, deren elektrisches Leitvermögen gegen kleine Verunreinigungen sehr empfindlich ist, gehört ferner das in vieler Hinsicht merkwürdige *Wismut*; seine Verwendung in der messenden Physik beruht großenteils auf der Änderung seiner Leitfähigkeit im magnetischen Felde, andererseits

wird es aber in Vereinigung mit *Antimon* vielfach zur Erzeugung von thermoelektrischen Strömen benutzt.

Im Anschluß an die erwähnten Elemente sind von den wichtigeren Schwermetallen noch zu nennen: Kobalt, Mangan, Chrom, Molybdän, Wolfram, Uran, Thallium, Tellur, Indium, Tantal, Titan, Vanadin usw. Manche dieser Metalle dienen zur Herstellung geschätzter Eisenlegierungen in der Technik sowie zu vielfachen anderen Zwecken. Im elementaren Zustande finden Wolfram und Tantal Verwendung als Glühfäden in elektrischen Lampen; auch sind die gleichen Metalle als Ersatz des Platins zu Glühgeräten vorgeschlagen worden, ohne daß sie sich hier (wegen der starken Oxydbildung) bewährt haben.

Der Reinigung aller dieser Elemente auf nassem Wege stehen keine besonderen Schwierigkeiten entgegen. Je schwerer die Metalle aber schmelzbar sind, um so mehr kommen bei der Überführung in den kompakten Zustand die „*sekundären Verunreinigungen*“ in Betracht. Die käuflichen Präparate gehören den verschiedensten Reinigungsstufen an.

Das neuerdings viel benutzte und technisch höchst wertvolle *Aluminium*, welches schwierig zu reinigen ist, gehört zu den *Leichtmetallen*, welche nicht in den Bereich dieser Mitteilung fallen.

Normierte Metalle.

Nach den vorstehenden Ausführungen besteht in der wissenschaftlichen und technischen Forschung der dringende Wunsch nach der Anwendung der wichtigsten Metalle im Zustand möglicher Reinheit. Die Erfüllung dieses Bedürfnisses würde aber nur dann eine wesentliche Bedeutung haben, wenn mit den metallischen Präparaten zugleich eine *Gewähr* für deren annähernde Reinheit zu erwerben wäre, damit nicht die in kleiner Menge zur Verfügung stehende Substanz sogleich durch eine mühsame und zeitraubende analytische Kontrolle verbraucht wird.

Die Herstellung *größerer* Massen gleichartigen, gut definierten Materials könnte andererseits vielen zugute kommen und den Vorteil haben, daß mehrere damit ausgeführte wissenschaftliche Arbeiten durch das gemeinsame Ausgangsmaterial vergleichbar gemacht werden.

Von diesen Erwägungen ausgehend, hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt seit ihrem Bestehen an der Vervollkommenheit der Metallreinigung den regsten Anteil genommen und nunmehr Maßnahmen zur Verwirklichung der erwähnten Bestrebungen getroffen.

Nachdem der Nachweis geführt worden ist, daß eine große Zahl von Schwermetallen in jedem Maßstabe bis zur vierten Stufe gereinigt werden kann, haben sich hervorragende technische Betriebe erboten, diese Reinigung mit *größeren* Massen einzelner Metalle praktisch durchzuführen und sie, nach der analytischen Charakterisierung

durch die Reichsanstalt, in kleinen Portionen an die wissenschaftlichen Interessenten käuflich abzugeben, wobei jedesmal ein amtlicher Prüfungsschein über das analytische Ergebnis zur Ausgabe gelangt. Die unter Kontrolle stattfindende Charakterisierung und Verteilung der einheitlichen Metallmassen in kleine Portionen wird als „Normierung“, und die Metalle selbst werden als „normiert“ bezeichnet.

Die Durchführbarkeit dieses Planes, und namentlich der technischen Herstellung der Metalle in der vierten Reinigungsstufe mit einer maximalen Massenverunreinigung von 0,01 %, wurde durch ausführliche Vorarbeiten begründet. Eine höhere Stufe ist einstweilen technisch nicht zu erreichen. Daß die analytische Untersuchung solcher „fast reinen“ Metalle die größte Sorgfalt verlangt, wurde bereits hervorgehoben.

Der Anfang ist mit dem normierten Zink, dem normierten Cadmium und dem normierten Blei gemacht worden, welche von jetzt ab in Stabform von der chemischen Fabrik C. A. F. Kahlbaum (Adlershof bei Berlin) bezogen werden können. Die Ausgabe anderer normierter Schwermetalle soll später, dem wachsenden Bedürfnis entsprechend, folgen. Mögen die auf solche Weise dem wissenschaftlichen Gebrauch zugänglich gemachten annähernd reinen Metalle bei zahlreichen nützlichen Arbeiten einen Ersatz bieten für die absolut reinen Elemente, welche nicht zu beschaffen sind.

C. Lindes Lebenswerk.

Aus Anlaß seines 75. Geburtstages nach seinen Aufzeichnungen dargestellt.

Von Prof. Dr. Max Jakob, Berlin-Charlottenburg.

Vor 6 Monaten ist vielerorts und auch an dieser Stelle der 100. Wiederkehr des Geburtstages von Werner Siemens gedacht worden. An jenem Gedenktag war durch feierliche Verleihung des „Siemensringes“ (stiftungsgemäß¹⁾) erstmalig eine Person zu ehren, welche sich — so wie Siemens — „hervorragende und allgemein anerkannte Verdienste um die Technik in Verbindung mit der Wissenschaft“ erworben. Die hohe Auszeichnung wurde einem Mann zuteil, dessen Leben und Wirken eine merkwürdige Analogie zum Leben von Werner Siemens bildet: Carl von Linde.

Was Siemens für die Elektrotechnik, das bedeutet Linde für die Kältetechnik: Es gab vor Siemens elektrische Telegraphen, vor der Aufstellung des dynamoelektrischen Prinzips elek-

trische Maschinen; aber eine Elektrotechnik im heutigen Sinne ist erst durch Siemens ermöglicht worden. So hat man auch vor Linde Kältemaschinen gebaut, vor der Anwendung des Thomson-Joule-Effektes¹⁾ und des Gegenstromprinzips¹⁾ Gase verflüssigt; aber Linde war es vorbehalten, der Kältephysik durch die bequeme und reichliche Erzeugung von Kälte gewissermaßen das Ausgangsprodukt für ihre experimentellen Forschungen zu schaffen, und seiner technischen und wirtschaftlichen Arbeit dankt die Kältetechnik, wenn nicht ihr Bestehen, so doch ihren hohen Stand.

Wie Siemens, hat Linde nach einer sorgfältigen, einfachen Erziehung sich unter Schwierigkeiten und Entbehrungen den ersten Weg gebahnt, in jungen Jahren mit klarem Blick erkannt, wo unbestellter, fruchtbarer Boden der Saat und Ernte harnte, und dann das für die Lebensarbeit erwählte Gebiet so nach allen Richtungen durchmessen und bebaut, daß es eine Fülle herrlicher Früchte trug. Nun hat auch er als Siebenziger, wie seinerzeit Siemens, Lebenserinnerungen niedergeschrieben. Leider sind aber die Aufzeichnungen „Aus meinem Leben und von meiner Arbeit“, die Linde für seine Kinder und seine Mitarbeiter hat drucken lassen, zunächst noch nicht, wie Siemens' „Lebenserinnerungen“, der Allgemeinheit zugänglich. „Muß nicht die Drucklegung solcher Aufzeichnungen den Eindruck erwecken, als mache der Verfasser Anspruch auf allgemeine Teilnahme?“ bemerkt Linde in der Einleitung seiner Niederschrift. Da aber vielmehr die Allgemeinheit Anspruch auf Teilnahme am Lebenswerk eines solchen Mannes erhebt, so scheint es die richtige Zeit und der rechte Ort, wenn anläßlich seines 75. Geburtstages hier, vor einem weiteren naturwissenschaftlich und technisch interessierten Leserkreis, ein wenig von C. Lindes Persönlichkeit und Werk die Rede ist. —

Linde erzählt, wie er als Gymnasiast zuerst daran dachte, Schriftsteller und Dichter zu werden, aber mit gesunder Selbstkritik seine literarischen Versuche verworfen habe, wie dann der Anblick von Turbinen und Dampfmaschinen in einer Baumwollspinnerei, die er häufig besuchte, eine mächtige Wirkung auf ihn ausgeübt und ihn bestimmt habe, Maschinenbauer zu werden. Seine Mittel erlaubten ihm nur ein dreijähriges Studium am Zürcher Polytechnikum. Aber diese Zeit genügte, ihm die stärksten Eindrücke besonders auf dem Gebiet der Thermodynamik und der Theorie der Wärmekraftmaschinen vermitteln zu lassen; waren doch keine Geringeren als Clausius, Zeuner und Reuleaux in Zürich seine Lehrer in Physik, theoretischer Maschinenlehre und Maschinenbaukunde. Auf die Studienzeit folgte eine angestrengte, entbehrungsreiche Werkstattstätig-

¹⁾ Die Siemens-Ring-Stiftung wird unter dem Ehrenvorsitz des Reichskanzlers verwaltet durch einen Stiftungsrat, der sich zusammensetzt aus dem Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, den Inhabern des Siemensringes und je einem Vertreter der Kgl. Technischen Hochschule Charlottenburg, des Deutschen Museums, der Jubiläumstiftung der deutschen Industrie und sieben bedeutender technischer Vereine und Verbände.

¹⁾ Näheres hierüber siehe S. 420.

keit in einer Baumwollspinnerei bei Kempten und in der Borsigschen Lokomotivfabrik in Berlin. Schließlich wurde er als Ingenieur dieser Fabrik mit zuerst 16, dann 20 Taler Monatsgehalt angestellt. Er war 24 Jahre alt, als nun überaus stürmisch die erste Expansionsperiode seines Lebens einsetzte.

Der Drang, schnell vorwärts zu kommen — ihm eingeboren und durch besondere Gefühlsgründe verstärkt —, gab dem jungen Ingenieur die Kühnheit (so nennen wir es mit seinen Worten), sich um die Stelle des Vorstandes des technischen Bureaus der Lokomotivfabrik von Krauß in München zu bewerben, die damals gerade begründet werden sollte. Wohl dank Zeuners Befürwortung erhielt er den verantwortungsreichen Posten. Bei den Arbeiten zur Einrichtung dieser Fabrik, durch seine ersten selbständigen Konstruktionen und durch die Erfindung einer Bremseneinrichtung, mit welcher ein Teil der bei Fahrten im Gefälle verlorenen Bremsarbeit in Form von Wärme dem Lokomotivkessel zurückgewonnen werden konnte¹⁾, zeichnete er sich bald aus. Damals muß er sich wohl auch seines Könnens richtig bewußt geworden sein, und so wagte er es schon im Jahre 1867 — 25-jährig —, sich um den Lehrstuhl für theoretische Maschinenlehre an der neu zu errichtenden Technischen Hochschule in München zu bewerben „unter der ausdrücklichen Voraussetzung, daß es nicht gelingen sollte, einen der beiden berühmten Vertreter dieses Faches, Zeuner oder Grashof, zu gewinnen. Außer diesen beiden sei ihm niemand bekannt, neben dem er nicht als Bewerber auftreten könne“. Die stolze Bewerbung hatte Erfolg: Er erhielt im Jahre 1868 die außerordentliche Professur für theoretische Maschinenlehre, und diese wurde — angesichts seiner hervorragenden Leistungen — bereits 1872 in ein Ordinariat umgewandelt.

Über 10 Jahre hat er damals an der Münchener Hochschule gewirkt. Es kann hier nicht auf die Einzelheiten seiner Lehrtätigkeit eingegangen werden, der eine große Anzahl bedeutender Ingenieure ihre Ausbildung in dem wichtigen Fach der theoretischen Maschinenlehre verdankt. Erwähnt aber muß werden, daß er schon in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in einer Denkschrift das bayerische Kultusministerium auf die Wichtigkeit von Maschinenlaboratorien für die Ingenieurausbildung aufmerksam gemacht hat, mit dem Erfolg, daß die Münchener Hochschule viele Jahre vor anderen deutschen Hoch-

schulen die Mittel zum Bau eines Laboratoriums für theoretische Maschinenlehre erhalten hat. „Schüchtern“, heißt es in Lindes Aufzeichnungen, „(in Besorgnis vor Ablehnung solcher Bestrebungen) hatte ich als Aufgabe des Laboratoriums auch die Ausführung von Forschungsarbeiten genannt.“ Auf seinen Anteil bei der Gründung weiterer Forschungsinstitute wird noch zurückzukommen sein. —

Einer „Nebenbeschäftigung“ Lindes entsprang es, daß er, wohl als erster Hochschullehrer, auch eine Vorlesung über die Theorie der Kältemaschinen in den Lehrplan aufnehmen ließ. Wir kommen damit zum eigentlichen Lebenswerk Lindes: Noch als außerordentlicher Professor, da er, auch aus pekuniären Gründen, sich veranlaßt sah, manche Nebenaufgaben zu übernehmen, hatte er sich auf ein Preisausschreiben hin mit der Literatur über künstliche Kühlung befaßt und sofort erkannt, daß hier wichtige Aufgaben zu lösen seien. Er fand die drei Haupttypen der Kältemaschinen²⁾ bereits vor, aber keinerlei „Maßstab zu einem Vergleich ihrer Leistungen“. Als bald nahm er in Angriff, eine Theorie der Kältemaschinen zu schaffen. Er suchte nach dem größtmöglichen Verhältnis von Kälteproduktion zur aufgewandten Arbeit und nach dem für die Kälteerzeugung günstigsten Arbeitsprozeß und baute darauf eine Kritik der bestehenden Maschinenarten und Vorschläge für Verbesserungen auf. Das Ergebnis seiner Studien legte er nieder in dem von ihm damals redigierten Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt in den beiden Abhandlungen „Über die Wärmeentziehung bei niedrigen Temperaturen durch mechanische Mittel“³⁾ und „Verbesserte Eis- und Kühlmaschine“⁴⁾. Die Folge dieser Veröffentlichungen war, daß Interessenten aus der Brauereindustrie, für welche die Frage der Kühlung von größtem Wert ist, an Linde herantraten mit dem Ersuchen, er möge ihnen gute Kältemaschinen liefern; es wurden ihm die Mittel für eine Versuchsmaschine zur Verfügung gestellt; er ließ eine erste Maschine durch die Maschinenfabrik Augsburg bauen, nahm dann Patente, um die Kosten des Baues weiterer Versuchsmaschinen zu decken, und in wenigen Jahren standen in der Tat vorzügliche Kältemaschinen der Industrie zur Verfügung. Das wesentlich Neue der Lindeschen Theorie und Ausführungsart war etwa das Folgende: Kälte läßt sich am günstigsten erzeugen, wenn bei der höchstzulässigen Temperatur der zu kühlenden Substanz Wärme entzogen und diese Wärme bei der geringstmöglichen Temperatur an eine Wärme aufnehmende Substanz weitergegeben wird. Linde spricht höchst anschaulich stets von der Arbeitsleistung für das Heben der entzogenen Wärme-

¹⁾ Es ist für Lindes Denken, das stets auf Wärmeökonomie gerichtet war, charakteristisch, daß seine erste Erfindung auf Energieersparnis hinielte. Die „Dampfprepressionsbremse“ hat befriedigend gewirkt, aber keine praktische Bedeutung erlangt. — Die Rückgewinnung von Gefällsenergie macht übrigens auch bei elektrischen Bahnen, die doch dazu besonders geeignet erscheinen, große Schwierigkeiten. Man ist gewöhnlich gezwungen, die Motoreigenschaften der elektrischen Triebmaschinen so gut wie möglich zu machen und auf Generatorwirkung (Bremswirkung mit Energierückgewinnung) zu verzichten.

²⁾ die Kaltluftmaschinen, die Kaltdampf-Absorptionsmaschinen und die Kaltdampf-Kompressionsmaschinen.

³⁾ a. a. O. 1870, S. 205.

⁴⁾ a. a. O. 1871, S. 264.

menge auf das Niveau der Umgebungstemperatur; aus diesem Bild erklärt sich der vorher angegebene Grundsatz ganz elementar. Die beste Annäherung an den theoretisch günstigsten Prozeß ergeben die sogenannten Kompressionsmaschinen: Eine „flüchtige Flüssigkeit“ wird durch den zu kühlenden Körper verdampft und entzieht ihm dabei Wärme; der Dampf wird komprimiert und wieder verflüssigt; seine Wärme geht ans Kühlwasser über; dann beginnt das Spiel aufs neue. Solchermaßen arbeitende Kompressionsmaschinen waren unter Anwendung von Schwefeläther in England bereits gebaut worden; in Anbetracht des niedrigen Druckes, welcher der geringen Flüchtigkeit des Schwefeläthers entspricht, spielten aber die Druckverluste besonders in den Ventilen eine zu große, den Wirkungsgrad sehr verschlechternde Rolle. Um dem abzuwehren, mußte mit sehr flüchtigen Flüssigkeiten gearbeitet werden, deren Dämpfe bei Temperaturen von der Höhe der Umgebungstemperatur bereits hohe Drucke ausüben. Dieser Gedankengang führte *Linde* zur Verwendung von Methyläther und dann von Ammoniak. Das Arbeiten mit diesen Stoffen setzte aber voraus, daß es gelang, Maßnahmen zu treffen, um die beweglichen Abschlußorgane der Maschinen wirksam abzudichten. Dies geschah durch Verwendung von gleichzeitig zur Schmierung dienenden Sperrflüssigkeiten (z. B. Glycerin), durch welche die unter Gasdruck stehenden Räume von der Außenluft abgeschlossen wurden, später in sehr einfacher Weise durch Einschaltung einer sog. „Laternen“ zwischen zwei Packungen, nämlich eines Hohlraumes, der mit Sperrflüssigkeit gefüllt wurde und mit dem Verdampfer in Verbindung stand; dabei war also der Kompressionsraum gegen die Sperrflüssigkeit abzudichten, gegen die Atmosphäre nur der Verdampferraum. Die liegende doppeltwirkende Ammoniak-Kompressionsmaschine mit dieser Art der Dichtung ist die in Europa typische Form der modernen Kältemaschine geworden.

Die so erzielte Verbesserung der Kältemaschinen war aber nur der eine Teil der Aufgabe, die sich *Linde* gestellt hatte. Diese umfaßte außer der Kälteerzeugung als ähnlich wichtige technische und industrielle Faktoren auch die Übertragung und Verwendung der Kälte. *Linde* erkannte bald, als die Aufträge zunahmen, die er vor allem durch die Maschinenfabrik Augsburg und die Fabrik der Gebrüder Sulzer in Winterthur ausführen ließ, daß ihm die völlige Lösung der „einzigen und verheißungsvollen“ Aufgabe, zu der er sich besonders berufen fühlte, nicht im Nebenberuf möglich war, und entschloß sich, als ihm das 1878 durch maßgebende Vertreter der Brauereiindustrie nahegelegt wurde, schweren Herzens, vom Lehramt zurückzutreten. Im Jahre 1879 übernahm er, keineswegs unter besonders glänzenden pekuniären Bedingungen, aber zuversichtlich, im Bewußtsein seines thermodynamischen und technischen Könnens, die Vorstand-

schaft der neugegründeten *Gesellschaft für Lindes Eismaschinen*.

Als Leiter dieser Gesellschaft hat er in dem nun folgenden Jahrzehnt eine ungeheure Arbeit geleistet, technischer, organisatorischer, kaufmännischer Art, die an dieser Stelle kaum angedeutet werden kann: Es wurden Kältemaschinen geliefert, Brauereien mit Kühleinrichtungen ausgestattet, Fleischkühl- und Gefrieranlagen gebaut, ferner Kühlanlagen für alle möglichen Nahrungsmittel und chemischen Produkte errichtet. Einen besonders wichtigen Geschäftszweig bildete der Bau von Generatoren zur Eisenerzeugung, deren erste grundlegende Typen *Linde* noch als Hochschullehrer entworfen und ausgeführt hatte, und die Erstellung ganzer Eisfabriken. Zu vielgestaltigen neuen Konstruktionen gab die Förderung der Industrie nach Klareis Veranlassung. Die eigentlich nächstliegende Art der Kälteverwertung dagegen hat sich bis heute nicht einführen können, die Kühlung von Wohnräumen. Diese bietet längst keine technischen Schwierigkeiten mehr; sie stellt sich nach *Lindes* Berechnungen¹⁾ etwa dreimal so teuer als die entsprechende Heizung von Wohnräumen. Man sollte meinen, daß dies in vielen Fällen keine ausschlaggebende Rolle spielen könnte; tatsächlich aber sind bis jetzt nur ganz wenige derartige Hauskühlanlagen gebaut worden. Die Worte, die *Pettenkofer* in den siebziger Jahren an *Linde* schrieb, nachdem er die ersten großen Kühlanlagen in München gesehen hatte: „Was für die gemäßigten und kalten Zonen die Heizung bedeutet, das wird jetzt den heißen Zonen durch die Kältemaschinen gebracht werden“, enthalten auch heute wie damals nur eine Zukunftsaussicht für die Kälteindustrie.

Im Jahre 1890 legte *Linde* die Geschäftsleitung der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen nieder. Er konnte, noch nicht 50-jährig, auf ein reiches Lebenswerk zurückblicken und gedachte nun, glücklich fern von Geschäften, der wieder aufgenommenen Lehrtätigkeit an der Münchener Hochschule und reiner Forschungstätigkeit auf dem Gebiete der tiefen Temperaturen leben zu können. Aber die wissenschaftlichen und technischen Erfolge dieser Tätigkeit und der ihm eigene Drang, in die Weite zu wirken, erwiesen sich auch diesmal als so stark, daß in merkwürdiger Duplizität des Geschehens in einem Menschenleben sich nun in ganz ähnlicher Weise wiederholte, was *Linde* schon einmal erlebt hatte, nämlich daß er sich gezwungen sah, als Industrieller auszubauen, wozu er als Naturforscher den Grund gelegt.

In München hatte mittlerweile auf *Lindes* Anregung und mit Mitteln der Lindegeseellschaft der Polytechnische Verein eine Kälteversuchsstation gegründet und durch eine sachverständige Prü-

¹⁾ C. *Linde*, Wirtschaftliche Wirkungen der Kälte-technik (Vortrag). Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 50, S. 1035, 1906.

fungskommission unter dem Ehrenvorsitz *Zeuners* vergleichende Messungen an Kältemaschinen verschiedener Art begonnen. Im Verfolg dieser Untersuchungen wurden an einer Ammoniak-Kompressionsmaschine Lindescher Bauart, die mit Überhitzung arbeitete, die höchsten Wirkungsgrade nachgewiesen, die je bei exakten Messungen erreicht worden und die wohl auch bis heute nicht übertroffen worden sind. *Linde* hat die Versuchsergebnisse später veröffentlicht¹⁾; danach betrug der Wirkungsgrad dieser Maschinen das Mehrfache des Wirkungsgrades der besten vor dem Jahre 1870, in welchem *Linde* seine Arbeiten aufnahm, bekannten Maschinen. An die Versuche mit der Ammoniakmaschine schlossen sich solche mit einer eigens gebauten Kohlensäure-Kompressionsmaschine²⁾, die den wichtigen Aufschluß ergaben, daß man bisher die Flüssigkeitswärme der Kohlensäure zu groß angenommen hatte. Auch über Versuche an einer mit Stickstoffoxydul betriebenen Kältemaschine hat *Linde* in der gleichen Abhandlung berichtet. Da Stickoxydul bis zu -97°C flüssig bleibt, so erlaubt eine solche Maschine, wesentlich tiefere Kältegrade zu erzielen als die Kohlensäuremaschine³⁾.

Doch *Linde* lockte es, noch sehr viel niedrigere Temperaturen zu erreichen, und so entstand die Arbeit, die seinen schon weit bekannten Namen so populär gemacht hat, die aber auch in ihren Verknüpfungen mit der Physik und ihren Konsequenzen für die Technik *Lindes* wichtigsten Erfolg darstellt: die Verflüssigung der Luft in großem Maßstab. „Die von den Physikern für die Gasverflüssigung angewendeten Verfahren und Hilfsmittel“, bemerkt *Linde* in seinen Aufzeichnungen, „hatten wohl ausgereicht, um an einigen wenigen Orten (Paris, Krakau, London und Leyden) kleine, nach Kubikzentimetern zählende Mengen von Flüssigkeit aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenoxyd zu gewinnen, jedoch erschienen sie nicht geeignet zu einer Verallgemeinerung für den wissenschaftlichen Betrieb, geschweige denn zu Verwertungen in technischer und industrieller Richtung. Noch fehlte ein gangbarer Weg aus dem Laboratorium des Naturforschers in die Werkstatt, und es drängte sich mir das Aufsuchen eines solchen Weges als nächstliegende Aufgabe auf.“ Er berichtet dann, wie er diesen Weg fand.

Die Verflüssigung der Luft nach *Linde* beruht auf der Abkühlung der Gase bei Expansion infolge innerer molekularer Arbeitsleistung. Letztere mag man sich etwa als eine Überwindung der Kohäsionskräfte zwischen den Gasmolekülen⁴⁾

vorstellen. Diese Kräfte sind sehr gering, der Betrag Δ der Abkühlung daher ebenfalls, nämlich nach den im Jahre 1862 von *Thomson* und *Joule* angestellten Beobachtungen:

$$\Delta = a \cdot \left(\frac{273}{T_1}\right)^2 (p_1 - p_2)$$

für den Druckabfall von p_1 auf p_2 kg/cm² bei der absoluten Anfangstemperatur T_1 . Da von *Thomson* und *Joule* $a = 0,27$ gefunden wurde, so ergäbe dieser Effekt bei einem Anfangsdruck $p_1 = 5$ at, wie er früher in Kaltluftmaschinen wohl üblich war, eine Abkühlung von nur 1°C . Er schien also für besonders tiefe Abkühlung oder gar Verflüssigung der Luft nicht in Betracht zu kommen. *Linde* aber, ein gleich scharfsinniger Physiker wie kühner Techniker, bedachte, daß man mit gleichem äußeren Arbeitsaufwand (der

bekanntlich dem Verhältnis $\frac{p_1}{p_2}$ proportional ist)

von $p_2 = 25$ auf $p_1 = 125$ at komprimieren könne, wie von 1 auf 5 at. Im ersteren Fall wäre aber der Kühleffekt durch innere Arbeit etwa 27° gegen 1° im letzteren Falle. Ferner war der Effekt noch durch Vorkühlung beträchtlich zu steigern, da er dem Quadrat der Temperatur T_1 umgekehrt proportional ist. Die Vorkühlung erzielte *Linde* durch einen Gegenstromapparat⁵⁾, bei dem die entspannte und abgekühlte Luft der neu zuströmenden komprimierten Luft entgegengeführt wird⁶⁾, wodurch bis zu einem durch die Kälteverluste des Apparates bedingten Gleichgewichtszustande eine sich dauernd steigernde Kühlung erzielt wird.

Schon im Mai 1895 konnte *Linde* Vertretern der Wissenschaft und Technik eine nach diesem Verfahren gebaute Luftverflüssigungsmaschine vorführen, die im Dauerzustand stündlich 3 l flüssige Luft ergab, und bei der 36. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure in Aachen im gleichen Jahre wurde das Verfahren durch einen Vortrag von *M. Schröter* veröffentlicht.

Die Verflüssigung der Luft ist nicht die einzige Ausbeute, die von *Linde* aus dem winzigen Thomson-Joule-Effekt gewonnen wurde; ebenso bewundernswert sind die rein wissenschaftlichen Folgerungen, die er aus der Formel von *Thomson* und *Joule* gezogen hat. In einer kurzen Abhandlung⁷⁾ hat *Linde* nämlich im Jahre 1897 zuerst die Beziehung aufgestellt, die zwischen dem Thomson-Joule-Effekt und der spezifischen Wärme der Gase besteht, und die gestattet, die eine dieser beiden thermodynamischen Größen aus

¹⁾ C. *Linde*, Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Münchener Kälteversuchstation. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 47, S. 1071, 1903.

²⁾ Die Lindegesellschaft hat später Athan statt Stickoxydul verwendet.

³⁾ s. z. B. O. E. *Meyer*, Die kinetische Theorie der Gase, 2. Aufl., S. 109 ff. Breslau, Maruschke & Brendt, 1899.

⁴⁾ Das Gegenstromprinzip war schon lange vorher, 1857, durch *William Siemens* (ohne Bezug auf Luftverflüssigung) in einer englischen Patentschrift angegeben worden; es war aber nichts davon in die Literatur gedrungen.

⁵⁾ natürlich durch Rohrwände von dieser getrennt.

⁶⁾ C. *Linde*, Über die Veränderlichkeit der spezifischen Wärme der Gase. Sitzungsber. d. k. bayer. Ak. d. Wiss. 27, S. 485, 1897.

der anderen abzuleiten. Die einfache Lindesche Formel lautet:

$$c_p = c_{p_0} \left(1 - \frac{d\Delta}{dT} \right).$$

Δ bedeutet dabei die Abkühlung bei adiabatischer Drosselung vom Druck p auf den Druck p_0 , c_p und c_{p_0} sind die spezifischen Wärmen konstanten Druckes p bzw. p_0 . Gleich damals stellte *Linde* auf Grund dieser und der Thomson-Jouleschen Formel fest, daß c_p mit dem Druck wächst, und zwar um so mehr, je niedriger die Temperatur ist; er hat ferner Zahlenwerte der spezifischen Wärme der Luft für verschiedene Drucke zwischen $+100^\circ$ und -100° errechnet, die weit abwichen von den einzigen damals vorhandenen direkten Beobachtungen *S. Lussanas*, aber später durch quantitative Versuche¹⁾ bestätigt wurden. Auch die kritische Temperatur der Luft konnte er mit guter Annäherung aus seiner Formel ableiten; sie ergab sich dabei zu -136° , während sie in Wirklichkeit -140° beträgt. Und endlich schloß *Linde* aus Luftverflüssigungsversuchen unter Anwendung von Drucken bis 250 at, daß der Koeffizient a der Thomson-Jouleschen Formel keine Konstante sei, sondern mit zunehmendem Druck abnehme. Auch dies ist durch die von *Linde* angeregten, von *Vogel* und von *Noell*²⁾ ausgeführten Versuche später quantitativ nachgewiesen worden. Der besprochene, wahrhaft klassische Akademiebericht enthält eben fast alles, was man über den Zusammenhang zwischen Thomson-Joule-Effekt und spezifischer Wärme c_p thermodynamisch schließen kann und hat die Resultate späterer Untersuchungen mindestens qualitativ vorweggenommen. —

Wir kehren nach dieser Abschweifung ins rein wissenschaftliche Gebiet zu den praktischen Konsequenzen der Luftverflüssigung zurück. *Linde* hat schnell und klar die sämtlichen Anwendungsmöglichkeiten der flüssigen Luft erkannt. Abgesehen davon, daß der Physik, Chemie und Medizin das bequeme Experimentieren bei Temperaturen bis etwa -200° C ermöglicht wurde, hat sich als besonders fruchtbar erwiesen die Gewinnung von Sauerstoff und Stickstoff durch fraktionierte (d. i. getrennte) Verdampfung. Diese beruht darauf, daß die Luft ein Gemisch von Gasen verschiedenen Siedepunktes ist. Der in ihr enthaltene Sauerstoff verdampft bei -183° , der Stickstoff bei -196° ; letzterer ist also flüchtiger, und die flüssige Luft wird allmählich sauerstoffreicher, ihr Verdampfungsprodukt ist stickstoffreicher. Der bereits erwähnte erste Bericht über die Luftverflüssigung, den Prof. *Schröter*

erstattete, war betitelt: *Lindes Verfahren der Sauerstoffgewinnung mittels verflüssigter Luft*³⁾. In diesem Titel ist schon ein Teil des Programms enthalten, dessen Ausführung *Linde* nun in Angriff nahm, nämlich Gase aus verflüssigten Gasgemischen darzustellen. Aus diesem Programm entwickelte sich im Laufe der letzten 20 Jahre unter der Führung der Lindegesellschaft und unter Leitung deren neuer „Abteilung für Gasverflüssigung“ durch *Linde* selbst, der damit wieder ins industrielle Leben gerissen wurde, eine Kältetechnik sehr tiefer Temperaturen von vielleicht noch größerer Bedeutung, als die Kältetechnik mäßig tiefer Temperaturen gewesen war und heute noch ist.

Es liegt nun nahe, zu fragen, ob denn die erwähnte Art der Gasdarstellung wirtschaftlich ist. Dies scheint nicht der Fall zu sein, wenn jedes Gasgemisch mit großem Arbeitsaufwand verflüssigt werden muß, ehe man zur Trennung schreiten kann. Geling es nicht, diesen Arbeitsaufwand zu vermeiden, so war die Trennung der Gase zwar ein physikalisch interessantes Experiment, aber wirtschaftlich nicht zu brauchen. Wiederum erkannte *Linde* im Gegenstromprinzip das Mittel, das zum Ziele führte. Er verwendete nach Verflüssigung eines gewissen Luftquantums den aufsteigenden Dampf zur Abkühlung und Verflüssigung der frisch zuströmenden Luft und erhielt so einen Verflüssigungs- und Verdampfungsprozeß, bei dem nur die Kälteverluste zu decken waren. Auf diese Weise gelang es zunächst, sauerstoffreiche Gemische ziemlich wirtschaftlich herzustellen. *Linde* hat natürlich sofort auch quantitativ die Zusammensetzung der Gemische festgestellt²⁾, und dabei gefunden, daß, um sehr sauerstoffreiche Gemische zu erhalten, ein großes Quantum der Flüssigkeit zuerst wegverdampfen muß, die Wirtschaftlichkeit also aus diesem Grunde zu gering wird. Aber auch diese Schwierigkeit wurde überwunden durch das sog. Rektifikationsverfahren, das „praktisch reinen“ Sauerstoff zu erzeugen gestattet. In einem zylindrischen, zur Erzielung großer Oberflächen z. B. mit Glasperlen ausgefüllten Gefäß, der „Rektifikationssäule“, rieselt Luft herab; ihr strömt Sauerstoff entgegen, welcher sich vermöge seines höheren Siedepunktes kondensiert und dann herabfließt, während der durch die freiwerdende Kondensationswärme verdampfte Stickstoff oben mit noch etwa 7 % Sauerstoffgehalt abgeführt wird. *Linde* konnte über dies Verfahren auf der 43. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure zu Düsseldorf im Jahre 1902 ausführlich berichten³⁾, und die Lindegesellschaft war

¹⁾ *L. Holborn* und *M. Jakob*, Über die spezifische Wärme c_p der Luft zwischen 1 und 200 Atmosphären. Sitzungsber. d. k. preuß. Ak. d. Wiss. 1914, S. 213. *F. Noell*, Die Abhängigkeit des Thomson-Joule-Effektes für Luft von Druck und Temperatur bei Drücken bis 150 at und Temperaturen von -55° bis $+250^\circ$ C. Forschungsarb. a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens. Heft 184, S. 1. 1916.

²⁾ *M. Schröter*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 39, S. 1157, 1895.

³⁾ *C. Linde*, Über Vorgänge bei Verbrennung in flüssiger Luft. Sitzungsber. d. k. bayer. Ak. d. Wiss., 29, S. 65, 1899.

⁴⁾ *C. Linde*, Sauerstoffgewinnung mittels fraktionierter Verdampfung flüssiger Luft. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 46, S. 1173, 1902.

nun in der Lage, sauerstoffreiche Gemische und fast völlig reinen Sauerstoff in großen Mengen zu liefern.

Als wichtigstes Anwendungsgebiet des Sauerstoffs kam zunächst das Schweißen und Schneiden mit Stichflammen in Betracht, dann aber auch das Sprengen. *Linde* hat schon 1897 ein Patent angemeldet, in welchem angegeben war, daß ein Gemisch aus flüssiger Luft, die durch Verdampfen von Stickstoff sehr sauerstoffreich geworden, mit oxydierbaren Substanzen, wie Holzkohle, sich ähnlich wie Dynamit verhält. Versuche, welche die gewaltige Sprengwirkung des „Oxyliquit“ genannten Sprengstoffes erwiesen, hat *Linde* in dem bereits erwähnten Akademiebericht (s. S. 421, Fußnote 2) beschrieben. Die Möglichkeit der Verwendung der flüssigen Luft zu Sprengzwecken hat seinerzeit großes Aufsehen erregt. Der Sprengstoff konnte sich jedoch zunächst nicht recht einführen, wohl hauptsächlich wegen der Abnahme der Sprengkraft, die durch die Verdampfung der Flüssigkeit in der Sprengpatrone vor dem Abschluß bedingt ist. Erst im Laufe des Krieges hat sich, wie *Linde* mitteilt, ein ungeheurer Bedarf flüssigen Sauerstoffs für Sprengzwecke, besonders im Bergbau, geltend gemacht, der durch große Neuanlagen zu decken war. Die damit erzielten Erfolge lassen *Linde* die Verwendung des flüssigen Sauerstoffs zu Sprengzwecken auch für die Friedenszeit erhoffen¹⁾.

Während zunächst die Industrie nur reinen Sauerstoff verlangt hatte, trat bereits im Jahre 1904 auch das Bedürfnis nach reinem Stickstoff in der chemischen Industrie zutage. Der im Rektifikationsverfahren gewonnene Stickstoff von 7 % Sauerstoffgehalt (s. S. 421) war also noch zu reinigen. Durch besondere Anordnungen der Fraktionier- und Rektifikationskolonnen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, gelang auch diese Aufgabe. Zum Glück unseres Landes; denn gerade im Krieg hat auch die Stickstoffproduktion eine ungeahnte Bedeutung erlangt. Es sind sowohl für die Munitionserzeugung als für Düngungsmittel außerordentliche Mengen Stickstoffverbindungen nach den verschiedenen neueren Verfahren herzustellen. *Linde* berichtet von Anlagen, die stündlich viele tausend Kubikmeter

Stickstoff nach seinem Verfahren aus der atmosphärischen Luft gewinnen; durch deren Weiterverarbeitung werden größere Mengen Stickstoffverbindungen herzustellen sein, als der früheren Einfuhr von Chilisalpeter entsprach. Bei einem Verfahren, bei dem der Stickstoff durch Sauerstoffzufuhr oxydiert wird, werden auch Tausende Kubikmeter Sauerstoff in einer Stunde der Luft beigemischt, um die Ausbeute des Flammenofens zu erhöhen.

Zu der Darstellung von Sauerstoff und Stickstoff im großen ist endlich auch noch die Gewinnung von Wasserstoff aus dem Wassergas durch „partielle Kondensation“ nach dem „Linde-Frank-Caro-Verfahren“ getreten. Es soll hier nur erwähnt werden, daß dabei die im Wassergas enthaltene Kohlensäure in Wasser unter Druck absorbiert, das Kohlenoxyd verflüssigt wird und der gasförmige Wasserstoff übrig bleibt. Auch dieses Verfahren hat bereits in größtem Maßstab für Ammoniakbereitung Verwendung gefunden.

Abgesehen von den im Obigen kurz dargestellten physikalisch-technischen Arbeiten, die in der Kälteversuchsstation in München begonnen und in einer im Jahre 1901 errichteten Versuchsstation in Höllriegelskreuth bei München fortgesetzt wurden, war natürlich jetzt wieder eine Unsumme industrieller und kaufmännischer Arbeit zu leisten; es war insbesondere für die Herstellung und den Vertrieb des Sauerstoffes eine viele Länder umspannende Organisation zu schaffen. Ferner mußten in jahrelangen Rechtskämpfen die neuen Patente verfochten werden. *Linde* hatte somit — wenn auch durch bewährte Mitarbeiter unterstützt — eine ungeheure Arbeitslast zu tragen.

Dennoch fand er noch die Kraft und Zeit zu einer regen Tätigkeit außerhalb seines Hauptwirkungsbereiches. So ist er seit Jahrzehnten eines der bedeutendsten und tätigsten Mitglieder des Vereins deutscher Ingenieure, er ist einer der Gründer und der Vorsitzende des Bayerischen Dampfkesselrevisionsvereins, Mitglied der Kgl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften und einer der Stifter des Deutschen Museums in München. Mehreren physikalisch-technischen Forschungsinstituten hat er seine Erfahrung, seine Arbeitskraft, seine Mittel und seinen Einfluß zur Verfügung gestellt: Er gehört seit 1895 dem Kuratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und seit 1899 dem Kuratorium der Jubiläumstiftung der deutschen Industrie¹⁾ an und war im Jahre 1898 hervorragend beteiligt an der Gründung der Göttinger Vereinigung für angewandte Physik und Mathematik. Um die Technische Hochschule München, die ihm schon, wie erwähnt, die Gründung des Laboratoriums für theoretische Maschinenlehre

¹⁾ Diese Hoffnung dürfte nicht enttäuscht werden. Im Berliner Bezirksverein des Vereins deutscher Ingenieure hat Bergassessor *Lisse* vor wenigen Tagen (am 6. 6. 17) einen Vortrag über „Die flüssige Luft und ihre Verwendung als Sprengmittel“ gehalten. Danach stellen sich die Sprengkosten mit flüssiger Luft im Bergbau heute viel niedriger, als die äquivalenten Kosten für andere Sprengmittel im Friedensjahr 1913 betragen. Die Verwendung des flüssigen Sauerstoffs zur Sprengung bemißt sich bereits nach vielen Tausenden Tonnen, die Ersparnis an Sprengkosten nach vielen Millionen Mark. Nach den Angaben des Vortragenden dürfte der größte Teil der gesamten bisherigen Sprengstoffherzeugung durch die Erzeugung flüssigen Sauerstoffs auch im Frieden ersetzt bleiben.

¹⁾ Seiner Anregung in diesem Kreis entsprang z. B. die Gründung der Versuchsanstalt für Luftschrauben in Lindenberg, welche später (1912) der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt überwiesen wurde.

verdankte, hat er sich bei der Errichtung des Laboratoriums für technische Physik im Jahre 1902 nicht weniger verdient gemacht. *Linde* hatte stets die Ansicht verfochten, daß gewisse physikalische Untersuchungen nur durch das Zusammenwirken von Physiker und Maschineningenieur erfolgreich gelöst werden können. Dem Laboratorium für technische Physik, das solcher Gemeinschaftsarbeit gewidmet ist, hat er viele Jahre lang die Räume der Kälteversuchsstation in München nebst Einrichtung überlassen, er hat — dem Laboratoriumsvorstand, dem Physiker Prof. *Oscar Knoblauch*, als technischer Beirat zur Seite gestellt — wichtige Versuche¹⁾ angeregt und dem Laboratorium die Mittel zu diesen Versuchen aus Kreisen und Stiftungen der Technik verschafft.

Der physikalisch-technischen Forschung, der Wurzel seiner Erfolge, gehört *Lindes* stärkstes Interesse bis auf den heutigen Tag. Die vorbildliche Vereinigung von Physiker und Techniker sah er in *Victor Regnault*. Er selbst aber ist über sein Vorbild hinausgewachsen; denn zu den Forschungseigenschaften *Regnaults* fügten sich in ihm die Qualitäten des Erfinders und des Kaufmanns. So verkörpert er einen neuen Typ unseres technischen Zeitalters, den wir in gleicher Vollkommenheit nur noch in *Werner Siemens* vor uns sahen, die Personalunion des Naturforschers, Technikers und Industriellen. Ein Unternehmertum wie das von *Linde* (oder das von *Siemens*), dem die wissenschaftlichen Grundlagen seiner Erfolge stets ebensoviel und mehr galten als die Erfolge selbst, mußte freibleiben von allem „Amerikanismus“; es behielt wesentlich deutsche Züge. Zu diesen rechne ich auch, daß *Linde*, so sehr er in seiner wissenschaftlich-technischen Tätigkeit aufging, doch selbst *darin* nicht unterging. Aus der Zeit, da er — ein Gymnasiast — für „höheres Menschentum“ glühte, da er — ein Jüngling — das Glück hatte, zu Männern wie *Billroth*, *Brahms*, *Gottfried Keller*, *Fr. Th. Vischer* in persönliche Beziehungen zu treten, hat er durch alle Fährnisse des Berufslebens die Seele bewahrt: Im Streben nach Naturerforschung und Naturbeherrschung hat er nicht die Freude an naiver Naturbetrachtung verloren, bei aller wissenschaftlichen Arbeit nicht die Genußfähigkeit für Werke der Kunst, besonders der Musik, verlernt, und über der Liebe zu seiner Familie nicht der allgemeinen Liebe zu den Menschen vergessen. Dem Bild des Lebens und Wirkens dieses Mannes, das der Verfasser zu entwerfen bemüht war, fehlte ein nicht unwesentlicher Zug, wenn diese Eigenschaften ganz unerwähnt blieben. —

Zu *Lindes* 75. Geburtstag aber sei auch hier der Wunsch ausgesprochen, es möge ihm vergönt sein, sich seines für Naturwissenschaft, Technik und Volkswirtschaft gleich ersprißlichen Le-

benswerkes noch viele Jahre zu freuen, und daß ihm die Frische erhalten bleibe, es noch zu fördern und zu mehren, wie bis heute. Dem Vaterlande aber mögen nie Männer fehlen, wie *Carl von Linde*!

Besprechungen.

Foerster, Karl, Vom Blütengarten der Zukunft. Das neue Zeitalter des Gartens und das Geheimnis der veredelten winterfesten Dauerpflanzen. Ausstattung, Drucküberwachung und Einband durch Prof. *F. H. Ehmcke* (München). 161 S., 36 ganzseitige Schwarzweißbilder und 10 nach farbigen Aufnahmen hergestellte Vierfarbdrucktafeln. Quartformat. Berlin, Frickeverlag, 1917. Preis kart. M. 4,—, geb. M. 6,—.

Der Verfasser will Freunde für den „neuen“ Blütengarten werben, d. h. den mit Stauden gefüllten, der einen überraschend geringen Aufwand an gärtnerischer Arbeit mit unerhörter Fülle farbiger Gentüße lohnt. Poetisch beschwingtes Wort und die geschmackvolle Auswahl hervorragend schöner farbiger Abbildungen sollen zu einem Versuch ermutigen und namentlich den „Menschen in den Lazaretten und Gefangenenerlagern, denen dieses Buch zugeeignet ist“, die Wege zum Genuß der Garten- und Blütenwelt weisen. *Foerster* führt Klage über die unverdient geringe Beachtung, welche die neuen Formen, mit welchen die letzten 10 bis 15 Jahre bekannt gemacht haben, bei den Gartenfreunden bisher finden und die allzu geringe Auswertung des „Blütengartens der Zukunft“ seitens der Künstler — nicht nur der Gartenkünstler. Sehr beachtenswert ist, was der Verfasser über die Bepflanzung des — in bescheidenen bürgerlichen Maßen gehaltenen — „architektonischen“ Gartens sagt; allerdings empfiehlt er — wohl um seinen Lieblichen zu gesteigerter Wirkung zu verhelfen —, wenn irgend möglich, nie den ganzen Garten nur dem „regelmäßigen“ oder nur dem „naturgemäßen“ Stil zu unterwerfen. Wiederholt kommt Verfasser auf die richtige Kombination der Farben zu sprechen und gibt viele Proben für wirkungsvolle Zusammenstellungen.

E. Küster, Bonn.

Stoklasa, J., Das Brot der Zukunft. Jena, Gustav Fischer, 1917. IX, 189 S., 7 Tafeln und 1 Fig. Preis M. 6,—.

„Das Brot“, sagt der Verfasser, „ist wieder etwas Lebendiges geworden, etwas Gegenständliches, seitdem man sich um sein Schicksal sorgt wie um das eines lebendigen Menschen“, und die Brotfrage ist eine der dringlichsten, die die Zeit uns stellt. *Stoklasa* beleuchtet sie vom botanischen, technischen, volkswirtschaftlichen und namentlich vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus. Mit besonderer Berücksichtigung der in Österreich-Ungarn vorliegenden Verhältnisse werden die Produktion und der Import erläutert, die verschiedenen Kriegsbrotarten und Zusatzmehle behandelt (Hafer, Mais, Kartoffel, Edelkastanie, Eichel, Luzernenhheu u. a.). Das „Brot der Zukunft“ sieht der Verfasser in einem nach *Finklers* Prinzipien hergestellten „Finalmehl“-Brot: Finalmehl enthält bis 17 % Rohprotein, 5,66 % Fett, 50,32 % Stärke, 9,50 % Zellulose, 9,16 % Reinasche (4,14 % Phosphorsäureanhydrid). Die Bedeutung der „biogenen“ Elemente P, S, Cl, Fl, K, Na, Mg und Fe erläutert Verfasser eingehend; bei der Beurteilung der Bedeutung des

¹⁾ so die Bestimmung des spezifischen Volumens und der spezifischen Wärme des überhitzten Wasserdampfes und die des Thomson-Joule-Effektes für Gase.

Kaliums für den menschlichen Organismus stützt er sich auf die Ergebnisse pflanzenphysiologischer Untersuchungen: die Bedeutung der K-Ionen liege in ihren Beziehungen zum Atmungsprozeß der Zelle. Außer durch hohen Aschegehalt wird das Finalmehl durch seinen Reichtum an Fermenten ausgezeichnet.

E. Küster, Bonn.

Plüger, R., Die Meeresalgen. G. Lindau, Kryptogamenflora für Anfänger. 4. Bd., 3. Abt. Berlin, J. Springer, 1916. V, 29 und 125 S. und 183 Figuren. Preis M. 5,60.

In dieser Abteilung der Kryptogamenflora werden die Rot- und Braunalgen beschrieben, nachdem die z. T. auch im Meere vorkommenden Grünalgen in der dritten erledigt worden sind. „Das berücksichtigte Gebiet umfaßt die Ostsee und Nordsee, soweit die deutschen Küsten reichen, und das Adriatische Meer in seinen nördlichen Teilen.“ Der deutsche Sammler wird also das finden, was er braucht. Der eigentlichen systematischen Übersicht gehen Abschnitte voraus über die Verbreitung der Meeresalgen unter Berücksichtigung der Standorts- und Wasserverhältnisse, über die Organisation des Algenkörpers, die Fortpflanzung der Braun- und Rotalgen, den Generationswechsel und das Sammeln und Bearbeiten der Meeresalgen. Vermißt werden Angaben über Kulturversuche und die Physiologie der Meeresalgen. Bei den Bestimmungstabellen werden teilweise von dem Aufbau oder der physikalischen Beschaffenheit des „Sprosses“ hergenommene Merkmale verwendet. Das Büchlein scheint recht brauchbar zu sein.

E. G. Pringsheim, Halle.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

Niederschlag, Abfluß und Wasseraufnahme des Bodens. — Vorführung einiger neuer Instrumente zur Wind- und Höhenmessung. — Über die Ausbreitung des Schalles in der Atmosphäre.

In der Sitzung vom 3. April sprach Prof. Dr. **Karl Fischer** über **Niederschlag, Abfluß und Wasseraufnahme des Bodens**. Die Abflußmenge der Flüsse setzt sich aus Abfluß auf der Erdoberfläche und Speisung aus Grundwasser zusammen. Der Oberflächenabfluß nimmt bei unseren Flüssen im allgemeinen nur Tage oder Wochen in Anspruch. Nur auf ihn angewiesen, würden bei längerer Trockenheit also nicht nur kleine Gerinne, sondern auch unsere Hauptströme versiegen. Hiervor schützt sie die Grundwasserspeisung. In dieser können noch Niederschläge wirksam sein, die vor mehr als Jahresfrist gefallen sind. Sie ist deshalb nur langsamen Schwankungen unterworfen und bildet gleichsam den Grundstock der Wasserführung, auf den sich der von Tag zu Tag veränderliche Oberflächenabfluß aufsetzt.

Die Veränderungen, die der Durchgang des Wassers durch den Boden in den Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß hervorruft, hat **Halbfaß** nach dem Unterschiede zwischen dem Abflußverhältnis des Winters und dem des Sommers bemessen wollen. Daß im Sommer (Mai/Okt.) trotz größerem Niederschlag weniger abfließt als im Winter (Nov./April), führt er also darauf zurück, daß im Sommer soviel Wasser, wie zur Erreichung des mittleren Abflußverhältnisses des Gesamtjahres fehlt, vom Boden verschluckt wird, worauf diese Menge im Winter an die Flüsse abge-

geben wird und hierdurch das Abflußverhältnis über, das des Gesamtjahres hebt (Naturwiss. Wochenschr. 1916, Nr. 43). Dies kann aber schon deshalb nicht zutreffen, weil das Grundwasser bei uns im allgemeinen im Winter steigt und im Sommer fällt. **Halbfaß** hat außer acht gelassen, daß im Sommer ein weit größerer Bruchteil des Niederschlages verdunstet als im Winter, zumal wenn der Wasserverbrauch der Pflanzen in die Verdunstung einbezogen wird. Wenn man den jährlichen Gang der Verdunstung berücksichtigt, indem man das von **Penck** für Böhmen benutzte Verfahren (Geogr. Abh. Bd. 5, H. 5, Wien 1896) auf andere Flußgebiete ausdehnt, so ergibt sich, daß im Landklima Mitteleuropas der Boden allgemein erst gegen den Herbst hin Wasser aufzuspeichern beginnt, das dann von Februar oder März ab den Flüssen zugute kommt. „In der kühlen Jahreszeit füllen sich die Grundwasseransammlungen und Quellgänge, welche in der warmen die Flüsse speisen“ (**Penck**). Die Schneeaufspeicherung ist hierbei zur Wasseraufnahme des Bodens hinzugerechnet.

Am einfachsten werden alle Beziehungen von **Brückners** Standpunkt aus, wonach die Flußgebiete im wesentlichen nur so viel Niederschlag von außen empfangen, wie die Flüsse wieder ausführen, während die überschießenden Mengen größtenteils dem sich erst im Gebiet selbst entwickelnden „kleinen Kreislauf“ entstammen, dessen Niederschläge keine wirkliche Einnahme für den Wasserhaushalt der Flußgebiete bilden, sondern gleichsam nur durch dessen Kasse hindurchgehen. Dieser kleine Kreislauf ist aber im Sommer, wie die Gewitter- und Platzregen beweisen, viel lebhafter als im Winter. Die Niederschläge des Sommers haben also einen weit kleineren Abflußwert als die des Winters. (Die Naturwissenschaften 1916, H. 23, S. 309 bis 315.) Von diesen Erwägungen aus wird man **Ules** Meinung, **Penck** habe die Sommerversdunstung zu hoch veranschlagt, kaum teilen können. (Ule, Niederschlag und Abfluß in Mitteleuropa. Forschgen. z. deutsch. Landes- u. Volkskde. Bd. 14, H. 5.)

Daß **Pencks** Verfahren die Zeiten überwiegender Wasseraufnahme oder -abgabe des Bodens zutreffend ergibt, wird bestätigt durch das Verhalten der Wasserstände im Kreislauf des Jahres, namentlich durch die Verteilung und Abstufung der Niedrigwasser, ferner durch die Beobachtungen über die Versickerung und den Wasserverbrauch der Pflanzen, der in der Zeit des Wachstums durch die bloßen Regenmengen kaum gedeckt wird, auch durch die Zerlegung des Abflusses in Oberflächenabfluß und Grundwasserspeisung. (**Wundt**, Niederschlag und Abfluß, speziell im oberen Neckargebiet, Jahreshefte d. Ver. f. Vaterl. Naturkde. in Württemberg 1910.)

Die Wassermenge, die sich in der Aufspeicherungszeit im Erdboden ansammelt und in den folgenden Monaten in die Flüsse übergeht, scheint im Landklima Mitteleuropas meist $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der jährlichen Abflußmenge zu betragen.

In der Sitzung am 8. Mai zeigte und erklärte Professor Dr. **von dem Borne** einige **Instrumente zur Messung der Höhenänderungen in Luftfahrzeugen** kurz Variometer genannt — und **einige Windmesser**. Variometer für Luftfahrzwecke hat man bisher mit Flüssigkeitsmanometern versehen; es ist dem Vortragenden gelungen, sie zu Zeigerinstrumenten mit Membranen nach Art der Aneroide umzuwandeln. Stahlplatten haben hierfür zu große Trägheit, aber durch organische Membrane, welche mit Federstahl gekuppelt sind, läßt sich

genügende Empfindlichkeit erzielen. Temperaturwirkungen werden durch eine doppelte Hülle aus isolierenden Materialien ausgeglichen.

Die Windmesser sind nach dem Staurohrprinzip gebaut; sie haben die Form eines neuzeitlichen Luftschiffes mit einer Öffnung vorn zur Aufnahme des dynamischen Druckes und einem seitlichen Ringschlitz für die Messung des statischen Druckes. Die Beziehung zwischen dem Druck p in mm Wassersäule und der Windgeschwindigkeit v in km/Stunde lautet für diese Instrumente

$$p = v^2/200.$$

Der Einfluß der Luftdichte läßt sich durch Benutzung verschiedener Skalen berücksichtigen oder durch eine Kompensation gegen Luftdruck beseitigen. Die Windfahne ist ganz kurz mit nach oben stehendem Flügel, um die Masse möglichst dicht an der Drehachse zu vereinigen, um also die Schwingungsdauer und damit das Trägheitsmoment zu verkleinern. Die Verbindung zwischen Staurohr und Zuleitungsrohr ist nicht durch Quecksilber, sondern durch eine eigenartige Stopfbüchse abgedichtet. Zur Aufzeichnung werden Variometer der vorher beschriebenen Form, jedoch von wesentlich geringerer Empfindlichkeit benutzt. Durch Verkleinerung des messenden Systems und Verwendung gleichartiger Materialien ist eine Temperaturkompensation so gut wie vollkommen erreicht; zur Eichung und für besonders feine Messungen ist ein Thermostat mit zwei doppelwandigen Gefäßen, deren Hohlraum evakuiert wird, gebaut. Ein Geschwindigkeitsmesser mit zwei Membranen hat sich in Flugzeugen bewährt. Das Diagramm zur Aufzeichnung der Geschwindigkeit hat eine empirische Teilung; Anschläge für den Schreibhebel reduzieren gewissermaßen das Verhältnis zwischen Druck und Quadrat der Geschwindigkeit. Zum Schluß wurde noch ein zum Eichern benutztes Mikromanometer mit verschieden einstellbaren Neigungen gezeigt. Bei den bisherigen Instrumenten dieser Art ändert sich der Nullpunkt, wenn man die Größe der Übersetzung ändert; der Vortragende hat diese Unbequemlichkeit dadurch vermieden, daß der Drehpunkt des Manometerschenkels in die horizontal liegende Achse des zylindrisch geformten Vorratsgefäßes verlegt ist.

In einer zweiten Mitteilung besprach Professor *van dem Borne* seine schon im Jahre 1910 vorgetragene Theorie über die **Ausbreitung des Schalles in der Atmosphäre** (Phys. Zeitschr. 11, 483, 1910). Die Erscheinung, daß sich in der Nähe der Schallquelle ein unregelmäßig begrenztes Gebiet normaler Hörweite und außer diesem ein sehr viel ausgedehnteres, durch die „Zone des Schweigens“ getrenntes Gebiet abnormaler Hörweite ausbildet, kann nach dem Vortragenden durch Schallbrechung infolge vertikaler Temperaturverteilung, Änderung der Windgeschwindigkeit oder Totalreflexion nicht genügend erklärt werden, sondern es müssen die Geschwindigkeitsunterschiede der Schallstrahlen berücksichtigt werden, welche eintreten, wenn sich das Molekulargewicht der Luft ändert. In den unteren Luftschichten, in denen die Temperatur nach oben abnimmt und das Molekulargewicht praktisch konstant bleibt, sind die Schallstrahlen nach oben konvex; in den oberen Schichten aber nimmt der Partialdruck der leichten Gase, namentlich Wasserstoff, im Verhältnis zum Gesamtdruck zu, das Molekulargewicht sinkt, die Schallgeschwindigkeit wird größer und die Schallstrahlen krümmen sich nach unten. Der Vortragende wünschte seine Auffassung lediglich als Arbeitstheorie betrachtet zu wissen und verzichtete auf die Erörterung, inwieweit sie bei der Erklärung der

natürlichen Vorgänge eine Rolle spielt; es schien ihm aber wichtig, zu zeigen, daß sich seine früheren Betrachtungen dahin erweitern lassen, aus der beobachteten abnormalen Hörweite des Schalles die Wasserdampfkonzentration an der Erdoberfläche zu berechnen.

Deutsche ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 7. Mai d. J. im Architektenvereinshaus zu Berlin gedachte Professor *Schalow* des verstorbenen Sanitätsrats Dr. *Horst Brehm*, eines Sohnes des großen Naturforschers. *Horst Brehm* ist in früherer Zeit Mitglied der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft gewesen. Herr Dr. *Helfer* hielt einen Vortrag über **die Kläranlagenfauna und ihre Bedeutung, mit besonderer Berücksichtigung der Vogelwelt**. Der Vortragende gab zunächst eine eingehende Schilderung von dem Zweck und dem Wesen der Kläranlagen, die in Rieselfeldern, Fischteichen oder besonderen Reinigungsbecken bestehen. In den Kläranlagen treten Insekten, Würmer und Schnecken in gewaltigen Mengen auf, und zwar hauptsächlich Mücken, Schmetterlingsfliegen (Psychodaarten), Regenwürmer und Nacktschnecken (Limaxarten). So üben die Kläranlagen eine große Anziehungskraft auf die Vogelwelt aus, die infolgedessen sehr zahlreich vertreten ist. Im ganzen beobachtete der Vortragende bisher 72 Vogelarten an den Kläranlagen, unter denen die Singvögel, besonders Rotschwänzchen, Rotkehlchen, Grasmücken, Fliegenfänger, Bachstelzen, Viehstelzen, Zaunkönig, Star, Amsel, Meisen, Schwalben, Pieper, Ammern und Finkenarten die Hauptrolle spielen. Von anderen Vögeln sind hervorzuheben: Fasan, Rebhuhn, Birkhuhn, Stockente, Gans, Lachmöwe, Kranich, Bekassine, Flußregenpfeifer, Sumpfroheule, Steinkauz, Fischadler, schwarzer Milan, Turmfalk. Das reiche Vogelleben lockt gefiedertes und vierbeiniges Raubzeug an, so daß Sperber, Krähe, Elster, Dohle, Eichelheher sowie Iltis und Wiesel häufig in der Umgebung der Kläranlagen angetroffen werden. Besonders günstige Nahrungsplätze für insektenfressende Vögel bieten die Becken, in denen das Voreinigungsverfahren stattfindet. Hier bildet sich an der Oberfläche eine starke Schlammdecke, die von Würmern und Insekten wimmelt und für Vögel bis Krähengröße tragfähig ist. Im Winter frieren die Klärbecken infolge der bei dem organischen Reinigungsprozeß entstehenden Wärme nicht zu, was den Vögeln zu großem Vorteil gereicht. Der Vortragende wies ferner darauf hin, daß durch Anpflanzen von Vogelschutzgehölzen die Bedeutung der Kläranlagen für die Vogelwelt noch wesentlich erhöht werden kann. Solche Anpflanzungen haben zugleich den Vorteil, daß brachliegendes Gelände ausgenutzt und die Geruchsbelästigung und dem Auge des Publikums entzogen werden, sowie die Insektenplage infolge der sich zahlreich ansiedelnden Singvögel verringert wird. In Hamburg sind bereits die Kläranlagen mit Vogelschutzgehölzen bepflanzt worden. In Eberswalde und München-Gladbach sind derartige Anlagen beschlossen worden, die nach dem Kriege zur Ausführung gelangen sollen. Am Schluß seines Vortrages machte Dr. *Helfer* darauf aufmerksam, wie die Kläranlagen ein schönes Beispiel dafür sind, daß die Kultur, die so oft als Feindin der Natur auftritt, auch einmal zugunsten des Naturschutzes wirken kann.

Herr Geheimrat *Reichenow* besprach hierauf die über Südamerika verbreitete, aus 15 Arten bestehende

Gattung *Sycalis*, der kleine girtlitzähnliche Vögel angehören.
F. von Lucanus, Berlin.

Botanische Mitteilungen.

Über den anatomischen Bau der Wurzelhaube einiger Glumifloren und seine Beziehungen zur Beschaffenheit des Bodens (*Rasch, Beitr. z. allg. Botanik* Bd. I, 1916). Im allgemeinen zeichnen sich die Wurzelhauben der Pflanzen durch außerordentlich zarte Zellwände aus. *Rasch* konnte nun feststellen, daß diese Regel bei einer Reihe von Glumifloren (Gramineen und Cyperaceen) durchbrochen wird. Es wurden 30 verschiedene Arten untersucht, und davon wiesen 16 außerordentlich stark verdickte Membranen auf. Die Verdickungsschichten bestanden nicht aus reiner Zellulose, sondern enthielten wahrscheinlich größere Beimengungen von Pektinsubstanzen. Eine Berücksichtigung der Standortverhältnisse, an denen die einzelnen Arten zu wachsen gewohnt sind, ergab nun, daß ganz bestimmte Gesetzmäßigkeiten bestehen. Hygrophyten, die feuchten Boden bevorzugen, wiesen fast durchweg normales Verhalten auf, während Xerophyten und Dünenpflanzen verdickte Wurzelhauben besaßen. Dies hat wohl seine doppelte Ursache. In dem trockenen Boden sollen die Wurzeln vor dem Austrocknen geschützt werden. Dazu kommt aber noch, daß der Sand dem Eindringen der Wurzeln große mechanische Widerstände entgegensetzt. Nun vermag ja schon ein nicht verdicktes Gewebe durch Turgorspannungen solchen Widerständen in sehr wirksamer Weise entgegenzuarbeiten. Das setzt aber voraus, daß sich die Zellen ständig in hohem Spannungszustande befinden, eine Bedingung, die bei den häufig dem Wassermangel ausgesetzten Wurzeln der Xerophyten keineswegs erfüllt ist. Deshalb wird hier die Turgorenergie durch mechanische Versteifung ersetzt. Von Bedeutung sind in dieser Hinsicht Kulturversuche, die *Rasch* mit *Carex arenaria*, *C. hirta* und *Elymus arenarius*, lauter typischen Sandpflanzen, anstellte. Diese Objekte wurden in ein Gemisch von Torfmoos und Gartenerde eingepflanzt und reichlich begossen. „Die Ausbildung von Zellwandverdickungen ist bei der Kultur in feuchtem, lockerem Erdreich völlig unterblieben.“ Es verdient noch hervorgehoben zu werden, daß manche der untersuchten Sandriedgräser (*Carex arenaria*, *C. hirta* u. a.) zweierlei Wurzeln besitzen: dünne, reich verzweigte „Nährwurzeln“, die kurz bleiben und nach allen Richtungen des Raumes ausstrahlen, und außerordentlich lange, wenig oder gar nicht verzweigte „Haftwurzeln“, die schräg oder senkrecht in die Tiefe wachsen und dazu dienen, der Pflanze einen möglichst festen Halt zu geben. Es steht nun durchaus im Einklang mit der vom Verfasser gegebenen Erklärung, daß in diesen Fällen bloß die Haftwurzeln Membranverdickungen aufweisen. Denn die Nährwurzeln haben bei weitem nicht so viel mechanische Arbeit zu leisten.

Untersuchungen über Variabilität, Sexualität und Erblichkeit bei *Phycomyces nitens* Kunze I. (*H. Burgeff, Flora*, N. F. 7, 1915.) *Burgeff* fand, daß im Gegensatz zu den bisherigen Erfahrungen *Phycomyces nitens* in Kulturen äußerst variabel ist. Es gelang ihm, aus reinen Stämmen (Stamm *Stahl* + und —, Stamm *Claussen* + und —) eine Reihe der verschiedenartigsten Varianten zu gewinnen. Besonderes Interesse verdient die var. *plicans* und var. *piloboloides*. Var. *plicans* unterscheidet sich

vom Typus hauptsächlich dadurch, daß der Sporangiumstiel wenige mm unterhalb des Sporangiums eine kropfartige Anschwellung besitzt und daß die Kolonien durch ihren leichten Wuchs den Agar zur Faltung bringen („plicans“). Die Form ist aber nicht konstant. Schon auf vegetativem Wege kann bei der Ausbreitung eines Mycels explosionsartig an bestimmten Stellen eine Rückkehr zum nitens-Typus stattfinden. Bei längerer Kultur auf einer Agarplatte kehrt aber das ganze Mycel zum Ausgangspunkt zurück. Ebenso liefern die Sporen eines *plicans*-Sporangiums nicht etwa lauter *plicans*-Mycelien, sondern neben verschiedenen Übergangsstufen auch nitens rein. *Burgeff* erklärt diese Verhältnisse dadurch, daß er in einem solchen *plicans*-Mycel zweierlei Kerne annimmt: *plicans*-Kerne und unveränderte nitens-Kerne. Entsprechend dem raschen Wachstum der nitens-Form sollen sich auch die nitens-Kerne in schnellerer Folge teilen. Mit dieser Hypothese lassen sich die geschilderten Vorgänge leicht deuten. Die allmähliche Rückkehr des Mycels zur Normalform ist bedingt durch das fortschreitende Überwiegen der nitens-Kerne. Das spontane Herausspalten der Stammform kommt dadurch zustande, daß in eine Seitenhyphe mitunter ausschließlich oder fast ausschließlich nitens-Kerne gelangen. Ebenso liefern die Sporen dann den nitens-Typus, wenn unter den 6–10 normalerweise vorhandenen Kernen nitens-Kerne dominieren. Wichtig ist, daß „*plicans*“ nur in „heterokaryotischem“ Zustand bekannt ist. Reine *plicans*-Formen, die bloß *plicans*-Kerne enthalten und daher konstant bleiben, wurden nicht gefunden. Die zweite Form var. *piloboloides* ist dem Typus gegenüber wesentlich dadurch gekennzeichnet, daß die Sporangienträger unmittelbar unterhalb des Sporangiums blasenförmig angeschwollen sind (wie *Pilobolus*), und daß sie durch sympodiale Verzweigung weitere Sporangien bilden. Hinsichtlich ihrer Konstanz verhält sie sich in den meisten Punkten wie „*plicans*“. Bei Sporenvermehrung treten ebenfalls eine Reihe von Mischformen auf, die zum Typus hinüberleiten. Ein wesentlicher Unterschied besteht aber darin, daß sich nitens nie mehr rein gewinnen läßt. „Wir müssen also damit rechnen, daß bei der heterokaryotischen *Piloboloides*-Form andere Verhältnisse vorliegen, als bei der ebenfalls heterokaryotischen var. *plicans*.“ Insbesondere stellt sich uns die Frage, ob nicht eine Art von Anziehung zwischen den *piloboloides*- und nitens-Kernen existiert, die der Selektion nach der *piloboloides*- und der nitens-Seite entgegenwirkt. Eine solche Anziehungskraft müßte sich mit der Ungleichheit der Mischung beider Kernsorten steigern und mit ihrer Gleichheit eine Ruhelage einnehmen.“ Um eine Hypothese von der heterokaryotischen Natur der Varianten zu stützen, nahm *Burgeff* Experimente vor, in denen er Protoplasmapartien der variierenden und der normalen Formen zur Verschmelzung brachte. „Wenn es gelingt, eine Protoplasmaportion mit Kernen aus einem Mycel in ein anderes, in einem Merkmal abweichendes zu übertragen, so muß die entstehende heterokaryotische Form in der Weise aufspalten, wie wir es bei den variierenden Mycelien gesehen haben.“ Über die etwas mühsame Versuchsanstellung sei auf die Arbeit selbst verwiesen. Es sei hier nur hervorgehoben, daß eine derartige Verschmelzung zu „*Mixochimären*“ sowohl bei var. *plicans* als auch bei var. *piloboloides* tatsächlich gelang, daß die erste Generation (*Chimäre*) je nach dem Mischungsverhältnis extreme und mittlere Formen enthielt, und daß in der zweiten Generation die erwarteten Aufspaltungen eintraten. Die Verschmelzungs-

versuche wurden aber noch unter einem weiteren Gesichtspunkt angestellt. Bekanntlich besitzt *Phycomyces* zweierlei Mycelien, die als + und — bezeichnet werden. Nur solche mit verschiedenen Vorzeichen kopulieren und bilden Zygoten. Es war auch schon bekannt, daß neben diesen beiden Formen „neutrale“ Mycelien vorkommen, die normalerweise weder mit einem positiven noch mit einem negativen Stamm kopulieren, die aber ausnahmsweise + oder — kopulationsfähige Seitenäste hervorbringen. *Blakeslee* hat nun nachgewiesen, daß diese neutralen Mycelien, die durch den Besitz abortierter Kopulationsäste, sog. „Pseudophoren“ gekennzeichnet sind, in folgender Weise spalten:

$$\left. \begin{array}{l} + \text{ Sporen} \dots + \text{ Sporen} \dots \text{ usw.} \\ \text{neutrale} \left\{ \begin{array}{l} + \text{ Sporen} \dots + \text{ Sporen} \dots \text{ usw.} \\ \text{Sporen} \dots - \text{ Sporen} \dots - \text{ Sporen} \dots \text{ usw.} \end{array} \right\} \text{ usw.} \\ - \text{ Sporen} \dots - \text{ Sporen} \dots \text{ usw.} \end{array} \right\}$$

Es liegt natürlich nahe, hier ähnliche Verhältnisse anzunehmen wie bei den Varietäten „*plicans*“ und „*piloboloides*“, nur mit dem Unterschied, daß hier die Tendenz umgekehrt ist, insofern die Entmischung der heterokaryotischen Formen, die gleichzeitig + und — Kerne enthalten, begünstigt wird. Die typisch neutralen Mycelien enthielten demnach + und — Kerne im Gleichgewicht, bei den auch hier vorkommenden Übergangsmycelien dagegen überwiegt die eine oder die andere Komponente. Das Kernverhältnis in der Spore entscheidet über die Beschaffenheit der Nachkommenschaft. Nimmt man als mittlere Kernzahl in der Spore 8 an, dann gelangt man zu folgendem Schema:

nitens + piloboloides

heterokaryotisches nitens, scheinbar rein . . .

nitens et piloboloides

piloboloides et nitens

piloboloides et nitens

heterokaryotisches piloboloides, scheinbar rein . . .

$$\begin{array}{l} \text{nitens} + \text{ nitens} - \\ \text{neutral et} +, \text{ mit oder ohne Pseudophoren} \\ \text{neutral et} + \\ \text{neutral} . \\ \text{neutral et} - \\ \text{neutral et} -, \text{ mit oder ohne Pseudophoren} \end{array}$$

Die Pfeile deuten an, daß auf der linken Seite die Tendenz der Mischung, auf der rechten die zur Entmischung vorherrscht. Auf der linken Seite fehlen entsprechend den Versuchsergebnissen die reinen Formen 8:0 und 0:8. Es sind nur außer den Mittelstufen den Extremen nahekommende, scheinbar reine, in Wirklichkeit aber weiterspaltende Übergangsformen vorhanden. Bei den neutralen Mycelien der rechten Seite dagegen ist die Stufenleiter vollständig. Experimente mit Mycelverschmelzung haben nun tatsächlich den Beweis erbracht, daß man durch Vereinigung von + und — Stämmen neutrale Mycelien gewinnen kann, die den aufgestellten Bedingungen in vollem Umfange entsprechen.

In der Mixochimäre herrscht natürlich der neutrale Charakter vor, dagegen greift in der nächsten Sporengeneration ein deutliches Auseinanderfließen nach den Polen bis zur Herstellung reiner Formen statt. Auf die hohe Bedeutung dieser Versuche braucht nicht besonders hingewiesen werden.

Untersuchungen über Variabilität, Sexualität und Erbllichkeit bei *Phycomyces nitens* Kunze II. (*H. Burgeff*, Flora, N. F. Bd. 8, 1916.) Der II. Teil be-

schäftigt sich vor allem mit den an die Zygotenbildung sich anknüpfenden Vorgängen. Man erhält die Zygoten, indem man + und — Mycelien auf einer Platte aussät. Dort, wo die beiden Kolonien aneinanderstoßen, kopulieren 2 Myceläste und die Zygote (Zygospore) wird abgeschnürt. Die Zygote keimt nun nicht direkt wieder zu einem Mycel aus, sondern sie bildet zunächst einen Sporangienträger, der an seiner Spitze ein Keimsporangium abschnürt. Erst die in diesem Keimsporangium gebildeten Sporen geben + und — Mycelien den Ursprung. Betrachten wir nun die Kernverhältnisse bei diesen Vorgängen etwas genauer. Bei dem Kopulationsvorgang treten zahlreiche + und — Kerne in die Zygote, die sich zunächst nicht vereinigen. Erst bei der Keimung treten die Kerne zu Paaren zusammen; aber nur ein Teil der Paare verschmilzt; was mit den übrigen geschieht, ist bis jetzt unbekannt; vielleicht werden sie aufgelöst. Im jungen Keimsporangium beginnen sich die diploiden Kerne zu teilen; dabei findet Reduktion statt, und die nunmehr wiederum haploid gewordenen Kerne vermehren sich in dem Maße, als das Keimsporangium heranwächst. Schließlich gliedert sich der Inhalt des Sporangiums in Sporen („Ursoren“), von denen jede nur einen Kern erhält. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu den Sporangien, die auf den + und — Mycelien entstehen und 6- bis 12-kernige Sporen führen. Die Ursoren keimen dann zu geschlechtlich differenzierten Mycelien aus. Wir haben hier also deutlichen Generationswechsel. Die diploide Generation reicht von der Verschmelzung der Kernpaare bis zur Reduktionsteilung, die haploide von der Reduktionsteilung (bzw. Ursorenbildung) bis zur auskeimenden Zygote. Die diploide Phase ist geschlechtlich nicht differenziert; die Geschlechts-

trennung erfolgt während der Reduktionsteilung und der geschlechtliche Charakter verhält sich dabei wie ein spaltendes Gen. Wenden wir uns nach diesen allgemeinen Feststellungen den Bastardierungen zwischen *Phycomyces nitens* und seiner Variante *piloboloides* zu. Kreuzt man nitens + mit nitens — oder piloboloides + mit piloboloides —, dann erhält man natürlich lediglich Aufspaltung in + und — nitens- bzw. piloboloides-Formen. Wichtig aber ist, daß die so gewonnenen piloboloides-Mycelien konstant (homokaryotisch) sind. In Teil I wurde nämlich berichtet, daß die Aussaat der Sporen, die den direkt auf dem piloboloides-Mycel entspringenden Sporangien entstammen, nicht zu konstanten Linien führt. Dieser Unterschied ist darin begründet, daß jene Sporen zahlreiche verschiedenartige Kerne (nit.- und pilob.-K.) enthalten, also heterokaryotisch sind, während in die Sporen des Keimsporangiums, wie oben erwähnt wurde, nur ein Kern einwandert. Komplizierter werden die Verhältnisse, wenn man nitens mit piloboloides kreuzt. In den geschlechtlichen Differenzen tritt dann als weiteres unterscheidendes Merkmal der nitens- bzw. piloboloides-Charakter. Es liegen also ähnliche Verhältnisse vor, wie wenn höhere Pflanzen, die in 2

Merkmalspaaren voneinander abweichen, bastardierte werden. Nur muß man sich einen Unterschied vor Augen halten. „Kreuzt das Vererbungsexperiment bei höheren Organismen die diploiden Phasen und überläßt den von ihnen gebildeten Gameten die Möglichkeit zufälliger Kombination, um aus dem Unterschied neuer diploider Phasen auf die stattgefundene Gametenspaltung zu schließen, so kombinieren wir hier die Gameten selbst zu diploiden Phasen und beobachten direkt die Aufspaltung in neue Gameten.“ Im einzelnen führten nun die Versuche zu folgenden Ergebnissen: Die Keimsporangien (F_1 -Generation) fallen nicht homogen aus. Es treten nitens- und piloboloides-Keimsporangien nebeneinander auf. Dabei wirkt wohl mit, daß der Zygote durch den piloboloides-Kopulationsast nicht bloß piloboloides-, sondern auch nitens-Kerne zugeführt werden. Die Sporen des Keimsporangiums spalten meistens vollständig in dauernd konstante (homokaryotische) Formen auf. Wo dies nicht der Fall ist, da liegt dies an besonderen, abnormen Verhältnissen: „Da in eine Anzahl von Ursoren auch je mehrere Kerne, vielleicht auch einzelne unreduzierte hineinzukommen scheinen, findet auch die Entstehung der inkonstanten (konstante in mehr oder weniger hohem Maße abspaltenden), neutralen (heterosexuellen) und nicht neutralen (heterophänen) Mycelien eine Erklärung.“ In der Regel jedoch ist die Spaltung vollkommen. Von vornherein sind vier erbliche konstante Formen zu erwarten: nit +, nit —, pil +, pil —. Diese traten aber nicht immer auf; vielfach waren einzelne Gameten unterdrückt.

Worauf diese Gametenunterdrückung, die in den Experimenten in mehr oder minder verschärftem Maße zum Ausdruck kam, zurückzuführen ist, bedarf noch einer Erklärung. Es mag noch bemerkt werden, daß bei den vollkommen aufgespaltenen Zygosporen auch dann, wenn beim Kreuzungsversuch ein homokaryotisches piloboloides-Mycel verwendet wurde, die verschiedenen Spaltungsprodukte nicht, wie man erwarten sollte, in ganz gleichen Mengen erscheinen. Burgeff führt dies darauf zurück, daß die Sporen des Keimsporangiums nicht unmittelbar nach der Reduktionsteilung — wie etwa bei der Tetradenbildung der Angiospermen — gebildet, sondern erst noch einige Kernteilungen eingeschaltet werden, die natürlich nicht gleichmäßig zu verlaufen brauchen. Es wurde auch versucht, die auskeimende Zygote nach erfolgter Kreuzung unter Ausschaltung der Keimsporangiumbildung direkt zur Mycelbildung zu veranlassen. Dies gelang auch, wenn der junge Sporangienträger unter Agar gesetzt wurde. An Stelle des Keimsporangiums bildete der Träger dann ein diploides Promycel, in dem nachträglich Reduktionsteilungen einsetzen. Durch seitliche Verästelung entstehen hierauf normale haploide Mycelien. Dabei findet dann eine vegetative Aufspaltung statt, die aber nicht durchgreifend ist. „Da alle Kerne in das gleiche Mycel hineingeraten, wird bei der Sporenbildung im vegetativen Sporangium nur eine unvollkommene Entwicklung erreicht, und es bedarf mehrerer Durchgänge der Kerne durch die Sporen, bis die eine oder andere Kernsorte zur Bildung eines homokaryotischen Mycels kommt. Die schwächere wird dabei augenscheinlich meist unterdrückt.“ Auf die interessanten theoretischen Betrachtungen, welche die Arbeit beschließen und die sich

in der Kürze kaum wiedergeben lassen, können wir hier nicht eingehen.

Zur Frage der Bestäubung von Blüten durch Schnecken (P. Ehrmann, *Nachrichtsbl. d. deut. malakoz. Gesellschaft* 49, 1916). Die Vermutung, daß gewisse Blüten an die Befruchtung durch Schnecken angepaßt sind, ist zum ersten Male durch *Delpino* (1869) ausgesprochen worden. Dem haben sich dann später eine Reihe von Blütenbiologen (H. Müller, Knuth u. a.) angeschlossen, und diese Angaben sind vielfach in Lehrbücher übergegangen. Als Gattungen, die hierher gehören, werden genannt: Aronsstab (*Arum*), Schlangengewurz (*Calla*), Herbstzeitlose (*Colchicum*), Goldmilz (*Chrysosplenium*), Wucherblume (*Chrysanthemum*), und aus der Flora der Gewässer die Wasserlinsen (*Lemna*). Merkwürdigerweise haben sich die Zoologen bisher kaum zu dieser Frage geäußert, obwohl ein kritisches Urteil von dieser Seite sehr erwünscht wäre. Diese Lücke wird durch die Arbeit von Ehrmann ausgefüllt. Ehrmann kommt zu einem durchaus negativen Ergebnis. Er weist mit Recht darauf hin, daß sich alle bisherigen Angaben im wesentlichen nur darauf stützen, daß Schnecken auf den Blüten oder Blütenständen kriechend beobachtet wurden. Da aber der Pollen diesen Tieren eine sehr begehrte Nahrungsquelle liefert, so ist diese Erscheinung keineswegs verwunderlich. Immerhin könnte auch hier, wie bei den befruchtenden Insekten, der Nahrungstrieb für die Pflanze nutzbar gemacht sein. Aber eine solche Auffassung läßt sich bloß dadurch rechtfertigen, daß man empirisch den Nachweis erbringt, daß tatsächlich eine Verschleppung des Pollens von den Staubgefäßen auf die Narben bewirkt wird. Erfahrungen dieser Art sind jedoch bisher noch nicht gesammelt worden. Ehrmann ist der erste, der praktische Versuche nach dieser Richtung anstellte. Er ließ Individuen von *Agriolimax* und *Succinea* (Bernsteinschnecke) über den Blütenstand von *Calla* kriechen und beobachtete den Erfolg mit dem Mikroskop. Es ergab sich, daß eine Verlagerung des Pollens in der gewünschten Form keineswegs stattfand, sondern daß der Blütenstaub gewöhnlich schon an Ort und Stelle in dem Schleimband der Kriechspur festgeklebt wurde. Das ist ein Erfolg, den man eigentlich von vornherein erwarten konnte, und nur die Beliebtheit biologischer Deutungen macht es verständlich, daß die alte Auffassung von *Delpino* sich jetzt noch so zahlreicher Anhänger erfreut. Ehrmann selbst gelangt zu dem Schluß, daß höchstens dann und wann, und nur ganz zufälligerweise, eine Übertragung des Blütenstaubs auf das Empfängnisorgan herbeigeführt werden mag, und daß die Schnecken im wesentlichen für die Pflanze schädlich sind, erstlich, weil sie der Pflanze den Pollen rauben, dann vor allem deshalb, weil sie die Antheren mit ihrem Schleim verkleben und dadurch für die Insektenbefruchtung unzugänglich machen.

P. Stark.

Berichtigung.

In dem Aufsatz: Die Fiktion in der Mathematik und der Physik von Dr. Aloys Müller muß S. 343 Spalte 1 die Gleichung lauten:

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \dots + a_n x_n + a_{n+1} = 0$$

und S. 346 Spalte 1 muß es heißen:

$$\Delta y = p + n \Delta x + \dots$$

Für die Redaktion verantwortlich: Dr. Arnold Berliner, Berlin W 9.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Mondphasen, Osterrechnung und Ewiger Kalender

Von

Prof. Dr. **Walther Jacobsthal**

z. Zt. Hauptmann und Kompagnieführer im Felde

Preis M. 2.--

Vor kurzem erschien:

Die Iterationen

Ein Beitrag zur Wahrscheinlichkeitstheorie

Von

Dr. **L. v. Bortkiewicz**

a. o. Professor an der Universität Berlin

Preis M. 10.—

Darstellung und Begründung einiger neuerer Ergebnisse der Funktionentheorie

Von

Dr. **Edmund Landau,**

o. ö. Professor der Mathematik an der Universität Göttingen

Mit 11 Textfiguren

Preis M. 4.80

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Die pathogenen Protozoen

und die durch sie verursachten Krankheiten

Zugleich eine Einführung in die
Allgemeine Protozoenkunde

Ein Lehrbuch für Mediziner und Zoologen

von

Prof. Dr. Max Hartmann

Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts
für Biologie, Berlin-Dahlem

und

Prof. Dr. Claus Schilling

Mitglied des Kgl. Instituts für Infektions-
krankheiten „Robert Koch“, Berlin

Mit 337 Textabbildungen. Preis M. 22.—; in Leinwand gebunden M. 24.—

Ergebnisse der Hygiene, Bakteriologie, Immunitäts- forschung und experimentellen Therapie

(Fortsetzung des Jahresberichts über die Ergebnisse der Immunitätsforschung)

Unter Mitwirkung hervorragender Fachleute

herausgegeben von

Prof. Dr. W. Weichardt

II. Direktor der Kgl. Bakteriologischen Untersuchungsanstalt in Erlangen

Vor kurzem erschien:

Zweiter Band

Mit 77 Textfiguren. Preis M. 38.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Hierzu eine Beilage des Verlages von Eduard Kummer in Leipzig.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.