

## Carl Ritter und die Entwicklung der Geographie in heutiger Beurteilung.

VON HANS DÖRRIES, Göttingen.

„Denn die Fähigkeit zu forschen, verbunden mit der Fähigkeit zu lehren, macht den wahrhaft großen Gelehrten.“

(FR. RATZEL, Kl. Schriften I, 421 (1906).)

Der 150jährige Geburtstag (7. August 1779) CARL RITTERS ist willkommener Anlaß und zugleich ernste Mahnung, nicht nur des hervorragenden Forschers und ausgezeichneten Lehrers zu gedenken, sondern auch unsere Vorstellung von RITTERS Anteil an der Entwicklung der Geographie als Wissenschaft im 19. Jahrhundert zu überprüfen und die Bedeutung RITTERS für die wissenschaftliche Geographie der Gegenwart objektiv zu erkennen, um gegebenenfalls notwendige Konsequenzen in bezug auf Methodik und Didaktik des Faches zu ziehen.

Wir sind gewohnt, CARL RITTER und ALEXANDER VON HUMBOLDT in einem Atem zu nennen, wenn wir die Begründung und Entwicklung der Geographie im vorigen Jahrhundert im Auge haben. Aber die Beurteilung der beiden nach geistiger Anlage und Betätigung so sehr verschiedenen Männer und die gegenseitige Abwägung ihrer Verdienste um die wissenschaftliche Geographie ist stets schwankend gewesen und ist es noch. Während der Historiker der Universität Berlin RITTER leider nur nach seiner von der zeitgenössischen Philosophie stark abhängigen teleologischen Weltanschauung und Betrachtungsweise zu beurteilen vermag<sup>1</sup>, sind die Fachgeographen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und auch diejenigen unserer Generation in ihrer Stellung gegenüber RITTER und HUMBOLDT alles andere eher als einig. Bekanntlich hat OSKAR PESCHEL für die Geographie RITTERS recht wenig, für die Forschungen HUMBOLDTS alles übrig gehabt<sup>2</sup>. FRIEDRICH RATZEL, der Nachfolger PESCHELS in Leipzig, wandte sich scharf gegen diese ungünstige Beurteilung RITTERS und konnte nicht zugeben, daß HUMBOLDT die Palme erhielt<sup>3</sup>. FERDINAND VON RICHTHOFEN hat sich ehrlich bemüht, RITTERS Verdienste gerecht zu würdigen, seine Sympathie freilich gehörte nicht seinem Vorgänger auf dem Berliner geographischen Lehrstuhl, vielmehr offensichtlich und verständlicherweise dem in allem an-

regenden Weltreisenden HUMBOLDT<sup>1</sup>. Der „Buchführer“ der neueren deutschen Geographie, HERMANN WAGNER, ist nicht müde geworden, während seiner 45 Jahre akademischer Lehrtätigkeit CARL RITTER als den ersten Dozenten für wissenschaftliche Geographie an einer deutschen Universität, als den Verfasser der „Erdkunde im Verhältnis zur Natur und zur Geschichte des Menschen“ und als Mitbegründer und langjährigen Vorsitzenden der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin (1828 bis 1859) zu preisen, ohne HUMBOLDTS Anteil zu schmälern: in H. WAGNERS Bibliothekszimmer stand eine RITTER-Büste<sup>2</sup>. ALBRECHT PENCK hat nicht gezögert, in RITTER den Meister der Länderkunde zu verehren und außerdem denjenigen, dem die Geographie ihren systematischen Ausbau als Wissenschaft verdankt und der den festen Grund gelegt hat für die heutige Auffassung der Geographie als Lehre von der Erdoberfläche<sup>3</sup>. ALFRED HETTNER anerkennt die Tatsache der Neubegründung der geographischen Wissenschaft am Anfange des 19. Jahrhunderts, lehnt aber ein überragendes Verdienst RITTERS entschieden ab und stellt HUMBOLDT neben und vor RITTER: HUMBOLDT habe nicht nur mehrere Zweige der allgemeinen Geographie, vor allem die Klimatologie und Pflanzengeographie, neu begründet, sondern sei darüber hinaus auch der Meister der Länderkunde geworden, während RITTER niemals wissenschaftlicher Reisender oder überhaupt Forscher in der Natur, sondern Lehrer und Stubengelehrter gewesen sei und infolge des Mangels tieferer Naturauffassung und gründlicher Einzelforschung die Geographie zur Hilfswissenschaft der Geschichte degradiert habe<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> FERDINAND FRH. VON RICHTHOFEN, Die Geographie im ersten Halbjahrhundert der Gesellschaft für Erdkunde (Festrede zum 50jährigen Stiftungsfest der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 30. April 1878) in: Sonderband der Z. Ges. f. Erdkunde zu Berlin zur Hundertjahrfeier der Gesellschaft 1828 bis 1928, S. 15–30. Berlin 1928. — Aufgaben und Methoden der heutigen Geographie S. 35–39. Leipzig 1883. — Triebkräfte und Richtungen der Erdkunde im 19. Jahrhundert in: Z. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1903, Sonderdruck, 20–35.

<sup>2</sup> HERMANN WAGNER, Lehrbuch der Geographie, 10. Aufl., I, S. 22–27 (1920).

<sup>3</sup> ALBRECHT PENCK, Die erdkundlichen Wissenschaften an der Universität Berlin, Rektoratsrede S. 4–5. Berlin 1918. — Neuere Geographie in: Sonderband der Z. Ges. f. Erdkunde zu Berlin zur Hundertjahrfeier der Gesellschaft 1828–1928 S. 31–32. Berlin 1928.

<sup>4</sup> ALFRED HETTNER, Die Entwicklung der Geographie im 19. Jahrhundert in: Geograph. Z. 1898. Leipzig 1898, Sonderdruck, 4–8. — Die Geographie,

<sup>1</sup> MAX LENZ, Geschichte der Königl. Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin 2, 286. Berlin 1916.

<sup>2</sup> OSKAR PESCHEL, Geschichte der Erdkunde bis auf A. v. HUMBOLDT und CARL RITTER, München 1877, 2. Aufl., S. 804.

<sup>3</sup> FRIEDRICH RATZEL, Zu Karl Ritters 100jährigem Geburtstage, in: Kl. Schriften I, 377–428. München-Berlin 1906.

Stärkere Unterschiede in der Wertung der wissenschaftlichen Persönlichkeit eines RITTER und HUMBOLDT seitens der späteren Fachgenossen sind wohl kaum denkbar. Wünschen wir am 150jährigen Geburtstage des ersten Geographieprofessors der Berliner Universität eine objektive Würdigung seiner Wirksamkeit und zugleich eine befriedigende Antwort auf die nicht weniger wichtige Frage nach dem noch heute Gültigen und möglicherweise von der Gegenwart Neuzubelebenden aus der Ideenwelt RITTERS, so lassen wir kurz die Haupttatsachen seiner persönlichen und wissenschaftlichen Entwicklung, den Zeitraum 1779—1859 umfassend, zur Geltung und ihn selbst in seinen Hauptwerken zu Worte kommen. Es liegt uns vor allem an der Feststellung, ob RITTERS Geist auch noch für die Entwicklung der Geographie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Bedeutung gewinnen kann.

Für RITTERS geistige Entwicklung ist nichts entscheidender gewesen als der fast zwölfjährige Aufenthalt in des bekannten Philanthropen und Pädagogen CHRISTIAN GOTTHILF SALZMANN'S Erziehungsanstalt Schnepfenthal am Nordfuße des Thüringer Waldes, wohin ihn die früh verwitwete Mutter 1785 brachte, zusammen mit einem wenig älteren Bruder und ihrem gemeinsamen Erzieher aus dem Quedlinburger Elternhause JOHANN CHRISTOPH FRIEDRICH GUTS MUTHS<sup>1</sup>. Der tiefgehende Einfluß dieser beiden hervorragenden Vorkämpfer neuzeitlicher Pädagogik auf den aufgeweckten jungen CARL RITTER kann nicht leicht überschätzt werden<sup>2</sup>. Des Zöglings Wunsch wurde, gleichfalls Erzieher zu werden. Nach nur zweijährigem Studium in Halle, wo das Königliche Pädagogium in den FRANCKESCHEN Stiftungen mehr bot als der stoffliche Inhalt der verschiedenen Kollegien und der persönliche Eindruck der Professoren, nahm der nunmehr bald Zwanzigjährige Ende 1798 die Stelle eines Erziehers in einer der ersten Bürgerfamilien Frankfurts an.

Nächst Schnepfenthal ist die lange Frankfurter Zeit (1798—1811) in dem weltoffenen Hause der Bethmann-Hollwegs für die persönliche und wissenschaftliche Entwicklung RITTERS von entscheidender Bedeutung geworden. Seine Erziehertätigkeit hat ihn als Begleiter seiner Zöglinge anschließend noch nach Genf, Florenz, Rom, Neapel und vor allem nach Göttingen geführt. RITTER ist demnach, was nicht deutlich genug gesagt werden kann, volle zwei Jahrzehnte (1798—1819) und zwar gerade die besten Jahre seines Lebens Hauslehrer, Erzieher und Studienbegleiter gewesen,

ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methoden S. 85—90. Breslau 1927.

<sup>1</sup> FRANZ THORBECKE, Schnepfenthal, Christian Gott-hilf Salzmanns Erziehungsanstalt von 1784 (Mitt. d. Vereins alter Schnepfenthäler, April 1927).

<sup>2</sup> Für das rein Biographische vgl. GUSTAV KRAMER, Carl Ritter — ein Lebensbild nach seinem handschriftlichen Nachlaß, 2 Bände, 2. Aufl., Halle 1875 (KRAMER war Theologe und RITTERS Schwager).

ganz im Sinne der freiheitlichen Pädagogik der Aufklärung, doch je länger desto mehr von der Ideenwelt ROUSSEAUS und SALZMANN'S innerlich abrückend und sich dem zeitgenössischen Pietismus und der Romantik zuwendend. Daß der Pädagoge RITTER einen über die Mauern Frankfurts hinausreichenden Namen besaß, spricht sich neben anderem vor allem darin aus, daß ihm 1808 die Leitung der in Weimar neugegründeten Erziehungsanstalt dringend angeboten wurde, und 1817 flehte ihn Pestalozzi um Übernahme seiner Anstalt Iferten an. Gern wäre er einer Einladung nach Schnepfenthal gefolgt; er lehnte sie ab, weil die Anstalt noch Besitz der vielköpfigen Familie SALZMANN war und dadurch die ihm notwendig erscheinende Reform von vornherein erschwert erschien. „Wo ich den rechten Wirkungskreis finde, weiß ich selbst nicht“, schreibt RITTER noch Ende 1817<sup>1</sup>. Er glaubte ihn dann bald danach in Frankfurt zu finden, wo er am letzten Tage des Jahres 1818 zum Lehrer für Geographie und Geschichte am Gymnasium „installirt“ wurde. Diese Oberlehrerstelle hat er mit großer Befriedigung versehen und vertauschte sie nur mit dem überraschend angebotenen doppelten Lehramt an der Königlichen Allgemeinen Kriegsschule und der Universität Berlin. RITTER stand im 42. Lebensjahr, als er mit dem Wintersemester 1820—1821 die schon 1810 errichtete, zunächst von AUGUST ZEUNE verwaltete Professur für Geographie an der Friedrich-Wilhelms-Universität übernahm; bis 1859 hat er sie innegehabt. Wie ist aus dem Schnepfenthaler Zögling und Frankfurter Hauslehrer, der mit JOHANN GOTTFRIED HERDER nichts anderes zu werden wünschte als „ein würdiger Lehrer der Menschheit“, der erste akademische Lehrer der Geographie an der ersten Hochschule Preußens und der Mitbegründer der neueren wissenschaftlichen Geographie im vorigen Jahrhundert geworden? — Welches war und ist seine bleibende Bedeutung?

Die ungewöhnlich lange Tätigkeit als Erzieher ist für RITTER, der in dieser Zeit vom Zwanzigjährigen zum Vierzigjährigen heranreifte, nicht nur eine Periode des unaufhörlichen Gebens gewesen, sondern fast noch mehr eine Periode unausgesetzten Nehmens: die geistige Entwicklung RITTERS in Frankfurt, also nach Abschluß der kurzen Studienzeit in Halle, wurde ganz außerordentlich und für die spätere akademische Lehrtätigkeit als Geograph in Berlin schlechthin entscheidend. Seine allgemeinen Interessen galten den Fragen der Erziehung, wie sie damals als Erbe der Aufklärung alle Gebildeten bewegten und mit einer bis heute noch nicht wieder erreichten Intensität öffentlich von Pädagogen und Eltern diskutiert wurden. Sein spezielles Interesse gehörte der Geographie und zwar in der damals selbstverständlichen engen Verbindung mit der Geschichte im weitesten Sinne des Wortes. Er hatte dieses spezielle Fachinteresse in Schnepfen-

<sup>1</sup> KRAMER, a. a. O. I, 257.

thal durch GUTS MUTHS gewonnen, in dem es nicht weniger lebendig gewesen war als gleichzeitig in KANT und HERDER. Wie HERDER in Königsberg 1762—1764 sämtliche Vorlesungen KANTS gehört und nachgearbeitet hat, so ist bezeichnenderweise das Colledge über physische Geographie das am besten ausgearbeitete<sup>1</sup>. Und wie für HERDER die Geographie von „der Naturgeschichte und der Historie der Völker untrennlich“ war<sup>2</sup>, so nannte RITTER „Geschichte und Geographie immer unzertrennliche Gefährtinnen“<sup>3</sup>.

Während der Frankfurter und Göttinger Zeit hat sich der junge RITTER vollgesogen an den Schriften der großen Geister seiner Zeitgenossen und deren unmittelbaren Vorgänger. Als Erzieher verschlang er ROUSSEAU, SALZMANN, PESTALOZZI und HERDER, als fachlich interessierter Geograph besuchte er schon 1800 BLUMENBACH in Göttingen und las nicht nur MONTESQUIEU, KANT und FORSTER, sondern hatte auch ALEXANDER VON HUMBOLDTS „sämtliche herausgekommenen Werke mit einer Art von Heißhunger verschlungen“, als dieser 1807 einige Wochen in Frankfurt weilte<sup>4</sup>. Es ist keine Frage, daß die Hauslehrertätigkeit Zeit genug ließ, um literarisch und persönlich mit den führenden Köpfen des europäischen Geisteslebens um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert in enge Fühlung zu treten und auch darin zu verbleiben. Kein Ort Deutschlands schien damals dafür geeigneter als Frankfurt a. M., kein Haus mehr als das der Hollwegs. Später ging RITTER zwar gern nach Göttingen, „weil man da in einer Woche mehr arbeiten könne als anderwärts in einem Monat“<sup>5</sup>. Aber in Frankfurt sah er außer ALEXANDER VON HUMBOLDT, der auf ihn als der aus Amerika heimgekehrte und von der gebildeten Welt bewunderte Forschungsreisende den allerstärksten Eindruck gemacht hat, auch LEOPOLD VON BUCH, mit dem er 1810 tagelang zusammen war und dessen gerade erschienene „Reise durch Norwegen und Lappland“ rechnete er „zu den geistreichsten Schriften, die mir neuerlich bekannt geworden“<sup>6</sup>.

In dieser angeregten, keineswegs engen geistigen Situation der Frankfurter Zeit hat RITTER kleinere geographische Schriften verfaßt und vor allem ein „Handbuch der Allgemeinen Erdkunde oder die Erde, ein Beitrag zur Begründung der Geographie als Wissenschaft“ im Manuskript fertiggestellt,

<sup>1</sup> RUDOLF HAYM, Herder I, 33. Berlin 1880.

<sup>2</sup> F. W. PAUL LEHMANN, Herder in seiner Bedeutung für die Geographie, Berlin 1883 (Schulprogramm Falk-Realgymnasium), S. 4.

<sup>3</sup> Schon im Vorwort des 1804 erschienenen ersten „Europa“-Bandes.

<sup>4</sup> GUSTAV KRAMER, Carl Ritter, 2. Aufl., I, 113 (1875) (Brief an GUTS MUTHS).

<sup>5</sup> G. KRAMER, a. a. O. I, 308.

<sup>6</sup> G. KRAMER, a. a. O. I, 146 (OSKAR PESCHEL, Geschichte der Erdkunde S. 518, München 1865, tadelt diese überschwengliche Äußerung RITTERS, weil sie ihm auf Kosten HUMBOLDTS zu gehen scheint!).

dessen Veröffentlichung zwar infolge der wohlwollenden sachlichen Kritik von seiten LEOPOLD VON BUCHS unterblieben ist, die jedoch nichts anderes darstellt als den ersten Entwurf des späteren Lebenswerkes, der in Göttingen ausgearbeiteten und 1817—1818 erschienenen zweibändigen, der in Berlin völlig neubearbeiteten und seit 1822 ausgegebenen neunzehnbändigen „*Erdkunde im Verhältnis zur Natur und zur Geschichte des Menschen oder allgemeine vergleichende Geographie als sichere Grundlage des Studiums und Unterrichts in den physikalischen und historischen Wissenschaften*“.

Die ersten drei Bände der großen Ausgabe, die 1822—1833 zur Ausgabe gelangten und außer Afrika den Anfang Asiens enthalten, stellen, wie FRIEDRICH RATZEL richtig bemerkt<sup>1</sup>, die reifste Leistung RITTERS dar, während der Rest schon „dem Greis gehört“. Das treffendste Urteil hat HERMANN WAGNER<sup>2</sup> gefällt, wenn er bitter und scharf, aber leider nur zu gerecht sagt: „So ist dieser Altmeister der Erdkunde zwar den beiden Hauptseiten der Geographie, der Erforschung der unbelebten Erde wie ihrer Beziehungen zum Menschengeschlechte oder der exakten und historischen Richtung wie kaum ein Geograph zuvor gerecht geworden, aber an seiner großen „Allgemeinen vergleichenden Geographie“ durch vierzig Jahre nach dem gleichen Plane arbeitend, ward er nicht gewahr, wie sehr er sich bei seiner Vertiefung in historisch-antiquarische Forschung von seinem eigentlichen Arbeitsfeld, der Erde, entfernte“<sup>3</sup>.

Angesichts dieser unleugbaren Tatsache ist es um so notwendiger, die Idee klar herauszustellen, die der ersten Ausgabe und den ersten Bänden der zweiten Ausgabe von RITTERS Lebenswerk zugrunde liegt. Durch den Untertitel „im Verhältnis zur Natur und zur Geschichte des Menschen“ wünschte er unzweideutig auszudrücken, daß nicht nur die Natur der Länderräume, sondern auch die Bewohner Gegenstand geographischer Forschung und Darstellung sind<sup>3</sup>. Zweifellos ist RITTER selbst hinter dem Ideal seiner uns heute selbstverständlichen Forderung ganz erheblich zurückgeblieben. Sowohl die Beschreibung der physischen Grundlagen der Landesnatur, als auch die Behandlung des Menschen macht wenig Ansätze zu einer Aufzeigung der ursächlichen Zusammenhänge, wie das bei HUMBOLDT gleichzeitig in der Klimatologie und Pflanzengeographie in klassischer Weise geschah. RITTER war selbst viel zu stark Historiker, Philologe und allgemein Geisteswissenschaftler, um exakt naturwissenschaftlich denken und arbeiten zu können. Darin kam er über HERDER nicht hinaus, weil er mit diesem den wahrhaft unersättlichen

<sup>1</sup> FRIEDRICH RATZEL, Kl. Schriften I, 411 (1906).

<sup>2</sup> HERMANN WAGNER, Lehrbuch der Geographie, 10. Aufl., I I, 23 (1920).

<sup>3</sup> BRUNO SCHULZE, Charakter und Entwicklung der Länderkunde Carl Ritters. Hallenser Dissertation (bei ALFRED KIRCHHOFF), Halle 1902.

Wissensdurst und den ungeheuer weiten Horizont des Polyhistor gemein hatte: der Vergleich mit HERDERS „Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit“ drängt sich bei RITTERS „Erdkunde im Verhältnis zur Natur und zur Geschichte des Menschen“ immer wieder auf<sup>1</sup>. Über HERDER hinaus ging allerdings die Hauptforderung RITTERS nach Hineinbeziehung des Menschen in die Geographie. Er widersprach HERDER, der 1784 in der bekannten Weimarer Schulrede „Von der Annehmlichkeit, Nützlichkeit und Notwendigkeit der Geographie“ fast ausschließlich Kenntnisse aus der physischen Geographie forderte.

HERDER und RITTER stimmen darin wieder überein, daß man weder dem einen noch dem anderen die wahre Tiefe und Originalität des großen, nämlich selbständigen Denkers zusprechen kann, über die ein HUMBOLDT verfügte. In HERDER und RITTER überwog bei weitem der Lehrer, bei HUMBOLDT der Forscher. Während HUMBOLDT allen dringlichen Aufforderungen zur Annahme von Lehrstellen sich streng und selbstsicher versagte, sogar der Berliner Hochschule fernblieb, fand RITTER in dem Beruf und in der Aufgabe des akademischen Lehrers volle Befriedigung. Der vornehme Gesellschafter ALEXANDER VON HUMBOLDT war Mittelpunkt der Salons in Berlin und Paris; der grenzenlos bescheidene Professor CARL RITTER wirkte fast vier Jahrzehnte an Kriegsschule und Universität Berlin und hinterließ eine Generation jüngerer Geographen, die als „RITTERsche Schule“ in der Geschichte der neueren wissenschaftlichen Geographie ihren Platz hat. Die bedeutsame Stellung RITTERS als Erzieher in Frankfurt, die ihn mit den ersten zeitgenössischen Pädagogen zusammen nennen ließ, fand ihre bedeutungsvolle Fortsetzung in dem größeren Wirkungskreis Berlin. Diese unaufhörliche und überaus intensive, auch weitere Kreise der Gebildeten anregende Lehrtätigkeit ist ein wesentlicher Grund für die Tatsache, daß RITTER zwar die wichtigeren Länder Europas bereist hat, für eine längere Studienreise in ein außereuropäisches Gebiet sich aber nie hat freimachen können. Mit selbstlosem Neid blickte er auf die Erdkenntnis HUMBOLDTS, dessen Bedeutung er mehrfach mit Wärme gepriesen hat. Es wäre unbillig, zu vergessen, in welchem Maße gerade RITTER darauf bedacht gewesen ist, in den Sitzungen der von ihm geleiteten Berliner Gesellschaft für Erdkunde die großen Forschungsreisenden seiner Zeit zu Wort kommen zu lassen. Was Entdecker und Forscher an Ergebnissen heimbrachten, hat RITTER seiner Hörerschaft, die in manchen Vorlesungen auf mehrere hundert Köpfe sich belief, und damit der nächsten Generation im Geiste wissenschaftlicher Erdkunde weitergegeben. Bis in die vierziger Jahre des Jahrhunderts blieb er offen für die neuen Fragen und Aufgaben in Wissenschaft und Leben, die

immerfort die Zeit dem lebenden Geschlecht stellt.

RITTERS ungewöhnlich weitreichende Wirksamkeit erklärt sich zu einem Teil aus der immer wieder mit Begeisterung anerkannten pädagogisch lebendigen Persönlichkeit, zum anderen Teil aus seiner naturphilosophischen Betrachtungsweise, die dem Zeitgeiste entstammte und den Zeitgenossen so unbeschreiblich angenehm war. Von der Naturschwärmerei ROUSSEAUS, die in gemäßiger Form SALZMANN und GUTS MUTHS vertreten hatten, ist RITTER zur Naturphilosophie der Romantik gekommen und wohl am stärksten von SCHELLINGS Offenbarungsphilosophie beeinflußt worden. Diese teleologische Weltanschauung und Betrachtungsweise hat die Nachwelt dem Geographen stark verübelt. Wie SCHLOSSER gegen die schwärmerische Teleologie HERDERS in starken Ausdrücken protestiert hat, so ist schon durch PESCHEL die zeitgeschichtlich bedingte philosophische Grundanschauung RITTERS mit überlegenem Spott bedacht worden. Noch heute schneidet RITTER in der Beurteilung oft schlecht ab und das um so mehr, als HUMBOLDTS echt naturwissenschaftlich kausale Denkweise ihrer Zeit vorausgeeilt ist und wesentlichen Anteil hat an der Entstehung der modernen Naturwissenschaften überhaupt.

Es ist keine Frage, daß RITTERS Mangel an abstraktem Denken und seine Unfähigkeit zu logischer Begriffsbildung das Verständnis seiner wissenschaftlichen Arbeiten ungemein erschwert und wohl auch der eigentliche Grund ist für das schließliche Versagen der sog. RITTERSchen Schule und die erstaunlich rasche Abkehr von RITTERSchen Gedankengängen. Diese Abkehr war so stark, daß man später bei Ausgabe von RATZELS „Anthropogeographie“ (1882), deren erster Band den echt RITTERSchen Untertitel „Grundzüge der Anwendung der Erdkunde auf die Geschichte“ trägt, gar nicht mehr merkte, wie sehr RATZEL auf RITTERS Schultern steht, wieviel deutliche und noch mehr undeutliche Rudimente der Naturphilosophie der ersten Hälfte des Jahrhunderts noch vorhanden sind. Man war schon so stark der physischen Geographie hingegeben, daß man allen Ernstes behauptete, die Geographie des Menschen sei erst durch RATZEL begründet worden! Wir haben diese schiefe Auffassung heute endlich zu berichtigen und auf das im Grunde immer noch lebendige Erbe RITTERS dringlich hinzuweisen. Ohne HUMBOLDT hätte die Geographie im allgemeinen und die physische Geographie im besonderen nicht den erstaunlichen Aufschwung, in enger Gemeinschaft mit dem allgemeinen Aufschwunge der Naturwissenschaften in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, genommen, der in der neueren Periode der Geschichte der Geographie als Wissenschaft an die Namen PESCHEL und F. VON RICHTHOFEN geknüpft ist. Ohne RITTER wäre die Einführung und Beibehaltung der Geographie als akademisches Lehrfach, ihre Anerkennung als wissenschaftliche Disziplin, die

<sup>1</sup> FRANZ MARTHE, Was bedeutet Carl Ritter für die Geographie, Berlin 1880 (erweiterter S.-A. aus der Z. Ges. f. Erdkunde zu Berlin).

systematische Weiterentwicklung der speziellen Geographie (Länderkunde) und die Pflege der Geographie des Menschen (RATZEL) nicht gut denkbar.

Es wäre unnütz, darüber zu rechten, ob HUMBOLDT oder RITTER den größeren Anteil an der Entwicklung der modernen Geographie gehabt hat. Vom eigentlich geographischen Standpunkt aus gesehen ist RITTER ohne Frage der am meisten Beteiligte und am stärksten Wirkende von beiden gewesen. HUMBOLDTS Verdienste sind zu groß, um sie durch diese Feststellung irgendwie verkleinern zu können. Allein es geht nicht an, den Weltreisenden und Naturforscher an erster Stelle zu nennen und den unendlich bescheidenen, unentwegt am systematischen Ausbau der Geographie als Wissenschaft arbeitenden und zugleich als Lehrer der kommenden Generation überaus fruchtbar wirkenden Professor in den Hintergrund zu schieben.

Wenn nicht alles täuscht, darf man die letzte Periode der modernen Geographie, in der wir heute noch stehen, als mehr oder weniger unbewußte Rückkehr zu RITTER bezeichnen. Der glänzende Aufschwung der physischen Geographie seit den siebziger Jahren ist der speziellen Geographie (Länderkunde) wie der Anthropogeographie zugekommen, so daß wir heute an Probleme herangehen können, die weder RITTER, noch RATZEL, noch F. VON RICHTHOFEN bemerken oder behandeln konnten. RITTER hatte eine allseitige, Natur und Menschen umfassende und zwar wissenschaftliche Behandlung der Länder der Erde sowie eine vergleichende Charakteristik der verschiedenen Erdräume als Aufgabe der Geographie bezeichnet. Daß er diese hohe Aufgabe bei dem Tiefstande der naturwissenschaftlichen Forschung nur unzulänglich lösen konnte, hat er selbst schmerzlichst empfunden; daß er sie im

Alter aus dem Auge verlor und in der Unmasse des aufgehäuften Stoffes hilflos versank, ist sein tragisches Schicksal. Aber die Gegenwart hat diese von RITTER der Geographie gestellte Aufgabe in dem gleichen weiten, nun aber wesentlich vertieften Umfange wieder aufgenommen und arbeitet an ihr mit dem glänzenden naturwissenschaftlichen Rüstzeug, das uns heute zur Verfügung steht, und deren Anwendung HUMBOLDT gelehrt hat. Wir laufen daher auch keine Gefahr, in der Geographie des Menschen zu schematisieren und grob zu verallgemeinern. Wenn HELMHOLTZ einmal bemerkt hat, daß im geistigen Leben das Gewebe der ineinanderfließenden Einflüsse so verwickelt sei, daß eine klare Gesetzlichkeit desselben nur selten bestimmt nachzuweisen wäre, so bedarf die moderne Anthropogeographie und Länderkunde dieser Mahnung nicht mehr. Wir haben heute wenigstens eine problemgeschichtliche Einstellung.

RITTER hat in vorbildlicher Weise Kausalitätenforschung und Wertdarstellung organisch miteinander verbunden und schließlich das Absolute in seinem geographischen Weltbild gesucht. Die folgende Periode der ganz überwiegenden physischen Geographie hat eine wertfreie, rein kausale Behandlung gebracht und dadurch eine ungeheuerlich spezialisierte Einzelforschung. Die Reaktion hat bereits eingesetzt. Die Frage nach dem Woher und Wohin unserer Wissenschaft, nach ihrer sichtbaren Einordnung in den weiteren Kreis der Kultur, erhebt sich vernehmlich. Wir dürfen mit RITTER weder auf exakte Kausalitätenforschung noch auf sinnvolle Wertdarstellung verzichten, wenn wir das Grundproblem wissenschaftlicher Geographie nicht aus den Augen verlieren wollen: den bekannten und doch noch unbekanntem Zusammenhang von Natur und Kultur.

## Über die Schädlichkeit des bei alkoholischen Gärungen entstandenen Methylalkohols.

VON O. WINDHAUSEN, Münster i. W.

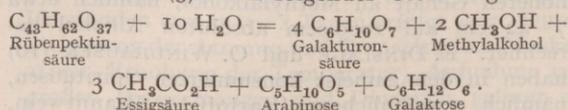
(Aus dem Nahrungsmittel-Untersuchungsamt.)

### 1. Bildung des Methylalkohols bei der alkoholischen Gärung.

Die Frage nach der Giftigkeit kleiner, natürlicherweise durch Gärung entstandener Mengen Methylalkohol ist neuerdings durch die Arbeiten von C. NEUBERG und Mitarbeitern (1) über das Vorkommen des Methylalkohols im Tabakrauch wieder aufgerollt worden. Da das Pektin, d. i. der Methyl-ester der Pektinsäure, erhebliche Mengen Methylalkohol (9—12%) in leicht abspaltbarer Form enthält und in den meisten Gemüsen, Früchten und Gewürzen enthalten ist, so weisen die verschiedensten Genuß- und Lebensmittel, namentlich nach vorangegangener Gärung, mehr oder weniger große Mengen Methylalkohol auf. Über die Bildung des Methylalkohols aus dem Pektin sind wir durch die grundlegenden Arbeiten von TH. V. FELLEBERG (2) und von EHRLICH und von SOMMERFELD (3)

unterrichtet. Nach dem erstgenannten Forscher kommt das Pektin in unreifen Früchten, in unlöslicher Form als Pektose oder auch Protopektin, als wesentlicher Bestandteil der Membran, besonders der Mittellamelle, vor. Bei der Reife verwandelt sich das Pektin durch einen hydrolytischen Vorgang in kolloidal lösliches Pektin. Bei der Überreife und bei der Gärung wird das Pektin durch das Enzym Pektase in Pektinsäure und Methylalkohol zerlegt. Beim Abtöten der Pektase wird auch bei längerem Lagern kein Methylalkohol gebildet.

Der Zerfall der Pektinsäure bei der totalen Hydrolyse vollzieht sich nach EHRLICH und VON SOMMERFELD (3) nach folgender Gleichung:



T. TAKAHASHI und Mitarbeiter (4) glauben die Bildung von Methylalkohol bei der Gärung durch die Wirkung einzelner Hefearten erklären zu können: bei Sakéhefe war z. B. die Menge erheblich größer, wenn an Stelle der gewöhnlichen Hayduckschen Nährlösung eine solche benutzt war, in der das Asparagin durch Glykokoll ersetzt war. Im Gegensatz hierzu ist E. VON LIPPMANN (5) der Ansicht, daß der Methylalkohol nicht durch Gärung oder andere biologische Prozesse entstanden sei, sondern einfach durch Einwirkung der sauren Melasse auf die Pektine der Zuckerrohrfasern, in gleicher Weise etwa wie beim Erwärmen mit verdünnten Säuren aus dem Pektin Methylalkohol abgespaltet wird.

2. Der Methylalkoholgehalt der einzelnen Lebens- und Genußmittel.

Der Gehalt der einzelnen Lebens- und Genußmittel an Methylalkohol ist sehr verschieden. Von besonderem Interesse sind die Angaben über das Vorkommen des Methylalkohols als natürlichen Bestandteils in alkoholischen Getränken. J. WOLFF (6) fand in den Destillaten verschiedener vergorener Obst- und Beerensäfte folgende Mengen Methylalkohol, in Volumprozent auf 100 ccm 90 Proz. Alkohol bezogen:

Schwarze Johannisbeeren . . . . .	über 2 %
Pflaumen } mit oder . . . . .	etwa 1 %
Zwetschen } ohne . . . . .	etwa 1 %
Mirabellen } Kerne . . . . .	etwa 1 %
Kirschen } vergoren . . . . .	0,5—1 %
Äpfel . . . . .	0,2—0,3 %
Weintrauben, } ohne Kämme . . . . .	Spur—0,03 %
} vergoren } mit Kämmen . . . . .	0,15—0,40 %
Trester . . . . .	0,15—0,60 %

TRILLAT (7) konnte in einer Reihe einwandfreier Proben des Handels (Rum, Arrak, Absinth, Kirsch u. dgl.) keinen Methylalkohol nachweisen, fand jedoch in anderen Proben des Handels mehrfach Methylalkohol, und zwar in Mengen, die einem Zusatz von 5—10 % denaturiertem Alkohol entsprachen; auch in einigen echten Tresterbranntweinen wurden etwa 0,25 % Methylalkohol nachgewiesen. H. C. PRINSEN-GEERLIGS (8) und Mitarbeiter konnten weder in den Rohmaterialien noch in den Produkten der Rum- und Arrakbrennereien eine Spur Methylalkohol nachweisen und sind daher der Ansicht, daß in diesen Getränken kein Methylalkohol enthalten ist.

Ausführliche Untersuchungen der Spirituosen auf ihren Gehalt an Methylalkohol verdanken wir THEODOR VON FELLENBERG (2). Folgende Mengen wurden festgestellt (s. nebenstehende Tabelle).

Nach W. MÜLLER (9) enthalten Tresterbranntweine im Vergleich zu Obstweindestillaten, Obst- und Weindrüsenbranntweinen einen wesentlich höheren Gehalt an Methylalkohol, nämlich etwa 7—42 ccm auf 1000 ccm absoluten Alkohol berechnet. E. DINSLAGE und O. WINDHAUSEN (10) haben in den zumeist konsumierten Spirituosen, nämlich gewöhnlichem (Kartoffel-) Branntwein,

Kornbranntwein (Doppelkorn), Weinbrand und Weinbrandverschnitt keine Erzeugnisse angetroffen, sofern es sich um solche aus einwandfreier Quelle handelte, die einen über 0,1 % hinaus gehenden Methylalkoholgehalt (bezogen auf den Branntwein) aufwiesen. Die Untersuchung von Proben reinen Kornbranntweins hatte stets ein negatives Ergebnis. Weinbrand der Marken „Asbach uralt“ und „Asbach Privatbrand“ lieferten nach der Destillation gleichfalls negative Reaktionen. Dagegen gelang es in diesen Fällen, nachdem 1/10 abdestilliert war, in dieser ersten Fraktion Methylalkohol nachzuweisen. Zwecks Feststellung, ob etwa aus Rotwein gewonnenes Weindestillat und

Nr.	Branntweinsorte	Alkohol- gehalt Vol.-%	Vol.-% Methylalkoh. auf den Ge- samtalkohol berechnet
1	Kognak (garantiert reines Weindestillat . . . . .)	44,7	0
2	Rum, Jamaika (garantiert echt)	78,8	0
3	Kirschwasser (garantiert echt)	50,0	0,6
4	Weintresterbranntwein (Kanton Waadt) . . . . .	51,9	1,2
5	Weintresterbranntwein (La Côte)	46,6	1,3
6	Weindrüsenbranntwein (Kanton Waadt) . . . . .	55,5	0
7	Weindrüsenbranntwein, alt (Kanton Bern) . . . . .	62,1	0
8	Obstweindestillat, vorwiegend Äpfel (Kanton Bern) . . . . .	38,1	0
9	Obstweindestillat, vorwiegend Äpfel (Kanton Bern) . . . . .	31,2	0
10	Obsttresterbranntwein, vorwiegend Äpfel (Kanton Bern) . . . . .	51,3	4,2
11	Obsttresterbranntwein, vorwiegend Äpfel (Kanton Bern) . . . . .	62,0	1,9
12	Obsttresterbranntwein, vorwiegend Äpfel (Kanton Freiburg) . . . . .	54,8	2,0
13	Obsttresterbranntwein, vorwiegend Birnen (Kanton Freiburg) . . . . .	53,4	2,3
14	Obsttresterbranntwein, vorwiegend Birnen (Kanton Zürich) . . . . .	48,8	1,3
15	Enzianbranntwein (garantiert echt)	47,0	2,8

0 bedeutet hier stets weniger als 0,1 %.

der aus einem solchen hergestellte Weinbrand methylalkoholhaltig ist, wurde sowohl aus deutschem wie auch aus französischem Rotwein der Alkohol abdestilliert und nach dem Herabsetzen auf Trinkstärke der Prüfung auf Methylalkohol unterworfen; der Gehalt daran wurde in beiden Fällen zu weniger als 0,1 % festgestellt. Der gleiche Gehalt wurde in einer Probe Typage (Bonificateur) festgestellt, sowie auch gelegentlich in einigen Rumproben des Handels. Von anderen Genußmitteln, die Methylalkohol in freier Form enthalten, sind noch zu erwähnen der Tee und die Coca. Nach C. HARTWIG (11) präexistiert das ätherische Öl, welches das Aroma des Tees ausmacht, nicht im frischen Tee, sondern ist wahrscheinlich als Glucosid an einen Zucker gebunden. Daher sind frische Blätter geruch- und geschmacklos. Es wird erst

bei der Fermentation in Freiheit gesetzt. Als seine Bestandteile sind ermittelt Methylalkohol, Methylsalicylat, Aceton und ein Alkohol  $C_6H_{12}O$ . Ebenso wurden in dem ätherischen Öl der Coca Methylalkohol neben den anderen genannten Bestandteilen nachgewiesen.

Neuerdings wurde, wie oben erwähnt, Methylalkohol auch im Tabak und Tabakrauch festgestellt. Während der Umwandlung des frischen Blattes in das rauchfähige Gut nimmt der vorhandene Methylalkohol ab. So sinkt während der Fermentation bei Zigarrentabaken der Gehalt an esterförmig gebundenem Methylalkohol von  $9\frac{0}{100}$  auf durchschnittlich  $1\frac{0}{100}$ , bei Zigaretten auf durchschnittlich 5 bis  $7\frac{0}{100}$ . Beim Verrauchen gehen erhebliche Mengen Methylalkohol in den Tabakrauch und werden mit dem Rauch eingeatmet. Nur etwa der zehnte Teil des ursprünglich im Tabakrauch vorhandenen Methylalkohols verläßt mit der Atemluft den Körper. Der größte Teil löst sich im Speichel und wird in Form einer wässrigen Methylalkohollösung zurückgehalten. Folgende Überschlagsrechnung gibt ungefähr die Mengenverhältnisse wieder: ein Raucher, der am Tage 10 Zigarren mittleren Umfangs konsumiert, raucht ungefähr 70 g Tabak und atmet etwa 42 mg Methylalkohol ein. Ein Raucher, der 20 Zigaretten, etwa 20 g Tabak raucht, nimmt etwa 40 mg ein.

Auch einige Gemüsesorten enthalten nach TH. VON FELLEBERG (2) gebundenen Methylalkohol in leicht abspaltbarer Form. In je 100 g frischer Substanz enthielten: Rüben 205 mg, Blumenkohl 65 mg und Äpfel 68 mg Methylalkohol in leicht abspaltbarer Form.

### 3. Die Schädlichkeit des natürlich vorkommenden Methylalkohols.

Wie verhält es sich nun mit der Schädlichkeit dieser natürlich vorkommenden Mengen Methylalkohol? Die Angaben hierüber sind in der Literatur sehr dürftig und zum Teil widersprechend. A. CL. VON EULER (12) ist der Ansicht, daß Methylalkohol in Mengen, wie sie beispielsweise in einem Branntwein vorkommen, der aus gereinigtem Sulfitsprit (mit etwa 1,5 % Methylalkohol) hergestellt ist, nicht gesundheitsschädlich ist. Der gleichen Meinung ist BARTHELMES (13), nach dem Mengen bis zu 3,7 Vol.-% Methylalkohol (bezogen auf den Gesamtalkoholgehalt des Branntweins) vollkommen unschädlich sind. Nach THEODOR VON FELLEBERG wirkt dagegen der dauernde Genuß eines Branntweins mit geringem Gehalt an Methylalkohol (1,3–4,2 Vol.-% des Gesamtalkohols) schädlich auf den Organismus. So wurden in der Schweiz Erkrankungen der Sehorgane in Gegenden, in welchen der sog. „Träsch“, ein Obsttresterbranntwein, genossen wird, als Folgeerscheinungen dieses Genusses zweifelsfrei festgestellt. FELLEBERG stützt sich auf ein Gutachten, welches der Augenarzt Dr. STOCKER, Chefarzt der kantonalen Augenklinik in Luzern, erstattet hat. Letzterer ist auf Grund 25jähriger Beobachtung zu der Feststellung gelangt, daß

Sehstörungen, die er Jahr für Jahr in der Zentralschweiz zu beobachten hatte, lediglich auf chronischen, übermäßigen Träschgenuß zurückzuführen sind. Eine giftige Wirkung der kleinen Mengen, wie sie in Gemüsen und Früchten enthalten sind, kommt nach FELLEBERG nicht in Frage, ist im übrigen auch noch nie beobachtet worden. NEUBERG und Mitarbeiter (1) halten eine schädliche Wirkung des im Tabakrauch vorhandenen Methylalkohols nicht für unmöglich. An sich ist nach Ansicht dieser Forscher diese Menge Methylalkohol bei einmaliger Gabe nicht giftig. Da nun der Methylalkohol eine kumulative Wirkung zeigt, könnte eine giftige Wirkung bei jahrzehntelanger Einverleibung in Frage kommen, zumal auch noch eine kombinierte Wirkung mit den anderen im Tabakrauch vorhandenen Giften möglich ist. In Verbindung damit erwähnen sie auch eine Mitteilung von H. RHODE (14), daß nach neuerlichen Beobachtungen bei der Verwendung von selbstgezogenen und nichtvergorenen dunklen Tabaken mehrfach Sehstörungen beobachtet worden sind. Aus der genannten Arbeit geht jedoch eindeutig hervor, daß diese Beobachtungen lediglich auf die Wirkung des Nicotins zurückzuführen sind, das ja bekanntlich auch zu Sehstörungen Anlaß geben kann.

Der Ansicht NEUBERGS, daß die im Tabakrauch vorhandenen Mengen Methylalkohol bei einmaligem Genuß nicht giftig sind, wird man ohne weiteres zustimmen können, wobei diese Feststellung auch für die natürlicherweise in Branntwein und anderen Genußmitteln vorkommenden Mengen Methylalkohol gilt. Eine giftige Wirkung kann also nur dann noch in Frage kommen, wenn bei längerem Genuß der menschliche Organismus diese Menge nicht mehr abbauen kann und so eine Speicherung im Organismus stattfindet, die dann zu Vergiftungserscheinungen führt. Baut dagegen der menschliche Organismus den Methylalkohol nach der Einnahme sofort ab, so wird auch selbst bei dauerndem Genuß keinerlei Schädigung der Gesundheit eintreten. Welche Mengen Methylalkohol vermag nun der Körper abzubauen? Ist die Fähigkeit, den Methylalkohol abzubauen, bei allen Personen gleich oder ist sie individuell verschieden? Nur die genaue Beantwortung dieser Fragen wird das Problem der Giftigkeit des natürlich vorkommenden Methylalkohols lösen. Über das Schicksal des Methylalkohols im Organismus verdanken wir recht eingehende Untersuchungen W. VÖLTZ und W. DIETRICH (15). Durch Respirationsversuche an Hunden konnte festgestellt werden, daß sich der Methylalkohol bei einer Zufuhr von 2 ccm pro Kilo Körpergewicht, also relativ großer Mengen, nur in sehr geringem Umfange am Stoffumsatz beteiligt (zu etwa 3 %). Innerhalb 48 Stunden waren 39 % oxydiert und 37 % noch im Kadaver enthalten. Die vollständige Elimination dürfte unter diesen Umständen erst in 3–4 Tagen erfolgt sein. Durch Steigerung der Atmung und Transpiration (Muskelarbeit, Erhöhung der Temperatur), Aufnahme von großen Wassermengen und Diureticis gelingt es,

die Ausscheidung zu beschleunigen. POHL (16) fand bei Respirationsversuchen, daß auch so kleine Mengen, wie täglich 3 g, an bis 14 kg schwere Tiere verabfolgt, zu einer ansteigenden Ameisensäureausscheidung, zu einer Retention des Methylalkohols führen. Er hält deshalb die tägliche Aufnahme selbst solcher Mengen von 2 g pro Tag für bedenklich. Welche Mengen Methylalkohol der menschliche Organismus abbauen kann, zeigen die Versuche von AUTENRIETH (17) und FRANCESCHI (18). AUTENRIETH berichtet über eine Versuchsperson, die 80 g reinen Methylalkohol ohne jeglichen Schaden innerhalb 8 Tagen zu sich genommen hat. FRANCESCHI trank täglich fast ein Jahr lang zum Frühstück etwa 30 g Methylalkohol in Form eines Likörs, insgesamt 8823 g. Da er diesen Versuch glücklich überstand, muß er also diese 30 g Methylalkohol täglich restlos abgebaut haben. Diese beiden Versuche können jedoch keineswegs ohne weiteres verallgemeinert werden. Vielmehr ist die Fähigkeit, den Methylalkohol abzubauen, individuell verschieden. So konnten E. DINSLAGE und O. WINDHAUSEN (10) feststellen, daß bereits der einmalige Genuß von 6 Schnäpsen eines Branntweins mit 22 Vol.-% Methylalkohol gleich 28 ccm Methylalkohol den Tod einer Frau zur Folge hatte.

Auf Grund dieser verschiedenen Erfahrungen über die Giftigkeit des Methylalkohols wird man also keine bestimmte untere, und obere Grenze für die toxische Wirkung angeben können, vielmehr muß man einen sehr weiten Spielraum annehmen. Soviel kann jedoch als sicher gelten, daß so geringe Mengen Methylalkohol, wie sie im Branntwein, Weinbrand, Rum, Tee, Coca, Tabak und Gemüsen enthalten sind, unschädlich sind und im Organismus sogleich nach der Einnahme abgebaut werden

oder unabgebaut mit den Faeces und dem Harn abgeschieden werden. Für den Methylalkoholgehalt der Gemüse konnte dieses von FELLEBERG auch einwandfrei festgestellt werden. Es braucht sich also der Gewohnheitstrinker oder -raucher keineswegs durch die Anwesenheit des Methylalkohols irgendwie beunruhigen zu lassen. Alle Schädigungen der Gesundheit beim dauernden Trinken oder Rauchen müssen vielmehr auf die Anwesenheit anderer stark wirkender Stoffe, wie Alkohol und Nicotin, zurückgeführt werden. Dagegen wird man Mengen Methylalkohol von 3,2 bis 4 Vol.-%, wie sie in den Tresterbranntweinen natürlich vorkommen, durchaus nicht als unbedenklich betrachten können.

#### Literatur:

1. Biochem. Z. 179, 458 (1926); 188, 217 (1927); 197, 490 (1928).
2. Biochem. Z. 85, 45 u. 118 (1918); Mitt. Lebensmittelunters. 4, 122 (1913).
3. Biochem. Z. 168, 263 (1926).
4. J. amer. chem. Soc. 39, 2733 (1917); Chem. Zbl. 2, 225 (1918).
5. Biochem. Z. 106, 236 (1920).
6. Z. Unters.Nahrungsmitt. usw. 4, 391 (1901).
7. C. r. 128, 438—440 (1899).
8. Z. Unters.Nahrungsmitt. usw. 1, 433 (1898).
9. Mitt. Lebensmittelunters. 15, 1 (1924).
10. Z. Unters. Lebensmitt. 52, 117 (1926).
11. Die menschlichen Genußmittel 1911.
12. Sv. Kem. Tidskr. 32, 195 (1920); Chem. Zbl. 2, 453 (1921).
13. Dtsch. Destillateur-Ztg. 47, 378 (1926).
14. Chem. Zbl. 4, 542 (1923).
15. Biochem. Z. 40, 15 (1912).
16. Biochem. Z. 127, 66 (1922).
17. Die Auffindung der Gifte 1923.
18. Giorn. Farm. Chim. 69, 85 (1919); Boll. Chim. Farm. 9, 409 (1920).

## Polarisation von Materiewellen.

Von A. LANDÉ, Tübingen<sup>1</sup>.

*Richtungsquantelung und Polarisation.* Es ist in letzter Zeit oft versucht worden, durch Experimente nach dem Vorbild der Optik eine Polarisation von Materiewellen herzustellen und nachzuweisen. Solche Versuche werden besonders durch die Kreiselnatur der Elektronen nahegelegt; denn den zwei entgegengesetzten Einstellungen im Magnetfeld entsprechen wellenmechanisch zwei unabhängige, d. h. nicht interferenzfähige Wellen verschiedener „Polarisation“. So wurde in Analogie zum optischen Verfahren der gekreuzten Spiegel ein Elektronenstrahl an Metall- oder Krystallspiegeln verschiedener Stellung, zum Teil nach Durchlaufung von Magnetfeldern, mehrfach reflektiert und nach einer Abhängigkeit der reflektierten Intensität vom Azimut des Reflektors gesucht<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Vortrag auf der Gautagung der Phys. Ges., Tübingen 25. Febr. 1929.

<sup>2</sup> J. C. DAVISSON und L. H. GERMER, Nature 1928, 809. — Fr. WOLF, Z. Physik 52, 314 (1928). — E. RUPP, Z. Physik 53, 548 (1929).

Nach dem negativen Ausfall dieser Versuche ist es nicht überflüssig, auf die Verwandtschaft von wellenmechanischer und optischer Polarisation näher einzugehen und dabei auf andere Experimente hinzuweisen, die eher ein positives Ergebnis voraussehen lassen.

Der Hauptunterschied zwischen optischer und wellenmechanischer Polarisation ist der, daß in der Optik zwei linear polarisierte Wellen dann unabhängig sind, d. h. nicht miteinander interferieren, wenn sie um 90° gegeneinander geneigt sind, zwei Elektronenwellen dagegen, wenn ihre Polarisationsrichtungen (oder punktmechanisch ihre Kreisachsen) um 180° differieren. Statt mit senkrecht gekreuzten Spiegeln muß man also mit Vorrichtungen operieren, bei denen zwei antiparallele Richtungen getrennt werden können (s. u.). Beachtet man diesen Unterschied, so läßt sich die Lehre von der Polarisation ziemlich wörtlich aus der Optik ins Wellenmechanische übertragen.

Zunächst ist der durch die punktmechanischen

Vorstellungen nahegelegte Irrtum zu berichtigen, ein Elektronenstrahl (oder auch ein Atomstrahl mit magnetischem Moment, z. B. Silber) gewinne beim Durchlaufen eines transversalen homogenen magnetischen Feldes eine besondere physikalische Eigenschaft, die man als Richtungsquantelung parallel und antiparallel zu dem Feld bezeichnet und die man irgendwie nachzuweisen befähigt sein müsse. Im Gegenteil sagt die Wellenmechanik, daß ein natürlicher Materiestrahl auch nach Durchlaufung eines Magnetfeldes keinerlei Bevorzugung irgendeiner Transversalrichtung vor irgendeiner anderen besitzt, sondern vor wie nach dem Durchgang durch das Feld unpolarisiert ist. Läßt man in einem entsprechenden optischen Versuch einen natürlichen Lichtstrahl auf eine passend geschnittene Glimmerplatte fallen, so daß ordinärer und extraordinärer Strahl den gleichen Weg durchlaufen, so ist es zwar für manche Zwecke vorteilhaft, sich den Wellenverlauf im Krystall formal aus zwei zueinander senkrecht polarisierten Komponenten aufgebaut zu denken; der austretende, aus beiden Komponenten superponierte Strahl wird aber trotzdem genau so unpolarisiert sein wie der eintretende. Ebenso ist es zwar für gewisse Zwecke praktisch, im Magnetfeld selbst mit einer Zerlegung der Materiewellen in zwei antiparallele Komponenten zu rechnen und sie durch das Bild der Richtungsquantelung zu veranschaulichen; experimentell können aber im austretenden Strahl jene beiden Richtungen keineswegs vor anderen Transversalrichtungen bevorzugt sein. Ein gegenteiliger Schluß hat zum Teil die erwähnten negativ ausgefallenen Versuche veranlaßt. Und ebenso erfolglos wäre es, bei der *Zerstreuung* eines Atom- oder Elektronenstrahls in Materie nach einer Abhängigkeit der gestreuten Intensität vom Azimut eines vorgeschalteten transversalen Magnetfeldes zu suchen.

*Polarisator und Analysator für Materiewellen.* In der Optik gibt es einen Apparat, der wirklich aus natürlichem Licht linear polarisiertes Licht macht, das NICOLSsche Prisma. Hier wird durch unsymmetrische Incidenz erreicht, daß die beiden Komponenten verschiedene Wege gehen, so daß man etwa die untere abblenden und nur die obere zur isolierten Untersuchung bringen kann. Ein Polarisator für Materiestrahlen ist ein STERN-GERLACHScher Apparat mit inhomogenem Magnetfeld *NS*, dessen eine Zerlegungskomponente man abblendet und dessen andere man für sich untersucht (Fig. 1). Der aus diesem Polarisator austretende

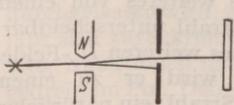


Fig. 1. Polarisator.

Strahl hat nun, wie gleich zu sehen, eine nachweisbare Polarisation. In der Optik erkennt man die Polarisation mit Hilfe eines zweiten Nicols, des Analysators, der z. B. bei um  $90^\circ$  gekreuzter

Stellung von dem Polarisatorstrahl keine Intensität durchläßt. Ebenso wird man zum Nachweis der Polarisation des Materiestrahls einen zweiten STERN-GERLACHSchen Apparat als Analysator be-

nutzen. Wir stellen ihn zunächst parallel dem ersten (Fig. 2, das dort noch zwischengeschaltete Querfeld wolle man zunächst nicht beachten) und justieren ihn so, daß seine obere Strahlkomponente durch ein Loch auf den Schirm gelangen kann. Drehen wir jetzt den Analysator um  $180^\circ$  um seine Längsachse, oder was denselben Effekt hat, polen wir seinen Magneten um, so wird der in den Analysator eintretende Strahl den punktierten Weg einschlagen und nicht auf den Schirm gelangen; dort herrscht also Dunkelheit. Würde man eine kontinuierliche Drehung des Analysators inclusive der letzten Blende aus der Anfangs- in die um  $180^\circ$  gedrehte Stellung ausführen, so würde man eine kontinuierliche Abnahme der Strahlhelligkeit auf dem Schirm wahrnehmen<sup>1</sup>.

In der Optik läßt sich für jeden Richtungsunterschied  $\varphi$  von Polarisator und Analysator die austretende Intensität nach der Formel  $J_{\text{Anal}} = J_{\text{Pol}} \cdot \cos^2 \varphi$  berechnen. Bei den Elektronenwellen (und den Ag-Strahlen, etwas komplizierter ist es bei Atomen mit mehr als zwei Zeeman-komponenten s. u.) hat man entsprechend der Verdoppelung der maßgebenden Winkel die Intensitätsformel  $J_{\text{Anal}} = J_{\text{Pol}} \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2}$ , so daß  $J_{\text{Anal}}$  bei  $\varphi = 90^\circ$  auf die Hälfte herabgegangen ist und bei  $\varphi = 180^\circ$  verschwindet.

*Elliptisch polarisierte Materiewellen.* Es seien jetzt Polarisator und Analysator parallel gestellt wie in Fig. 2, so daß auf dem Schirm Helligkeit besteht. Der Strahl laufe in der *X*-Richtung, die beiden inhomogenen Magnetfelder in der *Z*-Richtung. Es werde jetzt ein homogenes Feld  $H_y$  parallel *y* zwischen Polarisator und Analysator eingeschaltet (Fig. 2). Die Wellenmechanik erwartet nach C. G. DARWIN<sup>2</sup> bei kontinuierlicher

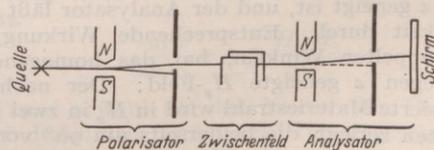


Fig. 2. Herstellung und Nachweis der Polarisation.

<sup>1</sup> Anm. b. d. Korrektur: Von maßgebender Seite wird, wie ich höre, für *Elektronen* die Isolierung und der Nachweis polarisierter Strahlen (Richtungsquantelung des Spins) als prinzipiell unmöglich angesehen mit Rücksicht auf die HEISENBERGSche Unschärferelation. Diesem Gedanken steht jedoch die allgemeine Überlegung entgegen, daß zwei „reine Fälle“, d. h. zwei Zustände mit verschiedener Quantenzahl, auch isoliert dargestellt sein nachweisbar sein müssen, gerade weil die HEISENBERGSche Unschärfe sich erst einer noch weiter detaillierten Festlegung des Zustandes widersetzt. Ferner ist schwer zu verstehen, warum nach dem „indirekten“ Nachweis des Elektronenspins im Zeemaneffekt nicht auch ein direkter Nachweis prinzipiell möglich sein sollte.

<sup>2</sup> C. G. DARWIN, Proc. Roy. Soc. Lond. 117, 258 (1927).

Zunahme von  $H_y$  zunächst Abschwächung, dann Verschwinden des auf dem Schirm aufgefangenen Strahles, bei weiterer Verstärkung von  $H_y$  aber wieder ein Anwachsen bis zur ursprünglichen Helligkeit und periodisch so fort. Die Erwartung dieser typischen *Interferenzerscheinung* steht im strikten Gegensatz zur Theorie der Richtungsquantelung, die etwa folgendermaßen argumentieren würde. Der aus dem Polarisator austretende nach  $+z$  richtungsgequantelte (polarisierte) Materiestrahl wird beim Eintritt in das Feld  $H_y$  zur Hälfte nach  $+y$ , zur Hälfte nach  $-y$  polarisiert. Beim Eintritt in das  $H_z$ -Feld des Analysators wird dann eine gleichmäßige Aufteilung in nach  $+z$  und  $-z$  gerichtete Partikel entstehen, von denen nur die ersteren den Schirm erreichen. Das Verdächtige dieser falschen Überlegung liegt schon darin, daß bei Einschaltung des geringsten Zwischenfeldes  $H_y$  die Intensität auf den Schirm sofort auf die Hälfte zurückgehen soll.

Die richtige Überlegung, die zu einem periodischen Anwachsen und Abfallen der Intensität auf dem Schirm bei allmählicher Verstärkung des Zwischenfeldes führt, macht man sich am besten an dem optischen Analogon klar. In den Gang einer nach  $x$  fortschreitenden, nach  $z$  polarisierten Lichtwelle wird eine *Glimmerplatte* eingeschaltet, welche das Licht in zwei lineare Komponenten zerlegt, die in der  $zy$ -Ebene um  $45^\circ$  gegen  $z$  geneigt sind. Die Dicke der Platte gebe  $k \cdot \lambda$  Gangunterschied zwischen den beiden Zerlegungskomponenten. Dann setzen sich letztere beim Austritt aus der Platte zu einer elliptisch polarisierten Welle zusammen, von der nur ein zwischen 0 und 1 liegender Intensitätsbruchteil durch den parallel  $z$  gestellten Analysator hindurchgeht. Ist z. B. der Gangunterschied  $\frac{1}{2}\lambda$ , so ist die elliptische Schwingung zu einer linearen ausgeartet, die um  $90^\circ$  gegen  $z$  geneigt ist, und der Analysator läßt keine Helligkeit durch. Entsprechende Wirkung, nur mit doppelten Winkeln, hat das homogene um  $90^\circ$  gegen  $z$  geneigte  $H_y$ -Feld: Der nach  $+z$  polarisierte Materiestrahl wird in  $H_y$  in zwei Komponenten zerlegt, die beiderseits um  $90^\circ$  von  $+z$  abweichen. Die beiden Komponenten laufen aber mit verschiedener Phasengeschwindigkeit durch das Zwischenfeld, und zwar entspricht der Gangunterschied  $1 \lambda$  einer solchen „Dicke“  $x$  und einer solchen Stärke  $H_y$  des Feldes, daß ein Kreisellektron bzw. ein Ag-Atom, während es durch das Feld läuft, gerade eine ganze Larmorpräzession um die  $y$ -Richtung ausführt. Das ist bei Teilchen der Geschwindigkeit  $v_x$  der Fall, wenn

$$\frac{v_x}{x} = \frac{1}{\tau} = \omega = g \cdot \frac{\varepsilon H_y}{4\pi\mu c}.$$

Hierin bedeutet  $\tau$  die Dauer,  $\omega$  die Frequenz der Larmorpräzession,  $g$  den von Zeemaneffekt bekannten Aufspaltungsfaktor ( $g = 2$  beim Elektron und beim Ag-Atom) und  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $c$  die Elektronenladung, -masse und die Lichtgeschwindigkeit. Ein halb so starkes Feld gibt dann nur einen

Gangunterschied von  $\frac{1}{2}\lambda$ . In letzterem Fall setzen sich die beiden um  $90^\circ$  gegen  $+z$  geneigten Komponenten beim Austritt zu einer um  $180^\circ$  geneigten, d. h. nach  $-z$  polarisierten Materiewelle zusammen, welche den Analysator nicht passieren kann. Allgemein wird beim Gangunterschied  $k \cdot \lambda$ , d. h. bei

$$\frac{v_x}{x} = \frac{1}{k} \cdot g \cdot \frac{\varepsilon H_y}{4\pi\mu c}$$

in den Analysator eine  $+z$ -Komponente der Stärke  $\cos^2 k\pi$ , eine  $-z$ -Komponente der Stärke  $\sin^2 k\pi$  eintreten, von der nur die erstere den Analysator passiert.

Man kann in Analogie zur Optik die aus dem Zwischenfeld austretende Materiewelle allgemein als „elliptisch polarisiert“ bezeichnen. Dieser Name soll aber keinen anderen Inhalt haben als den, daß ein weiteres Zwischenfeld der Stärke  $H'_y$  und der Dicke  $x'$  aus diesem elliptischen Strahl wieder einen in der ursprünglichen  $+z$ -Richtung linear polarisierten Strahl macht, wenn

$$x H_y + x' H'_y = \frac{4\pi\mu c}{\varepsilon g} \cdot n \quad (n = \text{ganze Zahl})$$

oder was dasselbe ist, wenn die Gangunterschiede  $k \cdot \lambda$  und  $k' \cdot \lambda$ , der beiden Felder zusammen

$$k \cdot \lambda + k' \cdot \lambda = n \cdot \lambda$$

ergeben. Vom experimentellen Standpunkt aus ist ja auch die Bezeichnung elliptisches Licht nichts anderes als der Hinweis auf die Möglichkeit, durch eine weitere Glimmerplatte den Gangunterschied der ersten Glimmerplatte zu paralysieren. Daß dagegen der Schwingungsvektor wirklich eine Ellipse beschreibt, ist nur eine Veranschaulichung, die sofort hinfällig wird, wenn man etwa den Logarithmus des Schwingungsvektors betrachtet.

*Zirkulare Polarisation.* In diesem zunächst experimentell aufgefaßten Sinn erhält man aus dem linearen einen „zirkular polarisierten“ Materiestrahl, wenn man dem Zwischenfeld eine Stärke gibt, die äquivalent  $\frac{1}{4}\lambda$  Gangunterschied ist, so daß ein Materiepartikel nach punktmekanischer Auffassung Zeit zu  $\frac{1}{4}$  Larmorpräzession haben würde. Der aus dem Zwischenfeld austretende Strahl hat dann keine Vorzugsrichtung, er wird bei jeder Stellung des Analysators mit halber Intensität auf dem Schirm ankommen ( $\cos^2 \frac{\pi}{4} = \sin^2 \frac{\pi}{4}$ ). Er ist aber trotz seiner zirkularen Symmetrie doch ohne weiteres von einem natürlichen unpolarisierten Strahl unterscheidbar; denn durch Einschaltung eines weiteren  $H_y$ -Feldes von  $\frac{1}{4}\lambda$  Gangunterschied wird er zu einem linear nach  $-z$  polarisierten Strahl; ein natürlicher Materiestrahl bleibt aber auch nach dem Durchgang durch ein homogenes Zwischenfeld beliebiger Stärke unpolarisiert.

*Drehung der Polarisationsebene.* Einen ganz anderen Effekt als das transversale  $H_y$ -Feld wird ein zwischengeschaltetes longitudinales  $H_z$ -Feld

hervorbringen, nämlich einfach eine Drehung der Polarisations Ebene des einfallenden nach  $+z$  polarisierten Strahls um die  $x$ -Achse, deren Winkel direkt dem Drehwinkel der Larmorpräzession (unter Beachtung des  $g$ -Faktors) um die  $x$ -Achse entspricht. Man hat hier ein Gegenstück zu der Wirkung einer Quarzplatte, welche das eintretende lineare Licht in zwei zirkuläre Komponenten mit verschiedener Phasengeschwindigkeit zerlegt, die sich beim Austritt zu linearem Licht mit gedrehter Polarisations Ebene zusammensetzen. Durch Kombination von longitudinalen und transversalen Zwischenfeldern verschiedener Stärke und Dicke kann man die optischen Experimente nachzubilden versuchen, die sich durch Kombination von Glimmer- und Quarzplatten ergeben.

Die hier besprochenen typischen Interferenzeffekte würden einen besonders anschaulichen Beweis von der Polarisierbarkeit der Materiewellen geben; sie sind aber natürlich nicht leicht ausführbar, besonders wegen der schwachen Trennung der beiden Strahlen im STERN-GERLACHSchen Apparat, selbst bei stark inhomogenen Feldern und selbst wenn es gelungen ist, Strahlen mit einigermaßen einheitlicher Geschwindigkeit (monochromatische Wellen) herzustellen.

**Multiplizität der Polarisation.** Es möge noch kurz auf die mannigfaltigen Erscheinungen eingegangen werden, welche Atome zeigen würden, die optisch mehrere Zeemanterm-Komponenten besitzen, also im STERN-GERLACH-Apparat in mehrere (etwa 6) getrennte Strahlen zerfallen (Fig. 3). Würde man sie alle zur Superposition

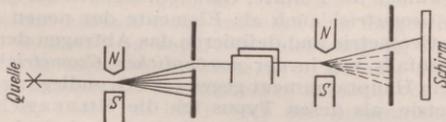


Fig. 3. Atomstrahl mit mehrfacher Zerlegung.

bringen, so würde keiner von ihnen mit einem anderen interferieren; anders ausgedrückt, ein einzelner unter ihnen hat keine „Komponente“ in Richtung eines der anderen. Läßt etwa der Polarisator nur den ersten obersten Strahl durch, so wird auch in einem ihm gleich gebauten und gleich gestellten Analysator nur der oberste Strahl auftreten. Die Frage, mit welcher Intensität eine aus dem Polarisator kommende Strahlkomponente vom Analysator durchgelassen wird, wenn letzterer um  $\varphi$  gedreht ist, läßt sich zurückführen auf die Entwicklung von Kugelfunktionen nach Kugelfunktionen mit um  $\varphi$  gedrehtem Pol. Denselben Einfluß wie eine Drehung des Analysators hat ein zwischengeschaltetes Longi-

tudinalfeld von entsprechender Stärke. Etwas anders ist der Einfluß eines transversalen Zwischenfeldes auf einen polarisierten Materiestrahl.

**Doppelbrechung.** Oberhalb der  $xy$ -Ebene herrsche kein Feld, unterhalb ein homogenes Magnetfeld  $H_x$ . (Eine solche Unstetigkeit ist natürlich nur angenähert realisierbar.) Von oben falle in der  $xz$ -Ebene unter dem Einfallswinkel  $\varphi_0$  ein Elektronenstrahl auf die  $xy$ -Ebene. Es findet dann eine Doppelbrechung statt, die wir erst nach der Theorie der Richtungsquantelung berechnen wollen. Und zwar sei ein Vorfeld  $H'$  eingeschaltet, welches eine parallel  $\perp H'$  gerichtete Einstellung der Partikelmomente erzeugt. Hat  $H'$  eine  $z$ -Komponente, so wird die Hälfte der Partikel zuerst mit ihrem Nordpol, danach mit ihrem Südpol die  $xy$ -Ebene überschreiten; die übrigen Partikel tauchen dagegen erst mit ihrem Südpol, dann mit dem Nordpol in das Feld  $H_x$  ein. Solange aber nur ein Pol in dem homogenen  $H_x$ -Feld liegt, erfährt das Partikel eine Kraft in der  $+H_x$ -Richtung bzw. in der  $-H_x$ -Richtung; es wird also, bis auch der andere Pol die  $xy$ -Ebene erreicht, abgelenkt, und man erwartet eine Doppelbrechung. In einem Vorfeld  $H'$ , welches in Richtung der  $xy$ -Ebene liegt, werden die Partikel dagegen eine solche Richtungsquantelung erhalten, daß sie mit beiden Polen gleichzeitig die  $xy$ -Ebene überschreiten und daher keine Brechung erfahren.

In Wirklichkeit darf aber die Richtung und überhaupt die Anwesenheit eines Vorfeldes keinen Einfluß auf die Stärke der Doppelbrechung ausüben, (ebensowenig wie die Einschubung eines Glimmerplättchens in den Gang des natürlichen Lichtstrahles, welcher auf einen doppelbrechenden Krystall auffällt). In der Tat gibt die Wellenmechanik, unabhängig von der Anwesenheit und Richtung eines Vorfeldes, das Doppelbrechungsgesetz

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_0} = 1 \pm \frac{H_x M}{\mu v^2}$$

und zwar sowohl für den Vektor der Phasengeschwindigkeit wie für den der Gruppengeschwindigkeit (bei kleinem  $H_x$ ). Die Doppelbrechung an der Grenzfläche eines homogenen Feldes könnte als Ersatz für die übliche Aufspaltung durch ein inhomogenes Feld dienen, und ihre Unabhängigkeit von einem Vorfelde würde eine besonders anschauliche Widerlegung der Richtungsquantelung zugunsten der Wellenmechanik geben<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Anm. b. d. Korrektur: Inzwischen hat J. J. RABI (Z. Physik 54, 190 [1929]) im STERNschen Institut die Doppelbrechung von Kaliumatomstrahlen wirklich durchgeführt und das wellenmechanische Gesetz bestätigt.

## Die Grundbegriffe der reinen Geometrie in ihrem Verhältnis zur Anschauung<sup>1</sup>.

VON RICHARD STROHAL, Innsbruck.

In dieser Zeitschrift 1928, H. 12, hat P. BERNAYS mein Buch einer längeren Besprechung unterzogen und sich in fast allen wesentlichen Punkten gegen meine Darlegungen gewendet. So sehr ich Grund habe, für die eingehende Beschäftigung mit meinen Gedankengängen, die aus der BERNAYSSchen Kritik spricht, und namentlich für die direkten und indirekten Hinweise, in welcher Richtung diese Gedankengänge einer Vertiefung und Sicherung bedürfen, dankbar zu sein, so konnte ich mich von der Berechtigung der Einwände BERNAYS nicht überzeugen, ja ich glaube, daß manche Schwierigkeiten, die er in meinem Buche findet, bereits durch bestimmte Ausführungen dieses Buches selbst einer Lösung entgegengeführt werden. Ich hoffe, bald an anderem Orte auf die ganze Fragestellung und im besonderen auf die Einwände von BERNAYS in einer Ausführlichkeit zurückzukommen, wie sie für die sachliche Förderung der Frage notwendig ist, denn wenn man sich den Umfang dessen, was BERNAYS vorbringt, vor Augen hält, so wird man mir darin zustimmen, daß eine solche Entgegnung in der räumlichen Beschränkung, welche an dieser Stelle geboten erscheint, unmöglich ist. Indes scheint es mir notwendig, zu einem Punkte jetzt schon kurz zu sprechen, nämlich über das *Verhältnis meiner Ausführungen zum Standpunkt der Axiomatik*.

BERNAYS gewinnt den Eindruck, „daß STROHAL sich gefühlsmäßig gegen die Annahme des HILBERTSchen Standpunktes sperrt“, wie übrigens gegen „das meiste, was die neuere Wissenschaft an selbständigen, bedeutsamen Gedanken zu dem behandelten Thema beigesteuert hat“. Dieser „Geist der Feindseligkeit“ führe sogar dazu, daß „wesentliche Leistungen, Gedanken und Ergebnisse einfach verschwiegen werden“, was aber nicht durch Unkenntnis zu erklären sei, wie aus anderen Stellen hervorgehe; die „Erklärung liegt vielmehr nur in der oppositionellen Gefühlseinstellung STROHALS, der sich dagegen sträubt, die großen Leistungen der neueren Mathematik in ihrer Bedeutung zu würdigen“.

Ich kann nur erklären, daß es sich nicht so verhält, und gestehe, daß ich mir nicht träumen ließ, daß die Formulierungen meines Buches einen derartigen Fehlschluß zuließen oder gar nahelegten. BERNAYS scheint übersehen zu haben, daß ich die Vorzüge der „axiomatischen Methode“ im einzelnen erörterte und anerkenne und mich nur gegen *einen* ihrer Ansprüche wende: „Bei aller Würdigung der vielfachen Anwendungsmöglichkeiten, welche demnach die Axiomatik bietet, muß aber doch gesagt werden, daß sie nicht in dem Maße ist, eine auf Elementarbegriffen im eigentlichen Sinne fußende Grundlegung der Geometrie überflüssig zu machen“ (S. 128 meines Buches). Angesichts dieser ausdrücklichen Feststellung wird es genügen, mit wenigen Worten das zu berühren, was BERNAYS im besonderen als Beleg für meine Voreingenommenheit anführt.

Was das Fehlen einer Auseinandersetzung mit den HELMHOLTZSchen Ansätzen zur Begründung der Geometrie anlangt, so hatte ich gehofft, daß man meine Stellung zu ihnen meinem Texte entnehmen könne, und

ähnlich steht es mit der KANTSchen Lehre von der Raumanschauung. Ich habe mir ja *im allgemeinen* im Referieren über die einzelnen Grundlegungsversuche große Zurückhaltung auferlegt; man kann dies vielleicht für einen Fehler halten, ohne doch darauf einen so schweren Vorwurf gründen zu müssen, wie es BERNAYS tut. Daß ich durch die nicht ganz eindeutige Formulierung eines Satzes die Vermutung hervorbringen konnte, als wollte ich die Frage der „Unabhängigkeit des Parallelenaxioms von den übrigen geometrischen Axiomen“ geradezu als ungelöstes Problem hinstellen, noch dazu gegen mein besseres Wissen, bedaure ich außerordentlich. Aber wenn auch die Fassung des betreffenden Satzes für sich genommen eine entsprechende Deutung gestattet (was mir, wie gesagt, unangenehm genug ist), so scheint sie mir doch unmöglich im Zusammenhang mit so vielem anderen, z. B. mit den oft auftretenden Hinweisen auf die Bedeutung der nichteuklidischen Geometrien usw. — BERNAYS macht mir den Vorwurf, daß ich mir künstlich den Anlaß zu einer Einwendung schaffe, indem ich von einer Interpretation der HILBERTSchen Axiome durch die „Begriffe der gewöhnlichen Geometrie“ spreche und daran den Sinn meiner kritischen Bemerkungen erläutere. Aber dazu ist zu sagen, daß diese Interpretation doch wirklich mehrfach geübt wird, auch ganz sinnentsprechend ist, und daß ich an der von BERNAYS zitierten Stelle gar nicht darauf eingegangen bin, wie weit HILBERT selbst in seinem Buche sie vornimmt. Wenn aber BERNAYS sagt: „Bei HILBERT steht von einer Interpretation durch die ‚gewöhnliche Geometrie‘ keine Silbe“, so wird man diese Behauptung auch unter Berücksichtigung von allem, was sich dazu bemerken läßt, übertrieben finden, wenn man z. B. bei HILBERT den Satz liest (Grundl. d. Geom. § 11): „Wir wählen die Punkte, Geraden, Ebenen der *gewöhnlichen Geometrie*<sup>1</sup> auch als Elemente der neuen räumlichen Geometrie und definieren das Abtragen der Winkel ebenfalls wie in der *gewöhnlichen Geometrie*<sup>1</sup> . . .“.

Mein Hauptargument gegen jene Grundlegungen der Geometrie, als deren Typus ich die HILBERTSche des näheren betrachtet habe, will dartun, daß sie nicht geeignet sind, eine Grundlegung überflüssig zu machen, welche auf Elementarbegriffen im eigentlichen Sinne fußt, d. h. auf Begriffen, welche nicht weiter definiert, sondern nur durch den Hinweis auf bestimmte *Anschauungen* charakterisiert werden können. Wenn das „Axiomensystem“ einem regressus in infinitum entgegen will, so kann man zwar versuchen, die Bedeutung der A, B . . .  $\alpha$  . . . durch die Aussage festzulegen, daß sie in diesen und jenen bestimmten Relationen zueinander stehen, man kann auch die Erklärung dieser Relationen in analoger Weise auf Relationen zweiter Ordnung zurückschieben, aber irgendwann wird man haltmachen und Termini mit bestimmter Bedeutung verwenden müssen, und diese Bedeutungen wären dann eben Elementarbegriffe im eigentlichen Sinne.

BERNAYS hält mir nun entgegen, daß meine Argumentation *den wesentlichen Punkt verfehle*. „Was durch die HILBERTSche Axiomatik vermieden werden soll, ist die Berufung auf die *Raumanschauung*. Der Sinn dieser Methode ist, daß an anschaulichem Inhalt nur dasjenige beibehalten wird, was *wesentlich* in die geometrischen Beweise *ingeht*.“ Daraus wäre also doch wohl zu entnehmen, daß auch die Axiomatik die Not-

<sup>1</sup> Untersuchungen zur psychologischen Vorgeschichte der Definitionen, Axiome und Postulate, von RICHARD STROHAL. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1925.

<sup>1</sup> Von mir hervorgehoben. STR.

wendigkeit erkenne, Elementarbegriffe in dem von mir gebrauchten Sinne zu verwenden<sup>1</sup>, nur sollen diese Begriffe nichts *Räumliches* zum Inhalt haben. Um eine derartige Loslösung von der räumlichen Anschauung zu erreichen, braucht es meines Erachtens keine „axiomatisch“ begründete Geometrie; wenn ich auch die Hauptbeispiele meines Buches einer Richtung entnommen habe, die u. a. mit räumlichen Elementarbegriffen arbeitet, so dürfte doch der letzte Absatz des Buches keinen Zweifel übriglassen, daß ich mir eine in der von mir beschriebenen, nicht axiomatischen Art aufgebaute Geometrie vorstellen kann, deren Elementarbegriffe nichts Räumliches zum Inhalt haben und die in bemerkenswerter Weise allen Ansprüchen genügt. Aber freilich hätte ich an der Axiomatik etwas bekämpft, was sie gar nicht behauptet, nämlich die Möglichkeit eines Aufbaues der Geometrie ohne Rekurs auf eigentliche Elementarbegriffe überhaupt. Nun steht die Sache jedoch so, daß es gar nicht leicht ist, hier über die Ansicht der einzelnen Vertreter der Axiomatik ins reine zu kommen. Was BERNAYS selbst anlangt, so sagt er z. B. S. 203 von der Axiomatik, „... daß an anschaulichem Inhalt nur dasjenige beibehalten wird...“, er sagt ferner „... was wir an inhaltlicher Vorstellung benutzen, ist nur jene primitive Art von Anschauung...“, Äußerungen, durch die recht klar hingestellt wird, daß gewisse in den „Axiomen“ auftretende Namen von vornherein eine Bedeutung haben, daß ihnen also ein irgendwie aus Anschauungen abstrahierter begrifflicher Inhalt zukomme. Auf eine ganz andere Auffassung könnte man schließen, wenn man nur zu lesen bekäme, was eine halbe Seite später von der methodischen Neuierung gesagt wird, „welche der formale Standpunkt der

<sup>1</sup> Ich kann jedoch nicht finden, daß HILBERT z. B. in der von BERNAYS angeführten Abhandlung „Neubegründung der Mathematik“ (Hamburg 1922) dies zum Ausdruck bringen will. Wenn er hier auch von „inhaltlichen Überlegungen“ spricht, „die selbstverständlich niemals völlig entbehrt oder ausgeschaltet werden können“, ja sogar als Vorbedingung für die Anwendung logischer Schlüsse usw. Objekte fordert, „die anschaulich als unmittelbares Erlebnis vor allem Denken da sind“, so lehrt doch der Zusammenhang, in dem diese Formulierungen stehen, daß HILBERT nicht im entferntesten das sagen will, um dessen Feststellung es mir hier zu tun ist, sondern daß sich diese Äußerungen auf *Zeichen* beziehen, die „Gegenstand unserer Betrachtung“ sind, aber sonst „keinerlei Bedeutung“ haben.

Axiomatik gegenüber der inhaltlich begrifflichen Einstellung bringt“. In einer Besprechung meines Buches (Jber. d. d. Math. Ver. 37, 1—4) erklärt DOETSCH gleichfalls die von mir in bezug auf die Axiomatik vertretene Ansicht für irrig, die Ansicht nämlich, die Axiomatik wolle sich dadurch von der Anschauung loslösen, „daß sie gewissen Zeichen durch begriffliche Verknüpfungen einen Sinn verleihe... das könnte man höchstens von denjenigen Philosophen sagen, die von „impliziten Definitionen“ der Elemente durch die Axiome reden, eine in der Tat ziemlich inhaltlose und irreführende Redeweise...“ Allein gerade BERNAYS schreibt in seiner Kritik auf S. 200 (in einem Zusammenhange, dessen Erörterung hier nicht möglich ist): „Dann befinden wir uns auf dem Standpunkt der formalen Axiomatik, und die *νομαί ένωμαί* sind dann nichts anderes, als was man nach HILBERT *implizite Definitionen* nennt.“ Ich führe alles dies nur an, um an dem nächstliegenden Beispiel zu belegen, wie schwer es ist, hier von einer einheitlichen Absicht „der Axiomatik“ zu sprechen. Ich habe mich bei meiner Polemik an eine Auffassung der Axiomatik gehalten, die nach allem, was ich finden konnte, von vielen Seiten festgehalten zu werden scheint, die Auffassung eben, daß die Axiomatik eine Begründung der Geometrie ohne Rekurs auf letzte aus der Anschauung zu abstrahierende Elementarbegriffe zu liefern imstande sei. Irre ich darin, daß dieser Anspruch erhoben wurde, und ist sich die axiomatische Richtung selbst über die Notwendigkeit des Ausgehens von „anschaulichen Begriffen“ klar (wobei wir, wie bemerkt, die *räumliche* Anschauung ganz aus dem Spiel lassen wollen), so wird mich der Nachweis dieses Irrtums nicht kränken, denn dann wird die Notwendigkeit der Fragestellung meines Buches nur noch greifbarer werden. Es erheben sich ja dann auch hier die Fragen nach der „psychologischen Vorgeschichte“, welche uns letzten Endes eben durch das Auftreten wirklicher Elementarbegriffe nahegelegt werden. Auch der formale Standpunkt der Axiomatik wird um den Versuch einer Beantwortung dieser Fragen nicht herumkommen, dieser Versuch wird einen notwendigen Bestandteil bei der Aufstellung eines axiomatischen Systems zu bilden haben. Es ist mir nicht bekannt, daß dies bisher ausdrücklich zugegeben wurde. Sollte meine Polemik gegen die Axiomatik nur dazu geführt haben, daß nunmehr diese Notwendigkeit explizite anerkannt wird, so würde ich darin ein Ergebnis erblicken, für welches ich freudig das Eingeständnis machen würde, daß meine Argumentation den wesentlichen Punkt verfehlt habe.

## Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *Zuschriften* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die *Zuschriften* hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

### Über die Gitterstruktur des Nickels.

BREDIG und ALLOLIO<sup>1</sup> teilten vor einiger Zeit mit, daß in Wasserstoff zerstäubtes Nickel ein anderes Gitter zeige, als das sonst beim Nickel bekannte kubisch flächenzentrierte, nämlich ein hexagonales dichtester Kugelpackung. Dies wäre insofern von einigem Interesse, als dann alle ferromagnetischen Elemente und die HEUSLERSCHEN Legierungen zwei von

den Gitterstrukturen zeigen können, die nach HEISENBERG Voraussetzung für die Existenz des Ferromagnetismus sind. (Andere Elemente tun das nicht, nur Cer macht davon vielleicht eine Ausnahme.) Wir haben daher die Angaben von BREDIG und ALLOLIO nachgeprüft, konnten aber ihr Resultat nicht bestätigen. In Übereinstimmung mit den neuen Messungen von MAZZA und NASINI<sup>1</sup> finden wir bei reinem Nickeldraht ein kubisch flächenzentriertes Gitter mit der Konstanten  $3,51 \text{ \AA}$ , gleichgültig, welche Wärmebehandlung

<sup>1</sup> BREDIG und ALLOLIO, Z. physik. Chem. 126, 41 (1927).

<sup>1</sup> MAZZA und NASINI, Philosoph. Mag. 7, 301 (1929).

der Draht durchgemacht hat. Auch bei hohen Temperaturen bis zu  $1000^{\circ}$  (Draht in evakuierter Kamera elektrisch geheizt) zeigte Nickel immer nur das gleiche Gitter. Nicht anders war es bei Nickelblech und bei in Wasserstoff zerstäubtem Nickel, das als Spiegel auf einem Deckgläschen und auch nach dem Vorgang von BREDIG und ALLOLIO als von der Glasplatte abgeschabtes Pulver untersucht wurde.

Die beträchtliche Abweichung der von BREDIG und ALLOLIO aus dem Röntgenspektrum des Nickels berechneten Dichte von der normalen läßt vermuten,

daß sie bei dem Zerstäubungsversuch als Niederschlag kein reines Ni bekommen haben. Es scheint uns nach den Messungen von MAZZA und NASINI und unseren eigenen festzustehen, daß dem Ni nur das eine kubisch flächenzentrierte Gitter zukommt, wie bereits HULL<sup>1</sup> in einer späteren Veröffentlichung vermutet hat, nachdem er anfänglich neben dem kub. flächenzentrierten auch das körperzentrierte glaubte feststellen zu können.

Clausthal, Juni 1929. S. VALENTINER, G. BECKER.

<sup>1</sup> HULL, Physic. Rev. 10, 691 (1917); 14, 540 (1919) und 17, 571 (1921).

## Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

**Wetternachrichtendienst.** Die Organisationen, die zur Sammlung und Verbreitung der Wetterberichte aufgebaut worden sind, betätigen sich, um nur die wichtigsten Erscheinungen zu nennen, als: 1. Wirtschaftswetterdienst; 2. Schifffahrtswetterdienst; 3. Luftfahrtswetterdienst, 4. Sonderdienste (Eismeldungen, Sturmflut- und Hochwassernachrichten).

Was den Wetterdienst *im allgemeinen* angeht, so nehmen die Nachrichten seit einigen Jahren bei ihrer *Sammlung*, je nach den Betriebsverhältnissen, den drahtlichen oder drahtlosen Weg, während bei ihrer *Verbreitung* die drahtlose Weitergabe fast allein in Betracht kommt. In der Verwendung der drahtlosen Technik hatten uns die Erfolge des Auslandes im Wetternachrichtendienst starke Anregungen gegeben, so daß wir in Deutschland seit 1920 allgemein die funktelegraphische Verbreitung einführten, nachdem es gelungen war, unsere Wetterdienststellen mit Empfangseinrichtungen zu versehen, welche die Aufnahme der Meldungen aus jeder in Betracht kommenden Entfernung gestatteten und auch einzelne besonders gut ausgestattete Stationen befähigte, *ausländische Wetterberichte* unmittelbar aufzunehmen. Es ist bekannt, daß sich die deutsche Zentrale des Wetterdienstes bei der „*Deutschen Seewarte*“ in Hamburg befindet, und diese Zentrale konnte auf Grund der Einführung des drahtlosen Verbreitungsdienstes in ihrer Wirkung erst recht voll ausgenutzt werden, indem man das ganze Nachrichtenmaterial eben dieser Stelle zuführte, um es dann mit einem einzigen Sendekant nach allen Richtungen weiterzugeben.

Die große Bedeutung des Wetternachrichtendienstes für den *Schiffsverkehr*, sowohl den Verkehr der Schiffe mit dem Lande als auch der Schiffe untereinander, hatte auf diesem Gebiet die Entwicklung der Wetterberichterstattung schon seit langer Zeit in eine lebhaftere Bewegung gebracht, und man konnte auch schon bei uns in Deutschland die Auswirkung der hier sich besonders stark bemerkbar machenden Bedürfnisse erkennen, als bereits seit 1910 die deutsche Großstation *Norddeich* in Anlehnung an die entsprechenden Dienste der großen ausländischen Stationen einen regelmäßigen Schiffs-Wetternachrichtendienst aufnahm. Die Schiffe kamen aber nicht nur als Nachrichtenempfänger, sondern auch als Nachrichtensammler mehr und mehr in Betracht, weil man sie zu Wetterbeobachtungen auf hoher See heranziehen mußte, um in dem Wetternachrichtendienst eine Lücke auszufüllen, die bisher die Zeichnung eines zuverlässigen Gesamtbildes unmöglich gemacht hatte. Die technischen Fortschritte der drahtlosen Telegraphie gaben denn auch hier die Mittel an die Hand, die Schiffe mit den entsprechenden Sendeeinrichtungen auszustatten.

Die Schnelligkeit der Berichterstattung ist natürlich im ganzen Wetternachrichtendienst eine geradezu

unentbehrliche Grundlage, und so können wir denn beobachten, daß die Meldungen der deutschen Beobachtungsstellen bereits etwa 20 Minuten nach Vornahme der Wetterfeststellungen in Hamburg eintreffen. Daß die Weitergabe an die deutschen Empfangsstellen und auch an die ausländischen (im Austauschdienst) unverzüglich erfolgt, braucht man wohl kaum besonders zu betonen. Die Verbreitung geschieht durch die Hauptfunkstelle (*Königswusterhausen*), die von der Deutschen Seewarte aus unmittelbar auf einer eigenen Kabelleitung „ferngetastet“ wird.

Das Bild von der Wetterlage, wie es der Berichtsdienst der Deutschen Seewarte vermittelt, wird alsdann vervollständigt durch die entsprechenden Meldungen der *ausländischen Beobachtungs- und Sammelstationen*. Grundlegend sind hier internationale Vereinbarungen, mit Hilfe deren man einen geschlossenen europäischen Funkwetterdienst aufgebaut hat. Die wichtigsten Meldungen gehen in der Zeit von 8 Uhr 35 Minuten bis 11 Uhr 35 Minuten ein. Es beteiligen sich an ihnen, um der zeitlichen Reihe zu folgen, Dänemark, Schweden, Norwegen, England (mit Island), Polen, Österreich, Frankreich (gleichzeitig mit Schweiz und Holland), Deutschland, Finnland, Ungarn, Rußland, Nordafrika, Italien, Tschechoslowakei, Spanien, Nordamerika (französisches Kabeltelegramm) und Griechenland. An diesem internationalen Dienst beteiligen sich zur Zeit rund 300 Beobachtungsstationen. Was die Aufnahme der ausländischen Meldungen angeht, so beziehen diese einige besonders leistungsfähige deutsche Wetterdienststellen unmittelbar, während im übrigen die Vermittlung der Hauptfunkstelle *Königswusterhausen* eintritt, die eine zusammenfassende Übersicht verbreitet. Eine sehr willkommene Ergänzung bietet dann der Dienst der großen amerikanischen Stationen *Annapolis*, die einen Überblick über die Wetterlage jenseits des Ozeans an Hand gibt. Die Lücke zwischen dem europäischen und dem amerikanischen Beobachtungsdienst wird alsdann durch die Meldungen ausgefüllt, welche, wie wir oben schon sagten, von den Schiffen auf See erstattet werden. Die deutschen Dampfer liefern dabei ihre Berichte an die Küstenfunkstelle *Norddeich*, die sie an die Deutsche Seewarte in Hamburg weitergibt.

Als Hauptsammlerergebnis aus den vielen Wettermeldungen verbreitet die Deutsche Seewarte einmal einen „*Funkobs Deutschland*“ und einen „*Funkobs Europa*“, und zwar auch hier auf dem Wege der Fern-tastung, die den Sender der Flughafenstelle *Hamburg-Fuhlsbüttel* betätigt.

Was die Bedienung des Binnenlandes mit den Wetternachrichten angeht, so kommen in Deutschland vor allem die bekannten *Wetterdienststellen* in Betracht. Man unterscheidet dabei einen „*norddeutschen Wetterdienstbezirk*“, der dem preußischen Ministerium

für Landwirtschaft, Domänen und Forsten untersteht, von den übrigen Bezirken, die den meteorologischen Landesanstalten zugewiesen sind. Alle diese Wetterdienststellen haben Übersichten über die bereits eingetretene Wetterlage und Wettervoraussagungen herauszugeben und zur Illustration *Wetterkarten* anzufertigen, deren Auszeichnung mit großer Beschleunigung nach Empfang der Hamburger Wettermeldungen zu geschehen hat. Wir beobachten also hier eine ausgesprochene Dezentralisation, die bisher schon deswegen erforderlich war, weil sich die Wetterkarten der Möglichkeit einer *telegraphischen Verbreitung* entzogen haben. Auf diesem Gebiet hat sich allerdings eine Umgestaltung vollzogen, weil das Problem der funktenlegraphischen Kartenverbreitung gelöst sein dürfte und die neue Technik auch schon an einigen Stellen zur Verwendung gelangt.

Der hier zur Verfügung stehende Raum reicht leider nicht dazu aus, um die Sondereinrichtungen der einzelnen Wetterdienste, wie sie in der Einleitung angeführt sind, zu schildern. Nur auf das eine oder andere Bemerkenswerte sei kurz hingewiesen.

Der *Schiffahrtswetterdienst* befaßt sich nicht nur mit den allgemeinen Wetterberichten, wie sie von zahlreichen Küstenfunkstellen ausgehen, sondern auch mit dem besonders wichtigen *Sturmwarnungsdienst*, für den besondere Sturmwarnungsstellen arbeiten, auch mit einem allgemeinen Auskunftsdienst, der Sonderbedürfnissen auf dem Gebiet der Unterrichtung über die Wetterlage gerecht werden soll. Hinzuweisen ist auch auf einen Dienst, der sich an die deutschen Küstenstationen richtet, um diese mit dem nötigen Material für die Unterrichtung der sich dort aufhaltenden Seeleute auszustatten.

Im *Wetternachrichtendienst* für den *Luftverkehr* hat man auf den Flughäfen Flugwetterkarten eingerichtet, um einen Überblick über die Wetterverhältnisse in den höheren Luftschichten zu gewinnen. Sehr bemerkenswert ist hier die Mitwirkung des „*Aeronautischen Observatoriums*“ in *Lindenberg* (Kreis Beeskow), welches mit Hilfe von Fesselballonen und Pilotaufstiegen vor allem Höhenwindmessungen vornimmt und zur Verbreitung dieses Dienstes mit anderen Höhenwindmeßstellen, zumal solchen an Flughäfen, zusammenarbeitet. Das Observatorium gibt unter gleichzeitiger Verwertung des allgemeinen *Wetternachrichtendienstes* Flugwetterfunksprüche heraus.

Nachdem die meisten deutschen Flughäfen sowohl mit leistungsfähigen Empfangsapparaten als auch mit dem entsprechenden Sendegerät ausgestattet worden sind, können auch diese Flughäfen im *Wetterdienst* mitarbeiten. Es kommt hinzu, daß die Flugzeuge mehr und mehr mit Sende- und Empfangsanlagen ausgerüstet werden, und man hat ja auf diesem Gebiet eine internationale Zwangsregelung zu erwarten.

Was schließlich den *Wirtschaftswetterdienst* angeht, so wird die allgemeine *Wetterkarte*, von der wir schon oben sprachen, durch die *Pressewetterkarten* ergänzt, mit der eine große Zahl von deutschen Zeitungen durch die Hamburger *Wetterwarte* und ihre über ganz Deutschland verbreiteten Zweigstellen unter Versand als *Mater versorgt* wird. Als weitere *Sonderkarten* seien genannt:

„*Wetterkarte des öffentlichen Wetterdienstes*“, um 10 Uhr durch die *Deutsche Seewarte* als zusammenfassendes Bild im Gegensatz zu den *Bezirkswetterkarten* herausgegeben;

„*Wetterbericht der Deutschen Seewarte*“, um 15 Uhr

veröffentlicht und mancherlei *Spezialmaterial* enthaltend; *Luftdruck-, Wind- und Bewölkungskarte*, *Luft-, Temperatur- und Niederschlagskarte* sowie *Luftdruckänderungskarte*;

„*Ozeankarte*“ (*Luftdruck, Wind und Bewölkung*); „*Schiffahrtswetterkarte*“ (auf die besonderen Bedürfnisse der *Schiffahrt* abgestellt);

„*Vierfarbige Ozeanwetterkarte*“, die eine Darstellung der *Gesamtlage* in *Europa*, auf dem *Atlantischen Ozean* und in *Nordamerika*, auch des *Wetterverlaufs* der vergangenen Woche und allgemeine Angaben über das *Wetter* der kommenden Woche bringt.

Zum Schluß sei auf die *Mitwirkung* des *Rundfunks* im *Wetterdienst* hingewiesen. Die *Deutsche Seewarte* benutzt da die *Norddeutsche Rundfunk Akt. Ges.*, die früh morgens und spät abends die neuesten *Wettermeldungen* liefert, damit sie den *Beziehern* von *Wetterkarten* und den *Lesern* der *Zeitungen*, die ja auch ihrerseits *Wetterkarten* bringen, das *Verständnis* der *Wetterkarten* erleichtern und auch *Ergänzendes* zu den *Wetterberichtstexten* hinzufügen kann.

FRITZ RUNKEL.

#### Die Verbreitung des Ozons in der Erdatmosphäre.

Es ist bekannt, daß sich in einer Höhe von etwa 30 bis 50 km über dem Meeresspiegel eine ungefähr 3 mm dicke Schicht reinen Ozons befindet, deren Stärke zum Teil recht beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist<sup>1</sup>. Insbesondere fallen die Unterschiede des Ozongehalts der Luft bei verschiedenen atmosphärischen Drucken auf: bei Depressionen ist die Ozonschicht größer als bei Anticyclonen.

Zur Feststellung der Verbreitung des Ozons in der Luft kann man von der Vorstellung ausgehen, daß das schwere Gas durch die darunter befindlichen leichteren Gase herabsinkt. Die klassischen Formeln für diese Art der Diffusion sind jedoch auf die genannte Anschauungsweise nicht anwendbar, da sie sich auf ein Gasgleichgewicht gründen. Vielmehr müssen, entsprechend der neuen Auffassung, die Gesetze der kinetischen Gastheorie Platz greifen. Auf Grund dieser ist nun ROCARD<sup>2</sup> zu der nachstehenden Formel für die Geschwindigkeit der Bewegung der O<sub>3</sub>-Moleküle, hier mit *v* bezeichnet, gelangt:

$$v = \frac{Mg}{N\tau^2} \cdot \frac{\sqrt{RT}}{P} \cdot \frac{1}{\sqrt{M'}} \left[ \frac{3}{8\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{M+M'}{M'}} \left( \frac{M+M'}{M} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{2 + \frac{M'}{M} + \frac{M}{M'}} \right]$$

Hierin bedeuten *M* und *M'* die Massen des schweren und leichten Gases, *N* die Avogadroscche Zahl, *r* die Summe der Räume des schweren und leichten Gases, *g* die Schwerebeschleunigung, *R* die Gaskonstante, *P* den Druck und *T* die absolute Temperatur.

Für Stickstoff als leichtes Gas ergibt sich *v* = 22 m, für Wasserstoff *v* = 17 m per Tag. Hiernach wäre also der Beweis dafür erbracht, daß das atmosphärische Ozon sich praktisch in einem stabilen Zustande befindet; die Gründe für seine Veränderungen wären demgemäß in den Ursachen für die Bildung und Zersetzung des Gases sowie in atmosphärischen Bewegungen zu suchen.

Da die Entstehung des Ozons einer Wirkung der ultravioletten Sonnenstrahlen zuzuschreiben ist, das heißt die absolute Menge des Gases mit der Sonnen-

<sup>1</sup> C. r. 185, 962 (1927); 186, 446, 1856 (1928); J. Physique et Radium [6] 8, 353; Proc. Phys. Soc. 22, 74; Proc. roy. soc. Lond. 120, 251, Serie A.

<sup>2</sup> C. r. 188, 21, 1336 vom 22. Mai 1929.

bestrahlung zunimmt, so wird jegliche Steigung des Ozongehalts der Luft mit einer Temperaturerhöhung, infolgedessen auch mit einer Luftdruckverminderung einhergehen. Läßt sich so eine Ursache für die eingangs erwähnten Schwankungen der Ozonschicht finden, so wird damit gleichzeitig die Möglichkeit einer Wetterprognose ausgesprochen. Dies ist auch ein Ziel, das den hier angedeuteten Beobachtungen und Berechnungen eine ungemein reizvolle Perspektive eröffnet.

H. PINCASS.

Im Rahmen einer Anzahl von Untersuchungen russischer Zoologen, die der quantitativen Erfassung der Landfauna gewidmet sind, veröffentlicht A. P. WLADIMIRSKY jetzt einen Versuch einer quantitativen Zählung der Beerenfauna (Z. Morph. u. Ökol. Tiere 11, 235—246). Es stellte sich heraus, daß die vier vorläufig untersuchten Beeren, die Ebereschenebeere, die Himbeere, Erdbeere und Heidelbeere von einer qualitativ und quantitativ verhältnismäßig konstanten Fauna bewohnt werden. Diese Fauna setzt sich zusammen aus Milben, die den Hauptanteil haben, Collembolen, Thysanopteren, einigen Larven von Käfern, Schmetterlingen und Fliegen sowie gelegentlichen Weberknechten. Die qualitativen Unterschiede seien an den Beispielen der Ebereschene- und der Erdbeere gezeigt: Bei jener fanden sich 99% Milben und 1% Schmetterlingslarven, bei dieser 67,7% Milben, 19,4% Collembolen und 12,9% Thysanopteren. Die reichhaltigste Fauna wies die Himbeere auf, die von Vertretern aller oben genannten Gruppen bewohnt wurde. In quantitativer Hinsicht ergab sich an Bewohnern pro Beere: Himbeere 7, Ebereschenebeere 6,6, Heidelbeere 1, Erdbeere 0,4 Exemplare. Rechnet man die Anzahl der Bewohner auf gleiches Gewicht der Beeren um, so ändert sich die Reihenfolge; es kommen auf je 100 g Beeren: Ebereschenebeere 1696, Himbeere 1168, Heidelbeere 274 und Erdbeere 144 Exemplare. „Wenn der Mensch frische Beeren genießt, indem er sie unmittelbar vom Busch pflückt, so ißt er mit den Beeren, ohne es zu merken, eine große Menge von tierischen Lebewesen, die diese Beeren bewohnen... Das ist ein Faktum. Und wer weiß, ob es für uns so unschädlich ist, wie es auf den ersten Blick scheint.“ Wenn auch ein Teil der Fruchtbewohner auch an anderen Pflanzenteilen vorkommt, so soll nach dem Verf. ein anderer Teil spezifisch für Früchte sein. Jedenfalls schlägt der Verfasser vor, die Fruchtbewohner unter dem Namen „carpobium“ als eine besondere ökologische Gruppe abzugrenzen.

CURT STERN.

In dem Sitzungsbericht der Preuß. Akademie der Wissenschaften vom 24. Januar 1929 gibt R. HESSE eine Übersicht über die Zahl der bekannten Tierarten (vgl. Tabelle). In der 10. Ausgabe von LINNÉ'S „Systema naturae“ (1758), dem Markstein nomenklatorischer Zeitrechnung, werden 4208 Arten vielzelliger Tiere beschrieben; im Jahre 1898 legte Hr. K. MÖBIUS der Akademie einen „Census animalium“ vor und berechnete die Zahl der damals bekannten Metazoenarten auf 412600. Eine neue Zusammenstellung, die R. HESSE mit Hilfe zahlreicher Spezialforscher und unter Benutzung neuester Literaturangaben gemacht hat, kommt auf 700000 bis 1 Million Arten, je nachdem man die Zahl der Insekten mit 1/2 oder 3/4 Million ansetzt. Es kann sich dabei natürlich nur um Näherungswerte handeln. Kleine Gruppen lassen sich verhältnismäßig genau abschätzen, besonders wenn sie aus größeren Tierformen bestehen, wie die Amphibien und Reptilien. Je größer

aber die Gruppen werden, um so schwieriger wird die Übersicht, z. B. bei den Schnecken, oder gar bei den Insekten, wo von zwei hervorragenden Kennern der eine 500000, der andere 750000 als Gesamtzahl der bekannten Arten nennt. Dazu kommt, daß die Ansichten verschieden sind über das, was als Art aufzufassen ist. Neuerdings setzt sich mehr und mehr die Einsicht durch, daß bei vielen Arten die Angehörigen in verschiedenen Erscheinungsformen auftreten, die bisher oft als besondere Arten gewertet wurden und deren Vorkommen meist geographisch oder jahreszeitlich beschränkt ist. Solche Unterarten oder Varietäten werden dann durch Zusatz eines dritten Namens zu dem binären Artnamen gekennzeichnet. Auf solcher Zusammenfassung geographischer Unterarten beruht es, wenn die Angaben der Artenzahl für Säugetiere zwischen 13000 und 2000, für Vögel zwischen 28000 und 12000, für Wasserflöhe zwischen 1200 und 300 schwanken. Diese Zusammenfassungen („Formenkreise“) sind überaus wichtig für die Erleichterung der Übersicht; aber sie vermindern nicht das Material, das zu beschreiben ist; der Umfang der Art kann nur durch Kennzeichnung der Unterarten bzw. Varietäten richtig erläutert werden.

	LINNÉ 1758	MÖBIUS 1898	1928
Spongien . . . . .	11	1500	4500
Coelenteraten . . . . .			9000
Hydrozoen . . . . .			2700
Scyphozoen . . . . .	74	3000	200
Anthozoen . . . . .			6100
Ctenophoren . . . . .			84
Echinodermen . . . . .	29	3000	4200
Echiniden . . . . .	—	—	700
Ophiuren . . . . .	—	—	1500
Asteriden . . . . .	—	—	1100
Holothurien . . . . .	—	—	600
Crinoiden . . . . .	—	—	300
Vermes { Scolecida . . . . .		8000	9000
Annelida . . . . .	41		7600
Bryozoen . . . . .	35	1000	3050
Brachiopoden . . . . .			250
Mollusken . . . . .	674	50000	104000
Gastropoden . . . . .	—	—	88000
Lamellibr. . . . .	—	—	15000
Cephalopoden . . . . .	—	—	570
Crustaceen . . . . .	89	8150	15500
Myriopoden . . . . .	16	3000	8100
Insekten . . . . .	1936	281050	750000
Apterygoten . . . . .			—
Orthopteren . . . . .	150	13000	—
Neuropteren . . . . .	35	2050	—
Dipteren . . . . .	190	28000	60000
Lepidopteren . . . . .	542	50000	—
Coleopteren . . . . .	595	120000	250000
Hymenopteren . . . . .	229	38000	—
Hemipteren . . . . .	195	30000	—
Arachnoideen . . . . .	78	20000	28000
Tunicaten . . . . .	3	400	1600
Wirbeltiere . . . . .	1222	33500	70000
Fische . . . . .	414	12000	20000
Amphibien . . . . .			2858
Reptilien . . . . .	181	5000	5461
Vögel . . . . .	444	13000	28000
Säugetiere . . . . .	183	3500	13000
	4208	412600	1013773