Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1916

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0004|log295

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

(Zugleich Fortsetzung der von W. Sklarek begründeten Naturwissenschaftlichen Rundschau.)

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 26. **30. Juni 1916.** **Vierter Jahrgang.**

INHALT:

Leguminosenblätter als Nahrungsmittel. Von *Geheimrat Prof. Dr. G. Haberlandt, Berlin-Dahlem.* S. 361.

Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. Von *Dr. Erwin Freundlich, Berlin-Neubabelsberg.* S. 363.

Deutsch-Südwestafrika im Lichte biogeographisch-historischer Forschung. Von *Dr. Thilo Krumbach, Rovigno.* S. 372.

Kleine Mitteilungen:

Ueber die Entstehung des Genies. Bericht über die von der Wiener Anthropologischen Gesellschaft in den k. u. k. Kriegsgefangenenlagern veranlaßten Studien. Rassenanatomische Untersuchungen an europäischen Haaren. Der Flugmechanismus der fliegenden Fische. Die Nahrung der Copepoden. Chemische und bakteriologische Untersuchungen über frische Eier und Handelseier. S. 375—377.

Akademieberichte:

Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. S. 377.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen):

Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere, 1916, Bd. 39, H. 2. S. 378.

Beiträge zur allgemeinen Botanik, 1916, Bd. 1, H. 1. S. 379.

Zeitschrift für Botanik, 1916, Jg. 8, H. 2 u. H. 3. S. 379.

Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 1916, Bd. 13, H. 1. S. 379.

Zeitschrift für angewandte Entomologie, 1916, Bd. 3, H. 1. S. 379.

Zoologischer Anzeiger, 1916, Bd. 47, H. 5. S. 380.

Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, 1916, Bd. 32, H. 3. S. 380.

Verlag von Julius Springer in Berlin

Soeben erschien:

Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle

Vortrag gehalten an der 94. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn 2. August 1911

Von

Emil Abderhalden

o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Halle

Zweite Auflage

Preis M. 1.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin

Vor kurzem erschien:

Physikalische Behandlung der chronischen Herzkrankheiten

Von

Professor Dr. **Th. Schott**
Nauheim

Mit 42 Textfiguren und 11 Tafeln

Preis M. 3.60; in Leinwand gebunden M. 4.20

Vor kurzem erschien:

Erfahrungen über Diagnostik und Klinik der Herzklappenfehler

Von

Professor Dr. **S. E. Henschen**
ehem. Direktor der medizinischen Universitätsklinik in Upsala
und der medizinischen Klinik in Stockholm

Mit 271 Kurven

Preis M. 14.—; in Leinwand gebunden M. 15.60

Vor kurzem erschien:

Erkältungskrankheiten und Kälteschäden

Ihre Verhütung und Heilung

Von

Professor Dr. Georg Sticker
in Münster i. W.

Mit 10 Textabbildungen

Preis M. 12.—; in Halbleder gebunden M. 14.80

(Bildet einen Band des Speziellen Teils der Enzyklopädie der klinischen Medizin.
Herausgegeben von L. Langstein-Berlin, C. von Noorden-Frankfurt a. M.,
C. von Pirquet-Wien, A. Schittenhelm-Kiel)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Vierter Jahrgang. 30. Juni 1916. Heft 26.

Leguminosenblätter als Nahrungsmittel.

Von Prof. Dr. G. Haberlandt, Berlin-Dahlem.

Bei der vegetarischen Ernährungsweise, die jetzt im Deutschen Reiche und in Österreich-Ungarn eine größere Rolle spielt als in Friedenszeiten, müssen zur Deckung unseres täglichen Eiweißbedarfs auch die Gemüse in höherem Maße herangezogen werden. Dies gilt namentlich für die jetzigen Sommermonate bis tief in den Herbst hinein. Freilich erscheint diese Forderung schwer erfüllbar, da der Gehalt der bekannten Gemüsearten, Blatt- und Stengelgemüse, an Eiweißstoffen und überhaupt an organischen Stickstoffverbindungen bekanntlich ein ziemlich geringer ist: *J. Koenig*[1]) gibt für Weißkohl im Mittel 1,83 %, für Rotkohl gleichfalls 1,83 %, für Winterkohl 3,99, Rosenkohl 4,83, Blumenkohl 2,48, Spinat 3,71, Spargel 1,95 % „Stickstoffsubstanzen" an, wobei aber zu bemerken ist, daß nur ein Teil davon — meist allerdings der weitaus größere Teil — aus Proteinstoffen, der andere Teil dagegen aus verschiedenen Amiden (Aminosäuren, insbesondere Asparagin) besteht. Dazu kommt, daß die Menge des verfügbaren Gemüses und sein Preis die Erhöhung unserer Eiweißration gleichfalls ungünstig beeinflussen.

Es ist daher für unsere Volksernährung sehr wichtig, daß bis zur Einbringung der nächsten Ernte und bis zur Erhöhung des Fleischkonsums, die erst im Oktober oder November zu erwarten ist, auch noch andere Eiweißquellen, die uns das Pflanzenreich zur Verfügung stellt, möglichst ausgenützt werden. Es kann sich dabei nur um pflanzliche Vegetationsorgane, Stengel- und Laubblätter handeln, die noch eiweißreicher sind, als die eiweißreichsten Gemüse, die wir in Deutschland bauen, die in sehr großer Menge leicht und billig zu beschaffen sind und deren Genuß mit keiner Gefährdung der Gesundheit und überhaupt mit keinerlei Unzuträglichkeiten verknüpft ist.

Vegetationsorgane, die diesen Bedingungen entsprechen, sind die *Laubblätter verschiedener Leguminosen,* insbesondere der *Luzerne* und noch einiger anderer häufig gebauter *Kleearten.*

Die *Luzerne* (Medicago sativa L.), auch Schnecken-, Monats-, Dauerklee genannt, ist bekanntlich eine in ganz Europa mit Ausnahme der arktischen Gebiete, in Vorder- und Mittelasien vielkultivierte Leguminose. Dank ihres raschen Wachstums und ihrer großen Assimilationskraft kann sie bei uns jährlich drei- bis viermal gemäht werden. *Dietrich* und *Koenig* (Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futtermittel, 2. Auflage, *I.* Bd.) geben für ganz junge, handhohe Pflanzen einen mittleren Gehalt an Stickstoffsubstanzen von 6,25 % an, vor und zu Anfang der Blüte einen solchen von 4,56 %. Sehr bemerkenswert ist, daß die Blätter um vieles reicher an Stickstoffsubstanzen sind als die Stengel. Erstere enthielten, am 24. April geerntet, 8,1 %, letztere nur 3,1 %, nach dem zweiten Schnitt am 22. Mai betrugen diese Werte 8,8 und 3,3 %. Wenn man daher die Blätter der Luzerne mit denen des Spinates und der eiweißreicheren Kohlarten vergleicht, so ergibt sich, *daß ihr Gehalt an Stickstoffsubstanzen ungefähr doppelt so groß ist,* als der der genannten Gemüse.

Man kann den relativ großen Eiweißgehalt der Luzerneblätter mit Hilfe des bekannten Millonschen Reagens (sowie auch anderer Eiweißproben) leicht auch ad oculos demonstrieren. Wenn man nach dem von *Molisch*[1]) empfohlenen Verfahren das Blatt zunächst eine Minute lang in siedendes Wasser taucht, dann in warmem Alkohol das Chlorophyll auszieht, bis das Blatt weiß erscheint, und es dann in frisch bereitetes Millonsches Reagens bringt, so färbt es sich nach mehreren Stunden *dunkelziegelrot.* Ausgewachsene Luzerneblätter zeigen eine etwas intensivere Färbung als junge unausgewachsene. Ein in gleicher Weise behandeltes Rotkohlblatt wurde trotz seiner bedeutend größeren Dicke weniger intensiv gefärbt, als die Luzerneblätter. Bedeutend heller ziegelrot färbten sich ausgewachsene, jüngere und ältere Spinatblätter.

Für die Ernährungszwecke des Menschen wird man die Stengel der Luzerne nicht nur wegen ihres relativ geringen Gehaltes an Stickstoffverbindungen ausschalten, sondern vor allem deshalb, weil sie reich an Bast- und Holzfasern sind. Bei der anatomischen Untersuchung der ausgewachsenen Stengel ergibt sich nämlich, daß die zahlreichen Gefäßbündel ziemlich mächtige Bastbelege aufweisen, deren Mittellamellen mäßig verholzt sind. Eine sehr starke Verholzung (Rotfärbung mit Phlorogluzin und Salzsäure) zeigen die Wandungen der Gefäße und des Libriforms, von dem nur die innersten Zellagen nicht verholzte Verdickungsschichten besitzen.

Die Laubblätter sind beiderseits mit einer zartwandigen Epidermis versehen. Sogar die Epidermis-Außenwände sind nur 0,0025 mm dick und besitzen eine ganz zarte Kutikula. Die hohe Palissadenzellschicht, sowie auch das dicht gebaute Schwammparenchym sind überaus reich an Chlorophyllkörnern, die wohl in erster Linie den Eiweiß-

[1]) *J. Koenig,* Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel Bd. *I,* 4. Aufl., Berlin 1904.

[1]) *H. Molisch,* Die Eiweißproben, makroskopisch angewendet auf Pflanzen, Zeitschrift für Botanik, Jahrgang 8, 1916, Heft 2.

reichtum der Blätter bedingen. Wie nämlich *Molisch* a. a. O. vor kürzem makro- und mikrochemisch gezeigt hat, steckt die Hauptmasse des Eiweißes der Blätter in den Chlorophyllkörnern.

Sehr günstig für den Genuß der Laubblätter ist, daß die Blättchenmittelrippe nur auf der Unterseite des Gefäßbündels einen mechanischen Beleg aufweist, der nicht aus Bastzellen, sondern nur aus schwach verdickten Kollenchymzellen besteht, deren Wände bekanntlich nicht verholzt sind. In den Sekundärnerven sind die Gefäßbündel allerdings beiderseits mit schwach verholzten Bastbelegen versehen, doch bestehen diese auf dem Querschnitte oberseits nur aus 4—7, unterseits aus 7—10 Zellen. Man darf demnach das ganze Blatt als arm an mechanischen Fasern bezeichnen.

Auf der Blattunterseite treten gleichmäßig verteilt in spärlicher Anzahl etwa 1 mm lange und 0,012 mm dicke, spitze und mit stark verdickten Zellwänden versehene Haare auf, die, abgesehen von der der zarten Kutikula, die kleine Knötchen trägt, aus reiner Zellulose bestehen, also weder verholzt noch kutinisiert sind. Es ist ganz ausgeschlossen, daß diese geschmeidigen Härchen die Genießbarkeit der Luzerneblätter beeinträchtigen könnten.

Im Anschluß an die Besprechung des anatomischen Baues der Luzernestengel und -blätter möge die für die Beurteilung ihrer Verwertbarkeit als menschliches Nahrungsmittel wichtige Frage nach ihrem Gehalte an unverdaulicher *Rohfaser* beantwortet werden. Was bei der chemischen Analyse gewöhnlich als „Rohfaser" bezeichnet wird, sind die schwerer löslichen Zellulosen, insbesondere die verholzten und kutinisierten (verkorkten) Zellwände. *Dietrich* und *Koenig* geben für ganz junge, handhohe Luzernepflanzen einen mittleren Rohfasergehalt von 4,36 %, für Pflanzen vor und zu Beginn der Blüte einen solchen von 6,82 % an. Am 24. April geerntete Blätter wiesen 4,1, am 22. Mai (zweiter Schnitt) geerntete 6,1 % auf, während die Stengel nur 3,9 und 5,4 % Rohfaser enthielten. Letztere Angaben können aber, wie die anatomische Untersuchung lehrt, unmöglich richtig sein, da, von den ganz jungen Stengelteilen abgesehen, die Stengel weit mehr verholzte Fasern (Bast- und Libriformzellen) besitzen, als die Blätter. Ich habe deshalb am 2. Juni geerntete Luzernepflanzen nach der *Weender* Methode auf ihren Rohfasergehalt hin geprüft und zur Analyse die 5 cm langen Zweigspitzen mit ihren Blättern und Blütenknospen sowie *alle* Blattspreiten der betreffenden Stengel benützt, also jene Organe und Organteile, die als Nahrung allein in Betracht kommen. Es ergab sich ein Rohfasergehalt von 4,52 %. Das ist nun allerdings bedeutend mehr, als der Rohfasergehalt des Winterkohls (1,88 %), des Rotkohls (1,29 %), des Spinats (0,94 %) und des Spargels (1,15 %). Da es sich aber dabei hauptsächlich um faserförmige Elemente (Bast- und Libriformzellen, Tracheiden) handelt, so läßt sich diesem Übelstande bei der Zubereitung leicht bis zu einem gewissen Grade abhelfen, indem man die gekochten und zerkleinerten Stengel und Blätter durch ein genügend feinmaschiges Haarsieb treibt. Übrigens werden beim Spargelgenuß auch dann relativ reichlich faserförmige und verholzte Zellen ohne jede Belästigung aufgenommen, wenn vorher durch Schälen der Sprosse der periphere Bastzylinder entfernt wird: den zahlreichen über den Querschnitt des Stengels zerstreuten Gefäßbündeln mit ihren stark verholzten Gefäßen sind auf den Leptomseiten dünnwandige langgestreckte Zellen in mehreren Schichten vorgelagert, deren Wände verholzt sind, und die demnach im Kote fast unverändert wieder erscheinen.

Was schließlich die sogenannten *stickstofffreien Extraktstoffe* anlangt, die im wesentlichen aus Zucker, Stärke, Hemizellulosen und Pentosanen bestehen, so schwanken die Angaben der Analytiker in hohem Maße; das ist auch begreiflich, wenn man bedenkt, daß die Laubblätter frühmorgens stärkefrei, gegen Abend dagegen stärkereich sind. Jüngere Pflanzen enthalten nach *Dietrich* und *Koenig* 4,2—8,42 % N-freie Extraktstoffe; die Blätter, für die oben der Gehalt an Stickstoffsubstanzen und Rohfaser angegeben wurde, wiesen 8,5 % auf. Winterkohl enthält nach *Koenig* 11,63 %, Rosenkohl 6,22 %, Rotkohl 5,86 %, Spinat 3,61 %, Spargel 2,40 % N-freie Extraktstoffe (einschließlich Zucker). Die Luzerne übertrifft also auch in dieser Hinsicht die meisten Gemüse. Der Gehalt an *Rohfett* beträgt vor und zu Anfang der Blüte im Mittel 0,83 %, d. i. fast so viel wie beim Winterkohl (0,90 %) und mehr als beim Rosenkohl (0,46 %), beim Rotkohl (0,19 %), beim Spinat (0,50 %) und beim Spargel (0,14 %).

Mit einigen Worten sei jetzt noch die *Zubereitungsweise* des neuen Gemüses geschildert. Anfang Juni wurden vom Luzernebeet des Pflanzenphysiologischen Instituts der Berliner Universität 25 Stengel etwa 10 cm über dem Erdboden abgeschnitten. Ihre Länge betrug 58—85 cm, das Gesamtgewicht 322 g. Sie besaßen 164 Seitenzweige von mehr als 2 cm Länge. Zur Bereitung des Gemüses wurden die Spitzen der Hauptäste und Seitenzweige bis zu 5 cm Länge und sämtliche Blätter (ohne die Blattstiele) verwendet; ihr Gewicht betrug 128 g, d. s. fast 40 % des Gesamtgewichtes. Wie die mikroskopische Untersuchung lehrte, können junge Stengel von der angegebenen Länge unbedenklich verwendet werden, da die Bastbelege der Gefäßbündel in einer Entfernung von 5 cm von der Spitze sich noch im kollenchymatischen Stadium befindet, also nicht verholzt sind. Ein Libriformring ist noch nicht ausgebildet. Die Blätter und Stengelspitzen wurden mehrmals abgebrüht und das Wasser gewechselt, um den etwas bitteren Geschmack zu beseitigen, dann wurde fein gewiegt, durch ein Haarsieb gepreßt und bei der weiteren Zubereitung in der üblichen Weise (wie mit Spinat) verfahren. Die

mikroskopische Untersuchung ergab einen überraschend weitgehenden Zerfall der Gewebe, insbesondere des Palissaden- und Schwammparenchyms in die einzelnen Zellen. Die Verdauungsenzyme werden sonach durch die zarten Zellwände mit Leichtigkeit in das Innere der Zellen eindringen.

Dieses Luzernegemüse hatte einen angenehmen, leicht bitteren Geschmack, es erinnerte mich an „Kochsalat", wie er in Süddeutschland, besonders in Österreich, häufig und gern genossen wird. Wer davon aß, stimmte *Leunis* bei, der in seiner „Synopsis der Pflanzenkunde" von der Luzerne sagt: „Sie ist sogar als schmackhaftes Frühlingsgemüse empfohlen."

Im Deutschen Reiche waren 1893 und 1900 etwa 160 000 ha in freiem Felde mit Gemüse bebaut[1]). Nimmt man mit *A. Schulte* an, daß in den Haus- und Obstgärten ebenfalls 160 000 ha mit Küchengewächsen bestellt waren, so ergibt sich für den Gemüsebau ein Gesamtareal von 320 000 ha. Nach demselben Autor (a. a. O. S. 44) waren im Deutschen Reiche 1913 251 000 ha mit Luzerne bepflanzt, d. s. 78 % der mit Gemüse bebauten Bodenfläche. Man sieht daraus, welch ein enormer Zuwachs an relativ sehr nahrhaftem und billigem Gemüse für die Volksernährung sich ergeben würde, wenn nur ein Bruchteil der Luzerneernte für die menschliche Ernährung Verwendung finden könnte. Ob und wie dies wirtschaftlich durchführbar wäre, entzieht sich meiner Beurteilung. Doch sollte man meinen, daß in Zeiten der Not manche Schwierigkeiten zu bekämpfen sein müßten, die unter normalen Verhältnissen hindernd im Wege stehen würden.

Es ist jetzt noch die Frage zu beantworten, ob auch die Stengel und Blätter anderer Leguminosen als Gemüse benützt werden können. Man wird diese Frage bezüglich der übrigen *Medicago*-Arten (M. falcata L., schwedische oder gelbe Luzerne, M. media Pers., Große Sandluzerne, M. lupulina, Hopfenluzerne) unbedenklich bejahen dürfen. Für M. lupulina wird zu Beginn der Blüte auf ungedüngtem Ackerboden ein Gehalt von 4,48 %, in der Blüte vom natürlichen Standort ein solcher von 5,62 % Stickstoffsubstanzen angegeben. Die Blätter allein sind zweifellos noch eiweißreicher. Auch die *Esparsette* (Onobrychis sativa Lam.) kommt vielleicht in Betracht, obgleich die Bastbelege der Gefäßbündel in den Blattspreiten etwas stärker sind als bei der Luzerne. Für den weißen *Steinklee* (Melilotus alba L.) werden 3,28 und 5,67 % Stickstoffsubstanzen angegeben. Der *Hornklee* (Trigonella Foenum graecum L.) wird in Vorderindien, Ägypten, Südfrankreich, in Thüringen und dem Vogtlande gebaut; die jungen Triebe dienen in Indien und Ägypten als ein beliebtes Gemüse. Am nächsten würde es natürlich liegen, den gewöhnlichen Rot- oder Wiesenklee (Trifolium pratense L.) und seine nächsten Verwandten als Gemüse zu verwenden, da die damit bebaute Bodenfläche im Deutschen Reiche 1913 nicht weniger als 1 987 000 ha betrug. Allein die mikroskopische Untersuchung ergab kein ermutigendes Resultat. Die Stengel des Rotklees besitzen mächtige, stark verholzte Bastbelege vor den Gefäßbündeln und zwischen diesen ebenfalls stark verholzte Libriformbrücken. In den ausgewachsenen Blattspreiten sind auch die Gefäßbündel der Sekundärnerven mit beiderseitigen Bastbelegen versehen, die auf dem Querschnitt aus 10—12 Zellen bestehen. Die Palissadenschicht und das 5 schichtige Schwammparenchym sind wieder überaus chlorophyllreich. In jüngeren unausgewachsenen Blättern (Länge der Teilblättchen etwa 2 cm), für die *Dietrich* und *Koenig* 5,85—7,19 % Stickstoffsubstanzen angeben, sind die Bastbelege der Sekundärnerven bereits sehr dickwandig, wenn auch noch kollenchymatisch; die Epidermis ist schon ziemlich derb gebaut. Wollte man demnach Wiesenklee als Gemüse benutzen, so dürfte man nur noch jüngere, in der Knospenlage befindliche Blätter auswählen, was zu umständlich und wohl auch zu teuer wäre. —

Die Anregung, Leguminosenblätter, insbesondere die der Luzerne, als relativ eiweißreiches Gemüse zu genießen, ist, wie ich glaube, nicht nur jetzt im Kriege beachtenswert. Sie kann auch in den kommenden Friedenszeiten noch Nutzen stiften, wenn unsere Fleischtöpfe wieder gefüllt sein werden.

[1]) *A. Schulte im Hofe*, Die Welterzeugung von Lebensmitteln und Rohstoffen usw., Beihefte zum Tropenpflanzer Bd. *XVI*, Nr. 1/2, 1916, S. 13.

Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie*).

Von Dr. Erwin Freundlich, Neubabelsberg.

Am Ende des vorigen Jahres hat *A. Einstein* eine Theorie der Gravitation auf Grund eines allgemeinen Prinzips der Relativität *aller* Bewegungen zum Abschluß gebracht. Sein Weg führt

*) Die Schwierigkeit des Gegenstandes macht es unmöglich, im Rahmen eines Zeitschriftenaufsatzes mehr zu tun, als die leitenden Gedanken herauszuheben, und, ihres mathematischen Gewandes so weit wie möglich entkleidet, wiederzugeben. Trotz des großen Umfanges des Aufsatzes werden die an dem Thema besonders Interessierten daher mancherlei weitere Belehrung verlangen über damit zusammenhängende Fragen, die teils vor das Forum des Philosophen und des Mathematikers, teils vor das des Physikers und des Astronomen gehören. Aus diesem Grunde wird der Aufsatz auch als Sonderdruck veröffentlicht werden: durch einen Anhang erweitert, wird er in Anmerkungen diejenigen physikalischen und mathematischen Ergänzungen und Literaturhinweise bringen, die der Leser mutmaßlich zuerst verlangen wird. Diese Anmerkungen in irgendeiner Form noch mit dem vorliegenden Aufsatze zu verbinden, verbietet die Rücksicht auf seinen ohnedies sehr großen Umfang und auf die Interessen derjenigen Leser, die seinem Gegenstande gar zu ferne stehen. — Der Sonderdruck wird in einigen Wochen als Broschüre im Verlage von Julius Springer erscheinen.

Die Schriftleitung.

über manches Opfer an althergebrachten Anschauungen, dafür aber zu einem Standpunkt, der seit langem vielen, die sich mit den Grundlagen der theoretischen Physik befaßten, als äußerstes Ziel vorgeschwebt hat. Aber gerade die *Art* der erforderlichen Opfer ist dazu angetan, nicht Mißtrauen, sondern Zutrauen zu dieser Theorie zu erwecken, denn das seit Jahrhunderten erfolglose Bemühen, die Lehre von der Gravitation befriedigend in die Naturwissenschaften einzuordnen, mußte zu der Erkenntnis führen, daß dies nicht ohne Zugeständnisse an manche, fest wurzelnde Anschauung möglich sein würde. In der Tat geht *Einstein* bis auf die Grundpfeiler der Mechanik zurück, um dort seine Theorie zu verankern, und begnügt sich nicht mit einer lediglich formalen Umformung des Newtonschen Gesetzes, um den Anschluß an die neueren Anschauungen zu gewinnen.

Um zum Verständnis der Einsteinschen Ideen vorzudringen, muß man die prinzipiellen Gesichtspunkte, die ihn geleitet haben, mit dem Standpunkt der klassischen Mechanik denselben Fragen gegenüber vergleichen. Man erkennt dann, wie von dem *speziellen* Relativitätsprinzip[1]) eine logische Entwicklung zu dem *allgemeinen* und zugleich zu einer Theorie der Gravitation führt.

1.

Zwei Forderungen prinzipieller Natur bei der mathematischen Formulierung der Naturgesetze.

Als *Newton* ein einfaches und fruchtbares Gesetz über die Kraftwirkung solcher Körper aufeinander aufgestellt hatte, die aufeinander einzuwirken schienen, obwohl sie (wie z. B. die Gestirne) nicht sichtbar miteinander verbunden waren, lehnten *Huygens* und *Leibniz* dieses Gesetz ab, weil es einer Grundforderung, die man an jedes physikalische Gesetz stellen müsse, nicht entspräche: der Forderung der *Kontinuität* (Stetigkeit der Kraftübertragung, Nahewirkung). Wie sollten zwei Körper aufeinander wirken ohne ein die Wirkung übertragendes Medium? In der Tat war das Bedürfnis nach einer befriedigenden Antwort auf diese Frage so groß, daß man, um ihm zu genügen, schließlich die Existenz eines das ganze Universum erfüllenden und alles durchdringenden Stoffes, des Weltäthers, annahm, obwohl dieser Stoff zu ewiger Unsichtbarkeit und Unfühlbarkeit, also zur *Unbeobachtbarkeit*, verdammt schien, und man ihm auch sonst allerlei einander widersprechende Eigenschaften zuschreiben mußte. Mit der Zeit erhob man aber im Gegensatz zu solchen Annahmen immer entschiedener die Forderung, daß bei der Formulierung der Naturgesetze *nur solche Dinge* miteinander zu verknüpfen seien, die tatsächlich der *Beobachtung* unterliegen, eine Forderung, die unzweifelhaft der gleichen Quelle des Erkenntnistriebes entspringt wie diejenige der Nahewirkung, und die dem Kausalitätsprinzip erst den wahren Charakter eines Gesetzes für die *Erfahrungswelt* verleiht.

In der Verknüpfung und konsequenten Erfüllung dieser zwei Forderungen liegt nun, glaube ich, ein Kernpunkt der Einsteinschen Forschungsart; sie verleiht seinen Ergebnissen die tief greifende Bedeutung für die Gestaltung des physikalischen Weltbildes. In dieser Hinsicht werden seine Bestrebungen auch wohl bei den Naturforschern nirgends auf prinzipiellen Widerspruch stoßen, denn beide Forderungen: die der Kontinuität und die der kausalen Verknüpfung von lediglich beobachtbaren Dingen in den Naturgesetzen, sind naturgemäß; es könnte höchstens bezweifelt werden, ob es *zweckmäßig* ist, auf solche fruchtbaren Hilfsvorstellungen wie die „Fernkräfte" zu verzichten.

Das Prinzip der Relativität aller Bewegungen ist nun ein spezieller Fall der *zweiten* Forderung, nämlich ihre Anwendung auf die Grundanschauungen der Mechanik. In der Tat *beobachten* wir nur die Bewegungen von Körpern *relativ* zueinander, die klassische Mechanik arbeitet aber seit *Newton* mit dem Begriff der *absoluten* Bewegung eines Körpers im Raum. Erst *Einstein* ist es gelungen, sie von solchen unnatürlichen Vorstellungen ganz zu befreien.

Die unbedingte Durchführung des Prinzips der Kontinuität und des Prinzips der Relativität in seiner allgemeinsten Fassung greift tief in die Frage der mathematischen Formulierung der Naturgesetze ein. Deshalb ist es erforderlich, eine Betrachtung prinzipieller Natur über diese Frage vorauszuschicken.

2 a.

Festsetzung eines Maßstabes für den starren Abstand zweier unendlich benachbarter Punkte in der dreidimensionalen Mannigfaltigkeit der Raumpunkte.

Die mathematische Formulierung eines Naturgesetzes geschieht durch die Aufstellung einer Formel. Sie umfaßt und ersetzt durch eine Gleichung das Ergebnis sämtlicher Messungen, die den Ablauf des betreffenden Vorganges zahlenmäßig wiedergeben würden. Solche Formeln wenden wir nicht allein dann an, wenn wir tatsächlich die Mittel in der Hand haben, das Ergebnis der Rechnungen durch Messungen jederzeit nach Belieben zu kontrollieren, sondern auch dann, wenn die entsprechenden Messungen praktisch

[1]) Unter dem „speziellen" Relativitätsprinzip soll das von *Einstein* in seiner Arbeit „Zur Elektrodynamik bewegter Medien" aufgestellte Relativitätsprinzip verstanden werden. Dasselbe beschränkt die Relativität der Bewegungen auf gleichförmige Translationen, ebenso wie das Relativitätsprinzip der Galilei-Newtonschen Mechanik. Es berücksichtigt aber in den Transformationsgleichungen die Konstanz der Vacuum-Lichtgeschwindigkeit.

nicht ausführbar *sind*, sondern nur ausführbar *gedacht* werden, so z. B., wenn man von dem Abstande des Mondes von der Erde spricht und ihn in Metern ausdrückt, wie wenn es wirklich möglich wäre, durch fortgesetztes Anlegen eines Meterstabes ihn auszumessen. Mit diesem Hilfsmittel der Analysis haben wir den Bereich exakter wissenschaftlicher Forschung weit über den uns tatsächlich zugänglichen Meßbereich ausgedehnt, und zwar sowohl nach der Grenze des Unmeßbar-Großen wie des Unmeßbar-Kleinen hin. Wir haben uns damit zugleich eine symbolische Darstellung geschaffen, die frei von zufälligen und ausgesprochen anthropomorphen Fesseln die Vorgänge in ihrer Abhängigkeit von den verschiedenartigen Messungen, wie z. B. den Raum- und Zeitmessungen, wiedergibt. Die Schaffung geeigneter mathematischer Ausdrücke, die als Symbole für bestimmte physikalische Meßgrößen, wie z. B. *Länge* eines Stabes, *Volumen* eines Würfels usw., eingesetzt werden können, um dann der Analysis gleichsam alle Verantwortung für die weiteren Folgerungen zu überlassen, ist nun ein Grundproblem der theoretischen Physik und steht in engster Beziehung zu den beiden Forderungen, von denen wir zu Anfang sprachen. Um das einzusehen, muß man auf *Riemanns* Habilitationsschrift aus dem Jahre 1854 „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen" zurückgehen. In ihr weist *Riemann* fast prophetisch auf die Wege hin, die *Einstein* jetzt beschritten hat.

Jeder Punkt im Raume ist durch drei Zahlen x_1, x_2, x_3, die wir z. B. als die Maßzahlen eines rechtwinkligen Koordinatensystems auffassen können, eindeutig unter allen übrigen Punkten ausgezeichnet; durch kontinuierliches Verändern dieser drei Zahlen kann man alle Raumpunkte erhalten. Das System der Raumpunkte stellt, wie man sich ausdrückt, eine „mehrfach ausgedehnte Größe" (Mannigfaltigkeit) dar, zwischen deren einzelnen Elementen (Punkten) ein kontinuierlicher Übergang möglich ist. Wir kennen noch andere kontinuierliche „Mannigfaltigkeiten", z. B. das System der Farben, das System der Töne u. a. m. Ihnen allen ist gemein, daß die Festlegung eines Elementes innerhalb der gesamten Mannigfaltigkeit (eines *bestimmten* Punktes, einer *bestimmten* Farbe, eines *bestimmten* Tones) eine charakteristische Zahl von Größenangaben erfordert; diese Zahl nennt man die *Dimension* der betreffenden Mannigfaltigkeit. Sie beträgt für den Raum „drei" (für die Fläche „zwei", für die Linie „eine"). Auch das System der Farben ist eine kontinuierliche Mannigfaltigkeit der Dimension „drei", entsprechend der Dreizahl der Grundfarben Rot, Grün, Violett, durch deren Zusammenmischung *jede* Farbe hergestellt werden kann.

Mit der Annahme des stetigen Überganges von einem Element zu einem andern innerhalb derselben Mannigfaltigkeit und mit der Angabe ihrer Dimension ist aber über die Möglichkeit der *Vergleichung* verschiedener, gegeneinander abgegrenzter Teile der betreffenden Mannigfaltigkeit, d. h. über die in ihr geltenden „Maßverhältnisse", noch nichts ausgesagt; vielmehr müssen hierfür erst der Erfahrung Tatsachen entnommen werden, um für die jeweilig vorliegende Mannigfaltigkeit (Raumpunkte, Farben, Töne) die physikalisch gültigen Maßgesetze aufzustellen; diese werden also, je nachdem *welche* Erfahrungstatsachen dazu herangezogen werden, verschieden ausfallen können.

Im Raum ist die Erfahrungstatsache der freien Beweglichkeit *endlicher starrer* Punktsysteme und der daraus abgeleitete Begriff der „Kongruenz" das befruchtende Moment für eine Maßbestimmung geworden[1]). Dadurch werden wir vor die Aufgabe gestellt, aus den

[1]) Die freie Beweglichkeit endlicher starrer Körper läßt sich am anschaulichsten im Gebiete des Zweidimensionalen erläutern. Denken wir uns auf einer *Kugel* oder *Ebene* je ein Dreieck gezeichnet, auf ersterem durch Bögen größter Kreise begrenzt, auf der Ebene durch gerade Linien, so kann man diese Dreiecke längs beider Oberflächen nach Belieben verschieben und kann sie mit anderen zur Deckung bringen, ohne daß sich dabei die Längen der Seiten und die Winkel veränderten. Dies ist, wie *Gauß* nachgewiesen hat, möglich, weil die *Krümmung* an jeder Stelle der Kugel bzw. Ebene den gleichen Betrag hat, wie an jeder anderen Stelle. Und doch ist die Geometrie auf der *Kugel* eine andere als die auf der *Ebene*, weil diese beiden Gebilde nicht ohne Zerrung aufeinander abwickelbar sind. Auf *beiden* lassen sich die planimetrischen Figuren frei bewegen, und es gelten infolgedessen auf ihnen Kongruenzsätze. Bestimmte man dahingegen auf irgendeiner eiförmigen Fläche ein Dreieck durch die drei kürzesten Verbindungslinien dreier Punkte auf ihr, so käme zutage, daß an verschiedenen Stellen dieser Oberfläche sich Dreiecke mit gleichen Seitenlängen zwar konstruieren lassen; dieselben schließen jedoch andere Winkel als die entsprechenden Seiten des Ausgangsdreiecks ein, und infolgedessen wären solche Dreiecke mit gleichen Seitenlängen nicht kongruent. Auf einer eiförmigen Fläche sind also die Figuren nicht ohne Dimensionsänderung verschiebbar, und man gelangt bei dem Studium der geometrischen Verhältnisse auf ihr nicht zu Kongruenzsätzen der bekannten Art. Ganz analoge Betrachtungen lassen sich im Drei- und Vierdimensionalen anstellen, aber natürlich nicht veranschaulichen. Verlangen wir, daß im Raum die Körper ohne Dimensionsänderungen frei beweglich sein sollen, so muß die „*Krümmung*" des Raumes an jeder Stelle die gleiche sein. Der Begriff der Krümmung einer mehr als zweidimensionalen Mannigfaltigkeit läßt sich dabei mathematisch streng formulieren; die Bezeichnung weist nur auf ihre analoge Bedeutung, wie sie dem Begriffe der Krümmung einer Fläche zukommt, hin. Auch im Dreidimensionalen lassen sich verschiedene Fälle unterscheiden, wie die der Kugel oder Ebene im Zweidimensionalen. Der Kugel entspricht ein nichteuklidischer Raum konstanter positiver Krümmung, der Ebene der euklidische Raum der Krümmung Null. In beiden Räumen lassen sich die Körper ohne Dimensionsänderung frei bewegen; aber der euklidische Raum ist zugleich unendlich ausgedehnt, während der „sphärische" Raum zwar unbegrenzt, wie die Oberfläche der Kugel, aber nicht unendlich ausgedehnt ist. Man findet diese Fragen in dem bekannten Aufsatz von *Helmholtz* „Über den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome" (Vorträge und Reden Bd. 2, S. 1) außerordentlich schön und ausführlich dargestellt.

Zahlen x_1, x_2, x_3 und $x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2, x_3 + \Delta x_3$, welche zwei bestimmte Punkte im Raum bezeichnen, einen mathematischen Ausdruck zu bilden, der als Maß für ihren gegenseitigen starren Abstand angesehen und als solcher in die Formeln für die Naturgesetze eingeführt werden kann. In den Naturgesetzen treten nun, wenn sie Differentialgesetze sind, was wir auf Grund des Prinzips, der „Kontinuität", fordern, nur die Abstände unendlich benachbarter Punkte, sog. *Linienelemente,* auf. Wir haben darum zu fragen, *ob unsere beiden Forderungen auf den analytischen Ausdruck für das Linienelement irgendwie von Einfluß sind* und welcher analytische Ausdruck für dasselbe mit beiden verträglich ist. *Riemann* verlangt, daß jedes Linienelement seiner Länge nach unabhängig von Ort und Richtung mit jedem anderen verglichen werden kann; dies ist ein charakteristisches Merkmal der Maßverhältnisse im Raum. (Er formuliert diese Forderung mit den Worten, „daß die Linien unabhängig von der Lage eine Länge besitzen und jede Linie durch eine andere meßbar sein soll".) Er findet: bezeichnen x_1, x_2, x_3 bzw. $x_1 + \mathrm{d}x_1$, $x_2 + \mathrm{d}x_2$, $x_3 + \mathrm{d}x_3$ zwei unendlich nahe Raumpunkte und die kontinuierlich veränderlichen Zahlen x_1, x_2, x_3 *irgendwelche Abmessungen* (nicht etwa speziell geradlinige Koordinaten), so besitzt die Quadratwurzel aus einer ständig positiven, ganzen, homogenen Funktion zweiten Grades der Differentiale $\mathrm{d}x_1$, $\mathrm{d}x_2$, $\mathrm{d}x_3$ alle Eigenschaften, welche das Maß für die Länge des Linienelementes aufweisen muß. Man wird also in dem Ausdruck:

$$\mathrm{d}s = \sqrt{g_{11}\,\mathrm{d}x_1^2 + g_{12}\,\mathrm{d}x_1\,\mathrm{d}x_2 + \ldots + g_{33}\,\mathrm{d}x_3^2},$$

in welchem die Koeffizienten $g_{\mu\nu}$ stetige Funktionen der drei Veränderlichen x_1, x_2, x_3 sind, ein solches Maß für die Länge des Linienelements im Punkte x_1, x_2, x_3 besitzen. In demselben ist über die Art der Ausmessung des Raumes durch die drei Veränderlichen x_1, x_2, x_3 überhaupt keine Voraussetzung gemacht. Fordert man jedoch speziell, daß ein jeder Punkt durch rechtwinklige Cartesische Koordinaten x, y, z festgelegt werden kann, so nimmt der Ausdruck für das Linienelement in diesen speziellen Veränderlichen die Gestalt

$$\mathrm{d}s = \sqrt{\mathrm{d}x^2 + \mathrm{d}y^2 + \mathrm{d}z^2}$$

an. Dieser Ausdruck ist bisher stets als Maß für die Länge des Linienelementes in alle physikalischen Gesetze eingeführt worden, da es die Verwendung der Gesetze der euklidischen Geometrie für alle Raummessungen zuläßt. Er beruht aber, wie insbesondere *Helmholtz*[1]) eingehend diskutiert hat, auf der Hypothese, daß *endliche* starre Punktsysteme, also *endliche* starre Abstände, im Raume frei beweglich sind und mit anderen (kongruenten) Punktsystemen zur Deckung gebracht werden können (s. vorige Fußnote). Vom Standpunkt der Forderung der *Kontinuität* ist diese Hypothese insofern inkonsequent, als sie Aussagen über *endliche* Abstände in reine Differentialgesetze, in denen nur *Linienelemente* auftreten, einführt. An sich stünde uns aber jederzeit frei, die bisherigen Voraussetzungen, welche dem Linienelement die euklidische Gestalt zu erteilen erlauben, beizubehalten, solange man eben nur die erste der beiden obigen Forderungen (Kontinuität) im Auge behält. Diese Voraussetzungen besagen, daß die Veränderlichen (x_1, x_2, x_3) jederzeit so wählbar sind, daß die Koeffizienten $g_{\mu\nu}$ ($\mu, \nu = 1, 2, 3$) des Linienelementes von ihnen unabhängige Konstanten werden; in die Gestalt von Differentialausdrücken[1]) gebracht, hätte man dieselben dann als ständig erfüllte Voraussetzungen an die Spitze aller Betrachtungen zu setzen. Wie die Riemannschen Entwicklungen zeigen, handelt es sich hierbei um eine Reihe recht komplizierter Relationen, und es erscheint darum sehr fraglich, ob man dieselben in der Natur tatsächlich immer und überall erfüllt finden wird.

Anders stellt sich die zweite Forderung, diejenige der *Relativität aller Bewegungen,* zu der oben erwähnten Alternative gegenüber dem Ausdruck für das Linienelement: *Nach dem Prinzip der Relativität aller Bewegungen müssen alle Systeme, die durch Relativbewegungen der Körper gegeneinander zustande kommen, als völlig gleichberechtigt gelten können. Die Naturgesetze müssen also beim Übergange von einem solchen System zu einem andern ihre Gestalt bewahren; d. h. die diesen Übergang bewerkstelligenden Transformationen der Veränderlichen (x_1, x_2, x_3) in andere dürfen den analytischen Ausdruck für das betrachtete Naturgesetz nicht verändern.*

(Streng genommen müßte ich schon hier vorwegnehmen, daß die obigen Überlegungen in durchsichtiger Weise verallgemeinert eigentlich auch für die vierdimensionale *Raum-Zeit*-Mannigfaltigkeit gelten, in der sich ja in Wahrheit alle Vorgänge abspielen, und die Transformationen sich auf die vier Veränderlichen derselben beziehen. Bei diesen allgemein gehaltenen Überlegungen hat jedoch die Vernachlässigung der vierten Dimension nichts zu besagen. Eine Begründung dieses Umstandes folgt Abschnitt 2 b.)

Da wir mit allen möglichen Relativbewegungen der Körper gegeneinander rechnen müssen, so wird das allgemeine Prinzip der Relativität verlangen, daß die Naturgesetze und damit auch das in ihnen auftretende Linienelement *beliebigen* Transformationen der Veränderlichen gegenüber invariant sind, d. h. ihre Gestalt bewah-

[1]) *Helmholtz,* Über die tatsächlichen Grundlagen der Geometrie, Wiss. Abh. 2, S. 610 und Über die Tatsachen, welche der Geometrie zugrunde liegen, Wiss. Abh. 2, S. 618.

[1]) S. *A. Einstein,* Die formalen Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, Sitz.-Ber. d. Kgl. Pr. Akad. d. Wiss. 1916, *XLI,* S. 1080.

ren. Dieser Forderung wird nun in der Tat das *allgemeine* Linienelement

$$ds = \sqrt{g_{11}\,dx_1^2 + g_{12}\,dx_1\,dx_2 + \ldots + g_{33}\,dx_3^2}$$

gerecht. In ihr war auch über die Ausmessung des Raumes durch die Veränderlichen x_1, x_2, x_3 keine Beschränkung irgendwelcher Art gemacht worden. Das *euklidische* Linienelement

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$

bewahrt seine Gestalt dagegen nur bei den Transformationen der speziellen Relativitätstheorie, die ihren Geltungsbereich lediglich auf *gleichförmig* gegeneinander bewegte Systeme beschränkt. Die Erfahrung lehrt uns jedoch täglich, daß sich die Körper infolge ihrer Gravitationswirkung ständig in *beschleunigter* Bewegung gegeneinander befinden. Die Relativität *aller* Bewegungen ist demgemäß mit den Voraussetzungen der *euklidischen* Maßbestimmung in den Differentialgesetzen der Physik nicht zu vereinen.

Die Annahme des allgemeinen Ausdruckes:

$$ds^2 = \sum_1^3 g_{\mu\nu}\,dx_\mu\,dx_\nu$$

als Maß für die Länge des Linienelementes in den Naturgesetzen ist trotz seiner großen Allgemeinheit doch als eine Hypothese aufzufassen, wie schon *Riemann* ausdrücklich hervorhebt. Denn auch andere Funktionen der Differentiale dx_1, dx_2, dx_3, z. B. die vierte Wurzel aus einem homogenen Differentialausdruck vierter Ordnung derselben, könnten ein Maß für die Länge des Linienelementes abgeben. Dieser Ausdruck würde aber z. B. keine geometrische Interpretation gestatten, was bei dem Ausdruck

$$ds^2 = g_{11}\,dx_1^2 + g_{12}\,dx_1\,dx_2 + \ldots + g_{33}\,dx_3^2$$

möglich ist, den man als allgemeinen Fall des pythagoreischen Lehrsatzes auffassen kann. Jedenfalls liegt zurzeit kein Anlaß vor, diesen einfachsten allgemeinen Ausdruck für das Linienelement um komplizierterer Ausdrücke willen zu verlassen. Im Rahmen der beiden Forderungen, welche wir den Beschreibungen der Naturvorgänge auferlegen, erfüllt derselbe alle Anforderungen, die zu stellen sind. Immerhin darf nie vergessen werden, daß in der Wahl des analytischen Ausdruckes für die Länge des Linienelementes stets Hypothetisches enthalten ist, und daß es Aufgabe der Physik ist, dieser Tatsache jederzeit vorurteilslos gegenüberzustehen. *Riemann* beschließt darum auch seine Schrift mit folgenden, jetzt besonders bedeutsam wirkenden Sätzen:

„Die Frage über die Gültigkeit der Voraussetzungen der Geometrie im Unendlichkleinen hängt zusammen mit der Frage nach dem inneren Grunde der Maßverhältnisse des Raumes. Bei dieser Frage, welche wohl noch zur Lehre vom Raume gerechnet werden darf, kommt die obige Bemerkung zur Anwendung, daß bei einer diskreten[1]) Mannigfaltigkeit das Prinzip der Maßverhältnisse schon in dem Begriffe dieser Mannigfaltigkeit enthalten ist, bei einer stetigen aber anderswoher hinzukommen muß. Es muß also entweder das dem Raume zugrunde liegende Wirkliche eine diskrete Mannigfaltigkeit bilden oder der Grund der Maßverhältnisse außerhalb, in darauf wirkenden Kräften, gesucht werden.

Die Entscheidung dieser Fragen kann nur gefunden werden, indem man von der bisherigen, durch die Erfahrung bewährten Auffassung der Erscheinungen, wozu *Newton* den Grund gelegt, ausgeht und diese, durch Tatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben, allmählich umarbeitet; solche Untersuchungen, welche, wie die hier geführte, von allgemeinen Begriffen ausgehen, können nur dazu dienen, daß diese Arbeit nicht durch Beschränktheit der Begriffe gehindert und der Fortschritt im Erkennen des Zusammenhanges der Dinge nicht durch überlieferte Vorurteile gehemmt wird.

Es führt dies hinüber in das Gebiet einer anderen Wissenschaft: in das Gebiet der Physik, welches wohl die Natur der heutigen Veranlassung nicht zu betreten erlaubt."

Also: nach *Riemanns* Auffassung werden diese Fragen entschieden, wenn man von der Newtonschen Auffassung der Erscheinungen ausgeht und sie, durch Tatsachen, die sich bisher aus ihr nicht erklären lassen, getrieben, allmählich umarbeitet. Das ist es, was *Einstein* getan hat. Die „bindenden Kräfte", auf die *Riemann* hinweist, werden wir in der Tat in der Einsteinschen Arbeit wiederfinden. Wie wir im vierten Abschnitte sehen werden, fußt nämlich die Einsteinsche Theorie der Gravitation in der Auffassung, daß die Gravitationskräfte die „bindenden Kräfte", also den „inneren Grund der Maßverhältnisse" im Raume darstellen.

2 b.

Festsetzung eines Maßstabes für den starren Abstand zweier unendlich benachbarter Punkte in der vierdimensionalen Mannigfaltigkeit der Raum-Zeit-Punkte.

Die Fragen der Maßverhältnisse, die wir bei der Formulierung der Naturgesetze zugrunde legen sollen, hätte man gleich mit Rücksicht auf die vierdimensionale Mannigfaltigkeit der Raum-Zeit-Punkte behandeln können, da nach den Ergebnissen der speziellen Relativitätstheorie die Zeitmessung genau so in die Naturgesetze eingeht wie die Raummessung. Ich möchte aber trotzdem die Frage der Zeitmessung gesondert behandeln, ein-

[1]) Unter einer diskreten Mannigfaltigkeit versteht man eine Mannigfaltigkeit, bei welcher zwischen den einzelnen Elementen kein stetiger Übergang möglich ist, sondern jedes Element gewissermaßen ein selbständiges Individuum darstellt.

mal, weil gerade dieses Ergebnis der Relativitätstheorie bei den Anhängern der klassischen Mechanik auf den größten Widerstand gestoßen ist, dann aber, weil auch die klassische Mechanik Vereinbarungen wegen der Zeitmessung treffen muß, völlige Einigkeit aber auch hier nie bestanden hat.

Dem Trägheitsgesetze von *Galilei* in der ursprünglichen Fassung: Ein äußeren Einflüssen nicht unterworfener Körper bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf einer geraden Bahn: fehlen zwei wesentliche Bestimmungsstücke, nämlich die Beziehung der Bewegung auf ein bestimmtes Koordinatensystem und ein bestimmtes Zeitmaß; ohne Zeitmaß kann man von einer *gleichförmigen* Geschwindigkeit überhaupt nicht sprechen.

Nach einem Vorschlage von *C. Neumann* hat man das Trägheitsgesetz selbst zur Definition eines Zeitmaßes herangezogen, und zwar in der Formulierung[1]: „Zwei materielle Punkte, von denen jeder sich selbst überlassen ist, bewegen sich in solcher Weise fort, daß gleichen Wegabschnitten des einen immer gleiche Wegabschnitte des anderen korrespondieren." Auf Grund dieses Prinzips, in welches die Zeitmessung nicht explizite eingeht, können wir „gleiche Zeitintervalle als solche definieren, innerhalb welcher ein sich selbst überlassener Punkt gleiche Wegabschnitte zurücklegt".

Dieser Standpunkt ist in späteren Untersuchungen über das Trägheitsgesetz z. B. von *L. Lange* und *H. Seeliger* eingenommen worden. Auch *Maxwell* hat (in seiner Schrift „Substanz und Bewegung") diese Definition eines Zeitmaßes für die Mechanik gewählt. Dagegen hat besonders *H. Streintz*[2]) im Anschluß an *Poisson* und *d'Alembert* die Loslösung der Zeitmessung vom Trägheitsgesetz gefordert, da ihre begrifflichen Voraussetzungen eine tiefere und allgemeinere Grundlage als das Trägheitsprinzip hätten. Nach seiner Ansicht kann *jeder* physikalische Vorgang, den man unter identischen Bedingungen wirklich wiederholen kann, zur Festsetzung einer Einheit der Zeitmessung herangezogen werden, da jeder *identische* Vorgang gleiche Dauer beanspruchen muß; andernfalls wäre überhaupt eine gesetzmäßige Naturbeschreibung ausgeschlossen. In der Tat beruht auf diesem Prinzip die Uhr. Dieses Prinzip gewährt den Vorteil, daß ein Beobachter *wenigstens für seinen Beobachtungsort* zu einer Zeitmessung gelangen kann; die Zurückführung der Zeitmessung auf das Trägheitsgesetz dagegen führt zwar zu einer einwandfreien *Definition gleicher Zeitlängen*, aber die *Messung* gleicher Wegabschnitte, die ein gleichförmig bewegter Körper zurücklegt, und damit die *Festlegung* einer Zeiteinheit ist physikalisch für irgendeinen Beobachtungsort nur dann möglich, wenn der Beobachter und der Körper dauernd, z. B. durch Lichtsignale, verbunden sind. Man kann jedoch nicht ohne weiteres voraussetzen, daß verschiedene Beobachter, die relativ zueinander in gleichförmiger Translation begriffen sind, die also nach dem Trägheitsgesetz gleichwertig sind, in bezug auf denselben bewegten Körper auf diese Weise zu identischen Zeitmessungen gelangen werden. Der Poissonsche Gedanke führt also nur *an dem betreffenden Beobachtungsorte selbst* zu einer befriedigenden Zeitmessung, gewissermaßen zur Konstruktion einer Uhr, er berührt dagegen die Frage der Zeitbeziehung *verschiedener* Beobachtungsorte *aufeinander* gar nicht; die Neumannsche Fassung dagegen führt unmittelbar auf diejenigen Fragen, die seit der Aufstellung des Relativitätsprinzips durch *Einstein* im Mittelpunkt der Diskussion stehen.

Bei dem Streben, die klassische Mechanik auf eine beschränkte Zahl von widerspruchsfreien Prinzipien zurückzuführen, mußte man zu Idealkonstruktionen und Gedankenexperimenten greifen. Man nahm nun als selbstverständlich an, daß die Verwendung eines Lichtsignals als Verbindung zwischen dem sich bewegenden Körper und dem Beobachtungsorte, wenn auch in der Praxis zur Feststellung der Gleichzeitigkeit unumgänglich, doch in dem Endresultate, gewissermaßen als Hilfskonstruktion, nicht in Erscheinung treten würde. Diese Annahme ist aber nach *Einstein* unzulässig, weil dem Begriffe der Gleich*zeitigkeit*, auf dem jede Zeitmessung beruht, keine absolute Bedeutung zukommt[1]).

Daß erst viele Jahre nach *C. Neumanns* Vorschlag eine so fundamentale Revision der für die Zeitmessung gemachten Annahmen nötig wurde, erklärt sich daraus, daß sogar die in der Astronomie auftretenden Geschwindigkeiten im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit so klein sind, daß sich zwischen den Beobachtungen und der Theorie keine auffallenden Mißhelligkeiten einstellen konnten. Infolgedessen traten die Schwächen der Theorie, insbesondere in der Beziehung verschiedener Koordinatensysteme aufeinander, nicht zutage. Man wurde nicht gewahr, daß die Transformationsgleichungen des Galilei-Newtonschen Relativitätsprinzips, welche die Koordinatenbeziehung gleichförmig gegeneinander bewegter, also mechanisch gleichwertiger Systeme, formulieren, und in denen speziell die Zeitmessung in allen Systemen als völlig unabhängig voneinander angenommen wird, Hypothesen enthalten. Erst durch die Relativitätstheorie von *Einstein* sind diese aufgedeckt worden. Man wird das aus Folgendem noch deutlicher ersehen:

Prinzipiell hätte schon lange vor den durch die elektrodynamischen Erscheinungen hervorgerufenen Erörterungen die Frage aufgestellt wer-

[1]) *E. Neumann*, Über die Prinzipien der Galilei-Newtonschen Theorie. Leipzig 1870. S. 18.

[2]) *H. Streintz*, Die physikalischen Grundlagen der Mechanik. Leipzig 1883.

[1]) *A. Einstein*, Annalen der Physik, 4. Folge, Bd. *17*, S. 891.

den können: Wie sind die Messungen in zwei Systemen mit Koordinaten x, y, z, t und x', y', z', t', die sich relativ zueinander gleichförmig bewegen, im allgemeinen aufeinander zu beziehen, d. h. wie drücken sich die x, y, z, t durch die x', y', z', t' und die relative Geschwindigkeit q der beiden Systeme zueinander aus? Eine Frage, auf welche der Neumannsche Vorschlag über die Zeitmessung unmittelbar hinweist. Man wäre auf Grund ganz allgemeiner Gesichtspunkte, die nur gewissen Grundanschauungen über Bewegungen entlehnt sind und mit den speziellen Erscheinungen der Elektrodynamik nichts zu tun haben, zu Transformationsgleichungen viel allgemeinerer Art gelangt, als es die des Galilei-Newtonschen Relativitätsprinzips sind, in welchem stets $t' = t$ gesetzt wird[1]). In diesen allgemeinen Transformationsgleichungen hätte nun *eine* Größe besondere Beachtung beansprucht. Breitet sich nämlich irgendeine Wirkung in einem System mit der Geschwindigkeit v aus, so wird sie sich in einem relativ zum ersten bewegten zweiten System im allgemeinen mit einer von v verschiedenen Geschwindigkeit $v' \neq v$ ausbreiten. Nach *Frank* und *Rothe* gibt es aber immer eine *ausgezeichnete* Geschwindigkeit, die in *jedem* System unabhängig von dessen Bewegung ihren Wert beibehält. Diese Erkenntnis hätte eventuell schon frühzeitig die Frage laut werden lassen können, ob es vielleicht unter den uns bekannten Bewegungen eine, *endliche*, Geschwindigkeit gibt, die diese ausgezeichnete Eigenschaft offenbart, oder ob, wie man stillschweigend angenommen hatte, das erst die unendlich große Geschwindigkeit tut. In diesem letzten Fall degenerieren nämlich die allgemeinen Transformationsgleichungen in die Galilei-Newtonschen. Man wäre sich dann des Hypothetischen dieser Annahme bewußt geblieben und hätte das Ergebnis des Michelsonschen Versuches, der schon für die Lichtgeschwindigkeit diese ausgezeichnete Eigenschaft erwiesen hat, mit den von *Einstein* daraus gezogenen Folgerungen für die Zeitmessung nicht als einen so willkürlichen Eingriff in die Mechanik empfunden.

Die universelle Bedeutung der Lichtgeschwindigkeit muß als überraschende Tatsache hingenommen werden. Sie entkleidet allerdings die Mechanik vielleicht ihres idealen abstrakten Charakters und paßt nicht zu den Anschauungen derer, die sie zu einer rein mathematischen Disziplin wie die Geometrie entwickeln möchten. Die Mechanik wird dafür mit den übrigen Zweigen der Physik um so enger verschmolzen. Gleichviel: die bisherigen Annahmen über die der Mechanik zugrunde zu legende Zeiteinheit sind nicht gleichzeitig mit den Transformationsgleichungen des Galilei-Newtonschen Relativitätsprinzips und der Tatsache der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit vereinbar. Es müssen vielmehr die Gesichtspunkte geltend gemacht werden, die von *Lorentz* und *Einstein* entwickelt worden sind und die Relativität der Zeitmessung berücksichtigen.

Die Einzelheiten der Relativität der Zeitmessungen sind in den letzten Jahren so viel besprochen worden, daß sich nur oft Gesagtes wiederholen ließe. Wesentlich ist die Erkenntnis, daß die Zeitmessung in die Naturgesetze ganz gleichwertig eingeht, wie die Raummessung in einer Koordinatenrichtung. Raum und Zeit stellen also eine *einheitliche Mannigfaltigkeit* der Dimension „vier" mit *einheitlichen Maßverhältnissen* dar[1]). Infolgedessen hat man konsequenterweise die Überlegungen des vorangehenden Abschnittes über die Maßverhältnisse einer Mannigfaltigkeit auf die *vierdimensionale Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit* anzuwenden und hat, im Hinblick auf die zwei prinzipiellen Forderungen: der Kontinuität und der Relativität, indem man die Zeitmessung als vierte Dimension einbezieht, für das Linienelement den Ausdruck anzusetzen:

$$\mathrm{d}s^2 = g_{11}\,\mathrm{d}x_1^2 + g_{12}\,\mathrm{d}x_1\,\mathrm{d}x_2 + \ldots + g_{34}\,\mathrm{d}x_3\,\mathrm{d}x_4 + g_{44}\,\mathrm{d}x_4^2,$$

in welchem die $g_{\mu\nu}$ ($\mu, \nu = 1, 2, 3, 4$) Funktionen der veränderlichen x_1, x_2, x_3, x_4 sind.

Zu dieser allgemeinen Form des Linienelementes hat uns nur das Bedürfnis geleitet, von Anfang an in die Formulierung der Naturgesetze nicht mehr Voraussetzungen einzuführen, als mit den beiden Forderungen verträglich sind, und Gesichtspunkten Anerkennung zu verschaffen, zu welchen die *spezielle* Relativitätstheorie hingeführt hat. Zusammenfassend können wir sagen: Die Forderung der *Kontinuität* ist zwar mit der Annahme *euklidischer* Maßverhältnisse vereinbar; für sie erscheinen aber ihre besonderen Voraussetzungen als beschränkende Hypothesen, welche nicht gemacht zu werden brauchten. Erst die zweite Forderung, die Zurückführung *aller* Bewegungen auf Relativbewegungen, *zwingt* uns dazu, den bisherigen Standpunkt der euklidischen Maßbestimmung aufzugeben.

Ein Eingehen auf die in der Mechanik noch bestehenden Schwierigkeiten wird die Notwendigkeit dieses Schrittes verständlich machen.

3.
Die prinzipiellen Schwierigkeiten in der klassischen Mechanik.

Die Grundlagen der klassischen Mechanik lassen sich im Rahmen eines Aufsatzes nicht erschöpfend darstellen. Ich kann für den hier vorliegenden Zweck nur die Schattenseiten dieser Theorie deutlich hervortreten lassen, ohne ihren bisherigen Erfolgen gerecht werden zu können, die es erst verständlich machen, daß man diese

[1]) S. *Ph. Frank* und *H. Rothe*, Annalen der Physik, 4. Folge, Bd. *34*, S. 825.

[1]) *Minkowski* hat diese Folgerung des speziellen Relativitätsprinzips als erster mit besonderem Nachdruck hervorgehoben.

Theorie so ungern verläßt, deren Grundgesetze sich mathematisch so schlicht formulieren lassen. Aber schon das Trägheitsgesetz, das *Newton* an ihre Spitze stellt, hat sich bisher nicht in eine Form kleiden lassen, die auf dauernden Bestand rechnen konnte.

Wie schon im vorausgehenden Abschnitte betont wurde, läßt die Aussage, daß ein sich selbst überlassener Punkt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf einer geraden Linie bewegt, die Beziehung auf ein bestimmtes Koordinatensystem vermissen. Hier erhebt sich eine unüberbrückbare Schwierigkeit: die Natur liefert uns tatsächlich kein Koordinatensystem, in bezug auf welches eine geradlinig gleichförmige Bewegung möglich wäre. Denn sobald wir ein Koordinatensystem mit irgendeinem Körper, z. B. mit der Erde, der Sonne usw., verbinden — und das verleiht ihm erst Anschaulichkeit —, so sind die Voraussetzungen des Trägheitsgesetzes wegen der Gravitationswirkung der Körper aufeinander nicht mehr erfüllt. Man muß demgemäß der Bewegung eines Körpers entweder eine Bedeutung an sich zusprechen, d. h. Bewegungen relativ zum absoluten Raum zulassen, oder zu Gedankenexperimenten greifen, indem man, wie *C. Neumann*, einen hypothetischen Körper Alpha einführt und relativ zu diesem ein Achsensystem (Inertialsystem) festlegt, in bezug auf welches dann das Trägheitsgesetz gelten soll. Die Alternative, vor die man so gestellt wird, ist höchst unbefriedigend. Die Einführung des absoluten Raumes gibt zu den oft diskutierten begrifflichen Schwierigkeiten Anlaß und hat in der Tat nur insofern ihre Berechtigung, als sie uns ermöglicht, die Newtonsche Mechanik beizubehalten. Die Einführung des Bezugssystems Alpha trägt zwar der Relativität der Bewegungen so weit Rechnung, daß alle relativ zu einem Alphasystem gleichförmig bewegten weiteren Systeme von Anfang an als *gleichwertig* eingeführt werden. Wir können aber bestimmt behaupten, daß es ein sichtbares Alphasystem gar nicht gibt, und daß man auch nie zu einer endgültigen Festlegung eines solchen gelangen wird. Man wird höchstens durch immer weiter geführte Berücksichtigung der Einflüsse der Fixsterne auf das Sonnensystem und aufeinander immer mehr ein Koordinatensystem herausschälen können, das für das Sonnensystem die Rolle eines solchen „Inertialsystems" *mit genügender Genauigkeit* spielen kann. Infolgedessen gibt der Schöpfer dieser Auffassungen, *C. Neumann*, selbst zu, daß dieselbe stets sehr „Unbefriedigendes" und „Rätselhaftes" behalten werde, und die so begründete Mechanik eigentlich eine recht wunderbare Theorie darstelle.

Darum erscheint es durchaus natürlich, wenn *E. Mach*[1]) den Vorschlag macht, das Trägheitsgesetz so zu formulieren, daß unmittelbar die Beziehung auf den Fixsternhimmel zutage tritt. „Statt zu sagen, die Richtung und Geschwindigkeit einer Masse μ im Raume bleibt konstant, kann man auch den Ausdruck gebrauchen, die mittlere Beschleunigung der Masse μ gegen die Massen m, m', m'', ... in den Entfernungen r, r', r'', ... ist gleich Null oder $\frac{d^2}{dt^2}\frac{\Sigma mr}{\Sigma m} = 0$. Letzterer Ausdruck ist dem ersten äquivalent, sobald man nur hinreichend viele und hinreichend weite und große Massen in Betracht zieht . . . ."

Befriedigt hat aber auch diese Formulierung nicht. Abgesehen von einer gewissen Bestimmtheit, fehlt ihr auch der Charakter als Nahewirkungsgesetz, so daß ihre Erhebung zum Grundgesetz (statt des Trägheitsgesetzes) kaum in Frage käme.

Fragt man nun nach der inneren Ursache dieser Schwierigkeiten, so ist dieselbe sicherlich in dem ungenügenden Anschluß der Grundprinzipien an die Beobachtung zu finden. In Wahrheit beobachten wir nur die Bewegung von Körpern *relativ* zueinander, und diese ist *niemals* eine absolute geradlinige und gleichförmige Translation. *Die reine Trägheitsbewegung ist also eine durch Abstraktion gewonnene Vorstellung.*

So fruchtbar und unerläßlich das Gedankenexperiment auch oft sein mag, um das Wesentliche verschiedener Erscheinungen, die sich überlagern, reinlich zu scheiden, so droht doch jederzeit dabei die Gefahr, daß bei zu weit getriebener Abstraktion sich der naturwissenschaftliche Inhalt der ihm zugrunde liegenden Begriffe verflüchtigt. Wenn es für unsere Anschauung keinen Sinn hat, von der „Bewegung eines Körpers" im Raum zu sprechen, solange nur dieser eine Körper vorhanden ist, hat es dann einen Sinn, dem Körper auch noch Attribute, wie *träge* Masse, zuzusprechen, die nur unserer Beobachtung von mehreren Körpern entstammen, die sich *relativ* zueinander bewegen? Wenn nicht, so kann dem Begriffe der trägen Masse eines Körpers auch nur eine relative Bedeutung zugesprochen werden. Solche Zweifel fanden neue Nahrung, als die Relativitätstheorie zu der Erkenntnis führte, daß die Trägheit nicht der Materie allein eigentümlich ist, sondern daß auch die Energie „Trägheit" besitzt[1]), bei ihr aber von einem Trägheitswert schlechthin, wie bei der Materie, nicht gesprochen werden kann. Da die *Dichte*[2]) *der Energie*, welcher

[1]) *E. Mach*, Die Mechanik in ihrer Entwicklung. 4. Aufl., S. 244.

[1]) Die *Trägheit der Energie* läßt sich z. B. an den freien Elektronen in einem Kathodenrohre beobachten, und zwar an dem Widerstande, den dieselben jeder Bewegungsänderung entgegensetzen. Da die Elektronen als freie elektrische Ladungen ohne materielle Träger aufgefaßt werden, erwuchs aus dieser Erfahrung der Begriff der „elektrodynamischen" Trägheit bzw. Masse. Die spezielle Relativitätstheorie hat dann allgemein zu der Anschauung geführt, daß jeglicher Energie Trägheit zukommt.

[2]) Der Begriff der *Dichte der Energie* ist der Anschauung entsprungen, daß der Energieinhalt eines Körpers z. B. an strahlender Wärme sich in gesetzmäßiger Weise auf sein ganzes Volumen verteilt. Der

ihre Trägheit proportional ist, dem Werte nach von dem gewählten Bezugssystem abhängig ist, also nicht substantiellen Charakter im ursprünglichen Sinne hat, so kann auch nur von einem Werte derselben *relativ* zu dem betreffenden Bezugssystem gesprochen werden. Zugleich machte sich immer mehr die Auffassung geltend, daß überhaupt die gesamte Trägheit der Körper auf deren Energieinhalt, welcher zum allergrößten Betrage latent ist, zurückzuführen sei. Diese Ergebnisse der Relativitätstheorie brachten unsere ganze Auffassung von der Trägheit der Materie ins Wanken, denn sie raubten dem Satze von der Gleichheit der trägen und der schweren Masse der Körper seine strenge Gültigkeit. Jetzt sollte die *träge* Masse eines Körpers je nach seinem Energieinhalte einen anderen Wert haben können, ohne daß sich nach den bestehenden Auffassungen seine *schwere* Masse verändert hätte. Seit jeher hatte man aber die Masse eines Körpers aus seinem Gewicht ermittelt, ohne daß sich dabei Unstimmigkeiten offenbart hätten.

Eine solche fundamentale Schwierigkeit konnte zutage treten, weil der Satz von der Gleichheit der trägen und der schweren Masse mit den Grundprinzipien der Mechanik nicht eng verflochten worden war, und den Gravitationserscheinungen nicht die gleiche Bedeutung wie den Trägheitserscheinungen in den Grundlagen der Newtonschen Mechanik zuerteilt wird, wie es tatsächlich sein müßte. Die Gravitation als Fernwirkungskraft wird vielmehr nur als Spezialkraft für einen beschränkten Bereich von Erscheinungen eingeführt, und der überraschenden Tatsache der Gleichheit von träger und schwerer Masse wird nicht weiter nachgeforscht. *Daher muß an die Spitze der Mechanik an die Stelle des Trägheitsgesetzes ein Grundgesetz treten, welches die Trägheitserscheinungen und die Gravitationserscheinungen umfaßt. Dies kann durch eine konsequente Durchführung des Prinzips der Relativität aller Bewegungen geschehen, wie Einstein erkannt hat. Diesen Umstand wählt Einstein daher zum Ausgangspunkt seiner Ansätze.*

Man kann nämlich den Satz von der Gleichheit der trägen und der schweren Masse, in dem sich der enge Zusammenhang zwischen den Trägheitserscheinungen und den Gravitationserscheinungen widerspiegelt, noch von einer anderen Seite beleuchten und dadurch seine enge Beziehung zu dem allgemeinen Relativitätsprinzip aufdecken.

So sehr zwar *Newton* die Vorstellung des „absoluten Raumes" widerstrebte, glaubte er doch in dem Auftreten der Zentrifugalkräfte eine wesentliche Stütze für die Existenz des absoluten Raumes zu sehen. Rotiert ein Körper, so treten auf ihm Zentrifugalkräfte auf. Das Auftreten solcher Zentrifugalkräfte auf einem Körper gestattet, auch ohne Gegenwart anderer sichtbarer Körper seine Rotation um eine Achse nachzuweisen. Selbst wenn die Erde ständig von einer undurchsichtigen Wolkendecke eingeschlossen wäre, würde man ihre tägliche Drehung doch an dem Foucaultschen Pendelversuche feststellen können. Aus dieser Besonderheit der Rotationen schloß *Newton* auf die Existenz absoluter Bewegungen. Rein *kinematisch* betrachtet, unterscheidet sich aber die Rotation in keiner Weise von der Translation; wir beobachten nur *Relativ*bewegungen von Körpern gegeneinander und könnten uns ebensogut vorstellen, daß alle Körper des Weltalls um die Erde rotieren. In der Tat ist von *E. Mach* auch die *dynamische* Gleichwertigkeit beider Vorgänge gefordert worden; man müßte alsdann voraussetzen, daß die auf der Erdoberfläche beobachteten Zentrifugalkräfte in gleichem Betrage und Verlauf auch durch die *Gravitationswirkung* der Gesamtheit aller Körper ausgelöst würden, wenn diese um die ruhende Erde rotierten. *B.* und *J. Friedländer*[1]) haben aus denselben Überlegungen heraus ein Experiment vorgeschlagen, um die *Relativität der Rotationsbewegungen, mithin Umkehrbarkeit der Zentrifugalerscheinungen,* darzutun. Wegen der Kleinheit des Effektes ist es zwar zurzeit nicht durchführbar, es ist aber durchaus geeignet, den physikalischen Inhalt dieser Forderung dem Verständnis näher zu bringen.

„Das empfindlichste aller Instrumente ist bekanntlich die Drehwage. Die größten rotierenden Massen, mit denen wir experimentieren können, sind aber wohl die großen Schwungräder in Walzwerken und anderen großen Fabriken. Die Zentrifugalkräfte äußern sich bekanntlich in einem von der Rotationsachse zu entfernen strebenden Drucke. Stellen wir also eine Drehwage in nicht zu großer Entfernung von einem großen Schwungrade auf, so daß der Aufhängungspunkt des drehbaren Teiles der Drehwage (der Nadel) genau oder annähernd in der Verlängerung der Achse des Schwungrades liegt, so müßte sich die Nadel, wenn sie nicht von vornherein der Ebene des Schwungrades parallel war, sich dieser Lage zu nähern streben und einen entsprechenden Ausschlag zeigen. Auf jeden, nicht in der Umdrehungsachse liegenden Massenteil wirkt nämlich die Zentrifugalkraft in dem Sinne, daß sie ihn von der Achse zu entfernen strebt. Man sieht sofort, daß eine möglichst weitgehende Entfernung erreicht wird, wenn die Nadel parallel steht."

Allerdings ist die wirkende Masse im ersten Falle nur diejenige des Schwungrades, im zweiten wären es alle Massen des Weltalls.

Daß diese Forderung der Relativität der Rotationen, die zunächst nur der *kinematischen* Anschauung entspringt, in *dynamischer* Hinsicht wirklich gestellt werden darf, beruht nun im wesentlichen in der Gleichheit der trägen und der schweren Masse der Körper. Nach der bisheri-

Energieinhalt der Volumeneinheit, also des Kubikzentimeters, mißt die Dichte der Energie an der betreffenden Stelle.

[1]) „Absolute und relative Bewegung". Berlin, Leonhard Simion, 1896.

gen Auffassung werden ja die Zentrifugalkräfte durch die Trägheit des rotierenden Körpers hervorgerufen oder vielmehr durch die Trägheit seiner einzelnen Massenpunkte, die dauernd ihrer Trägheit zu folgen suchen und daher in der Tangente an die ihnen aufgezwungenen Kreisbahnen davonfliegen möchten. Das Zentrifugalfeld ist also ein *Trägheits*feld. Wenn wir es ebenso gut als ein *Schwere*feld *auffassen* können — und das geschieht, sobald wir die Relativität der Rotationen *fordern*, weil wir dann annehmen müssen, daß die Gesamtheit der um den ruhenden Körper kreisenden Massen durch ihre Gravitationswirkung auf den ruhenden Körper die sogenannten Zentrifugalkräfte *auslösen* —, so ist das in der Tatsache der Gleichheit der trägen und der schweren Masse der Körper begründet, welche durch die Versuche von *Eötvös* mit außerordentlicher Genauigkeit sichergestellt worden ist[1]).

Man erkennt aus diesen Betrachtungen, wie ein allgemeines Prinzip der Relativität aller Bewegungen zugleich zu einer Theorie der Gravitation hinführt.

Nach alledem kann man sich dem Eindruck nicht mehr verschließen, daß ein Aufbau der Mechanik auf ganz neuer Basis ein unbedingtes Erfordernis ist. Eine befriedigende Formulierung des Trägheitsgesetzes ohne Berücksichtigung der *Relativität aller Bewegungen* ist nicht zu erhoffen, und demgemäß auch nicht die Befreiung der Mechanik von dem unerquicklichen Begriff absoluter Bewegungen; dann aber hat die Erkenntnis von der *Trägheit der Energie* und damit der *Relativität der Trägheit* Gesichtspunkte zur Geltung gebracht, welche sich überhaupt nicht in das bestehende System einfügen und eine Revision der Grundlagen der Mechanik fordern. Die Forderungen, welche wir von vornherein stellen müssen, sind: Beseitigung aller Fernwirkungen und aller der Beobachtung unzugänglichen Größen aus den Grundgesetzen, d. h. eine Differentialgleichung, welche die Bewegung eines Körpers unter dem Einfluß der *Trägheit und* der *Schwere* umfaßt und die Relativität aller Bewegungen zum Ausdruck bringt. Diesen Forderungen wird die Einsteinsche Gravitationstheorie und verallgemeinerte Relativitätstheorie im weitesten Sinne gerecht. *Das Opfer, welches wir dabei bringen müssen,* ist die allerdings fest eingewurzelte Hypothese, daß sich alle physikalischen Vorgänge in dem Raume abspielen, in dem die euklidische Geometrie gilt. Denn die Forderung der allgemeinen Relativität, die sich jetzt auch auf beschleunigte Bewegungen bezieht und die völlige Unabhängigkeit der Grundgesetze von dem gewählten Bezugssystem verlangt, läßt sich nicht mit der Einführung eines euklidischen Linienelementes in die Gesetze in Einklang bringen, da dasselbe nicht bei beliebiger Änderung der Koordinaten seine Gestalt bewahrt. An seine Stelle hat deswegen das allgemeine Linienelement

$$\sum_{1}^{4} g_{\mu\nu}\, \mathrm{d}\, x_\mu\, \mathrm{d}\, x_\nu = \mathrm{d}\, s^2$$

zu treten. Während also die Forderung der Kontinuität es *ratsam* erscheinen ließ, nicht die beschränkenden Voraussetzungen der euklidischen Maßbestimmung einzuführen, läßt uns das Prinzip der allgemeinen Relativität keine Wahl mehr.

Die Betonung dieses Prinzips wie überhaupt der Forderung, daß nur beobachtbare Größen in den Naturgesetzen vorkommen sollen, entspringt nicht etwa nur einem formalen Bedürfnis, sondern dem Bestreben, dem Kausalitätsprinzip, wie schon erwähnt, wirklich die Bedeutung eines für die Erfahrungswelt gültigen Gesetzes zu verleihen. Demgemäß wird man unbedingt zu vermeiden suchen, daß in den Naturgesetzen neben beobachtbaren noch solche Größen auftreten, die fiktiver Natur sind, wie z. B. der *„Raum"* der Newtonschen Mechanik. Solange das der Fall ist, sagt das Kausalitätsprinzip nichts wirklich über Ursachen und Wirkungen der reinen Erfahrung aus, was doch das Ziel jeder Naturbeschreibung sein muß. Es ist darum die Forderung der Relativität aller Bewegungen aus diesem *erkenntnistheoretischen* Bedürfnis heraus zu bewerten[1]).

(Schluß folgt.)

[1]) „Über die Anziehung der Erde auf verschiedene Substanzen" von *R. Eötvös*, Mathem.-naturwiss. Berichte aus Ungarn Bd. *VIII*, 1891.

[1]) S. a. *A. Einstein*, Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, Ann. d. Phys. 4. Folge, Bd *49*, Seite 769.

Deutsch-Südwestafrika im Lichte biogeographisch-historischer Forschung.

Von Dr. Thilo Krumbach, Rovigno.

Unter dem schlichten Titel „Ergebnisse der Hamburger deutsch-südwestafrikanischen Sammelreise 1911" erscheint in Hamburg bei Friederichsen & Co. seit Anfang 1914 ein Werk, dessen besonderes Ziel der Herausgeber, Prof. *W. Michaelsen* vom Zoologischen Museum des Hamburgischen Staates, als Beiträge zur Kenntnis der Land- und Süßwasserfauna des Gebietes formuliert.

Unser deutsches Südwestafrika wird in diesem Reisewerke in erdgeschichtliche und biogeographisch-historische Beleuchtung gerückt. Die Hamburger deutsch-südwestafrikanische Studienreise 1911 vollendet das Werk der Hamburger magalhaensischen Sammelreise von 1892 bis 1893 und der Hamburger südwestaustralischen Forschungsreise von 1905, indem sie die Fauna der letzten der drei in die Meere um den Südpol ragenden Kontinentalspitzen zum Gegenstand der Untersuchung macht. „Für diese Untersuchung kommt nicht nur die Tierwelt des Landes und des Süßwassers in Betracht, sondern auch die der Küstenmeere, und zwar hauptsächlich der westlichen, die von kalten Meeresströmungen, je einer Abzweigung der den Südpolarkontinent umkreisenden Westwindtrift, durchzogen werden. Diese bieten naturgemäß die meiste Aussicht für den Nachweis eines etwaigen Hinaufreichens der für die in Frage kommenden Probleme bedeutsamen subantarktischen Meeres-

fauna an diesen kontinentalen Südspitzen. Aus diesem Grunde wurden hauptsächlich die Westdistrikte der drei kontinentalen Südspitzen als Forschungsgebiet gewählt, bei der ersten Reise außer Feuerland, der äußersten Südspitze, hauptsächlich der westpatagonische Smyth Channel und Süd-Chile, bei der zweiten Reise außer dem Albanybezirk hauptsächlich die südliche Hälfte der Westküste Australiens von Russelton bis zur Sparks Bay und bei der dritten Reise Südwestafrika von der Mündung des Oranjeflusses bis Swakopmund. „Die durch Bestimmung und Beschreibung des gesammelten Materials erweiterte systematische Kenntnis von diesen Faunen soll uns — so war es *Michaelsens* großer Plan — in den Stand setzen, etwaige erdgeschichtliche Beziehungen zwischen denselben, wie sie von manchen Forschern vermutet oder als tatsächlich bestehend hingestellt wurden, aufzuklären."

Michaelsen hat nur vier Monate eines Trockenjahr-Winters in Südafrika zugebracht, also eines abnormen Winters. Die Wahl der winterlichen Jahreszeit war Absicht. „Während der scheinbar toten Winterzeit ist bisher nur wenig gesammelt worden, und zumal für die meisten Süßwasser- und Feuchtlandtiere, und auf diese fahndete ich ganz besonders, ist der Winter, oder vielmehr die Trockenperiode die geeignetste Zeit. Diese Süßwasser- und Feuchtlandtiere können nur dort leben, wo *duuernd* Wasser bezw. feuchter Boden vorhanden ist. Die kleinen, weit zerstreuten Tümpel und Teiche, die in der Trockenzeit ausdauerten, und die die Kernpunkte und Reservoire der Süßwasserfauna darstellen, waren im Winter leicht aufzufinden und boten mir tatsächlich eine Ausbeute, wie ich sie im Sommer sicherlich nicht erlangt hätte."

Die Tierwelt der Küste, bei Swakopmund, Walfischbay, Lüderitzbucht, Sandfischhafen, kommt etwa dem faunistischen Reichtum der Nordsee einschließlich der schottischen und westnorwegischen Küste gleich. Ihrem Charakter nach scheint sie sich der Tierwelt des kapländischen Meeres eng anzuschließen, erreicht jedoch bei weitem nicht deren Reichtum, zu dem ja viele aus dem warmen Indischen Ozean mit der Agulhas-Strömung vordringende Warmwasserformen beitragen. Die Küstengewässer unseres südwestafrikanischen Schutzgebietes beherbergen dagegen augenscheinlich eine fast reine und daher ärmere Kaltwasserfauna. Mich haben die Funde *Michaelsens* so stark an die Verhältnisse der Adriaküsten erinnert, daß sie mir nur als eine unbedeutende Variation über das gleiche Thema erscheinen.

Von hohem Interesse sind *Michaelsens* Gedanken und Funde zur Geschichte und Besiedelung der Namib, „in der ein für die Verbreitung der Tierwelt im subtropischen Südafrika so bedeutsamer landschaftlicher und biologischer Charakter das Maximum seiner Ausprägung findet". Das von ihm entworfene Bild gewinnt an Schärfe durch den Vergleich mit der so fundamental verschiedenen Sahara. *„Die Namib ist viel mehr Wüste als die Sahara."* Unter den Tieren fällt in der Namib besonders ein Gecko mit Watfüßen auf, und unter den Pflanzen die altertümliche Form Welwitschia mirabilis, sowie eine Anzahl von Stammsukkulenten — Erscheinungen, die der Sahara völlig fremd sind. Der Botaniker *Fitting* meinte, daß der Boden der Sahara wohl physikalische und chemische Besonderheiten haben müsse, aus denen sich das Fehlen der Stammsukkulenten einmal erklären lassen dürfte. *Michaelsen* hält dem entgegen, daß in so großen und physiographisch mannigfaltig ausgestalteten Gebieten, wie die Sahara und die Namib es sind, jede besondere Veranlagung der Wüstenpflanzen wenigstens in kleinen Strecken ihr Auskommen finden müsse, und ist durch seine tiergeographischen Studien belehrt worden, „die Ursache für die Verschiedenheit in den Lebensformen der Namib und der Sahara in dem verschiedenen geologischen Alter dieser beiden Wüsten zu suchen". „Die Namib ist eine geborene Wüste. Südafrika ist ein geologisch sehr alter, und in langen geologischen Perioden nur wenig veränderter Klotz. Solange er, annähernd so wie jetzt, in das südliche Meer vorragte, muß er einen Teil der Westwindtrift abgefangen und als Kaltwasserströmung an seiner Westküste nordwärts geführt haben. Ebenso alt wie dieser Klotz müssen also auch der noch durch den kalten Westküstenauftrieb verstärkte Kältefilter an seiner Westküste und demnach auch die hauptsächlichsten klimatischen Verhältnisse des ganzen Landes sein. Ebenso alt ist wahrscheinlich auch der Wüstenstreifen an seiner Westseite, der hier ebenso zwingend auftreten mußte wie die Küstenwüste an der Westseite der südamerikanischen Kordillere im Bereich der Ostpassate und des kalten Küstenauftriebes. Für das hohe geologische Alter der klimatischen Verhältnisse des westlichen Südafrikas, also nicht allein der Namib, sondern des ganzen Gebietes bis zum Ostrande der Kalahari, sprechen zunächst viele faunistische Tatsachen. Nicht nur das südlichste Afrika, Kapland, sondern auch das von Kalahari und Namib umschlossene Hochland Deutsch-Südwestafrikas zeigt mancherlei Züge einer typischen Reliktennatur, die auf eine faunistische Abgeschlossenheit in langer geologischer Periode hindeuten, und zwar zeigen diese Tatsachen, daß diese Abgeschlossenheit nicht durch ein Meer, sondern durch Wüste oder wasserarmes Gebiet verursacht wurde. Sie findet sich nicht ausgeprägt in jenen Tiergruppen, für die Trockenland und Wüste kein Verbreitungshindernis sind, wohl aber bei Feuchtlandtieren wie Landmollusken (Dorcasia, die primitivste aller Felicinen) und terricolen Oligochaeten (Acanthodrilus, die archaischste aller Gattungen terricoler Regenwürmer u. a.). Für das hohe geologische Alter der Namib sprechen vor allem die zweifellos sehr alten Anpassungen an das Wüstenklima, wie sie unter den Tieren vom Sandwatgecko, unter den Pflanzen von der vorweltlich anmutenden Welwitschia und den Stammsukkulenten dargestellt werden. Derartige tiefgründige Anpassungen bilden sich nicht in kurzer geologischer Periode. In der Sahara liegen die Verhältnisse ganz anders. Zwar, eine faunistische Grenze bildet auch die Sahara. Aber es läßt sich nachweisen, daß sie diese Grenzfunktionen nicht lediglich als Wüste, sondern für lange geologische Perioden als Meer ausgeübt hat. Die Sahara ist als Wüste zweifellos viel jünger als die Namib. Der größte Teil des Gebietes der jetzigen Sahara war noch vom Meere überspült zu einer Zeit, als Südafrika schon lange seine jetzige Gestalt annähernd gewonnen hatte, und es ist fraglich, ob das Gebiet der Sahara, als es landfest wurde, sofort als Wüste in die Erscheinung trat. Manche Tatsachen weisen darauf hin, daß dieses Gebiet noch in jüngerer Zeit geologischer Periode ein günstigeres, feuchteres Klima besaß als zur Jetztzeit. Aus ihrer relativen geologischen Jugendlichkeit erkläre ich die Eigenart ihrer faunistischen und floristischen Verhältnisse und damit den Unterschied dieser Verhältnisse von denen der geologisch alten Namib. Die Lebensformen der Sahara hatten nach dieser Anschauung noch gar keine Zeit, sich in solch tiefgründiger Weise dem Wüstenleben anzupassen, wie die oben erwähnten Kinder der Namib. Es kann wohl kaum einem Zweifel unterliegen, daß die Pflanzen der Sahara ganz leichte und demgemäß in kürzerer Zeit zu erwerbende Anpas-

sungen aufweisen. Blattsukkulenten zum Beispiel kommen doch auch in anderen klimatischen Bezirken vor. Zumal der Meeresstrand ist reich an derartigen und anderen leichteren Anpassungen. Auch die von *Fitting* erörterte, in der Sahara vorherrschende Kategorie der Wüstenanpassungen, die Steigerung der osmotischen Zugkraft, kann ich nur als leichte Anpassung ansehen; handelt es sich doch um eine Eigenschaft, die nachgewiesenermaßen innerhalb einer und derselben Art großen Schwankungen unterworfen, also variabel und leicht steigerungsfähig ist. Auch für diese Kategorie von Wüstenpflanzen mag der Meeresstrand Material liefern; denn auch der Salzgehalt des Meeresstrandes bildet bei seinen Pflanzen die gleichen stark hygroskopischen Fähigkeiten aus, wie sie von Pflanzen des fast trockenen Wüstenbodens verlangt werden. Dort ist die starke Hygroskopie des Salzgehaltes im Boden zu überwinden, hier die starke Adhäsion der äußerst dünnen Wasserschichten an den einzelnen Körnern des anscheinenden staubtrockenen Bodens. — Es kann in einer jungen Wüste nicht schwer fallen, in kurzer Zeit eine reiche Flora derartiger Meeresstrands-Anpassungen zu sich heranzuziehen. Es drängte sich mir die Frage auf, ob nicht überhaupt der Meeresstrand als Ausgangspunkt für die Besiedelung einer jungen Wüste eine wesentliche Rolle spiele. Die Beantwortung dieser Frage muß ich aber den Botanikern überlassen, falls sie sie überhaupt für diskutierbar halten. Selbst dem Laien auffallend ist jedenfalls eine gewisse Habitus-Ähnlichkeit zwischen Meeresstrandpflanzen und gewissen Wüstenpflanzen." — Mit diesen letzten Sätzen berührt *Michaelsen* Gedankengänge, die auch mir geläufig sind. In einem öffentlichen Vortrage, den ich im Frühjahr 1912 im Museum für Meereskunde in Berlin gehalten habe (Aus Vergangenheit und Gegenwart der Küste Istriens), habe ich den Meeresstrand als ein Stück Wüste zu erweisen versucht, gewissermaßen als Auskeilungen der großen Wüstengebiete der Erde. Ich wies damals hin auf die große Trockenheit der Luft dicht über dem Meere, die noch jedermann erstaunt hat, dem sie auffiel, und zeigte Ätzfiguren im Kalkfels der Küste und Lacküberzüge am Gestein vor, wie sie in Wüsten aufzutreten pflegen. Inzwischen bin ich diesen Fragen noch näher nachgegangen und hoffe sie einmal ausführlicher darzustellen. Die Ähnlichkeiten in der äußeren Erscheinung zwischen Strandpflanzen und Wüstenpflanzen sind dagegen Phänomene zweiten Grades. Auch die Meereswelle hat eine ähnlich formende Kraft, weshalb ein großer Teil jener Bildungen unter den Gesichtspunkten der Strukturverhältnisse des Windes und der Welle betrachtet werden muß.

Seine Erfahrungen über das Buschwaldgebiet des Inneren unserer Kolonie rundet *Michaelsen* auf den Seiten 42 bis 48 zu einem erdgeschichtlich und physiographisch untermalten Bilde der Tierwelt ab. Wie es bei dem trockenen Klima nicht weiter verwunderlich ist, überwiegt die Zahl der Trockenlandtiere weitaus. Aber auch solche Tiere, die in einer gewissen Periode ihres Lebens an offenes Wasser gebunden sind, also amphibische Tiere, trifft man auf dem Lande nicht eben selten, manchmal wenigstens der Individuenzahl nach massenhaft an. Sehr spärlich sind dagegen die Landtiere, die *Michaelsen* als Feuchtlandtiere bezeichnet, die stets einer gewissen Feuchtigkeit des Aufenthaltsortes bedürfen und bei vollständiger Eintrocknung zugrunde gehen. Landplanarien fehlen in Deutsch-Südwestafrika anscheinend ganz. Regenwürmer sind nur in sehr spärlichen Vorkommnissen im Nordgebiet sowie hart an der Südgrenze gefunden worden. Auch die Tiergruppen, die feuchte Örtlichkeit bevorzugen, ohne gerade Feuchtlandtiere zu sein, wie Landschnecken und Landasseln, sind verhältnismäßig spärlich vertreten.

In ihrer Bedeutung für die Abgrenzung und Charakterisierung tiergeographischer Gebiete sind die Feuchtlandtiere und die sich an diese biologische Gruppe anschließende Gruppe der feuchte Örtlichkeiten bevorzugenden Tiere von hervorragendster Wichtigkeit. Die Trockenlandtiere zeigen zum größten Teil eine sehr weite Verbreitung nicht nur der Gattung, sondern auch der Art. Für ihre Ausbreitung gibt es im allgemeinen innerhalb des Kontinents keine Schranken. Wohl sind auch viele Arten der Trockenlandtiere in ihrem Vorkommen sehr beschränkt. In diesen Fällen beruht aber der Charakter der Verbreitung zumeist auf gewissen speziellen Lebensbedingungen. Ein Insekt, das an eine ganz bestimmte Futterpflanze gebunden ist, zeigt in seinem Vorkommen natürlich die gleiche Beschränkung wie jene Futterpflanze. Ein Tier, das, wie der Sandwat-Gecko (Palmatogecko), durchaus auf das Leben im lokkeren Sande angewiesen ist, kann sich nicht über den Bereich der Dünen des Wüstenstreifens der Namib hinaus verbreiten. Es zeigt sich zugleich, daß eine durch lange Zeiträume hindurchgeführte Beschränkung auf einen verhältnismäßig kleinen Lebensbezirk auch bei Trockenlandtieren zur Ausbildung besonderer, auf einen kleinen Bezirk beschränkter Gattungen führen kann. In Hinsicht auf die Trockenlandtiere stellt sich demnach Deutsch-Südwestafrika als ein integrierender, nicht in bedeutsamen Zügen sich absondernder Teil des ganzen südlichen gemäßigten bis subtropischen Afrikas dar. In Hinsicht auf Feuchtlandtiere ist die Kolonie der Hauptsache nach ein Gebiet ohne endemische Formen. Für Tiere, die feuchte Örtlichkeiten bevorzugen, ohne geradezu Feuchtlandtiere zu sein, wie viele Landschnecken, ist Deutsch-Südwestafrika samt Kalahari ein Gebiet der Isolierung, die zur Bildung besonderer Gattungen führte, für Dorcasia geradezu ein Rückzugsgebiet, in dem sich diese phyletisch alte Form halten konnte. „Fassen wir diese geographischen Ergebnisse zusammen, beachten wir vor allem die absolute Scheidung, die das Trockenland Namib-Kalahari zwischen der südafrikanischen und tropisch-afrikanischen Fauna der Feuchtlandtiere gebildet hat, so kommen wir zu dem Schluß, daß diesen physiographischen Verhältnissen, die zu den erörterten tiergeographischen Eigenheiten geführt haben, ein recht hohes geologisches Alter, eine große Konstanz im Laufe der letzten geologischen Perioden, zugeschrieben werden muß, das gleiche Ergebnis, zu dem im speziellen die Betrachtung des Charakters der Fauna und Flora des Namib geführt hat."

Die Süßwasserfauna der Kolonie macht im allgemeinen nicht gerade einen spärlichen Eindruck. Selbst kleinste, weit isolierte Wassertümpel überraschten durch die Üppigkeit ihres Tierlebens, während andere allerdings recht arm zu sein schienen. Es hat sich die Vermutung bestätigt, „daß wir in den sehr kleinen, im geologischen Sinne ephemeren Süßwässern unseres südwestafrikanischen Gebietes höchstens eine spärliche endemische Süßwasserfauna antreffen" würden. Soweit es sich übersehen läßt, „handelt es sich zumeist um weitverbreitete, zum Teil fast kosmopolitische Gattungen und Arten". Was *Michaelsen* da schildert, erinnert mich fast Zug um Zug an die Verhältnisse des Karstes im österreichischen Küstenlande. Ganz besonders bei der Stelle, wo er, Seite 48, eine Eigenheit in der Verteilung der Süßwassertümpel erwähnt, sah ich unsere Laghi und Wasserlöcher vor mir. „Häufig" — so lesen wir da — „sind zwei nahe beieinander gelegene Tümpel

oder Wasserlöcher ganz verschieden bestockt, ohne daß ein ausreichender Grund für diese Verschiedenheit aus dem Charakter der Wasserstellen zu ersehen wäre, handelt es sich doch um Wasserstellen, die im gleichen und gleichmäßig gestalteten Revier oder in einer gemeinsamen Felsenspalte dicht beieinander lagen. Da fand ich in dem einen Tümpel prächtige Branchipus und Limnadia neben einer großen Copepodenart und einigen Ostracoden, in einem Schwestertümpel Myriaden von Daphniden neben einigen winzigen Copepoden, sonst nichts; in einem kleineren Felsenwasserloch mehrere Blutegel, einige Wasserwanzen und zahlreiche Mückenlarven, in einem benachbarten zwei Bryozoen-Arten, sonst nichts." Meine Erfahrungen hier im Karst haben mich aber selbst in den engst beieinander liegenden Tümpeln stark betonte Unterschiede zu sehen gelehrt. Was ich an Wasseranalysen von *Besschoff* besitze, über den Temperaturgang in den Tümpeln weiß und über Zeit, die ein Tümpel vor dem andern überdauert, beobachtet habe, läßt mich vermuten, daß die besondere Besiedelung immer von sehr besonderen physikalisch-chemischen Bedingungen abhängt.

Mit einer Schilderung des Sambesidistrikts von Rhodesia schließt der ansprechend geschriebene und gedankenreiche Reisebericht *Michaelsens*.

Kleine Mitteilungen.

Einer der auffälligsten Sätze der Theorie *Lombrosos* **über die Entstehung des Genies** besagte, daß die lokale Bodengestaltung mit dem Auftreten des letzteren in Verbindung stehe. (Die letzte Fassung dieser Lehre findet sich in der 4. französischen Ausgabe von *Lombrosos* Buch „Der geniale Mensch", Paris 1909, S. 160 und folgende.) Doch verlor speziell diese These manches Befremdende durch die Überlegung, daß besonders die künstlerische Entwicklung durch die bevorzugte landschaftliche Gestaltung einer Gegend infolge der Steigerung des „Naturgefühls" u. dergl. eine Förderung erfahren könne. In diesem Zusammenhange erscheint z. B. auch der Dichterreichtum des landschaftlich ausgezeichneten Schwaben vielleicht erklärlicher. Nun ist aber von Interesse, daß *Lombroso* den ästhetischen Faktor bei seiner Zusammenstellung gar nicht im Auge gehabt hat, sondern daß er die biologisch begünstigenden geniogenen Ursachen in ganz anderen Dingen suchte: in dem geringeren Luftdruck (der allzu niedere Atmosphärendruck in großen Höhen soll wieder abträglich wirken), in dem stimulierenden Einfluß der rascheren Verdunstung auf den Stoffwechsel des Nervensystems, in der Abwesenheit pathogener Schädlichkeiten, wie sie in Sumpfgegenden und Niederungen oft vorhanden sind u. dergl. m. Daneben gibt *Lombroso* die Wichtigkeit der gleichzeitigen Herkunft aus großen Kulturzentren zu und erklärt z. B. aus den eben erwähnten verschiedenen Umständen die Ursache der besonderen Fruchtbarkeit an Genies, die z. B. Florenz gezeigt hat. Doch handelt es sich bei den Florentiner Genialen wieder vorwiegend um Künstler. Im ganzen dürfte die Frage, soweit sie etwa einen tatsächlichen Kern enthält, recht verwickelt liegen. Es gibt nicht gar viele Äußerungen von anderer Seite zu dem gedachten Thema. Deshalb möge ein hierher gehöriger Passus an dieser Stelle einen Platz finden, der *Hermann Linggs* Autobiographie („Meine Lebensreise", Berlin und Leipzig, 1899) entnommen ist. Das poetische Hauptwerk *Linggs*, der sowohl lyrische als auch epische und dramatische Dichtungen abgefaßt hat, ist das Epos „Die Völkerwanderung". Es ist nun in obigem Zusammenhange nicht ohne Interesse, was der Dichter über die Entstehung dieser Gattung seiner Dichtungen zu sagen weiß. *Lingg*, aus Lindau im Bodensee gebürtig, war ursprünglich Arzt und in der Geschichte auch den naturwissenschaftlich-historischen Studien nicht fremd geblieben. Deshalb dürfte die in Rede stehende Auslassung um so größere Beachtung verdienen. Die Stelle (S. 47, l. c.) lautet: „Ein liebliches Tal mit blumenreichen Wiesen, Blütenbäumen und lauteren Quellen wird uns anmuten wie ein lyrisches Gedicht, wogegen eine Landschaft mit erratischen Blöcken und den Spuren vulkanischer Tätigkeit an uns die Frage stellt: Was ging hier vor, was ist hier geschehen? Das ist dramatisch, während langgezogene Linien der Berge wie große Heereszüge gemahnen, aus denen aufragend Gipfel wie Heroen erscheinen, und die weitwogenden Wassermengen an mächtige Völkerbewegungen erinnern. So möchte ich behaupten, die landschaftliche Gestaltung der Erdoberfläche am oberen Teile des Bodensees trägt ein episches Gepräge; die schönen Linien der Berge, über die noch höhere, mit ewigem Schnee bedeckte aufragen, die weite Fläche der Seeflut, bald in lieblichem Blau sich ausbreitend, bald von Stürmen und Gewittern erregt, der weite Horizont mit zahllosen Sternen besät, all das mahnt außerdem noch an die Wiege des epischen Gesanges, an die Gestade des Mittelmeers, seine Inseln, Buchten und Vorgebirge. Auch diese Eindrücke gehören zu den unbewußt ruhenden elementaren Grundlagen, die in der „Völkerwanderung" zum Ausdruck gelangten." Es sei hier hinzugefügt, daß sich *Lingg* zuerst der lyrischen (und dramatischen) Dichtung zugewandt hatte, und daß sein Entschluß, einzelne historisch-poetische Bruchstücke, die er daneben abgefaßt hatte, zu einem Epos auszugestalten, erst verhältnismäßig spät in ihm auftauchte.

E. J.

Vor kurzem ist der erste **Bericht über die von der Wiener Anthropologischen Gesellschaft in den k. u. k. Kriegsgefangenenlagern veranlaßten Studien** in den *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft* (September 1915) erschienen und später in der Oktobersitzung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien von Prof. Dr. *R. Pöch* vorgelegt worden. Die zur Durchführung des Unternehmens notwendigen Mittel wurden von den beiden genannten gelehrten Gesellschaften aufgebracht. Das Entgegenkommen des k. u. k. Kriegsministeriums ermöglichte es, in den drei Gefangenenlagern von Eger, Reichenbach und Theresienstadt anthropologische Untersuchungen anzustellen. Bis Oktober 1915 waren 2304 Individuen der Turkvölker (Baschkiren, Tataren, Nogaier, Mischeren), der finnischen Völker (Esten, Wotjacken, Tschuwaschen, Mordwinen), der Kaukasusvölker (Awaren, Grusiner, Armenier), ferner Letten, Littauer und Moldawaner und außerdem noch 800 Großrussen und 400 Kleinrussen untersucht. Diese einzigartige durch die Kriegslage geschaffene Forschungsmöglichkeit wurde von *Pöch* und seinen Mitarbeitern in für die Wissenschaft wertvollster Weise ausgebeutet. Zunächst stellten sie an jedem Individuum die wichtigsten anthropologischen Körpermaße fest, dann beobachteten sie die Weichteile des Gesichts, die Haut- und Haarfarbe. Außerdem wurden die typischen Vertreter jeder Gruppe photographiert und eine große Anzahl von Gipsabgüssen des Gesichts und des ganzen Kopfes hergestellt. Auch in ethnologischer Beziehung ergab sich manches In-

teressante. Tänze, industrielle Verrichtungen wurden mittels Kinematograph festgehalten, ferner von den Kriegsgefangenen verfertigte Gegenstände bodenständiger Art sowie einige Hausmodelle erworben, und schließlich von den verschiedenen Sprachen, Dialekten, Volksliedern und Instrumentalvorträgen phonographische Aufnahmen gemacht. Sämtliche Messungen führten *Pöch* und seine Mitarbeiter mittels *Martins* Instrumentarium unter Benutzung seines Meßblattes aus. In anthropologischen Kreisen sieht man voll Erwartung den definitiven Resultaten dieser großen wissenschaftlichen Untersuchungen entgegen, und es ist sehr zu begrüßen, daß gleichzeitig auch in Deutschland Dr. *F. Lenz* im Gefangenenlager von Puchheim bei München ähnliche Erhebungen vorgenommen hat, über die Näheres aber noch nicht bekannt ist. *St. O.*

Daß bei der Untersuchung menschlicher Gruppen die Haarfarbe, -form und -dicke als wichtige Rassenmerkmale aufgefaßt werden müssen, beweist *E. Scheffelt* in seinen **Rassenanatomischen Untersuchungen an europäischen Haaren** (*Arch. Anthrop.* 1915, N. F. Bd. *XIV*, H. 2, S. 98). Allerdings ist sein Untersuchungsmaterial bei der großen Variationsmöglichkeit der Haarfarbe und -form nicht groß genug, um definitive Schlüsse zu erlauben; daher hat sich Verfasser auch in der Hauptsache auf Mitteleuropa beschränkt. In Österreich und Bayern herrscht Dünnhaarigkeit vor (mittlerer größter Haardickenquerschnitt dicht an der Kopfhaut gemessen: 0,0750 mm), dagegen zeichnet sich Homo alpinus, z. B. in Graubünden (0,1485 mm) und im mittleren Schwarzwald (0,1350 mm), durch große Haardicke aus. Auffallend ist ferner der Haardickenunterschied der besseren (0,105 93 mm) gegenüber den niederen Ständen (0,116 18 mm) z. B. in Thüringen, Sachsen und Hannover, sowie der Männer (0,107 59 mm) gegenüber den Frauen (0,091 50 mm). Des Europäers Haarform ist in der Regel lockig oder schlicht, ganz selten findet sich als Beimengung das straffe Mongolen- oder das spiralig gewundene Negerhaar. Die Haarfarbe hat Verfasser an seinem Material nach *E. Fischers* vorzüglicher Haarfarbentafel bestimmt. Die dunkelsten Haare fand er bei den Graubündnern, die blondesten bei Thüringer Männern und norddeutschen Frauen. Daß dunkle Haare nicht immer mit dunkler Haut- und Augenfarbe korrelieren, ist bekannt; in der Regel wird aber starker Pigmentgehalt dunkle Haare, Haut und Augen, schwache den hellen Typus hervorbringen und gänzlicher Pigmentmangel sogenannte Albinos (weiße Haare, weiße Haut und rote Augen) erzeugen. Nicht bekannt ist dagegen, daß eine Korrelation zwischen Haardicke und -farbe bestehen kann, nämlich daß schwarz-braunes Haar meist auch dick ist, wozu fast immer dunkle Augen kommen, während umgekehrt Haardünne mit Blondheit und blauer Augenfarbe zusammentrifft. Verfasser hat in Tabellen eine gute Übersicht über seine Resultate gegeben. Trotzdem wäre noch manches, wie er selbst im Schlußwort zugibt, beizufügen gewesen. Denn für die Haarform, die ja ein bedeutendes Rassenmerkmal darstellt, ist sowohl der Haarquerschnitt wie die Einpflanzung des Haares in die Kopfhaut maßgebend. Über beides hat sich *Scheffelt* so gut wie nicht geäußert; denn es genügt doch wohl nicht, zu sagen, „daß den eigentlichen Vertretern der blonden nordischen Rasse Haar mit rundem Querschnitt zukommt". Rund auf dem Querschnitt ist vorwiegend das Mongolenhaar, das Europäerhaar hingegen eher oval und das Negerhaar bohnenförmig. Ebenso verschieden ist die Haareinpflanzung in die Kopfhaut: beim Mongolen etwa in einem Winkel von 90°, beim Europäer in ca. 45° und beim Neger ist die Follikelkrümmung säbelförmig (vergl. *Martin* [1914], Lehrbuch der Anthropologie, S. 391). Beide Eigenschaften des Haares sind bemerkenswerte Rasseerscheinungen, denen bis in die feinsten Unterschiede nachzugehen es sich auch gewiß für europäische Haaruntersuchungen lohnen würde. *St. O.*

Der Flugmechanismus der fliegenden Fische. Zu einer Zeit, als Untersuchungen über flugtechnische Fragen noch kein allgemeines Interesse, kaum hier und da Verständnis fanden, hat *Ahlborn* wichtige Versuche über Aufgaben aus der Aerodynamik angestellt. Mit Kenntnissen ausgerüstet, wie sie damals wohl kein Biologe besaß, hat er im Jahre 1895 eine Abhandlung über den Flug der Fische veröffentlicht, die ihn zu dem Resultat führte, daß es sich bei dieser Erscheinung, die jeden lebhaft überrascht, der sie zum ersten Male sieht, nicht um eine aktive Flugtätigkeit der Fische in der Luft handelt. Gegenüber abweichenden Anschauungen, die seitdem aufgetaucht sind, stellt er jetzt zusammenfassend die anatomischen und aerodynamischen Verhältnisse des Fischfluges nochmals dar (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. *115*, Heft 3, S. 368—381, 1916). Die Fische erteilen sich die Geschwindigkeit, mit der sie in die Luft hineinschießen, durch lebhafte Schwimmbewegungen im Wasser. Da die Schwanzflosse unsymmetrisch gebaut ist, nimmt die Körperachse eine nach vorn aufsteigende Richtung an, und die Tiere kommen endlich automatisch aus dem Wasser in die Luft. Nun entfalten sich die großen Brust- und Bauchflossen und dienen als tragende Flächen, als Drachenflächen. Die schwache Muskulatur der Flossen ist ihrer Masse wie ihrer Anordnung nach nicht geeignet, aktive „Flügelschläge" der Flossen in der Luft zu ermöglichen, sie dient nur zum Entfalten, Spannen und Zusammenlegen der Flossen. Die verschiedenen Arten von Bewegungen, die an ihnen beobachtet worden sind, können leicht als passive erklärt werden.

Wenn *Ahlborn* über den Flug sagt, daß er allein durch die vorher im Wasser gewonnene lebendige Kraft unterhalten wird und sein Ende erreicht, wenn sie durch den Luftwiderstand aufgebraucht ist, so bedarf diese Feststellung einer Ergänzung: Bei völlig ruhender Wasseroberfläche und wirbelfreier ruhender Luft würde der Flug tatsächlich ein solcher reiner „Pfeilflug" (nach *Ahlborn*) sein. Die Turbulenz der Luft über dem bewegten Wasser, unter Umständen aufsteigende Luftströme an den Abhängen der Wellenberge, können aber als äußere Energiequelle dienen und den Pfeilflug in einen Schwebeflug umwandeln. Nur dadurch wird es erklärlich, daß die Fische mitunter 100—120 m, ja sogar 450 m durchgleiten können, obgleich sie sich dabei kaum höher als 1 m über die Wasserfläche erheben. Wir kennen keine schrägbewegte Platte, die ein Sinkverhältnis von 1 : 100 oder gar 1 : 450 hätte. Die Fische nutzen dieselbe Energie aus wie der Albatros, bei dem aus stoffwechselphysiologischen Gründen abzuleiten ist, daß er, über die Wellen dahinsegelnd, in der vertikalen Komponente der Luftbewegungen eine Energiequelle findet, die ihm seine Dauerflüge ermöglicht (s. „Naturwiss." 2. Jahrg., Heft 29). *A. P.*

Die Nahrung der Copepoden. Kotuntersuchungen geben nur dann Auskunft über die Art und Menge der aufgenommenen Nahrung eines Tieres, wenn die Nah-

rung unverdauliche Teile enthält. Untersuchungen des Darminhalts, die bei *lebenden* Tieren auch solche Bestandteile der Nahrung zeigen, die völlig verdaulich und resorbierbar sind, können bei getöteten und längere Zeit konservierten Tieren erfolglos sein, da die Auflösung durch Verdauungsfermente nach dem Tode weitergeht. Unter Berücksichtigung dieser methodischen Gesichtspunkte ist eine Studie von *Esterly* bemerkenswert (*University of California Publications in Zoology* Vol. *16*, p. 171—184, 1916), die die Frage nach der Nahrung der Copepoden durch mikroskopische Untersuchungen zu beantworten sucht. Das wesentlichste Resultat ist, daß der Darminhalt „überraschend" spärlich ist. Neben geringen Zahlen kleiner und kleinster Organismen, die meist dem Nannoplankton angehören, findet sich häufig in wechselnder Menge eine grünliche Masse, deren Herkunft nicht aufgeklärt wurde (Sekret oder Exkret des Darmepithels? *P.*). Für diesen Mangel kann nicht immer die Erklärung herangezogen werden, daß die Nahrung aus nackten, skelettlosen Organismen bestanden habe, denn z. B. bei *Eucalanus elongatus*, der in zahlreichen Stücken *lebend* untersucht wurde, *waren niemals erkennbare Rückstände irgendwelcher verspeisten Organismen zu finden.* Es besteht ein augenfälliges Mißverhältnis zwischen dem gänzlichen Mangel an Darminhalt bzw. der geringen Menge des Darminhaltes und dem verhältnismäßig hohen Nahrungsbedarf, wie er sich aus dem Sauerstoffverbrauch der Copepoden ergibt. „Überraschend" ist der Befund nur für den, der die Beweiskraft der Untersuchungen nicht erkennt, die ich seit 1907 über die Frage der Ernährung der Wassertiere veröffentlicht habe und die zu dem Ergebnis führen, daß bei sehr vielen Wassertieren die gelösten organischen Verbindungen, die in den natürlichen Wässern kaum jemals, im Meerwasser nie fehlen, einen wesentlichen Anteil an der Ernährung nehmen.

A. P.

Chemische und bakteriologische Untersuchungen über frische Eier und Handelseier. Die von verschiedenen amerikanischen Versuchsanstellern erzielten Ergebnisse sind im *Bulletin of the U. S. Department of Agriculture* Nr. 51, S. 77 usw. mit 8 Farbendrucktafeln, Washington 1915) veröffentlicht. Näheres über diese Mitteilungen findet sich in der internationalen agrartechnischen Rundschau (Berlin, P. Parey) wiedergegeben. Die wichtigsten Punkte daraus sind die folgenden: Es werden zunächst frische Tageseier und die gewöhnlichen Handelseier unterschieden. Unter den erstgenannten pflegt man in den Vereinigten Staaten solche Eier zu verstehen, die vor weniger als 24 Stunden gelegt wurden und an einem frischen, kühlen Orte aufbewahrt werden. Bei den übrigen Eiern, den Handelseiern, werden nicht bebrütete und bebrütete Eier unterschieden. Die Versuche mit Eiern aus diesen Klassen, die übrigens in der für gewöhnlich üblichen Weise geöffnet wurden, haben folgendes ergeben:

1. Die im Juli und August gesammelten Eier enthielten sehr wenig Kleinwesen und in mehreren Fällen besaßen sie keine Kolibakterien.

2. Die Mehrzahl der Eierproben der 2. Klasse mit reiner Schale hatten verhältnismäßig wenig Bakterien, denn nur 8,3 % von ihnen besaßen mehr als 1 Million Keime in einem Gramm Masse.

3. Eierproben mit schmutziger Schale, mit Rissen, und die Eier mit einem Dotter, das sich mit dem Eiweiß vermischte, besaßen über 1 Million Keime auf 1 g Masse, und zwar 16,6 % bzw. 18,8 % bzw. 20 %. Sie waren merkwürdigerweise freier von Kolibakterien als die 2. Gruppe.

4. Die Eier mit einem Blutring enthielten verhältnismäßig wenig Bakterien; die mit einem breiten Ring waren meistens bakterienreicher, als die mit schmalem Ring: Die Mehrzahl enthielt weniger als 10 Kolibakterien im Gramm Eimasse.

5. Die Eiweißzersetzung war nach der Bestimmung des NH_3-Stickstoffes bei den einzelnen Arten der Handelseier größer als bei den Tageseiern; doch war sie kleiner als die vieler Eier des Kleinverkaufs. Wenngleich eine gerissene oder beschmutzte Schale der Ansteckungsgefahr und damit der Zersetzung der Eier leicht Vorschub leistet, so zeigten doch die Versuche, daß solche Eier ebensogut haltbar sind, wie die der 2. Klasse mit reiner Schale und die im August und Juli gesammelten als beste geltenden Eier.

6. Diese im Juli und August gesammelten Eier und die Eier 2. Güte mit gerissener oder verschmutzter Schale können ohne Bedenken in der Küche und in der Zuckerbäckerei verwandt werden.

7. Mit Bakterien waren behaftet: die Mehrzahl der Eierproben, bei denen das Eiweiß mit dem Dotter zusammenfloß, die meisten Eierproben, bei denen das Dotter an der Schale länger hängen blieb, alle Eierproben, die teilweise oder ganz verschimmelt waren, alle Proben, deren Eiweiß grünlich gefärbt oder deren Dotter an der Schale stark haften blieb. Kolibakterien waren in den meisten Proben vorhanden: sie wurden vorwiegend in den verschimmelten Eiern angetroffen.

8. Alle Eier, deren Eidotter an der Schale leicht haften blieb, waren in chemischer Hinsicht etwas minderwertiger als die Kücheneier 2. Güte, während die verschimmelten Eier, ferner die Eier, deren Eigelb und Eiweiß zusammenflossen, dann die Eier mit grünlichem Eiweiß und endlich die Eier, deren Dotter an der Schale stark hängen blieb, gewöhnlich auch stärker verdorben waren. Die Eier mit schwarzer Spitze enthielten 5 mal mehr NH_3-Stickstoff als die Eier der vorerwähnten Gruppen. Abgesehen von den Eiern, deren Eidotter an der Schale nur leicht kleben bleibt, sollten die Eier aller anderen hier genannten Gruppen weder in der Küche, noch in der Bäckerei Verwendung finden.

B. H.

Akademieberichte.

Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. (Stiftung Heinrich Lanz.)

20. Mai. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Vorsitzender: Herr *Bütschli.*

Zur Veröffentlichung in den Sitzungsberichten wurden folgende Arbeiten vorgelegt:

1. Von Herrn *Stäckel* eine Arbeit von *O. Perron*: *Herleitung des mit $\sqrt{D(x)}$ korrespondierenden Kettenbruchs, wenn $D(x)$ ein Polynom dritten Grades ist.* Die von *Jacobi* im Jahre 1831 in Angriff genommene Aufgabe der Kettenbruchentwicklungen von Quadratwurzeln aus Polynomen wird auf Grund eines in dem Lehrbuch des Verfassers über Kettenbrüche entwickelten Verfahrens für den Fall der Polynome drit-

ten Grades durchgeführt. Die explizite Darstellung der Teilzähler gelingt, indem die Koeffizienten des Polynoms mittels der Weierstraßschen p-Funktion eines Argumentes ζ dargestellt werden, und es ergeben sich auf diese Art Ausdrücke, die in einfacher Art aus Sigmafunktionen der Vielfachen von ζ aufgebaut sind.

2. Eine Arbeit von Herrn *Leo Koenigsberger: Kriterien für die Irreduktibilität einer Klasse homogener linearer Differentialgleichungen.* Der früher von dem Verfasser auf algebraischem und funktionalem Wege verallgemeinerte Eisensteinsche Satz über die Irreduktibilität algebraischer Gleichungen im rationalen Zahlenkörper wird auf die Untersuchung homogener linearer Differentialgleichungen beliebiger Ordnung ausgedehnt, deren Koeffizienten mit Ausnahme des letzten einen gemeinsamen linearen Teiler besitzen, der im ersten Koeffizienten nur einfach enthalten ist.

Hieran schließen sich geschäftliche Verhandlungen, sowie die Bewilligung einer Unterstützung von 300 M. für eine wissenschaftliche Arbeit.

Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien.

25. Mai. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Müller, Emil, Dr.: Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für technische Hochschulen. Zweiter Band, zweites Heft. Mit 188 Figuren im Text. Leipzig und Berlin, 1916. 8°.

Das w. M. Hofrat *K. Grobben* legt eine vorläufige Mitteilung von Dr. *Otto v. Wettstein* vor, betitelt: *Neue Gerbillinae aus Nordostafrika.* Aus Kordofan werden beschrieben: 1. *Gerbillus (Tatera) rufa n. sp.,* 2. *G. (Taterillus) kadugliensis n. sp.,* Taterina n. subgen., 3. *Taterina lorenzi n. subgen., n. sp.,* 4. *Desmodilliscus braueri n. gen., n. sp.*

Das w. M. Hofrat *K. Toldt* legt den *zweiten Bericht über die anthropologischen Studien in den k. u. k. Kriegsgefangenenlagern* von Prof. Dr. *Rudolf Pöch* vor.

Ein neuerliches Ansuchen um Vornahme anthropologischer Untersuchungen in dem k. u. k. Kriegsgefangenenlager Bruck-Királyhida wurde von seiten des k. u. k. Kriegsministeriums bewilligt. Es fanden am 16. Jänner, 6. und 27. Februar, 12. und 26. März Besuche des Lagers statt. Der Chefarzt des Lagers, Dr. *R. Raabe,* unterstützte die Arbeiten durch fachmännische Vorbereitung.

Prof. Dr. *K. Brunner* übersendet eine von Prof. *J. Zehenter* im Chemischen Laboratorium der k. k. Oberrealschule in Innsbruck ausgeführte Arbeit unter dem Titel: *Über Paraoxytolylsulfon.* In derselben wird zuerst eine gegenüber der umständlichen Methode *Tassinaris* einfache Darstellungsweise für das Paraoxytolylsulfon (p-Dimethyloxysulfobenzid), im wesentlichen in der Einwirkung von Vitriolöl auf im Überschusse vorhandenes p-Kresol bestehend, angegeben. Als Nebenprodukte bilden sich dabei in größerer Menge 4-Kresol-3-Sulfonsäure, in geringer Menge 4-Kresol-2-Sulfonsäure und wahrscheinlich Diparatolyloxyd.

Das w. M. Hofrat *R. v. Wettstein* legt eine Abhandlung von Dr. *August v. Hayek* vor, betitelt: *Beitrag zur Kenntnis der Flora des albanisch-montenegrinischen Grenzgebietes (Bearbeitung der von J. Dörfler im Jahre 1914 auf einer im Auftrage der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften unternommenen Forschungsreise gesammelten Farn- und Blütenpflanzen).*

Das k. M. Hofrat Prof. Dr. *Emil Müller* übersendet eine Arbeit mit dem Titel: *Schraubflächen und Strahlgewinde.*

Das w. M. Prof. *R. Wegscheider* legt eine Arbeit von *Gertrud Kornfeld* in Prag vor, betitelt: *Ein Beitrag zur Frage der Überschreitungserscheinungen.*

Folgende *versiegelte Schreiben zur Wahrung der Priorität sind eingelangt:* 1. von Dr. *Alfred Adler* in Wien mit der Aufschrift „Epilepsie"; 2. von Herrn *Ludwig Kral* mit der Aufschrift: Automatisch ausschaltbare Abziehungsvorrichtung eines am Flugapparat angebrachten Maschinengewehres.

Dr. *Karl Federhofer* in Graz übersendet eine Abhandlung, betitelt: *Über die Stabilität flacher Kugelschalen.* (1. Mitteilung.)

Dr. *Anton Planitzer* in Lemberg übersendet eine Abhandlung mit dem Titel: *Erzeugnisse projektiver Involutionen höheren Grades, deren Träger unikursale Gebilde sind.*

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere; Band 39, Heft 2, 1916.

Zur Entwicklungsgeschichte des Walschädels; von *Kurt Schreiber* (†).

Anatomie und Histologie von Bythinella Dunkeri; von *Aloys Bregenzer.* Bythinella weist verwandtschaftliche Beziehungen zu Hydrobia und besonders nahe zu der ebenfalls stenothermen Höhlenschnecke Vitrella auf. Wie diese besitzt sie besondere Pro- und Metapodialganglien, desgleichen besondere Tentakelganglien und ein deutlich ausgebildetes Ospradialganglion. Die bei Hydrobia bereits vollendete Verschmelzung der Cerebral- und Pleuralganglien ist bei Bythinella für die rechte Seite bereits angebahnt, bei Vitrella dagegen nicht. Mit Hydrobia hat Bythinella den Besitz der über den beiden Hauptknorpeln des Zungenbulbus gelegenen reduzierten Knorpelspangen gemeinsam, unterscheidet sich von ihr aber durch den Besitz von nur zwei Speicheldrüsen, die dem vorderen Speicheldrüsenpaar von Hydrobia entsprechen, nicht dagegen dem gleichfalls nur in Einzahl vorhandenen Speicheldrüsenpaar von Vitrella. Den Bau der weiblichen Generationsorgane, und der männlichen mit Ausnahme des Penis, hat Bythinella mit Vitrella gemeinsam. Von allen bisher genauer bekannten Hydrobiiden ist Bythinella Dunkeri durch den Besitz eines in einem besonderen Wimpern tragenden Magenblindsack liegenden Kristallstiels ausgezeichnet. Die Sexualtemperatur beträgt 8° C, die Schnecke laicht im Winter.

Zur Kenntnis der Innervierung und der Sinnesorgane der Flügel von Insekten; von *Elisabeth Erhardt.*

Studien zur Naturgeschichte der Protozoen; von *Franz Doflein.* In dem Heft werden neue Beobachtungen über das Protoplasma und die Pseudopodien von Rhizopoden mitgeteilt, welche an die klassischen Untersuchungen von *Max Schultze* anknüpfen. Mit der Methode der Dunkelfeldbeleuchtung wurde festgestellt, daß die feinsten Pseudopodien der Heliozoen und Jaminiferen einen festen Achsenfaden besitzen, während bei Amöben und Thekamöbinen vielfach die Außenschicht des Plasmas die größte Festigkeit besitzt. In einem besonderen Kapitel werden die physikalischen Grundlagen des Verhaltens der Pseudopodien erörtert und zum Teil experimentell untersucht.

Beiträge zur allgemeinen Botanik; Bd. 1, Heft 1, 1916.

Das Pflanzenphysiologische Institut der Universität Berlin; von *G. Haberlandt.*

Über den Geotropismus einiger Infloreszenzachsen und Blütenstiele; von *O. Bannert.*

Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkernes in wachsenden Haaren; von *E. Windel.*

Über den anatomischen Bau der Wurzelhaube einiger

Glumifloren und seine Beziehungen zur Beschaffenheit des Bodens; von *W. Rasch.*

Untersuchungen an Makrogametophyten von Piperaceen; von *R. Häuser.* Die Entwicklung des Nuzellus wird eingehend dargelegt für *Peperomia magnoliifolia, marmorata, blanda* und *resediflora* sowie für *Piper subpeltatum.* Bei den einzelnen *Peperomiaarten* werden bedeutende Unterschiede in der Bildungsweise der Embryosackzelle festgestellt, die im Zusammenhang mit den sonst bei Phanerogamen beobachteten Fällen im Rahmen der Coulterschen Makrosporentheorie beschrieben werden. Die Organisation des achtkernigen Gametophyten von *Piper* und der sechzehnkernigen der Peperomiaarten sowie ihr Verhalten bei der Befruchtung (*P. magnoliifolia*) wird in den einzelnen Schritten und ebenfalls vergleichend dargelegt.

Zeitschrift für Botanik; Jahrgang 8, Heft 2, 1916.

Die Eiweißproben, makroskopisch angewendet auf Pflanzen; von *H. Molisch.* Ähnlich wie *Sachs* seinerzeit ein Verfahren bekanntgemacht hat, um den Gehalt und die Verteilung der Stärke in einem ganzen Blatte zu veranschaulichen, so hat *Molisch* eine analoge Methode für das Eiweiß ausgearbeitet. Nach dieser gelingt es unter Anwendung der üblichen Eiweißreaktionen leicht, das Eiweiß in einem Organ oder selbst in der ganzen Pflanze makroskopisch zur Anschauung zu bringen oder die Auswanderung des Eiweißes bei der Vergilbung des Blattes darzutun.

Die Entwicklungsgeschichte von Griffithsa corallina (Lightf. Ag.); von *H. Kylin.* In cytologischer Hinsicht wird nachgewiesen, daß die haploide Chromosomenzahl dieser Alge 20 beträgt. Die Reduktionsteilung geht bei der Bildung der Tetrasporen vonstatten. Die tetrasporentragenden Individuen sind diploid, die geschlechtlichen dagegen haploid. Bemerkenswert ist, daß die großen Zellen der vegetativen Triebe mehrere tausend Zellkerne enthalten. Die Entwicklung der männlichen und weiblichen Fortpflanzungsorgane wird eingehend beschrieben, ebenso die Befruchtung und die Entwicklung der Gonimoblasten.

Zeitschrift für Botanik; Jahrgang 8, Heft 3, 1916.

Die Perzeption des Lichtreizes bei den Oscillarien und ihre Reaktionen auf Intensitätsschwankungen; von *W. Nienburg.* Während chemische Reize von den Oscillarien mit den Spitzen ihres fadenförmigen Körpers wahrgenommen werden, gilt das für den Lichtreiz nicht, sondern für diesen ist der ganze Faden in gleicher Weise reizempfindlich. Ein Lichtreiz gleicher Intensität wird um so stärker empfunden, je größer die vom Reiz getroffene Körperoberfläche ist. Auch die Leitung geht wesentlich anders vor sich als beim chemischen Reiz, vor allem kann ein durch Beschattung hervorgerufener Reiz über ein beleuchtetes Stück des Fadens nicht hinweggeleitet werden. Die Geschwindigkeit der Kriechbewegung ist annähernd proportional der Intensität der Beleuchtung. Ein starker Intensitätswechsel von hell in dunkel bewirkt Umkehr der Bewegungsrichtung, während der umgekehrte Wechsel ohne Einfluß auf die Richtung der Bewegung ist. Phototropische Krümmungen sind nicht zu beobachten. Trotzdem muß es unentschieden bleiben, ob die Phototaxis nur durch Helligkeitsdifferenzen bedingt wird oder die Richtung des Lichtes bei ihrem Zustandekommen mitwirkt.

Beiträge zur Biologie der Pflanzen; Band 13, Heft 1, 1916.

Über die Gasbewegung in dikotylen Holzgewächsen und die chemische Zusammensetzung der durchgesogenen Luft in ihrer Abhängigkeit von physikalischen und physiologischen Faktoren; von *Gerhard Lindner.* Eine eingehende Untersuchung über den Gasstrom in dikotylen Hölzern, seine Wege, seine Ursachen und seine chemische Zusammensetzung ergab neue und sehr wertvolle Aufschlüsse über die Ökonomie der Wasserversorgung bei Dikotylen und bemerkenswerte neue Gesichtspunkte für das alte Problem des Saftsteigens. Viele ältere Kontroversen über einschlägige Fragen fanden zugleich ihre Erledigung.

Studie zur Stammesgeschichte der Gefäßpflanzen auf Grund vergleichend-anatomischer und ökologischer Untersuchungen; von *R. Schaede.* Verfasser untersucht einige Pteridodophyten (Ophioglossum, Lycopodium, Selaginella, Psilotum) auf die vergleichende Anatomie des leitenden und stützenden Gewebes, ausgehend von ökologischen Gesichtspunkten. Dabei kommt er zu einer neuen Auffassung über die Art des Achsenbaues der Gefäßpflanzen. Die Beobachtungen werden für die Stammesgeschichte verwertet, und der Versuch wird gemacht, zu zeigen, daß von der vergleichenden Anatomie, die in der Zoologie die Grundlage phylogenetischer Forschung bildet, auch in der Botanik für diesen Zweig der Wissenschaft Aufschlüsse zu erwarten sind.

Zeitschrift für angewandte Entomologie; Band 3, Heft 1, 1916.

Die Ausbildung des Geschlechtes bei der Honigbiene (Apis mellifica L.). I. Die postembryonale Entwicklung des Geschlechtsapparates; von *Enoch Zander.* Die Arbeit enthält eingehende Untersuchungen über die Entwicklung des äußeren und inneren Geschlechtsapparates der Königin, Drohne und Arbeiterin während der Larven- und Puppenzeit. Sie bringt vor allen Dingen eine gründliche Widerlegung der Behauptung, daß die junge Arbeiterlarve zwitteriger Natur sei und zu Königinnen *und* Drohnen erzogen werden könnte. Sie ist ein echtes Weibchen, dessen Umbildung in eine Drohne ganz undenkbar ist.

Die Fichtengespinstblattwespe (Lyda hypotrophica Htg) im Roggenburger Forst; von *Parst.*

Beiträge zur Biologie und Anatomie der Fichtengespinstblattwespe, Lyda hypotrophica Htg (= *Cephaleia abietis L.*); von *Franz Scheidter.* 1. Bei diesem Forstschädling treten die zukünftigen Puppen- bzw. Imaginalaugen bereits 6—8 Monate vor dem Schwärmen der Wespen auf. Hinweis auf andere Insekten, bei denen ein gleiches der Fall ist. 2. Die Zahl der Eier eines Weibchens beträgt ca. 100—120 Stück, Zahl der Eiröhren 16, Zahl der Eier in jeder Ovariole 6—8. 3. Die Geschlechtsorgane sind in beiden Geschlechtern schon im Larvenstadium 6—8 Monate vor dem Schwärmen der Wespen sehr weit vorgebildet. Zahl der Ovariolen und Hodenfollikel bei dieser Art sehr konstant gegenüber anderen nächstverwandten Hymenopteren. 4. Farbe der Lydalarven verschieden. Farbe des Blutes in beiden Geschlechtern gleich, entgegen den Untersuchungen von *Gayer* und *Steche* an anderen Insekten, die darin einen sekundären Geschlechtscharakter sehen. 5. Neben Tachinen wurde ein Ichneumon, Prosmarus rufinus Schmiedekn., aus den Larven gezogen. Unter den gegen diesen Schädling angelegten Leimringen sammelte sich eine verschiedenartige Fauna an (Leimringfauna). 6. Würdigung der bisher gegen die Lyda in Anwendung gebrachten Bekämpfungsmaßnahmen.

Ein Beitrag zur Fliegenplage; von *Albrecht Hase.* Es werden die hauptsächlichsten Arten zunächst angeführt, welche die Fliegenschwärme in Russisch-Polen ausmachen. Dann wird die Fliegenplage selbst und ihre Bedeutung in hygienischer Beziehung geschildert an der Hand von eigenen Erlebnissen in Polen im Sommer 1915. Schließlich werden die dort ergriffenen Abwehrmaßnahmen und ihr Erfolg erläutert und Vorschläge für eine wirksame Bekämpfung gegeben.

Der volle Erfolg der biologischen Bekämpfung der Schildlaus des Maulbeerbaumes (Diaspis Pentagona T. T.); von *Johannes Bolle.* Dieser in Oberitalien verheerend aufgetretene Schädling widerstand jeder Behandlung mit Insektiziden. Hingegen durch die von Prof. *Berlese* in Florenz angeregte künstliche Verbreitung seines aus Japan und Nordamerika eingeführten

Feindes, der kleinen Wespe Prospaltella Berlesei, ist das Übel vollkommen eingedämmt worden. Die künstliche Verbreitung dieses Endoparasiten erfolgte durch Aussetzen von kranken Maulbeerbaumzweigen, auf welchen die Diaspis mit der Prospaltella bereits infiziert war.

Düngung und Insektenbefall; von *L. Reh.* Im allgemeinen gilt die Regel, daß durch gute Düngung der Pflanzen die Schadinsekten unserer Kulturpflanzen am besten zu bekämpfen seien. Um so auffälliger war, was Kgl. Ökonomierat *Hoffmann* (Speyer) berichtet, wie gerade gut gedüngte bzw. auf gut bearbeitetem Boden stehende Obstbäume besonders stark durch Raupen, namentlich von Gespinstmotten, befallen waren, und umgekehrt. Verfasser zeigt nun, wie manche Tatsachen und Beobachtungen diese merkwürdige Behauptung stützen, so besonders die, daß unsere Kulturpflanzen von den Insekten ihren wilden Verwandten vorgezogen werden. Jede Düngung und Pflege macht die Pflanzenteile weicher, saftiger, schmackhafter durch Ausschaltung oder Verringerung der Schutzstoffe. Andererseits hilft jede Düngung und Pflege den Pflanzen auch leichter über die Insektenschäden hinweg.

Die Maikäferbekämpfung im Bienwald (Rheinpfalz) — ein Musterbeispiel technischer Schädlingsbekämpfung; von *Karl Escherich.* Vor 16 Jahren befand sich der herrliche Bienwald in einem arg bedrohten Zustand: die Maikäfer hatten sich im Laufe der letzten Dezennien so stark vermehrt, daß keine Kultur mehr hochzubekommen war und auch die alten Bäume anfingen, abzusterben. Ganze Abteilungen des Waldes schienen deshalb dem Untergange geweiht. Ein seit 15 Jahren konsequent durchgeführter Kampf, bestehend in der Schaffung von Zwangsfraßplätzen und in einem durch zahlreiche Sektionen ausgeführten Absammeln der Käfer auf große Fangtücher, tat der Übervermehrung des Schädlings Einhalt, so daß heute die Gefahr abgewehrt ist. Die Gesamtkosten des 15-jährigen Kampfes betrugen ca. 57 000 M., dem heute ein jährlicher Gewinn (an Zuwachsmehrung) von 75 000 M. entgegensteht. Wir haben wenige Beispiele in der Geschichte der Bekämpfung solch hartnäckiger Schädlinge, die einen so offensichtlichen Erfolg aufweisen.

Über die Pteromalinengattung Platyterma Walker (1834) und über eine deutsche, von C. Eckstein aus Lophyrus pini erzogene neue Art; von *Max Wolff.* Das Auffinden einer neuen Erzwespenart — Platyterma Ecksteini — gab Veranlassung. die interessante Gattung zu bearbeiten. Die Arbeit bringt ein einleitendes Kapitel über die Biologie der Platytermaarten, einen Bestimmungsschlüssel und die Originaldiagnosen der Arten; 19 Textfiguren sind beigefügt.

Über die Bekämpfung des Holzbohrwurmes (Anobium) in einem alten Kunstwerke; von *Johannes Bolle.* Die Holzbohrwürmer, welche Kunstobjekte aus Holz befallen, wie das sehr verbreitete Anobium striatum, lassen sich nur durch Insektengifte in Gas- oder Dampfform bekämpfen. Als wirksamstes Mittel ist Schwefelkohlenstoff zu betrachten, welcher in unter hydraulischem Verschlusse stehenden Metallblechkästen in einer Menge von 200 g pro Kubikmeter Fassungsraum während 4 Tage auf das zu desinfizierende Objekt einwirken gelassen wird. Große Kunstobjekte müssen zerlegt und partienweise der Behandlung unterzogen werden.

Bemerkungen zur Einführung der Seidenzucht in Deutschland nach eigenen Erfahrungen über die Biologie des Seidenspinners; von *Otto Maas.*

Zoologischer Anzeiger; Band 47, Heft 5, 1916.

Germania zoogeographica; von *K. W. Verhoeff.* Einteilung in Germania borealis, montana und alpina, Südgrenze Linie Wien—Genf. Einteilung Deutschlands in Provinzen und Gaue und deren Charakteristik. West- und ostdeutscher Gegensatz mit Harz—Regensburg—Donau—Innlinie. Zusammenhang zwischen Bipolarität der Endemiten, der Nordalpen, der Gebirgsbrücken und der glazialzeitlichen Nordalpenzustände. Uralte Gegensätzlichkeiten. Vindelizische Veränderung durch Eiszeiten. Beziehungen zur Fauna der Tatra.

Bedeutung der oxydierenden Fermente (Tyrosinase) für die Verwandlung der Insektenlarven; von *J. Dewitz.*

Äußere Merkmale der Geschlechter bei Insektenlarven; von *J. Dewitz.*

Untersuchungen über Geschlechtsunterschiede; von *J. Dewitz.*

Zoologie und Physiologie; von *H. Jordan.* Eine Bemerkung zu *Reisingers* gleichnamigem Aufsatz Zool. Anz. Bd. *46,* Nr. 8, 1916, S. 231. Verfasser (*J.*) legt Nachdruck auf die Tatsache, daß das für einen ersprießlichen zoophysiologischen Unterricht erforderliche Material durchaus hinreichend vorliegt (Zitierung von Büchern). Er unterstützt *Reisingers* Forderung von Lehrstühlen für vergleichende Physiologie, besetzt mit Zoophysiologen, in Verbindung mit dem zoologischen Universitätsunterricht. Nur so kann die Wissenschaft gelehrt werden, deren Objekt ist: die Mannigfaltigkeit der Lebensäußerungen. Als Beispiel kann der Lehrstuhl dienen, der für den Verfasser an der Universität Utrecht eingerichtet worden ist.

Über arktische Süßwassercrustaceen; von *Paul Haberbosch.* Die Untersuchung von Proben aus etwa 200 Wasseransammlungen West-Grönlands und Islands ergab das Fehlen von Crustaceen, die ausschließlich der Fauna dieser Inseln angehören, so daß nichts dagegen spricht, Vernichtung der präglazialen Süßwasserfauna während der Eiszeit und postglaziale Neubesiedelung dieser Gebiete anzunehmen.

Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie; Band 32, Heft 3, 1916.

Beizen und Beizenfarbstoffe; von *P. Mayer. Unnas* Auffassung der Beizen, besonders des Alauns, in der Färberei der tierischen Gewebe ist unhaltbar, ebenso *Witts* Ansicht von den Farblacken. Die sogen. Beizenfarbstoffe werden vom Histologen ganz anders verwandt als vom technischen Färber, führen daher ihren Namen mit Unrecht. Auch die Ausdrücke Lack, Beize und beizen im Sinne der Tecknik sind in der Mikroskopie nicht am Platze.

Direkte Färbung von Paraffinschnitten; von *P. Diettrich.* Begründung und Vorschriften über Färbung von Mikrotomschnitten besonders tierischer Gewebe mit Erhaltung des Paraffinmantels bis unmittelbar vor der Einbettung, dadurch bedingt weitgehende Vereinfachung der Behandlung und große Schonung der erzielten Färbung wegen Wegfalls vieler Bäder. Sehr fein differenzierte Tinktionen ergaben sich bei Anilinfarbengemischen, besonders Methylenblau- und Azur-Eosin sowie für Eisenhämotoxylin. Anhangsweise praktische Fixierungsvorschriften.

Biochemische Gewebsreaktionen mit Triketohydrindenhydrat; von *Laserstein.* Mittels Triketohydrindenhydrat wird das tierische Gewebe auf die Zusammensetzung der drei Eiweißarten: Albumin, Pepton und Amin möglichst zu bestimmen gesucht, wobei gerade die Amine sich außerordentlich durch starke Blaureaktionen zeigen, selbst in kaltem Zustande bei Ausschluß von O. Muskelgewebe und rote Blutkörperchen sind stark aminhaltig. Diese Feststellungen sollen später auf das Pathologische übertragen werden, um Eclampsie, Carcinom usw. zu beobachten.

Über ein neues, billigeres Gemisch für Wachsrekonstruktionen; von *C. U. Ariëns Kappers.*

Ein neues Verfahren zur Darstellung der Knochenhöhlen und der Knochenkanälchen; von *J. Enescu.*

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

Vor kurzem erschien:

Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle

Von

Dr. Hartwig Klut

Mitglied d. Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem

Dritte, umgearbeitete Auflage

Mit 33 Textfiguren — In Leinwand gebunden Preis M. 4.60

Die grossen Handbücher

von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. A. werden **zur Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder **Quartalsraten** ohne Preisaufschlag franko geliefert von

Hermann Meusser, Buchhandlung

Berlin W 57/9, Potsdamerstr. 75

Verlag von Julius Springer in Berlin

Vor kurzem erschien:

Chemische Untersuchungen

zur Beurteilung des Strohmehls als Futter- und Nahrungsmittel

Von

Geh. Reg.-Rat Dr. W. Kerp,
Direktor

und

Dr. Franz Schröder,
Ständigem Mitarbeiter

Dr. B. Pfyl,
Wissenschaftlichem Mitarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte

Mit 6 Tafeln

(Sonderabdruck aus „Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte" Band L Heft 2)

Preis M. 2.20

Vor kurzem erschien:

Nährwerttafel

Gehalt der Nahrungsmittel an ausnutzbaren Nährstoffen, ihr Kalorienwert und Nährgeldwert, sowie der Nährstoffbedarf des Menschen.

Graphisch dargestellt von

Dr. J. König

Geh. Reg.-Rat, o. Professor an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster i. W.

Elfte, verbesserte Auflage, 2. Abdruck

Preis M. 1.60

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin

Vor kurzem erschien:

Analyse und Konstitutionsermittlung organischer Verbindungen

Von

Dr. Hans Meyer

o. ö. Professor der Chemie an der Deutschen Universität zu Prag

Dritte, vermehrte und umgearbeitete Auflage

Mit 323 in den Text gedruckten Figuren

Preis M. 42,—; in Moleskin gebunden M. 44.80

Inhaltsübersicht:

Erster Teil.

Reinigungsmethoden für organische Substanzen und Kriterien der chemischen Reinheit. — Elementaranalyse. — Ermittlung der Molekulargröße.

1. Vorbereitung der Substanz zur Analyse. Reinigungsmethoden für organische Substanzen. 2. Kriterien der chemischen Reinheit und Identitätsproben. Bestimmung der physikalischen Konstanten. 3. Elementaranalyse. — 4. Ermittlung der Molekulargröße.

Zweiter Teil.

Ermittlung der Stammsubstanz.

1. Abbau durch Oxydation. 2. Alkalischmelze. 3. Reduktionsmethoden.

Dritter Teil.

Qualitative und quantitative Bestimmung der organischen Atomgruppen.

1. Nachweis und Bestimmung der Hydroxylgruppe. 2. Nachweis und Bestimmung der Carboxylgruppe. 3. Nachweis und Bestimmung der Carbonylgruppe. 4. Methoxylgruppe und Äthoxylgruppe. — Höhere Alkoxyle. — Methylenoxydgruppe. — Brückensauerstoff. 5. Primäre, sekundäre und tertiäre Amingruppen. — Ammoniumbasen. — Nitrilgruppe. — Isonitrilgruppe. — An den Stickstoff gebundenes Alkyl. — Betaingruppe. — Säureamide. — Säureimide. 6. Diazogruppe. — Azogruppe. — Hydrazingruppe. — Hydrazogruppe. 7. Nitroso- und Isonitrosogruppe. — Nitrogruppe. — Jodo- und Jodosogruppe. — Peroxyde und Persäuren. 8. Schwefelhaltige Atomgruppen. 9. Doppelte und dreifache Bindungen — Gesetzmäßigkeiten bei Substitutionen. 10. Organische Mikroanalyse nach Fritz Pregl. — Mikro-Schwefel- und Halogenbestimmung nach Jul. Donau. — Nachträge.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W9 — Druck von H. S Hermann in Berlin SW