

Enzymatische Regulation der Spaltöffnungsbewegung.

Von Friedl Weber, Graz.

Die Pflanze gestaltet ihre grünen Blätter meist nach dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung. Die Laubblätter sind flächenförmig ausgebreitet und so in gesetzmäßiger Weise angeordnet, gestellt, daß Licht und Luft jedes einzelne ungehindert und ungeschmälert treffen kann; mit dem Licht strahlt ja der Pflanze die Energie zu, deren sie bedarf, um die Nahrung der Luft sich anzueignen; daher breitet sie die Blätter aus, um Kraft und Stoff nach Möglichkeit zu empfangen. Doch wie feuchte Wäsche rasch trocknet, wenn jedes Stück isoliert frei und flach ausgebreitet ist, so müßte auch jedes Blatt bald vertrocknen und die gesamte Pflanze unersetzbare Mengen Wassers verdunsten, wäre nicht im Bau der Blätter eine Einrichtung getroffen, welche die Wasserabgabe auf ein lebensverträgliches Maß herabzudrücken vermag: die Blätter sind beiderseits an ihrer Oberfläche mit einem zwar zarten, aber für Wasser äußerst undurchlässigen fettartigen Grenzhäutchen, der Cuticula, überzogen, die wie eine dünne über Wasser ausgebreitete Ölschicht die Verdunstung hemmt. Wie sehr wirksam der Transpirationsschutz der Cuticula ist, mag aus der Angabe ersehen werden, daß ein geschälter Apfel, von dem die Cuticula mit der peripheren Schicht entfernt ist, 55mal soviel Wasser verliert wie ein ungeschälter.

Die für Wasser fast ganz undurchlässige Cuticula bietet aber andererseits auch dem Eindringen des Kohlendioxyds der Luft ein unerwünschtes Hindernis dar. Der eine Rohstoff, aus dem in den Trägern des grünen Farbstoffes, den Chloroplasten oder Plastiden, in unnachahmbarer Weise zusammen mit dem Wasser organische Substanz (Zucker, Stärke) synthetisch hergestellt wird, kann durch die Cuticula nicht in genügender Menge in das Innere des Blattes hinein. Es müssen also für CO₂ Eingangöffnungen vorhanden sein. Und tatsächlich erweist sich im mikroskopischen Bilde die Cuticula durch zahlreiche kleinste Löcher durchbohrt; das sind die Spaltöffnungen oder Stomata.

Man könnte nun meinen: Bei der winzigen Kleinheit dieser Spalten (ihre maximale Breite beträgt etwa 8 Mikromillimeter) würden sie doch keine Erleichterung des Gasaustausches bedeuten. Aber erstens ist die Zahl der Stomata eines Blattes riesig groß (für ein Sonnenrosenblatt hat man sie auf 13 Millionen berechnet) und zweitens geht

die Gasdiffusion durch so kleine Löcher mit bedeutend erhöhter Geschwindigkeit vor sich, so daß die Gesamtdiffusion durch eine derartig durchlöchernte Membran fast ebenso stattfindet, als ob überhaupt keine hindernde Haut vorhanden wäre. Dann könnte aber — wäre einzuwenden — die Pflanze gänzlich auf die Cuticula verzichten. Ja, wenn die Öffnungsweite der Stomata dauernd unveränderlich bleiben müßte; das ist aber nicht der Fall: Die Spaltöffnungen können geschlossen und geöffnet, die Spaltweite kann reguliert werden und wird auch stets reguliert, wie man annehmen darf, ganz nach dem Bedürfnisse der Pflanze.

Dabei wird aber — wenn wir uns anthropomorph ausdrücken dürfen — die Pflanze oft vor schwere Entscheidung gestellt. Werden die Spalten geschlossen, dann ist dadurch zwar die Gefahr des Vertrocknens beseitigt, zugleich aber das Blatt in seiner ihm eigensten Tätigkeit als Organ der CO₂-Assimilation gehemmt; so muß die Pflanze wählen zwischen Hunger und Durst. Und wir verstehen, wie fein, exakt und wechselnd arbeitend die Regulierung des Spaltöffnungsapparates vor sich gehen muß, damit die Arbeit des Blattes, dieses lebenswichtigsten Organs, gesichert bleibe für das Gesamtgedeihen des Ganzen trotz steter Gefahr. Wie diese Selbststeuerung erfolgt, soll nun erörtert werden.

Zunächst hat die Wissenschaft die *Mechanik* der Spaltöffnungsbewegung geklärt. Jede Spalte wird — wie bekannt¹⁾ — nicht von gewöhnlichen Oberhautzellen begrenzt, sondern von zwei eigenartig gebauten schlauchförmigen „Schließzellen“; diese sind nur an den Enden miteinander verwachsen, in der Mitte aber nicht, so daß hier zwischen ihnen ein Hohlraum besteht, der in Form und Weite nicht stationär ist, sondern verändert werden kann: krümmen sich die beiden Schließzellen bogig, dann wird der Raum zwischen ihnen verbreitert, die Spalte geöffnet; strecken sie sich gerade, verengert, geschlossen.

Zwei Punkte waren bei diesem Mechanismus des Spaltöffnungsapparates der Aufklärung bedürftig: 1. Welches ist die Kraft, durch die die Schließzellen zur Krümmung veranlaßt werden und wo hat diese Kraft ihren Sitz? und 2. Wie kommt es, daß die Krümmung der Schließzellen gerade immer so erfolgt, daß daraus eine Veränderung der Spaltenweite resultiert? Die Grundlage zur Klärung der ersten Frage haben Beob-

¹⁾ Vgl. die Figur auf Seite 312.

achtungen *H. von Mohls* geboten: In Wasser öffnet sich die Spalte, in wasserentziehenden Lösungen (von Zucker oder Glycerin) wird sie geschlossen. Daraus war zu entnehmen: Durch Wasseraufnahme gesteigerter Innendruck, „Turgor“ der Zellen, verursacht Öffnungsbewegung, durch Wasserverlust herabgesetzte Turgeszzenz Verschuß. Daß aber dieser Wechsel im zentrifugal gerichteten Innendruck der Schließzellen in bestimmter Weise zum Öffnen und Schließen der Spalte führt, das beruht — wie vor allem *Schwendener* gezeigt hat — auf dem charakteristischen Bau der Schließzellen, auf ihrer ungleichseitigen Membranverdickung.

Dies sind nunmehr schon lange bekannte Tatsachen. Doch die restlose Klärung der Spaltöffnungsbewegungen ist damit nicht bereits erreicht. Wie findet im Innern der Schließzellen die Regelung des osmotischen Wertes statt, die Zu- und Abnahme der osmotischen Kraft, die zur Krümmung und Geradstreckung der Schließzellen führt? Es muß in den Schließzellen jedenfalls leicht zur Bildung und Anhäufung osmotisch wirksamer Substanzen kommen; man findet sich in diesen durch so viele Eigentümlichkeiten ausgestatteten Zellen stets reichlich Chloroplasten im Gegensatz zu den übrigen Oberhautzellen, die keine oder doch nur kleine Farbstoffträger führen. „Es liegt nun nahe, den Chlorophyllapparat der Schließzellen mit der Erzeugung von ... Stärke in Bezug zu bringen und diese als einen Reservestoff aufzufassen, der allmählich nach Bedarf in jene osmotisch wirksame Substanz (wahrscheinlich Zucker) umgewandelt wird“ (*Haberlandt*). Dies ist eine durch neueste Arbeiten vollkommen bestätigte Annahme, und doch hat sich zunächst eine irrige Lehrmeinung über direkte Bewirkung der Spaltöffnungsbewegung Geltung verschafft. Die Chloroplasten der Zellen des typischen Assimilationsgewebes des Blattinneren verhalten sich im allgemeinen so, daß sie im Lichte am Tage organische Substanz synthetisieren und in Form von sog. autochthoner Stärke als kleine Körnchen einlagern, im Dunkeln, in der Nacht aber diese Stärke unter Mitwirkung diastatischer Enzyme abbauen, so daß die Körner aus dem Chloroplastenleibe wieder verschwinden. Liegen nun auch in den Schließzellen die Verhältnisse so und stimmen damit die Veränderungen des Öffnungszustandes der Stomata überein? Man hat sich bis in die letzte Zeit nicht klare Rechenschaft darüber gegeben. Die geläufige Lehrauffassung, die photosynthetische Theorie der Spaltöffnungsbewegung war die: im Lichte — worin sich im allgemeinen die Spalten öffnen und offen bleiben — wird durch den Prozeß der CO_2 -Assimilation in den Schließzellen selbst organische osmotisch wirksame Substanz gebildet und dadurch eben die Öffnungsbewegung ermöglicht; im Dunkeln aber — worin sich die Spalten meist schließen und geschlossen bleiben — wandert die osmotisch wirksame Sub-

stanz (der Zucker) aus, neue kann nicht gebildet werden und bei abnehmender Turgeszzenz muß der Verschuß erfolgen.

Daß die Verhältnisse nicht immer so einfach liegen und daß überhaupt die Chloroplasten der Schließzellen kein ganz typisches Verhalten zeigen, haben zunächst die Untersuchungen des amerikanischen Botanikers *Lloyd* (1908) über den Stoffwechsel der Schließzellen ergeben: Die Bildung der Stärke in den Plastiden der Schließzellen geht (auch) im Dunkeln vor sich, ja selbst in Abwesenheit von CO_2 ; in den Chloroplasten des gewöhnlichen Assimilationsgewebes dagegen wird Stärke unter natürlichen Verhältnissen nur angehäuft im Licht bei Gegenwart von CO_2 . Bei dauernder Dunkelheit kann eine Öffnungsbewegung sich einstellen, ja sogar wiederholtes Öffnen und Schließen erfolgen. Aus diesen und anderen Beobachtungen geht hervor, daß die Spaltöffnungsbewegung weitgehend unabhängig ist von der CO_2 -Assimilation, daß zumindest keine unmittelbare Beziehung besteht. Das Verschwinden der Stärke in den Stomata am frühen Morgen und ihr wiederholt beobachtetes Erhaltenbleiben in der Dunkelheit nötigt zu der Annahme eines ganz anderen Mechanismus der enzymatischen Prozesse in den Schließzellen als dem gewöhnlichen in den Zellen typischen Assimilationsgewebes. *Lloyd* erkennt in klarer Weise: „The question concerns the intimate physiology of the stoma.“ Der Unterschied liegt in der *Unwirksamkeit des abbauenden Enzymes während der Nacht und seiner beträchtlichen Aktivität in den frühen Morgenstunden* im scharfen Gegensatz zu dem gerade entgegengesetzten Verhalten der Diastase im Assimilationsgewebe des Blattes.

Diese bedeutsamen Feststellungen *Lloyds* haben bedauerlicherweise lange nicht die entsprechende Beachtung gefunden. Erst Untersuchungen des russischen Forschers *Iljin* 1915 wendeten wieder das aktuelle Interesse unserem Probleme zu. Wir haben gehört: Öffnen und Schließen der Stomata steht in engem Zusammenhange mit dem Innendrucke der Schließzellen. Es war daher von Wichtigkeit, den osmotischen Wert des Schließzelleninhaltes zu ermitteln. *Iljin* hat dies mittels der Plasmolysemethode durchgeführt, zunächst bei weit geöffneten Spalten. Die Versuchsergebnisse „weisen auf einen außerordentlich hohen osmotischen Druck in den Spaltöffnungen und auf eine große Differenz zwischen demselben und dem Drucke in den übrigen Geweben des Blattes hin ... Als mittleren Wert für die Spaltöffnungen kann man 90—100 Atmosphären annehmen, für die übrigen Gewebe 20 at.“ Theoretische Überlegungen hatten weiter *Iljin* zu der Ansicht gebracht, der am Tage bei einsetzender stärkerer Transpiration sich einstellende Spaltenverschuß müsse auf einer Herabsetzung des osmotischen Wertes infolge Verminderung der im Zellsaft gelösten Stoffe be-

ruhen²⁾). Um den Beweis dafür zu erbringen, mußte der osmotische Wert der Schließzellen auch bei geschlossener Spalte ermittelt werden. Tatsächlich ergaben z. B. für *Iris pumila* die Messungen nach Eintritt des Spaltenverschlusses (gegenüber 90—98 at im geöffneten Zustande) nur mehr 13 at. Nach Verschuß sinkt der osmotische Wert der Schließzellen auf das gewöhnliche Maß der übrigen Blattzellen herab.

Es sei gleich hier erwähnt: Neueste Untersuchungen von *Steinberger* (1922) haben die von *Iljin* an Steppenpflanzen gemachten Beobachtungen, daß mit dem Öffnen und Schließen der Spalten gewaltige Veränderungen des osmotischen Wertes der Schließzellen einhergehen, für verschiedene Gewächshaus- und Gartenpflanzen vollkommen bestätigt, und ganz entsprechende Erfahrungen hat 1921 auch *Wiggans* gesammelt.

Folgen wir aber nun weiterhin den Gedankengängen *Iljins* (1915). Er stellt sich klar die Frage: „Welche physiologischen Prozesse in den Schließzellen sind es denn, die eine Veränderung des osmotischen Druckes hervorrufen? Unwillkürlich drängt sich die Antwort auf, daß es sich hier um die Wirkung der diastatischen Enzyme handelt, welche . . . Stärke in Zucker verwandeln und vice versa, mit anderen Worten, daß die Regulierung der Spaltöffnungen einen enzymatischen Prozeß vorstellt.“ *Iljin* konnte sich dabei bereits auf die genannte grundlegende Arbeit von *Lloyd* stützen, der gleichzeitig bei fortschreitender Öffnungsbewegung eine ebenfalls fortschreitende Abnahme des Stärkegehaltes der Schließzellenplastiden beobachtet hatte³⁾. *Iljin* verfolgte daher die Frage des Zusammenhanges zwischen Stärkegehalt und Öffnungszustand weiter. Er findet stets: *Geschlossene Spaltöffnungen sind mit Stärke überfüllt, weit geöffnete Spaltöffnungen aber ohne bemerkbaren Stärkegehalt*. Dieser Wechsel im Stärkegehalt kann rasch vor sich gehen; *Iljin* legte z. B. Exemplare von *Origanum vulgare* mit weit geöffneten Spalten und ohne Stärke in den Schließzellen zum Trocknen aus; es erfolgte rasches Welken, die Spalten begannen sich zu schließen und schon nach ½ Stunde kam die Stärke in relativ großer Menge zum Vorschein.

Damit war ein tieferer Einblick in den Vorgang der Spaltöffnungsregulierung ermöglicht: *Das Wesentliche an diesem Regulationsprozeß ist die Enzymtätigkeit in den Schließzellen*. Die Enzyme verwandeln die Stärke, eine unlösliche und daher osmotisch unwirksame Substanz, in eine

andere (wahrscheinlich Zucker⁴⁾) und umgekehrt. „Als Folge dieser Tätigkeit tritt die Veränderung der osmotischen Eigenschaften des Zellsaftes und der Kraft des Turgors ein; der letztere beeinflusst seinerseits den Zustand der Spaltöffnungen.“ (Vgl. auch die zusammenfassende Darstellung von *Linsbauer* 1918.) Damit war die Richtung vorgezeichnet, in der erneute Forschung einzusetzen hatte. Es mußte der Einfluß verschiedener Faktoren, vor allem der Außenfaktoren — über die allein wir ja im Experiment nach Belieben zu gebieten vermögen — auf die enzymatischen Prozesse in den Schließzellen studiert werden. Schon früher hatte man die Frage diskutiert, ob das ungleiche Verhalten der Stomata im Lichte verschiedener Spektralbezirke durch eine verschiedene Beeinflussung der Diastasewirkung durch diese Lichtstrahlen Erklärung finden könnte⁵⁾. Erneute Bearbeitung dieser Frage in bezug auf das Spaltöffnungsproblem liegt jedoch nicht vor. Noch aussichtsreicher war es, experimentell eine physikochemische Stimulierung der Diastase innerhalb der lebenden Schließzellen zu versuchen. Ungemein reiche Literatur liegt ja bereits vor über Hemmung bzw. Förderung von Enzymwirkungen durch chemische Stoffe, vor allem unter dem Einfluß des Wasserstoffions sowie dem Anion und Kation verschiedener Salze. Doch handelt es sich hier meist um Reagenzglasversuche mit Enzymlösungen außerhalb des Organismus; so wertvoll diese auch sind, so liegen doch die Verhältnisse innerhalb der lebenden Zelle im Vergleich dazu so kompliziert, daß Schlüsse aus den Vorgängen *in vitro* auf solche *in vivo* in diesem Falle keineswegs ohne weiteres zulässig sind.

Von Bedeutung für unsere Frage konnten daher nur Experimente sein, die zumindest mit lebenden Pflanzenzellen, womöglich aber mit den Zellen des Spaltöffnungsapparates selbst durchgeführt werden.

Über die chemische Beeinflussung des Stärkeab- und -aufbaues innerhalb der lebenden Pflanzenzelle war bisher nicht gerade viel bekannt. Die Beobachtung von *Kratzmann* (1914) und früherer Autoren, daß durch Aluminiumsalze in verschiedenen Pflanzenteilen eine „Entstärkung“ erzielt werden kann, war ziemlich vereinzelt geblieben. *Kratzmann* deutete sie dahin, daß durch die Al-Salze eine Hemmung der kondensierenden und eine Förderung der hydrolysierenden Fermente bewirkt wird und führte als Beweis dafür folgendes an: Stärkefreie Laubblätter bilden im

⁴⁾ Daß tatsächlich dabei Zucker in den Schließzellen auftreten kann, hat *Hagen* (1916) nachgewiesen.

⁵⁾ Literatur bei *Lloyd* (1908); daß Licht überhaupt den Stärkeabbau innerhalb der Pflanzenzelle beeinflussen kann, geht aus den Versuchen *Zollnikofers* hervor (1918); vgl. auch die Angabe von *Seckt* (1902, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 20), wonach bei *Tradescantien* die Spaltöffnungen sich nach länger dauernder Röntgenbestrahlung schließen, was mit der wiederholt vermuteten Wirkung der X-Strahlen auf enzymatische Prozesse im Zusammenhang stehen könnte.

²⁾ Diese Auffassung stand in scharfem Gegensatz zu der in dieser Frage allgemein geltenden Lehrmeinung; nach ihr sollte der Wasserverlust beim Welken direkt zur entsprechenden Turgorabnahme und damit zum Schließen führen.

³⁾ Gleichzeitig (1908) hatte auch *Rosing* den Zucker- und Stärkegehalt in den Schließzellen offener und geschlossener Spaltöffnungen studiert.

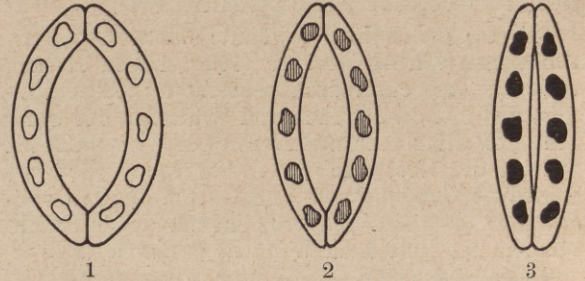
Dunkeln auf Zuckerlösung schwimmend innerhalb weniger Tage reichlich Stärke, sind aber dazu bei Zusatz von 1% Al-Nitrat nicht imstande⁹⁾. 1917 veröffentlichte *Helene Langer* eine kurze Mitteilung über den Einfluß von Metallsalzen auf die Diastase in lebenden Pflanzenzellen und stellte weitere Versuche über die Beeinflussung der Diastase in grünen Blättern durch andere Salzlösungen in Aussicht. *Langers* Versuchsmaterial waren Blätter der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus*. Auf den Stärkegehalt wurde mittels der Sachs'schen Jodprobe das Blatt als ganzes geprüft. Die am Abend stärkereichen Blätter kamen über Nacht in äußerst verdünnte Kupfersulfatlösungen und gleichzeitig ebensolche Blätter als Kontrolle in Cu-freies Leitungswasser. Am Morgen wurden die Blätter auf den Stärkegehalt hin untersucht; die Kontrollblätter waren nunmehr starkfrei, die CuSO_4 -Blätter dagegen ergaben stark positive Jodreaktion, „was zweifellos auf eine Zerstörung der Diastase durch das Kupfersulfat zurückzuführen ist“.

Der positive bzw. negative Ausfall der Sachs'schen Jodprobe ist bei diesen Versuchen *Langers* durch den Stärkegehalt des Blattmittels gewebes bedingt; über das Verhalten der Stärke in den Schließzellen war damit ohne spezielle Untersuchung nichts ausgesagt. So mußte es von Interesse sein, ob auch in den Schließzellen die Diastase durch das Kupfersalz beeinflusst wird und infolge davon auch der Öffnungszustand der Stomata. Orientierende Versuche darüber hat *Weber* (1923) insbesondere im Sommer 1920 angestellt mit verschiedenen Freilandpflanzen. Tatsächlich konnte dabei in vielen Fällen (aber nicht immer) an den „Kupferblättern“ ein Verschluß der Spaltöffnungen und reicher Stärkegehalt ihrer Schließzellen konstatiert werden, und zwar unter Bedingungen, bei welchen die Kontrollblätter (nahezu) starkfrei waren und geöffnete Spalten aufwiesen.

Für die Biologie der Spaltöffnungsbewegung kommt unter natürlichen Bedingungen der Einfluß von Kupfersalzen wohl kaum in Betracht; es war daher von größerem Interesse mit Salzlösungen zu operieren, welche Ionen enthalten, die normalerweise von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommen werden. *Weber* hat sich bei seinen Versuchsreihen darauf beschränkt, den Einfluß von Ca- und K- (Na-) Salzen zu studieren. Es wurden Blätter oder auch ganze Sprosse verschiedener Freilandpflanzen wie *Lamium maculatum*, *Ranunculus ficaria*, *Impatiens parviflora* u. a. in 0,1molare Lösungen solcher Salze eingestellt und darin mehrere Stunden bis 2 Tage belassen. Dabei ergab sich folgendes:

⁹⁾ Die Frage der Salzwirkung auf Enzyme betreffen auch Beobachtungen von *Sjöberg* (1920) über die Veränderung der Amylasewirkung in lebenden Algen bei Kultivierung in Nährlösungen und die während der Drucklegung dieser Darstellung erschienenen „Beiträge zur Kenntnis der Amylase in grünen Pflanzen“ desselben Autors (Biochem. Ztschr. 1922, Bd. 133).

1. K- (Na-) Salze fördern die Öffnungsbewegung der Stomata; die Schließzellen weisen in ihnen keinen oder doch nur minimalen Stärkegehalt auf.
2. Ca-Salze hemmen die Öffnungsbewegung; es kommt in ihnen meist zum völligen Verschluß der Stomata, wobei die Schließzellen reichlich Stärke führen.



Impatiens parviflora. Zustand der Spaltöffnung nach 8stündigem Aufenthalt 1. in KCl, 2. in $\text{KCl} + \text{CaCl}_2$, 3. in CaCl_2 - $\frac{1}{10}$ molaren Lösungen. Bei 1 enthalten die Schließzellen keine Stärke, bei 2 wenig, bei 3 reichlich; ersichtlich aus der verschiedenen dunklen Färbung der Plastiden nach Jodzusatz. Original.

Noch vor Drucklegung der bezüglichen Publikation erschienen (November 1922) drei Mitteilungen von *Iljin*, die ebenfalls den Einfluß der Salze auf Ab- und Aufbau der Stärke in den Schließzellen und den Öffnungszustand der Stomata betreffen. *Iljin* hat seine Versuche auf breiter Basis durchgeführt und kommt zu äußerst bemerkenswerten Ergebnissen. Wie sehr das hiermit gelöste Problem zur Bearbeitung drängt, geht am besten daraus hervor, daß anscheinend auch von dritter Seite eine diesbezügliche Publikation in Vorbereitung steht, wie in der eben erst erschienenen Arbeit von *Steinberger* (1922) angekündigt wird. Wir haben uns nunmehr mit den neuen bedeutsamen Arbeiten von *Iljin* zu beschäftigen.

Iljin ging bei seinen Versuchen in folgender Weise vor: Er legte Blätter — bzw. Schnitte daraus — in eine hypertonsche Kochsalzlösung; diese entzieht den Schließzellen zunächst Wasser; es tritt Plasmolyse ein und nach alter Erfahrung schließen sich die Spalten. Dieser Zustand dauert jedoch nicht an, innerhalb einer Stunde geht die Plasmolyse zurück, ja — was gar nicht erwartet werden konnte — die Spaltöffnungen öffnen sich breit.

Die Erklärung für diesen merkwürdigen Vorgang ist in folgendem gegeben: Das Salz dringt in geringer Menge in die Schließzellen ein und stimuliert im Protoplasma den enzymatischen Abbau der Stärke; dadurch wird der osmotische Wert des Zellsaftes erhöht und die Öffnungsbewegung setzt ein. Daß diese Erklärung richtig ist, geht aus Messungen des osmotischen Wertes der Schließzellen vor und nach der Salzbehandlung hervor. Nach 4- bis 8stündigem Verweilen

in der NaCl-Lösung erwies sich der osmotische Wert auf das ca. 3fache gesteigert. Zunächst wurde nun die (Kationen-)Wirkung verschiedener Salze, besonders die des Na und K geprüft und dabei von geschlossenen Spaltöffnungen mit stärkeerfüllten Schließzellen ausgegangen. „Alle Salze unabhängig von den Anionen riefen nicht nur Deplasmolyse, sondern auch Öffnen der Spaltöffnungen sowie Verschwinden der Stärke hervor. Hierauf wurde der Effekt ein- und zweiwertiger Ionen vergleichend untersucht, und zwar wieder auf geschlossene stärkehaltige Stomata. Zur Verwendung kamen einwertige Chloride von Na und K und zweiwertige z. B. von Ca. Es ergab sich ein prinzipiell verschiedenes Verhalten. *Unter dem Einfluß der einwertigen Ionen öffneten sich die Stomata weit; am wirksamsten war das Natrium; die Stärke verschwindet hier besonders schnell, die Spalten öffnen sich rasch und maximal. Ganz anders bei den Zwertigen. Die Plasmolyse geht hier nicht zurück, die Spaltöffnungen bleiben geschlossen?*“ Die Versuche wurden in mannigfaltiger Weise variiert und mit verschiedenen Pflanzen, wie *Rumex acetosa*, *Polygonum fagopyrum* u. a., vorgenommen; immer ergab sich, daß sämtliche einwertigen Metalle Auflösung der Stärke unter Bildung osmotisch wirksamer Substanzen hervorrufen und so zum weiten Öffnen der Spalten führen.

Iljin ging dann weiter daran, Verhältnisse zu schaffen, unter welchen die Schließzellen im Gegenteil zur Synthese der Stärke stimuliert werden. Es mußte von völlig stärkefreien Spaltöffnungen ausgegangen werden; in Malzzuckerlösungen geringer Konzentration tritt in solchen im Dunkeln bald Stärkebildung ein, ja die Stärkespeicherung geht in riesigen Mengen vor sich. Den Zuckerlösungen wurden nun verschiedene Salze zugesetzt und durch Variierung ihrer Konzentration für jedes Salz festgestellt, bei welcher Konzentration eine Hemmung der Stärkesynthese eintritt; diese „kritische Konzentration“ beträgt z. B. für Li 0,04, Na 0,07, ... Ca 0,13 Mol., Li und Na, welche den Stärkeabbau fördern, hemmen den Aufbau schon in äußerst verdünnten Lösungen, Ca dagegen, welches die Hydrolyse nicht fördert, hemmt den Aufbau erst in starken Konzentrationen. Ganz entsprechend war auch wieder der Einfluß auf den Öffnungszustand der Spalte: Bei geöffneten Stomata, die in reiner Maltoselösung liegen, tritt Stärkesynthese ein, die Spalten schließen sich; werden aber der Zuckerlösung gewisse Salze zugesetzt, so unterbleibt mit der Stärkesynthese auch die Schließbewegung; in diesem Sinne wirken u. a. wieder besonders Li und Na.

In seiner zweiten Mitteilung (1922) behandelt *Iljin* die Frage der Anionenwirkung. Zum Stu-

7) Doch müssen auch diese Ionen eindringen, denn auch in diesen Lösungen wird die Stärke „gelöst“, aber das Endprodukt des Zerfalls erweist sich weder als Zucker noch irgendeine andere osmotisch aktive Substanz.

dium derselben eignen sich besonders Magnesiumsalze, weil hier das Kation, das Magnesium, in bezug auf die Stärkeauflösung inaktiv, gewissermaßen neutral ist und deswegen die Wirkung auf den enzymatischen Prozeß ausschließlich den Anionen zugeschrieben werden darf. Es zeigte sich, daß bei Salzen mit anorganischen Anionen diese keinen merklichen Einfluß ausüben, dagegen sehr wohl organische Anionen; als besonders aktiv erwies sich das Anion der Zitronensäure, aber auch das der Essigsäure kann bedeutende Aktivität entwickeln. In bestimmten Fällen „genügen Hundertstel von Mol von Acetat und Tausendstel von Citrat, um die Synthesearbeit plötzlich einzustellen; diese Ionen besitzen auch ein großes Auflösungsvermögen für Stärke.“

Iljin diskutiert eingehend die Frage, in welcher Weise die Salze auf den enzymatischen Prozeß wirken; ohne eine definitive Entscheidung geben zu können, kommt er zu der Überzeugung, daß in seinen Versuchen die Wirkung erfolgt durch Überführung des Profermentes in die aktive Form. Es war *Iljin* jedenfalls die grundlegende Untersuchung von *Biedermann* (1921) noch nicht bekannt oder zugänglich. In dieser wird der Nachweis erbracht, daß sowohl tierische als auch pflanzliche *Diastasen aus zwei Komponenten bestehen, aus einem organischen an sich völlig unwirksamen Proferment und einem aktivierenden Koferment, „als welches die Ionen verschiedener Salze fungieren können“.* *Biedermann* findet in vitro hauptsächlich die Anionen wirksam, aber auch die Kationen nicht ohne Einfluß; hinsichtlich ihrer aktivierenden, den Abbau der Stärke beschleunigenden Kraft steht vor allem NaCl an der Spitze der Reihe wirksamer Neutralsalze und fast gleichwertig ist das KCl, wesentlich unwirksamer aber das CaCl₂. Ein eingehender Vergleich der Ergebnisse von *Iljin* mit denen von *Biedermann* muß hier — so interessant er auch wäre — unterbleiben.

Für Physiologie und Biologie der Spaltöffnungsbewegung, aber auch für Ökologie und Pflanzengeographie ist die nunmehr feststehende Tatsache, daß Salzionen durch Steigerung des Stärkeabbaues bzw. Verzögerung des Syntheseprozesses zum Offenhalten der Stomata veranlassen können, von großer Bedeutung. Zunächst erscheint es klar, wie den Pflanzen daraus eine Gefahr entstehen kann, von der wir bisher keine Ahnung hatten. Nimmt das Wurzelsystem aus dem Boden Salze in größerer Menge auf, die eine Öffnungsbewegung der Stomata erzwingen und die Spalten dauernd in geöffnetem Zustande erhalten, dann muß dadurch die Transpiration im Übermaß gesteigert werden, die Pflanze steht in Gefahr, zu viel Wasser zu verlieren, zu vertrocknen⁸⁾. Es drängt sich die Frage auf, ob die

8) Die Wirkung von Salzen und Salzgemengen auf die Transpiration der Pflanzen bedarf von diesem Gesichtspunkte aus dringend neuer kritischer Bearbeitung. Literatur bei *Burgerstein* 1920.

Pflanze in der Lage ist, sich gegen diese gefährliche Wirkung bestimmter Salze zu schützen; in seiner dritten Mitteilung behandelt *Iljin* dieses Problem.

Es war zunächst zu untersuchen, ob Pflanzen, die auf Böden verschiedenen Salzgehaltes wachsen, sich gegenüber den spaltenöffnenden Ionen gleich verhalten. Eine besondere Unempfindlichkeit gegenüber NaCl ist bei Halophyten, den Bewohnern salzreicher Standorte, zu erwarten. Zur Untersuchung kamen verschiedene Arten von den in der Nähe von Jekaterinoslaw am Dnjepr gelegenen Salzböden. Wurden Epidermisschnitte solcher Pflanzen mit geschlossenen stärkereichen Stomata in NaCl-Lösungen bis zu 0,3 molarer Konzentration eingelegt, so trat weder Auflösung der Stärke noch Öffnen der Spalten ein, ein Beweis, daß die Diastase dieser Pflanzen von relativ großer Unempfindlichkeit gegenüber der aktivierenden Wirkung des Na-Ions ist.

Weiterhin zog dann *Iljin* Pflanzenarten in den Kreis seiner Untersuchungen, die auf den verschiedensten Standorten und Böden wachsen, auf Wiesen, Steppen, Sümpfen, Abhängen, Kulturböden. Das Ergebnis war, „daß in bezug auf die Salze die Pflanzen sich erstens durch die Reaktionsgeschwindigkeit und zweitens durch die Empfindlichkeit voneinander unterscheiden: die einen reagieren bei äußerst geringem Salzgehalt, andere benötigen bereits eine bedeutende Ionenkonzentration; es gibt endlich Arten, bei denen überhaupt weder Spaltenöffnen noch Stärkeverschwinden stattfindet“. Worauf beruht diese Verschiedenheit in der Salzempfindlichkeit des enzymatischen Apparates bei den verschiedenen Pflanzen? Läßt sich diese Empfindlichkeit vielleicht künstlich steigern oder herabdrücken?

In der fesselnden Reihe seiner Versuche wendet sich *Iljin* der Bearbeitung auch dieser schwierigen Frage zu, und selbst diese zu lösen, ist ihm glänzend gelungen. Er wurde auf den richtigen Weg geleitet durch die Beobachtung, daß Pflanzen mit stark saurem Zellsaft wie *Rumex acetosa*, der Sauerampfer, besonders prompt auf NaCl reagieren. Seine Arbeitshypothese war nunmehr: der Stärkeabbau, die Turgorerhöhung, das Öffnen der Stomata unter dem Einfluß des NaCl erfolgt nur in saurer Lösung, also bei Realisierung einer bestimmten Wasserstoffionenkonzentration⁹⁾. Die zur Prüfung dieser Hypothese durchgeführten Versuchsreihen bestätigten die Richtigkeit der Annahme vollkommen: Die geringste Erhöhung des Säuregehaltes — ein Zusatz von 0,0001 Mol HCl zu den Lösungen — bewirkte bei Pflanzen, die sonst keinen Stärkeabbau und kein Öffnen der Stomata in NaCl-Lösung zeigen, sofort Verschwinden der Stärke und Öffnungsbewegung. Andererseits ist es auch möglich, bei Pflanzen, die (mit stark saurem Zellsaft ausgestattet) in NaCl

die Stärke rasch abbauen und die Spalten öffnen, beides zu verhindern oder zu hemmen durch Zusatz von OH-Ionen (NaOH 0,0001 normal) zu den Außenlösungen.

Noch ein anderer Weg wurde gefunden, um im Experiment dem Stärkeab- oder -aufbau beeinflussenden Effekt bestimmter Ionen entgegenzuarbeiten, nämlich der Zusatz antagonistisch wirkender Salzionen. Hierbei zeigte sich wieder der bei zahlreichen anderen physiologischen und kolloidchemischen Prozessen beobachtete Antagonismus zwischen K und Na einerseits und Ca andererseits¹⁰⁾. Die in NaCl-Lösungen sistierte Stärkebildung in vorher ent stärkten in Zuckerlösung befindlichen Schließzellen kommt auf Zusatz von CaCl₂ bestimmter Konzentration sofort in Gang. Weitere Komplikationen ergeben sich aus der gleichzeitigen Wirkung antagonistisch wirkender Salze bei Realisierung verschiedener Wasserstoffionenkonzentrationen.

Es kann kein Zweifel mehr bestehen darüber, daß anorganische Salze bei der Stomataregulation eine ungemein wichtige, wenn nicht die Hauptrolle spielen. Anorganische Salze werden stets von den Wurzeln aufgenommen; sie durchziehen zunächst auf dem Wege der Leitungsbahnen, dann aber auf dem der Diffusion sämtliche Gewebe der Pflanze; der Eintritt in bestimmte Zellen kann ihnen — vielleicht in autonomer Weise, jedenfalls aber unter dem Eingreifen äußerer Faktoren, wie Licht- und Temperaturschwankungen — durch Veränderung der Permeabilität der Plasmahaut erleichtert oder erschwert werden. Und auch dann, wenn unter ungünstigen Bedingungen ein bestimmtes Salz in gefahrdrohendem Übermaß in die Schließzellen eingedrungen ist¹¹⁾, vermag die Pflanze dieser Gefahr zu begegnen, und zwar durch verschiedene Mittel: Sie kann einerseits den Zutritt antagonistisch wirkender Salzionen zulassen, andererseits aber auch durch Änderung der Wasserstoffionenkonzentration dem exzessiven Einfluß bestimmter Salze einen Hemmschuh entgegenstellen. Wir verstehen — wenigstens im Prinzip —, wie nicht alle Pflanzen den betreffenden Gefahren, welche durch den Salzreichtum bestimmter Standorte gegeben sind, im gleichen Grade gewachsen sind, genügt doch schon ein mehr oder weniger hoher Grad des Säuregehaltes des Zellsaftes, um verschiedene Salzempfindlichkeit zu bedingen. In dieser Hinsicht sind die Ergebnisse neuer Fermentstudien von *Biedermann* (1921) von Wichtigkeit, welche zeigten, wie die scheinbaren Unterschiede verschiedener Amylasen nur durch die verschiedene Zusammensetzung der Lösungen, in denen sie wirksam sind, vorge-

¹⁰⁾ Literaturzusammenfassung über Ionenantagonismus in bezug auf physiologische Prozesse, wie er zuerst durch die bahnbrechenden Arbeiten von *J. Loeb* und *Osterhout* bekannt wurde, bei *Maschhaupt* 1916.

¹¹⁾ Was — wie oben angedeutet — durch Veranlassung des Öffnens und Offenbleibens der Spalten die Gefahr übermäßiger Wasserabgabe mit sich bringt.

⁹⁾ Über die Bedeutung der Wasserstoffzahl für die Wirkung der Fermente vgl. *L. Michaelis* 1914, Die Wasserstoffionenkonzentration, Berlin.

täuscht werden. Nach *Lynst Zwikker* (1921) liegt der Grund für die ungleiche Angreifbarkeit verschiedener Stärkearten durch Diastase in der Verschiedenheit des Kationengehaltes der Stärke. Die Resistenz der einzelnen Stärkeschichten eines Kornes ist eine Funktion der Elektrolyte, welche mit der Stärke in Verbindung treten. Diese Elektrolyte (Kationen) sind bei allen Stärkearten nicht gleich. Kartoffelstärke z. B. enthält in ihren Schichten kein Ca, Weizenstärke dagegen kein K, andere verhalten sich intermediär. Es ist wohl möglich, daß auch diese neu entdeckten Differenzen in der Zusammensetzung der Stärke für das hier erörterte Problem von Bedeutung sind.

Ist auf dem Gebiete der Salzbeeinflussung der enzymatische Charakter der Spaltenregulierung festgestellt, so liegt es nunmehr nahe, auch für andersstoffliche sowie für primär rein physikalisch bedingte Einflüsse nach der Gültigkeit desselben Wirkungsprinzips zu suchen. Hier ist aber die experimentelle Analyse noch nicht weit gediehen. *Stahl* (1920) hat gefunden, wie unter dem Einfluß der „Laboratoriumsluft“ (Leuchtgas) die Stomata verschiedener Pflanzen sich schließen. „Die Jodprobe ergab in Übereinstimmung mit den Befunden *Iljins*, daß die Schließzellen reichlich Stärke führten. Ein Verständnis dieser Erscheinung ohne darauf hin gerichtete Versuche ist um so weniger möglich, als nach Erfahrungen von *Grafe* und *Richter* (1911) Leuchtgas und andere Narkotika bei Pflanzen die Kondensationsprozesse hemmen, die Hydrolyseprozesse aber nicht beeinflussen¹²⁾.“

Einer weiteren Analyse bedarf auch die zuletzt von *Linsbauer* (1916) studierte Erscheinung, daß Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlendioxyd eine Schließung der Spaltöffnung bedingt und umgekehrt CO₂-Entzug ein Öffnen, daß also „CO₂-Anhäufung in gleicher Weise wie Verdunklung auf die Schließbewegung hinarbeitet, während umgekehrt Belichtung und CO₂-Entzug gleichsinnig eine Öffnung bewirken“¹³⁾. Biologisch erscheint dies wohl verständlich. „Da nämlich bei Lichtentzug, infolge des Ausfalles der Zerlegung des CO₂, aber fortgesetzter Atmung im Blattinnern zunächst eine CO₂-Zunahme eintritt, welche die Stomata mit einer Schließbewegung beantworten, so wird das Entweichen des Kohlendioxyds, das bei geschlossenen Spalten nur noch durch die Cuticula vor sich gehen kann, erschwert, mithin der Verlust an organischer Substanz verringert.“ (*Stahl*, 1920.)

Es ist denkbar, daß die entscheidende Bedeutung, welche dem Licht für das Spiel der Spaltöffnungen zukommt, indirekt durch Veränderung des CO₂-Gehaltes des Blattinnern und damit der

Wasserstoffionenkonzentration des Plastidenmediums der Schließzellen bedingt ist. Die Empfindlichkeit des Spaltöffnungsapparates für Schwankungen der Lichtintensität ist — wie aus den Untersuchungen *Linsbauers* hervorgeht — erstaunlich. „Ein plötzlicher Wechsel in der Beleuchtungsstärke macht sich schon binnen 3—5 Minuten in einer Veränderung der Spaltenweite bemerkbar. Die Regulierung der Spaltweite ist so vollkommen, daß unter sonst gleichen Umständen am natürlichen Standorte einer Pflanze ein bestimmter, der herrschenden Lichtstärke entsprechender Spaltöffnungszustand zu konstatieren ist.“

Wir können uns auf Grund der von *Iljin* ermittelten neuen Tatsachen folgendes vorstellen: Bei veränderter Beleuchtungsintensität und damit zusammenhängender Schwankung der Assimilationstätigkeit — die ja, wie wir wissen, darauf ungemein prompt reagiert — erfährt der Säuregehalt der Schließzelle (vielleicht der Plastiden selbst) eine Veränderung; dies wirkt wiederum auf Intensität und Richtung der enzymatischen Vorgänge ein, bedingt weiterhin dadurch eine Verschiebung des osmotischen Wertes des Schließzellensaftes und auf diese Weise die Regulation der Spaltenweite. Es genügen in dieser Hinsicht jedenfalls minimale Verschiebungen der Wasserstoffzahl. *Iljin* hebt ausdrücklich hervor, „daß die Pflanze eine größere Empfindlichkeit als die üblichen Indikatoren . . . zeigte; der Wasserstoffionengehalt mußte, um eine Farbänderung des Indikators herbeizuführen, im Vergleich mit der Reaktionsempfindlichkeit der Pflanze unverhältnismäßig erhöht werden“. Eine analoge Empfindlichkeit gegenüber dem aktivierenden Effekte zeigte auch das Proferment der Diastase bei den in-vitro-Versuchen *Biedermanns*.

Natürlich ist es nicht ausgeschlossen, daß das Licht auch in anderem Sinne auf den Ablauf der enzymatischen Prozesse innerhalb der Schließzellen einwirkt; entweder ebenfalls in indirekter Weise durch Änderung der Permeabilität der Plasmahaut¹⁴⁾ oder aber in direkter Weise durch photodynamische Wirkung auf den enzymatischen Apparat.

Einen womöglich noch größeren Einfluß als Lichtentzug hat Wasserverlust auf den Öffnungszustand der Stomata; er bewirkt ganz allgemein Schließbewegung — Ausnahmen bieten nur Wasserpflanzen, die sich überhaupt durch Trägheit in der Regulation der Spaltenweite auszeichnen. Schon 1915 hat — wie oben besprochen — *Iljin* gezeigt, daß auch bei Schließbewegung infolge Welkens der Stärkegehalt der Schließzellen zunimmt, und *Steinberger* (1922) konnte die Herabsetzung des osmotischen Wertes in den Stomata bei Wasserentziehung bestätigen. Also auch beim Eintritt der Gefahr des Welkens handelt es sich

¹²⁾ Vgl. auch *W. W. Bonns* 1918.

¹³⁾ Es wäre wohl möglich, daß es sich auch hier um eine Änderung der Wasserstoffzahl im Zellsaft der Schließzellen handelt. Vgl. in dieser Frage *Suefenguth* 1922.

¹⁴⁾ Was seinerseits wieder zum Ein- bzw. Austritt bestimmter Ionen die Veranlassung geben wird. Vgl. die Diskussion dieser Frage bei *Suefenguth* 1922.

um enzymatische Regulierung der Öffnungsweite. Wie diese hier ausgelöst wird und zustandekommt, bedarf weiterer Aufklärung. Es ist von großem Interesse, daß sich hierbei wieder die Spaltöffnungen in ganz anderer Weise verhalten als die typischen Assimilationszellen des Blattes; denn *Molisch* hat (1921) beobachtet: Im Assimilationsgewebe abgeschnittener Blätter wird bei starker Transpiration in trockener Luft die Stärke viel rascher abgebaut als bei reichlicher Wasserversorgung in feuchter Atmosphäre. Dieser auffallende Unterschied ist deshalb bemerkenswert, weil daraus deutlich erhellt, wie sehr die Spaltöffnungen eigenartige autonome Apparate sind, die sich in ihrem physiologischen Verhalten und Stoffwechsel (vgl. *Hamorak* 1915) vom übrigen Blattgewebe unterscheiden und hier Einrichtungen getroffen sind, die nur als „im Dienste ihrer Funktion stehende Anpassung“ (*Steinberger*) verständlich werden. Die Ursache dieser Unterschiede kann wohl nur im Sinne der Arbeitsrichtung *Iljins* untersucht werden.

Literatur.

- Biedermann, W.*, 1921, Das Koferment, Komplement der Diastase. Fermentforschung 4.
 — — — Die organische Komponente der Diastasen. Ebenda.
Bonns, W. W., 1918, Etherization of tissues and its effect on Enzyme activity. Annals Missouri Botanical Garden 5.
Burgerstein, A., 1920, Die Transpiration der Pflanzen, II. Teil, Jena.
Grafe und Richter, 1911, Über den Einfluß der Narkotika auf d. chem. Zusammensetzung der Pflanzen. Sitzb. Ak. Wiss. Wien 120.
Hagen, F., 1916, Zur Physiologie des Spaltöffnungsapparates. Beitr. allgem. Botanik 1.
Hamorak, N., 1915, Beitr. z. Mikrochemie des Spaltöffnungsapparates. Sitzb. Ak. Wiss. Wien 124.
Iljin, W. S., 1915, Die Regulierung der Spaltöffnungen. Beitr. Bot. Ztbl. 32, 1. Abt.
 — — — 1922, Wirkung der Kationen von Salzen auf den Zerfall und die Bildung von Stärke in der Pflanze. Biochem. Ztschr. 132.
 — — — 1922, Synthese u. Hydrolyse von Stärke. Ebenda.
 — — — 1922, Physiologischer Pflanzenschutz. Ebenda.
Kratzmann, E., 1914, Physiologie, Wirkung der Aluminiumsalze. Sitzb. Ak. Wiss. Wien 123.
Langer, H., 1917, Einfluß von Metallsalzen auf die Diastase in lebenden Pflanzenzellen. Wiener klinische Wochenschrift 30, Nr. 40.
Lloyd, F. E., 1908, The physiology of stomata. Carnegie Inst. of Washington, Nr. 82.
Linsbauer, K., 1916, Kenntnis der Spaltöffnungsbewegungen. Flora 109.
 — — — 1918, Physiologie der Spaltöffnungen. Die Naturwissenschaften 6.
Maschhaupt, J. G., 1916, Antagonistische werkingen van zouten bij planten. Landwirtsch. Versuchsstat. Groningen.
Molisch, H., 1921, Einfluß der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 39.
Rosing, M., 1908, Der Zucker- und Stärkegehalt in den Schließzellen. Ebenda 26.
Sjöberg, K., 1920, Enzymatische Untersuchungen an einigen Grünalgen. Fermentforschung 4.
Stahl, E., 1920, Physiologie u. Biologie der Exkrete. Flora 113.
Steinberger, A. L., 1922, Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen. Biol. Ctrbl. 42.
Suessenguth, K., 1922, Variationsbewegungen von Blättern. Jena.
- Weber, F.*, 1923, Physiologie der Spaltöffnungsbewegung. Österreich. botan. Zeitschrift. Im Druck.
Wiggans, R. G., 1921, Osmotic concentration of the guard cells. Americ. Journ. Bot. 8.
Zollikofer, C., 1918, Geotrop. Verhalten entärkter Keimpflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 36.
Zwickler, L., 1921, L'action des enzymes amylolytiques. Rec. trav. bot. néerl. 18.

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung.

Die *Naturwissenschaften* haben wiederholt über den Plan berichtet, die Sonnenfinsternis vom 23. September 1922 zu Beobachtungen über die Ablenkung zu benutzen, die *Einsteins* Theorie der Schwere für einen nahe der Sonne vorübergehenden Lichtstrahl fordert (tangential zur Sonne 1",74).

Nachstehend folgt der wörtliche Text der dem Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam von dem Astronomischen Zentralbureau in Kopenhagen zugegangenen Nachricht über die bisher vorliegenden Ergebnisse. (Offenbar ist ein Druckfehler unterlaufen, in dem es „five or six“ anstatt „five of six“ heißen muß.) Das Telegramm lautet:

De M. *Shapley* nous avons reçu le télégramme suivant: Campbell telegraphs three pairs Australian Tahiti eclipse plates measured by Campbell Trümpler sixtytwo to eightyfour stars each five of six measurements completely calculated give *Einstein* deflection between 1",59 and 1",86 mean value 1",74. 1923 avril 13. gez. *Elis Strömgren*.

Aufgaben und Tätigkeit des Telegraphentechnischen Reichsamts.

Von *F. Trautwein*, Berlin.

A. Einrichtungen des Amtes und Allgemeines.

Das Telegraphentechnische Reichsamt ist im Jahre 1920 durch Zusammenfassung einer Reihe von technischen Dienststellen gebildet worden, die bisher dem Reichspostministerium unmittelbar angegliedert waren. Die wichtigsten dieser Dienststellen sind: das Telegraphenversuchsamts, das Telegraphenapparatamt, das Funkbetriebsamt, das Fernsprechliniensbureau sowie die mit den Aufgaben des Linienbaus, der Beschaffung von Apparaten, Stromquellen und Bauzeug betrauten Dienststellen des Reichspostministeriums.

Durch diese Zusammenfassung ist ein erheblicher sachlicher und wirtschaftlicher Nutzen erzielt worden.

Die Leitung liegt in der Hand des Präsidenten, dem 2 Abteilungsdirektoren als ständige Vertreter beigegeben sind.

Das Telegraphentechnische Reichsamt gliedert sich in acht Abteilungen; die Leiter dieser Abteilungen sind die beiden Direktoren und im übrigen Oberposträte. Die Abteilungen sind: I. Verwaltung und Allgemeines, II. Versuche, III. Fernleitungen, IV. Funkwesen, V. Apparatabau, VI. Linienbau, VII. Apparatsbeschaffung, VIII. Bauzeugbeschaffung.

Bei der Abt. I werden in der Hauptsache nur innere Verwaltungsangelegenheiten bearbeitet. Die technischen Arbeiten liegen den Abteilungen II—VI ob, und zwar befaßt sich die Abt. II mit

allen Gebieten der Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik vom Standpunkte der wissenschaftlichen Forschung aus, während den Abteilungen III bis VI die Ingenieurstätigkeit, d. h. die praktische technische Ausführung für den Betrieb und die Beratung der Oberpostdirektionen in technischen Fragen obliegt. Einfachere technische Angelegenheiten, insbesondere soweit sie eine abgeschlossene technische Entwicklung betreffen, werden bei den Oberpostdirektionen unmittelbar bearbeitet. Es liegt in der Natur dieser Gliederung, daß ein ständiger Übergang von Arbeitsgebieten von der Forschungsabteilung zu den Ingenieurabteilungen und weiter zu den Oberpostdirektionen stattfindet. Die Beschaffungsabteilungen (VII und VIII) endlich haben Arbeiten von hoher wirtschaftlicher Bedeutung zu erledigen, nämlich die Prüfung der Markt- und Preisverhältnisse sowie die Beschaffung sämtlicher für den umfangreichen Betrieb der Reichstelegraphenverwaltung erforderlichen Geräte und Materialien.

Dem Telegraphentechnischen Reichsamt liegt ferner die Übernahme gewisser technischer Aufgaben aus dem Gebiete der Post ob, welche von sachverständigen Beamten mit technischer Vorbildung bearbeitet werden müssen. Hierher gehören z. B. technische und chemische Untersuchungen über Klebstoffe, Bindfaden usw., Bearbeitung beleuchtungstechnischer Fragen und anderes mehr.

Zur Erledigung aller dieser Aufgaben sind bei den Abteilungen Geschäftskreise gebildet, welche mit höheren Beamten (Posträten) besetzt sind und deren sachliche Abgrenzung dem Präsidenten obliegt. Einem Abteilungsdirektor ist ein Forschungslaboratorium unmittelbar unterstellt.

Das Telegraphentechnische Reichsamt hat ferner die Aus- und Fortbildung der Telegraphenbeamten zu leiten und zu überwachen.

Der Personalbestand war Ende März 1922 87 höhere Beamte, 30 wissenschaftliche Hilfsarbeiter, 421 mittlere Beamte, 62 technische Angestellte, 105 weibliche Beamte, 90 untere Beamte, 9 Aushelfer, 225 Werkstattarbeiter, zusammen 1031 Personen.

In einem wöchentlichen wissenschaftlichen Kolloquium wird über eigene und fremde neuere Arbeiten, Forschungen und Fortschritte in der Telegraphen-, Fernsprech- und Hochfrequenztechnik und den damit zusammenhängenden Wissensgebieten berichtet, wobei die Teilnehmer ihre Ansichten und Erfahrungen austauschen und Anregungen geben und empfangen.

Im folgenden wird ein kurzer Überblick über die Tätigkeitsgebiete und die bei den einzelnen Abteilungen ausgeführten Arbeiten gegeben¹⁾.

¹⁾ Außer auf die allgemeinen Aufgaben ist dabei teilweise auf die in den Jahren 1920 und 1921 ausgeführten Arbeiten besonders eingegangen worden in Anlehnung an den in der „Telegraphen- und Fernsprechtechnik“, XI. Jahrgang, Nr. 7—12, veröffentlichten Tätigkeitsbericht.

B. Wissenschaftliche und technische Aufgaben und Arbeiten der Abteilung.

Abteilung I, Verwaltung.

Bei dieser Abteilung werden außer den inneren Verwaltungsangelegenheiten literarische und Patentangelegenheiten bearbeitet.

(I E.) Aus den wichtigen *Veröffentlichungen* aus dem Gebiet der Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik werden Auszüge gefertigt, die als „Zeitschriftenschau“ den Dienststellen der Verwaltung zugehen.

(I G.) Ferner ist ein Geschäftskreis für *psychotechnische Eignungsprüfungen* des Personals gebildet. Die bis jetzt auf diesem Gebiete angestellten Untersuchungen und gewonnenen Erfahrungen versprechen einen günstigen Erfolg.

Abteilung II, Versuche.

Der Abteilung II liegt die Klärung und Bearbeitung wissenschaftlicher Fragen aus dem Gebiet der Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik ob.

(II A.) Der Bau und die Planung von *Fernkabeln* erfordert eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen, die das Arbeitsgebiet eines Geschäftskreises bilden. Es kommen in Betracht die Prüfung angebotener Probelängen, die Berechnungen über die technisch und wirtschaftlich günstigste Dimensionierung der Kabel, insbesondere bezüglich der günstigsten Art der Ausrüstung mit Pupinspulen und der Anpassung an die Erfordernisse des Verstärkerbetriebs. Weitere Messungen und Berechnungen betreffen die Fragen der Fehlerbestimmungen der Prüfung und Beseitigung des Nebensprechens zwischen benachbarten Kabeladern, die Durchbildung der Einführungskabel in die Ämter sowie die Ausarbeitung von Meßmethoden und Prüfung von Meßeinrichtungen.

(II B, C.) Zwei weitere Geschäftskreise sind eingerichtet zur Bearbeitung der wissenschaftlichen und technischen Aufgaben, die mit der Einführung der *Röhrenverstärker* für den Fernsprechbetrieb zusammenhängen. Durch Einschalten von Zwischenverstärkern an verschiedenen Punkten einer längeren Fernsprechleitung kann der Leiterquerschnitt erheblich herabgesetzt und damit viel Kupfer gespart und die Reichweite der Fernsprechverbindungen erhöht werden. Diese Zwischenverstärker erfordern in Verbindung mit einer Differentialschaltung die künstliche Nachbildung jeder der beiden Leitungsabschnitte sowie besondere Schaltungen, um eine Sprechmöglichkeit nach beiden Richtungen zu ermöglichen, ohne daß die Verstärker infolge Rückkopplung pfeifen. Diese Leitungsnachbildungen sind heute mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln möglich, doch treten bei der Nachbildung von Leitungen mit Pupinspulen gewisse Schwierigkeiten auf, die auf Inhomogenitäten zurückzuführen sind. Diese Fragen wurden theoretisch und experimentell geklärt. Für Freileitungen

hat es sich gezeigt, daß auf die Pupinisierung zweckmäßig überhaupt verzichtet wird, während für Fernkabel besondere Schaltungen (Kettenleiter) verwendet werden, um den schädlichen Einfluß von unvermeidbaren Inhomogenitäten der Leitungen zu vermeiden. Verstärkerämter wurden an verschiedenen Punkten Deutschlands nach der sogenannten Zweiröhrenschaltung, bei welcher für jede Sprechrichtung eine besondere Röhre verwendet wird, und nach der Einröhrenschaltung, bei welcher dieselbe Röhre zur Verstärkung nach beiden Richtungen dient, eingerichtet. Ferner wurden zahlreiche Nebenfragen, wie die Prüfung von Zeitrelaischaltungen zum Anruf für Überwachungszwecke, das Verhalten selbstregulierender Eisenwiderstände u. a. m. geklärt.

(II D, E.) Die beiden folgenden Geschäftskreise bearbeiten die wissenschaftlichen und technischen Fragen der *Mehrfachtelephonie* auf Leitungen mit *hochfrequenten Trägerströmen* und die Einführung und Eingliederung der neuen Betriebsweise in den praktischen Betrieb. Dabei war z. B. zu klären das Verhalten der verschiedenen Leitungen gegenüber schnellen Wechselströmen, ihre Dämpfung, Wellenwiderstand, Frequenzabhängigkeit und gegenseitige Beeinflussung, ferner zur Schaffung zahlreicher Verbindungsmöglichkeiten die Frage der Überbrückung von Niederfrequenzverstärkern und Ringübertragern, welche im Zuge der Leitung liegen, für hochfrequente Ströme, ferner die hochfrequente Verbindung zweier niederfrequent getrennt betriebener Leitungen durch Kondensatorketten.

Die Frage der günstigsten Schaltung der Sender und Empfänger machte zahlreiche theoretische und experimentelle Arbeiten notwendig. Es hat sich gezeigt, daß der fremdgesteuerte Sender dem selbsterregten in vieler Hinsicht überlegen ist. Für den Empfänger hat sich die Verwendung eines negativ vorgespannten Rohres gegenüber der Audionschaltung als überlegen erwiesen. Besonders schwierig war die Ausbildung der Siebkreise zur Trennung der einzelnen Gespräche sowie die Bemessung der richtigen Lochbreite, um gerade das durch die Sprache modulierte Frequenzspektrum durchzulassen. Ein anderes Verfahren, mit dem bisher günstige Ergebnisse erzielt worden sind, beruht auf der Verwendung einer Hochfrequenzmaschine als Schwingungserzeuger. Zahlreiche weitere Arbeiten betrafen die Stromversorgung, wobei erstrebt wurde, die vorhandenen Batterien und nach Möglichkeit die Stromquellen für die Verstärkerämter mit zu verwenden.

(II F.) Ein besonderer Geschäftskreis ist für physikalische Messungen und Untersuchungen gebildet. Es wurden die Baustoffe der Leitungen und Apparate untersucht, Proben von Kabeln, isolierten Drähten, von Isolierstoffen für den Bau von Apparaten, von Fernsprechkonden-

satoren, von Ersatzstoffen für Edelmetalle u. a. m. untersucht; ferner wurden Berechnungen über Leitungskonstanten ausgeführt und verschiedene Rechentafeln nach der Methode der Fluchtlinien entworfen, welche von der Firma „Stugra“, Berlin-Weidmannslust, gebrauchsfertig zu beziehen sind.

Zur Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragen aus dem Gebiet des *Funkwesens* sind bei der Abteilung II zwei Geschäftskreise eingerichtet (II G und II H).

(II G.) Zahlreiche Untersuchungen betrafen die Theorie ungedämpft schwingender gekoppelter Kreise bei Selbsterregung und Verfahren zu Hochfrequenzmessungen, insbesondere die Verhältnisse bei Röhrenregung. Weiter wurden für Hochfrequenzmeßzwecke Brücken und Differentialmethoden untersucht und ausgebildet, ferner die Verwendung von Elektronenröhren zu Meßzwecken näher geprüft. Weitere Untersuchungen betrafen die Messung und Herstellung von Phasenverschiebungen bei hohen Frequenzen. Andere Untersuchungen betrafen den Röhrengenerator, insbesondere die Frage des phasenreinen Senders. Es wurde die Brauchbarkeit der Dämpfungsmessungen mit gekoppelten Kreisen bei nicht genau phasenreiner Selbsterregung theoretisch und experimentell untersucht. Ferner wurden Schaltungen zur Erzeugung kurzweiliger ungedämpfter Schwingungen bis herab auf 2,4 m Wellenlänge ausgearbeitet. Untersuchungen über Antennen betrafen u. a. die Richtwirkungen der sogenannten geknickten Marconiantenne. Eine Richtwirkung war bei einer sehr genauen Untersuchungsmethode nicht festzustellen. Zur Dimensionierung von Großstationsantennen wurden Berechnungen der Strahlungsleistung vorgenommen. Das Leitvermögen des Erdreichs wurde in Abhängigkeit von der Frequenz bestimmt.

(II H.) Umfangreiche Untersuchungen betrafen die Ausbreitung elektromagnetischer Schwingungen, die atmosphärischen Störungen und die Anordnungen zu deren Beseitigung. Um Anhaltspunkte über die noch recht ungeklärten Ausbreitungsvorgänge zu erhalten, wurde eine objektive Methode zur quantitativen Messung der Empfangsstromstärke ausgearbeitet. Ferner wurden die atmosphärischen Störungen hinsichtlich ihrer Häufigkeit und Gleichzeitigkeit ihres Auftretens an verschiedenen Orten untersucht. Es zeigte sich, daß in Deutschland eine große Anzahl Störungen an verschiedenen Orten gleichzeitig und ohne ersichtliche Intensitätsunterschiede auftreten, daß also ihr Ursprung in großer Entfernung zu suchen ist. Durch gleichzeitige meteorologische Beobachtungen wurden die Beziehungen zwischen der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und den Vorgängen der Atmosphäre untersucht. Die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse lassen deutlich erkennen, daß bei gleichen Witterungsverhältnissen und Jahreszeiten ähnliche Störungsverhältnisse vorliegen.

(II J.) Die Fragen der *Pupinisierung* von Kabeln und Freileitungen, die Berechnung von Krarupkabeln, welche zur Erhöhung der Induktivität mit Eisendraht umspinnen sind, sowie die Ausführung von Messungen für die Fernsprechtechnik und Ausbildung und Prüfung der Methoden, die Normalisierung von Krarupkabeln sowie die Prüfung einzelner Apparate für Fernsprechzwecke bilden das Arbeitsgebiet eines weiteren Geschäftskreises.

(II L.) Ein *chemisches Laboratorium* ist zur Ausführung von Materialprüfungen eingerichtet, wie z. B. die Untersuchung von Schmierölen, Isolier- und Imprägnierstoffen, Rostschutzfarben, Kraftwagenbetriebsstoffen, Desinfektionsmassen, Farbenentferner, Kälteschutzmitteln, Klebstoffen, Firnis, Ölfarben, Papier, Putzmitteln, Sammlersäure, Tintenpulver, Wachs und vielen anderen Stoffen des Bedarfs im Betriebe der Post und der Telegraphie. Neben diesen Materialprüfungen sind andere technische und wissenschaftliche Fragen zu bearbeiten, wie die Korrosionserscheinungen in den Bleimänteln der Kabel, das Schadhafwerden von Zinklech in Großstädten unterhalb von Telegraphen- und Fernsprechleitungen, das auf schädliche Bestandteile der Großstadtluft zurückgeführt worden ist. Ferner waren in Kriminalfällen Gutachten des chemischen Laboratoriums erforderlich.

(II M.) Die Frage der *Stromversorgung* für den Telegraphen- und Fernsprechbetrieb bildet ein weiteres Arbeitsgebiet. Es wurden Einrichtungen entwickelt, die Telegraphenleitungen und die Mikrophone der Fernsprechapparate unmittelbar aus Starkstromnetzen zu speisen. Gut bewährt hat sich für diese Zwecke die Verwendung der Glimmlampen als Vorschaltewiderstände, da diese als Ventile wirken, welche in unbelastetem Zustande die Schwach- und Starkstromleitung völlig voneinander trennen und beim Einschalten der Schwachstromleitung wie ein hoher Vorschaltewiderstand wirken. Weiter wurden zahlreiche Untersuchungen über neue Sammlertypen angestellt.

(II N.) Die *Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Starkstromleitungen* macht größere Untersuchungen über die Influenz- und Induktionserscheinungen bei Kreuzungen und Näherungen, über den besonders störenden Einfluß von Wechselstrombahnen sowie die Aufklärung zahlreicher Einzelfälle von Betriebsstörungen, Betriebsunfällen, Zerstörungen von Kabeln durch vagabundierende Ströme erforderlich.

(II O.) In einem weiteren Geschäftskreis werden die wissenschaftlichen Fragen der *Telegraphie* bearbeitet. Hierher gehören Untersuchungen über die Telegraphiergeschwindigkeit in langen Seekabeln, über Maschinen- und Vielfachtelegraphen sowie Verwendung und Ausbau des Telegraphenleitungsnetzes. Insbesondere wurden Versuche über Vielfachtelegraphie mit

hochfrequentem und mit hörbarem Trägerstrom angestellt. Die Vielfachtelegraphie mit hörbarem Trägerstrom in Adern der eigentlich für Fernsprechzwecke bestimmten Fernkabel hat befriedigende Ergebnisse geliefert.

(II P.) Die *mechanische Materialprüfung* der zahlreichen Gegenstände des Telegraphen- und Postdienstbedarfs bildet das Arbeitsgebiet eines Geschäftskreises. Hier werden Festigkeits- und Dehnungsprüfungen an Telegraphenbauzeug, an Eisengestellen für den Ämterbau und an Drahtproben angestellt, Beleuchtungsanlagen für die Diensträume nach Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit untersucht, Feuerlöscher, Staubsaugeapparate, Bindfaden, Löschpapier und viele andere Gegenstände des Bedarfs einer großen Verwaltung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht geprüft.

Laboratorium des Direktors I.

Außer zur Bearbeitung von Sonderaufgaben der Telegraphen- und Fernsprechtechnik dient dieses Laboratorium zur Unterstützung der Abteilungen, insbesondere hinsichtlich der wissenschaftlichen Klärung von Fragen aus den verschiedenen Tätigkeitsgebieten. Die Arbeiten sind z. T. unter den einzelnen Geschäftskreisen miterwähnt. Sie betrafen in der Berichtsperiode die Entwicklung der Hochfrequenztelephonie auf Leitungen und Untersuchungen der elektrischen Eigenschaften von Leitungen und Kabeln bei hohen Frequenzen, theoretische und experimentelle Studien über die Erhöhung der Telegraphiergeschwindigkeit auf langen Kabeln (Belastung mit Induktivität, Verbesserung der Stromkurve, Röhrenverstärker, Gegensprechschaltungen), Studien über Anwendung von Kettenleitern zum Heraussieben eines vorgeschriebenen Frequenzbandes, insbesondere für die Hochfrequenztelephonie, die Frequenz der Sprechströme und den für eine hinreichend gute Sprachübertragung erforderlichen Frequenzbereich, die Leistung von Telefonen, ferner die Aufklärung des physikalischen Vorganges beim elektrischen Durchschlagen fester Isolierstoffe, sowie die Eigenschaften von Spulenleitungen, insbesondere bei ungleichmäßiger Verteilung der Pupinspulen über die Leitung.

Abteilung III, Fernleitungen.

Es ist bekannt, daß man mehrere Fernsprechleitungen, die zwei Orte verbinden, außer in den Stammdoppelleitungen durch Verwendung von Differentialschaltungen auch noch in Kombinationen von vier und sogar acht Adern verwenden kann; die praktische Durchführung dieser Betriebsweise stieß jedoch bis kurz vor dem Kriege auf Schwierigkeiten. Planmäßige Untersuchungen haben gezeigt, daß es für einen einwandfreien Doppelsprechbetrieb erforderlich ist, sowohl die beiden Zweige einer Doppelleitung als auch die zu kombinierenden Leitungen nach bestimmten Grundsätzen zu kreuzen. Da diese Gesichtspunkte

bei der Anlage der Fernsprechlinien ursprünglich nicht berücksichtigt worden sind, andererseits der mehrfachen Leitungsausnutzung eine außerordentliche wirtschaftliche Bedeutung zukommt, ist eine besondere Abteilung gebildet, welche die planmäßige Durcharbeitung des gesamten Fernsprechnetzes im Hinblick auf die Erfordernisse des Mehrfachbetriebes zur Aufgabe hat. Die Bedeutung dieser Maßnahmen geht am besten aus folgenden Zahlen hervor.

Geschützt wurden

im Jahre	km Linie	Leitung km	alte Vierer km	neue Vierer km
1920	6 143	(nicht ermittelt)	4 695	13 516
1921	22 481	133 811	15 611	34 405

Neu eingerichtet und in Betrieb genommen wurden

im Jahre	Vierer	Achter
1920	240	2
1921	450	11

Die Kosten für Aufstellung der Induktionschutzpläne und Ausführung der Schutzarbeiten betragen 1920 rund 3 Millionen Mark, 1921 rund 7 Millionen Mark. Für die Herstellung neuer Leitungen an Stelle der neuen Vierer und Achter hätten aufgewendet werden müssen: 1920 rund 72 Millionen Mark, 1921 rund 145 Millionen Mark. Für das Jahr 1922 können diese Angaben zurzeit noch nicht mitgeteilt werden.

Außer diesen Aufgaben werden bei der Abt. III noch andere die Fernleitungen betreffenden Fragen bearbeitet, so die Einrichtung zur raschen Störungseingrenzung, die Beschaltungspläne und die Aufstellung der Leitungsverzeichnisse.

Abt. IV, Funkwesen.

Die praktische Einführung der Funktelegraphie in den Betrieb der Reichstelegraphenverwaltung bildet das Arbeitsgebiet einer weiteren Abteilung. Hier werden die den Bau, die Inbetriebnahme und den Betriebsdienst des Reichsfunknetzes betreffenden Angelegenheiten bearbeitet, der Wirtschaftsanspruch und der Funkwetterdienst erprobt und in den Betrieb übergeführt, Bedienungsanweisungen aufgestellt und ferner der Auslandsfunkverkehr geregelt. Außer solchen organisatorischen Arbeiten erfordert dieser neue Betriebszweig auch zahlreiche Laboratoriumsuntersuchungen, nicht nur über die Brauchbarkeit der von den Firmen gelieferten Geräte, sondern auch über die Entwicklung der Verfahren und Geräte zum Senden, für die besonderen Bedürfnisse der drahtlosen Telephonie und der Schnelltelegraphie sowie für den Empfang. Aus dem umfangreichen Arbeitsgebiet dieser Ab-

teilung sei der Ausbau der Hauptfunkstelle Königswusterhausen herausgegriffen, die hinsichtlich der Zahl der gleichzeitig aufgestellten Sender zurzeit die größte Station der Welt ist. Die Antennenanlage ist zurzeit so gebaut, daß gleichzeitig elf Sender arbeiten können. Sie wird getragen von fünf 150 m hohen, einem 100 m hohen und vier 30 m hohen Türmen. Es sind vorhanden zwei 10/5-kW-Röhrensender, 5 zu 1 kW, mehrere zu 500 Watt sowie ein 4-kW-Poulsensender. Sämtliche Sender werden vom H. T. A. Berlin aus getastet, in Königswusterhausen wird nur die Anlage technisch überwacht. Der Poulsensender oder ein großer Röhrensender dient dem drahtlos telephonischen Wirtschaftsandruchsdienst und wird von der Eildienst-G. m. b. H. von deren Geschäftsräumen aus über eine gewöhnliche Fernsprechleitung besprochen. Die Hauptfunkempfangsstelle befindet sich in Zehlendorf. Es wird Rahmenempfang verwendet und Duplexbetrieb derart, daß nach jeder Richtung gleichzeitig in Königswusterhausen gesendet und in Zehlendorf empfangen wird.

Abt. V, Apparatbau.

Bei dieser Abteilung werden die Telegraphen- und Fernsprechapparate sowie die Amtseinrichtungen entwickelt. Diese Arbeit erstreckt sich sowohl auf die Neukonstruktion, die Prüfung von Verbesserungsvorschlägen und von Probestücken, als auch insbesondere auf die mit der Neuanlage und der Erweiterung von Telegraphen- und Fernsprechämtern zusammenhängenden umfangreichen Planfeststellungs- und Konstruktionsarbeiten. Die Tätigkeit dieser Abteilung ist außerordentlich umfangreich. Die Gliederung der Geschäftskreise entspricht den zu bearbeitenden Aufgaben: Materialienverwaltung und Leitung der Versuchswerkstätten, Messungen an Apparaten, Entwicklungs-, Konstruktions- und Fabrikationsfragen über Sprechstellenapparate, Amtsapparate, Vielfach-Umschalter für Zentral- und Ortsbatteriebetrieb und Amtseinrichtungen, Auskunden und Entwerfen neuer Amtseinrichtungen einschließlich der Fernamtseinrichtungen für zahlreiche Neuanlagen und Erweiterungen, Aufstellung der Pläne, Festsetzung der Schaltungen und Feststellung des Apparatbedarfs für diese Anlagen, Überwachung der Bauausführungen, Planung, Aufbau und Untersuchung selbsttätiger Vermittlungsämter, Vereinheitlichung der Einrichtungen für Nebenstellen im Aufbau und Betrieb, Bearbeitung der Anträge auf Einrichtungen von größeren reichseigenen Nebenstellen- und Reihenanlagen, ferner die Weiterentwicklung der Telegraphenapparate und -betriebsweisen sowie des Telegraphenamtbaus.

Abt. VI, Linienbau.

Bei dieser Abteilung wird die Technik des oberirdischen und unterirdischen Telegraphenbaus die Regelung des Baudienstes und das Planwesen für Neuanlagen, größere Veränderungen

wie Verkabelung, Umlegen usw. bearbeitet. Die Technik des oberirdischen Telegraphenbaus umfaßt außer der Erledigung der laufenden Geschäfte, der Beratung der Oberpostdirektionen, auch die Prüfung und Begutachtung von Neuerungen und Erfindungen aus dem Telegraphenbauwesen. Hierher gehören Untersuchungen über Telegraphenstangen aus Eisenbeton, über Mastfüße, Aussprengen von Stangenlöchern, Luftkabelanlagen, Isolierlacke usw. Ferner werden bei dieser Abteilung statische Berechnungen für Masten und Leitungen aufgestellt zur Überbrückung großer Entfernungen, z. B. des Rheins, sowie zur bruchsicheren Überführung von Starkstromleitungen bei Kreuzungen mit Schwachstromleitungen. Bei dieser Abteilung sind auch die für die bruchsichere Führung von Hochspannungsleitungen über Reichs-Telegraphen- und Fernsprechleitungen geltenden Bestimmungen ausgearbeitet worden. Für die Zwecke des unterirdischen Telegraphenbaus werden Fragen über das Mischungsverhältnis für Zementformstücke, über besondere Zementsorten, über Einziehen von Bleikabeln in Zementkanäle, über Festigkeit der Brunnenabdeckungen, über Form und Verwendung von Abzweikästen, Kabelendverschlüssen, Linien-, Kabel- und Endverzweigern, Kabelüberführungsver Schlüssen usw. unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, Betriebssicherheit, genügender Isolation und möglichst geringen Raumbedarfs untersucht. Die Schutzmaßnahmen gegen Starkstrom werden zum Teil auf Rechnung der Reichstelegraphenverwaltung ausgeführt. Die Überwachung und Wahrung der Wirtschaftlichkeit durch Prüfung der Kostenanschläge und Rechnungen und Verhandlungen mit den Unternehmern über wirtschaftliche Gestaltung der Sicherheitsmaßnahmen liegt gleichfalls dieser Abteilung ob. Im Jahre 1921 mußten z. B. von 145 eingereichten Rechnungen 135 beanstandet werden, welche bei einem Gesamtbetrag von 339 295 M. insgesamt um 206 504 M. zu hoch waren.

Abt. VII, Apparatbeschaffung.

Die Aufgaben dieser Abteilung waren nach Kriegsende infolge des plötzlich eintretenden außerordentlich hohen Bedarfs und der unsicheren Währungs- und Preisverhältnisse außerordentlich schwierig. Die Preisbildung mußte auf ganz neue Grundlagen gestellt werden, ebenso die Preisverzeichnisse. Von großer Bedeutung war auch die rechtzeitige Eindeckung mit den erforderlichen Rohstoffen, Wertmetallen und Fertigfabrikaten. Außer den Verhandlungen mit den Lieferfirmen, der sachlichen und rechnerischen Behandlung der Rechnungen über neu gelieferte und instandgesetzte Apparate und Apparateile sowie über die technische Einrichtung, Erweiterung und den Umbau von Telegraphen- und Fernsprechämtern werden bei der Abt. VII auch Prüfungen über die mechanischen und elektrischen

Eigenschaften der gelieferten Apparate usw. (Abnahmeprüfungen) vorgenommen.

Abt. VIII, Bauzeugbeschaffung.

Um den Schwierigkeiten, die durch die starke Abnutzung der Telegraphen- und Fernsprechanlagen, die große Unübersichtlichkeit der Marktverhältnisse, Preisschwankungen und Arbeitseinstellungen hervorgerufen worden waren, gerecht zu werden und um die angesichts der Finanzlage gebotene Wirtschaftlichkeit zu erreichen, war in den Jahren 1920 und 1921 die Zusammenfassung der Beschaffung des Bauzeugs beim Telegraphentechnischen Reichsamt durchgeführt worden. Der Bedarf für das Rechnungsjahr 1921 betrug in Millionen Mark:

Porzellandoppelglocken	5,75
verzinkter Eisendraht	22
Hartkupfer- und Bronzedraht	229,7
Telegraphen- und Fernsprechkabel	321,5
Kabel besonderer Bauart	10,2
Trockenelemente	25,9
Kleineisenzeug	50,0
Telegraphenstangen	56,9

dazu kommen noch einige kleinere Posten, so daß sich zusammen ein Gesamtbedarf von 743 Millionen Mark ergab. Bei der Deckung dieses für damalige Verhältnisse großen Bedarfs traten die Vorteile der Zusammenfassung an einer Stelle deutlich hervor. Von tiefgreifender Bedeutung war auch die rechtzeitige Eindeckung und Anpassung an die Marktlage. Im Jahre 1921 wurde so durch günstige Kupferkäufe eine Ausgabeersparnis von nahezu 40 Millionen Mark erzielt. Alle für das Beschaffungswesen in Betracht kommenden Vorgänge des Wirtschaftslebens, Preis-, Absatz- und sonstige Abmachungen der Erzeuger und Lieferer, Geschäftsberichte, Zusammenschlüsse, Neugründungen, Kapitalserhöhungen, Lohnbewegungen, Bank- und Börsenwesen, Arbeitsmarkt, Verkehrswesen, Frachten usw. werden genau beachtet. Ferner wurden durch Vereinfachung des Abrechnungsverfahrens wesentliche Vorteile erzielt.

Physikalische Mitteilungen.

Das Spektrum des Heliums im extremen Ultraviolett.
Nachdem über das Spektrum des Heliums und die damit zusammenhängenden Fragen nach der Struktur des Heliumatoms in dieser Zeitschrift (siehe Naturw. 1922, S. 851 u. S. 416 u. 1920, S. 866) schon verschiedentlich berichtet worden ist, scheint es unerlässlich, auch von den neuesten Ergebnissen auf diesem Gebiete Mitteilung zu machen, zumal da durch dieselben unsere Kenntnisse nicht nur wesentlich erweitert und ergänzt werden, sondern auch in wichtigen Punkten eine Berichtigung erfahren. Wieder verdanken wir *Th. Lyman* (*Science* (N. S.) 167—168, Nr. 1441, 1922, siehe auch *Nature* Aug. 1922) diesen neuen Fortschritt, dem es durch einen Kunstgriff gelungen ist, eine Anzahl neuer Linien im extremen Ultraviolett zu finden, und zwar außer der starken Linie bei der Wellenlänge

$\lambda = 584,4 \text{ \AA. E.}$, die identisch ist mit der schon früher bei $\lambda = 585 \text{ \AA. E.}$ gefundenen Linie, drei weitere Linien bei $\lambda = 537,1, 522,3$ und $515,7 \text{ \AA. E.}$, außerdem eine schwache und verschwommene Linie bei $600,5 \text{ \AA. E.}$

Die Schwierigkeit, die dabei zu überwinden war, ist folgende. Wie schon in dem Bericht Naturwissenschaften 1922, S. 416 auseinandergesetzt war, verwendet Lyman einen Vakuumgitterspektrographen, der zur Untersuchung des Heliumspektrums bisher ganz mit Helium von etwa 1 mm Druck gefüllt wurde. Das hatte zur Folge, daß das Licht der Absorptionslinien des Heliums — und gerade um diese handelt es sich hier — auf dem langen Wege von der Lichtquelle bis zur photographischen Platte vom Helium wieder absorbiert wurde und infolgedessen nicht beobachtet werden konnte. Neuerdings hat nun Lyman die Lichtquelle in einem beson-

geht unzweifelhaft daraus hervor, daß die aus dem sichtbaren Spektrum bekannten Differenzen der Terme mP übereinstimmen mit der Differenz der Wellenzahlen der neuen Linien, es ist also:

$$\frac{1}{537,1} - \frac{1}{584,4} = 2P - 3P,$$

$$\frac{1}{522,3} - \frac{1}{537,1} = 3P - 4P$$

usw.

Noch deutlicher und klarer werden diese Zusammenhänge, wenn wir uns nach dem Vorgange von Bohr einer graphischen Darstellung bedienen und, wie es in Fig. 1 geschehen ist, die Werte der Terme, die bis auf einen Proportionalitätsfaktor identisch sind, mit den Energien der entsprechenden Quantenbahnen, auf hori-

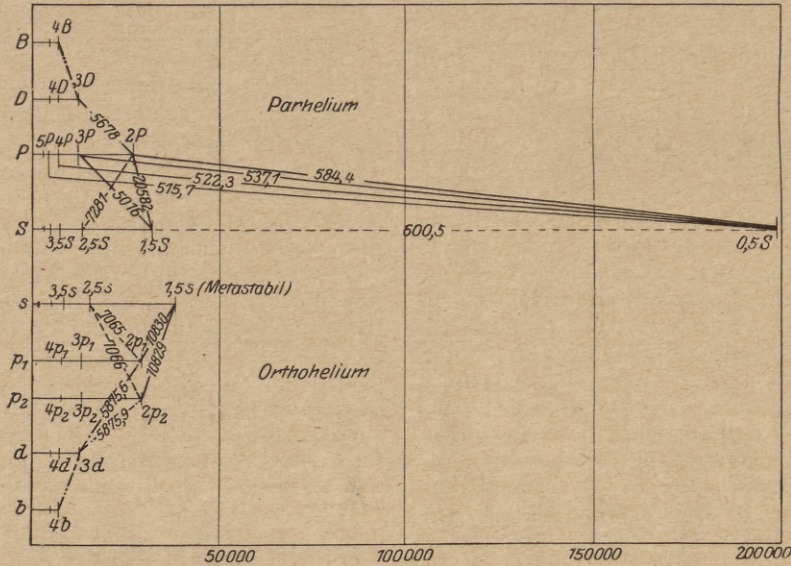


Fig. 1. Graphische Darstellung des He-Spektrums. Von einer vertikalen Nulllinie aus sind auf horizontalen Graden die Werte der Terme in Wellenzahleneinheiten (cm^{-1}) aufgetragen und durch kurze Vertikalstriche markiert. Die Terme, zwischen denen Übergänge unter schräge gerade Linien miteinander verbunden, an denen die Wellenlängen der entsprechenden Spektrallinien in \AA. E. eingetragen sind. Es sind — Linien der Hauptserien, - - - Linien der I. Nebenserien, . . . Linien der II. Nebenserien, — · — · Linien der Bergmannserien.

deren Raum aufgestellt, der von dem eigentlichen Spektrographen bis auf den engen Schlitz des optischen Spaltes völlig abgetrennt ist. Im Raum der Lichtquelle strömt He dauernd zu, während es im eigentlichen Spektrographen mit starken Pumpen abgepumpt wird. Nach dieser Methode, die ja auch von W. Wien bei seinen Untersuchungen über die Leuchtdauer der Kanalstrahlen mit Erfolg angewandt worden ist, gelingt es, im Raum der Lichtquelle einen Druck von etwa 1 mm aufrecht zu erhalten, der zum Betrieb des Geißlerrohres völlig ausreicht, den eigentlichen Spektrographenraum aber praktisch gasfrei zu halten.

Bei dem Versuch der Einordnung der neuen Linien in das Serienspektrum des Heliums zeigt sich nun, daß die vier ersten Linien tatsächlich als die ersten Glieder der eigentlichen Haupt- und Absorptionsserie des Parheliums aufgefaßt werden müssen. In der nach Paschen üblichen Terminologie sind die Wellenzahlen ν (reziproke Wellenlängen) dieser Serie $\nu = 0,5 S - mP$ ($m = 2, 3, 4, 5, \dots$)¹⁾. Die Richtigkeit dieser Zuordnung

zontalen Geraden von einer links gelegten Nulllinie aus auftragen. Der Übergang eines Elektrons von einer Quantenbahn zu einer anderen wird angedeutet durch die gerade Verbindungslinie zwischen den diesen Bahnen entsprechenden Termen; die Wellenlängen der Spektrallinien, die diesem Übergang entsprechen, sind an den Verbindungslinien angeschrieben. Man sieht also, daß die neuen von Lyman gefundenen Linien in Emission von den Termen $2P, 3P, 4P, 5P$ nach dem Term $0,5 S$ führen. Dabei entspricht dem Term $0,5 S$ der Dauerzustand des He-Atoms, so daß also auch der umgekehrte Übergang als Absorptionsprozeß im unerregten Gase möglich ist, was mit den eingangs erwähnten Tatsachen über die Absorption dieser Linien

zahlen beibehalten. Da dieselbe aber auch in dem soeben neu erschienenen Buche von Paschen über die Seriengesetze angegeben ist, so wäre es wohl richtiger zu schreiben

	statt $0,5 S$	$1,5 S$	$2,5 S$
		$1 S$	$2 S$
		$2 S$	$3 S$
und statt	$1,5 s$	$2,5 s$	$3,5 s$
	$2 s$	$3 s$	$4 s$

¹⁾ Anm. b. d. Korr. Wir haben hier für die S -Terme noch die bisher übliche Bezeichnung mit halben Lauf-

im Einklange ist. Nach dieser Einordnung der neuen Linie läßt sich nun auch die Größe des Termes $0,5 S$ als Grenze der Serie berechnen. Diese ist ein Maß für Energie des Heliumatoms im Dauerzustand oder auch für die Arbeit, die man leisten muß, um ein Elektron vom Heliumatom zu entfernen, d. h. das Atom zu ionisieren. Die Ionisierungsarbeit ist nun von verschiede-

kehrt, wobei die freiwerdende Energie nicht in Strahlung, sondern in kinetische Energie der zusammenstößenden Teilchen oder in Anregungsenergie des stoßenden Teilchens umgewandelt wird. Die nunmehr erzielte Übereinstimmung zwischen den auf rein optischem Wege gefundenen und nach der Methode des Elektronenstoßes ermittelten Werten zeigt die Tabelle 1.

Tabelle 1.

Von Lyman beobachtete Linien	Serienbezeichnung	Berechnete Anregungsspannungen	Von Franck und Knipping gemessene Anregungsspannungen, vermindert um 0,7 Volt	Bemerkungen
—	$0,5 S - 1,5 s$	19,77 Volt	19,75 Volt	Umwandlungsspannung, der keine Strahlung entspricht.
600,5 Å. E.	$0,5 S - 1,5 S$	20,55 "	20,55 "	Durch Auswahlprinzip verboten, daherlichtschwach.
584,4 "	$0,5 S - 2 P$	21,12 "	21,2 "	Erstes Glied der Absorpt.-Serie, daher stark.
537,1 "	$0,5 S - 3 P$	22,97 "	22,9 "	Zweites Glied der A.-S.
522,3 "	$0,5 S - 4 P$	23,62 "	—	Drittes Glied der A.-S.
515,7 "	$0,5 S - 5 P$	23,92 "	—	Viertes Glied der A.-S.
(502 Å. E.) berechnet	$0,5 S$	24,5 "	24,6 "	Seriengrenze, Ionisierungsspannung.

denen Seiten, von J. Franck u. P. Knipping sowie von Frank Horton und A. Davies gemessen worden, und es ergab sich der Wert 25,3 Volt. Aus der obigen Einordnung der neuen Linien ergibt sich nun aber, aus dem Wert des Termes $0,5 S$ berechnet, für die Ionisierungsspannung der Wert 24,5, so daß zwischen den beiden Werten eine Differenz von 0,8 Volt besteht. Dasselbe gilt für die Voltwerte, die sich für die Übergänge von $0,5 S$ nach $2 P$ und $3 P$ aus dem Elektronenstoßverfahren ergeben hatten und die auch um 0,8 Volt größer sind als die Werte, die sich aus der Frequenz der neuen Linien berechnen lassen. Zu dieser Sachlage hat nun J. Franck in einer soeben in der Ztschr. f. Phys. 11, 155, 1922 erschienenen Arbeit Stellung genommen. Der Widerspruch zwischen den nach verschiedenen Methoden erhaltenen Resultaten läßt sich erfreulicherweise beheben. Franck zeigt, daß bei der Festlegung der Absolutwerte der beim Elektronenstoßverfahren gemessenen Spannungen ein Irrtum in der Deutung der Versuchsergebnisse unterlaufen war, so daß tatsächlich die gemessenen Voltwerte um 0,8 oder noch richtiger um 0,7 Volt zu vermindern sind. Auf Einzelheiten dieser Überlegungen von Franck einzugehen, würde hier zu weit führen. Er kann weiter zeigen, daß die Linie $\lambda = 600,5$, die bisher uneingeordnet blieb, entsteht beim Übergang von $1,5 S$ nach $0,5 S$. Dieser Übergang zwischen zwei Bahnen desselben Typus ist nach dem Auswahlprinzip eigentlich verboten, daraus erklärt sich das schwache und verschwommene Aussehen der Linie. Schließlich verdient es noch Erwähnung, daß eine Linie, die dem Übergang von $1,5 s$ oder $2 p$ nach $0,5 S$, also einem Übergang von einer Bahn des Orthoheliums nach einer Bahn des Parheliums entsprechen würde, nicht auftritt. Diese Tatsache ist eine neue Stütze für die Richtigkeit der Überlegungen von Franck, Knipping und Reiche über die Metastabilität des Zustandes $1,5 s$ des Orthoheliums. Ist das He-Atom durch den Stoß eines Elektrons in den dem Term $1,5 s$ entsprechenden Quantenzustand gebracht worden, so bleibt es in diesem so lange, bis bei einem weiteren Zusammenstoß des angeregten Atomes mit irgendeinem anderen Atom oder Molekül das angeregte He-Atom wieder in den dem Term $0,5 S$ entsprechenden Dauerzustand zurück-

kehrt. Man kann wohl sagen, daß dieselbe eine vollständige ist, und wird annehmen dürfen, daß der nunmehr erreichte Zustand ein endgültiger ist. Aufgabe der Theorie wird es nun sein, das Heliumatom zu ersinnen und durchzurechnen, das diesen Versuchsergebnissen entsprechende Werte für Ionisierungsspannung und Terme ergibt. Da hierzu die eifrigsten Bestrebungen im Gange sind, darf man hoffen, daß auch dies Ziel in nicht zu ferner Zeit erreicht werden wird. Allerdings scheint es, nach Rechnungen von van Vleck (Phil. Mag. 44, 842, 1922), als ob die Erwartungen, die man in dieser Hinsicht an das neue Bohrsche Modell des Heliumatoms geknüpft hat, nicht ganz in Erfüllung gehen, doch wird man gut tun, abzuwarten, bis Bohr und Kramers zu dieser Arbeit selbst Stellung genommen haben.

W. Grotrian.

Astronomische Mitteilungen.

Die Spektren der schwächeren Komponenten von Doppelsternsystemen. Es ist eine oft behandelte Frage, welchem Spektraltypus die schwächeren Komponenten von Doppelsternsystemen angehören, ob einem „früheren“ oder einem „späteren“ als der hellere Hauptstern, wobei früher und später im Sinne der Reihenfolge B A F G K M gemeint ist. Eine Entscheidung dieser Frage ist wichtig im Hinblick auf die Anschauungen über die Entstehung und Entwicklung der Doppelsternsysteme im besonderen wie der Sterne überhaupt. Im allgemeinen schien bisher die Regel zu gelten, daß die schwächere Komponente vom späteren Typus sei; doch waren der bekannten Ausnahmen zu viele, als daß es sich hier wirklich um ein Gesetz handeln konnte. An 238 visuellen Systemen untersucht nun neuerdings Frederick C. Leonard die Verhältnisse (*An investigation of the spectra of visual double stars*, Lick Obs. Bulletin Nr. 343). Die Daten für 80 Systeme entstammen eigenen Beobachtungen des Verfassers mit einem Einprismenspaltspektrographen am 36-Zöller des Lickobservatoriums, für die übrigen 158 Paare wurden sie den bekannten Listen von Harvard und Mt. Wilson entnommen. Das Material ist auf das sorgfältigste diskutiert und die Ergebnisse sind an

Hand verschiedener Tabellen und Diagramme klar dargestellt. Wir wollen hier nur zwei Punkte herausgreifen.

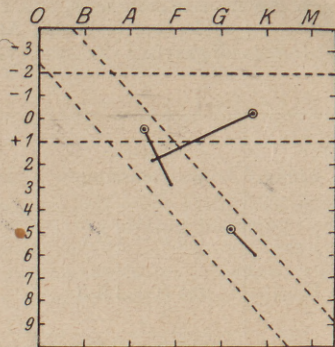
1. Gruppiert man die Sterne nach dem Spektraltypus der helleren Komponente, so zeigt die schwächere Komponente:

in 77 Fällen = 31% der Gesamtzahl das gleiche Spektrum
 „ 85 „ = 34% „ „ ein späteres „
 „ 88 „ = 35% „ „ „ früheres „

Es scheint also gar keine Gesetzmäßigkeit obzuwalten. Prüft man aber, soweit dies möglich ist, die absoluten Helligkeiten der Komponenten, so zeigt sich, daß in der dritten Gruppe fast ausschließlich Sterne mit großer Leuchtkraft, Riesen, vertreten sind, in der zweiten dagegen fast nur absolut schwache Sterne, Zwerge, während sie in der ersten Gruppe etwa gleichförmig gemischt erscheinen. Damit ist der Weg zur richtigen Lösung des Problems gezeichnet, und ihn in der sofort zu besprechenden Weise beschriftet zu haben, dürfte als das Hauptverdienst der vorliegenden Arbeit angesehen werden.

2. Wählt man nämlich die Sterne mit bekannter Parallaxe — es sind dies 85 Systeme — aus und gruppiert sie nach absoluter Helligkeit und Spektraltypus, so ergibt sich das bekannte Bild des Russellschen Diagramms: In einer Figur mit den Spektraltypen als Abszissen und den absoluten Helligkeiten als Ordinaten liegen die Bildpunkte der Sterne in zwei Streifen von je etwa drei Größenklassen Breite verteilt (in der nebenstehenden Figur punktiert gezeichnet), die „Riesen“ in einem horizontalen Streifen, die „Zwerge“ in einem schräg nach abwärts laufenden. Verbindet man aber in unserem Falle jeweils die beiden zusammengehörigen Bildpunkte eines Doppelsternsystems miteinander, so liegen auch diese Geraden innerhalb der Streifen und verlaufen an gleichen Stellen des Feldes nahezu parallel. Die Fig. 4 der Arbeit ist leider zu groß, als daß wir sie hier wiedergeben könnten. Durch einige leicht auszuführende Rechnungen habe ich daher für den vorliegenden Zweck das Wichtigste in eine kleine Tabelle und eine entsprechende Figur zusammengefaßt. Nach Ausscheidung einiger abweichender Werte lassen sich drei Hauptgruppen unterscheiden, für welche die Daten jeweils gemittelt wurden, so daß jede Gruppe in unserer Tabelle und Figur durch einen „typischen“ Stern vertreten wird, dessen Eigenschaften gleich dem Mittel der ganzen Gruppe sind.

Unter i und l schließlich stehen die mittleren Neigungswinkel und Längen der als Vektoren mit dem Anfang im Hauptstern aufgefaßten Verbindungslinien der beiden Bildpunkte.



Die drei typischen Doppelsternsysteme im Russellschen Diagramm.

Die Schlüsse, welche sich aus Tabelle und Figur ziehen lassen, können wohl ohne Kommentar hingeschrieben werden. a und b finden sich bei Leonard, c füge ich hinzu.

a) In fast allen Doppelsternsystemen geht die lichtschwächere Komponente der lichtstärkeren im Sinne der Lockyer-Russellschen Auffassung der Sternentwicklung voran. Da nach allgemeinen Erfahrungen die lichtschwächere Komponente zugleich auch die kleinere Masse hat, bestätigt sich damit die Ansicht, daß

b) ein Stern um so rascher die einzelnen Entwicklungsstufen durchläuft, d. h. um so rascher altert, je kleiner seine Masse ist.

Die Länge l der Verbindungslinien kann in gewissem Sinne als ein Ausdruck dafür angesehen werden, wie stark die schwächere Komponente der stärkeren in der Entwicklung voraneilt. Man sieht, daß der Abstand der Bildpunkte, der im Anfang sehr groß ist (entsprechend mehr als zwei Spektralklassen, d. h. Entwicklungsstufen), immer kleiner wird und schließt:

c) Der Übergang von einer Spektralklasse = Entwicklungsstufe zur anderen erfolgt um so langsamer, je älter der Stern schon ist. Ebenso wie der Reihe der Spektralklassen durchaus keine gleichförmige Reihe der effektiven Sterntemperaturen entspricht, so darf also auch die Wanderung des Bildpunktes in den Streifen des Russellschen Diagramms nicht als gleichförmig mit der Zeit fortschreitend gedacht werden.

Gruppe	Hauptbereich	Anzahl	Sp (A)	M (A)	Sp (B)	M (B)	i	l
Riesen	M bis F	17	G 7	-0,2	A 5	+1,8	25°	2,4
Riesen/Zwerge	B und A	13	A 3	+0,4	A 9	+2,9	110	1,6
Zwerge	F bis M	41	G 2	+4,8	G 7	+6,0	135	0,8

Die erste Gruppe umfaßt die ausgesprochenen Riesen, die dritte die ausgesprochenen Zwerge; die zweite stellt das Übergangsstadium dar, sie enthält die Sterne, deren Bildpunkte die von beiden Streifen überdeckte Spitze des Keiles ausfüllen.

Sp (A) und Sp (B) sind die Spektren der hellen bzw. schwächeren Komponente.

M (A) und M (B) sind die abs. Größen der hellen bzw. schwächeren Komponente.

H. Kienle.

Berichtigung.

In dem Aufsatz von E. Bratke und E. Waetzmann (11, 225, 1923) muß die Unterschrift unter den Figuren 13-16 heißen:

nicht Mittelzonen überkorrigiert — sondern unterkorrigiert,
 Randzonen unterkorrigiert — sondern überkorrigiert.