

unerlaubten weiß geblieben. Die Kurven  $L_1$ ,  $M_1$ ,  $N_1$  bis  $L_n$ ,  $M_n$ ,  $N_n$  stellen den Potentialverlauf zwischen den Atomen dar. In dem uns interessierenden Fall eines Isolators ist das oberste Elektronen enthaltende Band (Band  $B$  in Fig. 1) durch 2  $n$ -Elektronen besetzt („voll besetzt“). Wichtig für das Weitere ist noch der folgende Umstand: Jedem der 2  $n$ -Terme, die zu einem Band gehören, ist ein sog. reduzierter Ausbreitungsvektor zugeordnet. Bei optischen Übergängen muß dieser Vektor nach Richtung und Größe unverändert bleiben<sup>1)</sup>. Also kann ein Elektron von einem Band zum anderen nur dann übergehen, wenn der Übergang von einem Term des einen Bandes zu einem ganz bestimmten Term des anderen Bandes stattfindet, und zwar zu dem Term, der denselben Ausbreitungsvektor hat wie der Term, aus dem das Elektron kommt. — Es läßt sich zeigen, daß bei einem idealen Kristall der eben gekennzeichneten Art ein Auftreten der Lumineszenz nicht zu erwarten ist. Denn wenn ein Elektron durch Absorption aus dem besetzten Band  $B$  in ein darüberliegendes unbesetztes Band  $A$  (Leitfähigkeitsband) gelangt, so kann man sich entweder vorstellen, daß es sofort wieder zurückfällt, wobei eine Resonanzfluoreszenz auftreten würde, die phänomenologisch von einer Lichtstreuung nicht zu unterscheiden und infolge Reabsorption nur sehr lichtschwach wäre; wahrscheinlicher ist aber, daß das ins obere Band gelangte Elektron nicht seine Energie behält und sodann unter Beibehaltung seines Ausbreitungsvektors auf den ursprünglichen Term zurückfällt, sondern daß es infolge Wechselwirkung mit dem Gitter unter Abgabe eines Teiles seiner Energie an den unteren Rand des oberen Bandes diffundiert. Denn das obere Band ist ja unbesetzt, und es bestehen für das Elektron keine Hindernisse, von einem Term zum anderen herunterfallend, an den unteren Rand des Bandes zu gelangen. Entsprechend rückt auch das im besetzten Bande übriggebliebene Loch an den oberen Rand dieses Bandes. Nunmehr kann aber ein Zurückfallen des Elektrons in das untere Band unter Lichtemission nicht mehr stattfinden, denn der Ausbreitungsvektor des Terms, auf dem das Elektron jetzt sitzt, stimmt nicht mehr mit dem Ausbreitungsvektor des Terms überein, in dem sich das Loch befindet. Bleibt das Elektron im oberen Band, so wird es über kurz oder lang unter Abgabe seiner Energie in Form von Wärme, d. h. also ohne Aussendung einer Strahlung, in das untere Band zurückkehren<sup>2)</sup>. Wir sehen somit, daß bei einem Idealkristall eine Lumineszenz nicht auftreten kann.

Die Kristallphosphore gewinnen ihre Lumineszenzfähigkeit durch eine Aktivierung, d. h. durch Einbau geeigneter Fremdatome, so daß man die

<sup>1)</sup> Diese Auswahlregel besagt, daß bei einem optischen Übergang der Impulsaustausch der Elektronen mit dem Gitter so groß ist, daß der Ausbreitungsvektor gerade konstant bleibt. Der Ausbreitungsvektor hängt mit dem Impuls der Elektronen zusammen.

<sup>2)</sup> Vgl. hierzu Näheres bei RIEHL u. SCHÖN, l. c.

Lumineszenz mit diesen eingebauten Atomen in Verbindung bringen muß. Die Fremdatome werden ihre Terme, abgesehen von energetischen Verschiebungen und Aufspaltungen infolge der Kristallfelder, als solche beibehalten. Denn für sie werden die resonanzartigen Wechselwirkungen infolge der Gitterperiodizität wegfallen, die zur Ausbildung der Energiebänder des Grundgitters führen. An den Störstellen werden also diskrete Terme auch innerhalb der verbotenen Zonen liegen können. Diese diskreten Terme sind für das Zustandekommen der Lumineszenzfähigkeit verantwortlich. Dies hängt im wesentlichen damit zusammen, daß die durch die Ausbreitungsvektoren bedingten Auswahlregeln, die bei einem Übergang von Band zu Band Geltung haben, bei Übergängen zwischen diskreten Termen und Bändern nicht mehr gelten, so daß Hemmungen für die optischen Übergänge zwischen diskreten Termen und Bändern nicht bestehen. Wir wollen nun den Einfluß eines solchen Terms (Term  $C$  in Fig. 1) betrachten. Es bestehen zwei Möglichkeiten, nämlich daß der betreffende Term, der als „Störterm“ bezeichnet wird, im nicht angeregten Zustand besetzt ist oder daß er unbesetzt ist. Verschiedene Gründe, die hier nicht erörtert zu werden brauchen, sprechen dafür, daß es sich um einen besetzten Term handelt. Es wird ferner angenommen, daß der besetzte Störterm nur wenig oberhalb des besetzten Bandes liegt, so daß unmittelbar nach der Anregung (d. h. nach dem Übergang eines Elektrons aus dem Band  $B$  in das Band  $A$ ) das Elektron aus dem Störterm in das Band  $B$  übergeht und dieses auffüllt. Diese letztere Annahme, die infolge ihrer Leistungsfähigkeit bei der Erklärung der Lumineszenzvorgänge sehr viel für sich hat, erscheint auf Grund der heutigen Kenntnis noch nicht begründbar und muß als Postulat hingenommen werden.

Für den Leuchtvorgang ergibt sich aus dem Obigen folgendes Bild: Nach der Absorption eines Lichtquants im Grundgitter des Kristallphosphors wird ein Elektron in das Leitfähigkeitsband gehoben, wo es, wie wir annehmen müssen, in einer gegen die Verweilzeit im oberen Band kleinen Zeit an den unteren Rand diffundiert. Das Loch im unteren Band wird entweder sofort oder nach der Diffusion an den oberen Rand des Bandes aus einem Störterm aufgefüllt. Die Strahlungsemission findet beim Übergang des Elektrons aus dem Leitfähigkeitsband in den frei gewordenen Störterm statt.

Diese hier nur in aller Kürze skizzierte Vorstellung hat eine weitgehende Erklärung sehr vieler auf dem Gebiet der Lumineszenz liegenden Phänomene möglich gemacht. Die uns hier interessierende Energiewanderung erklärt sich aus dieser Vorstellung vollkommen zwanglos, denn das an irgendeiner Stelle aus dem besetzten Band  $B$  durch den Absorptionsakt herausgelöste Elektron gelangt ja gemäß diesem Modell ins Leitfähigkeitsband  $A$ . Innerhalb dieses unbesetzten Leitfähigkeitsbandes kann es nun an die Störstelle wandern

und dort auf den unbesetzt gewordenen Störterm herunterfallen. So erklärt sich also sowohl die Tatsache der Energiewanderung als solche als auch der Umstand, daß die Energie nicht irgendwohin, sondern gerade zu der Störstelle wandert und dort den Emissionsvorgang verursacht.

Bei den Energiewanderungserscheinungen auf anderen Gebieten, wie bei Genen, Chlorophyllkomplexen und polymerisierten Farbstoffen, sind die Verhältnisse naturgemäß sehr viel unübersichtlicher. Doch in einem wesentlichen Punkt dürfte eine Ähnlichkeit mit dem eben skizzierten Modell der Phosphore bestehen. Denn auch bei den organischen Molekülkomplexen hat man es mit

einer großen Folge periodisch aufeinanderfolgender Atome zu tun, wobei diese Periodizität an bestimmten Stellen unterbrochen wird. Solche Unterbrechungen der Periodizität wären somit den „Störstellen“ gleichzusetzen. Man kann also erwarten, daß die an den Phosphoren entwickelten Vorstellungen in ihren Grundzügen auch für die Erklärung der Energiewanderung bei den anderen hier beschriebenen Systemen herangezogen werden können<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Wegen einiger weiteren Hinweise auf Ähnlichkeiten der energetischen Struktur von Kristallen mit der der Riesemoleküle sei auf die Mitteilung von P. JORDAN in Naturwiss. 26, 693 (1938) verwiesen.

## Die Jahresringe der Bäume als Mittel zur Feststellung der Niederschlagsverhältnisse in der Vergangenheit, insbesondere in Deutsch-Südwestafrika.

VON HEINRICH WALTER, Stuttgart.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die jährlich gebildete Holzmasse bei den Bäumen der gemäßigten Klimazone einen auf dem Stammquerschnitt deutlich erkennbaren Jahresring bildet. Das Alter eines gefällten Baumes läßt sich deshalb leicht feststellen, wenn man die Zahl der Jahresringe auf dem Baumstumpf bestimmt.

Bei näherer Betrachtung der einzelnen Jahresringe wird man dabei leicht die Beobachtung machen, daß ihre Breite durchaus nicht gleich ist: Oft folgen auf eine Reihe breiter Jahresringe ganz schmale; zuweilen ist der Übergang von den einen zu den anderen ein allmählicher, zuweilen ein ganz plötzlicher. Wie lassen sich diese Schwankungen des Holzzuwachses erklären, und auf die Einwirkung welcher Faktoren sind sie zurückzuführen?

Der Jahreszuwachs des Holzes und damit auch die Breite eines Jahresringes wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Unter diesen wären zu nennen: 1. die Temperatur- und die Wasserverhältnisse, die direkt oder indirekt eine Wirkung auf das Wachstum ausüben, 2. die Lichtverhältnisse, die für die Neubildung der organischen Substanz, aus der das Holz besteht, von größter Bedeutung sind, und 3. alle den Baum stark schädigenden Faktoren, wie z. B. Wind- oder Schneebbruch, tierische oder pflanzliche Schädlinge usw. Daß diese Faktoren die Jahresringbreite verändern, geht schon daraus hervor, daß z. B. gleich alte Stämme einer und derselben Baumart in einem warmen Klima oder an feuchten Standorten einen viel größeren Durchmesser besitzen als in einem kalten Klima oder an exponierten trockenen Standorten. Ebenso bleibt ein in dichtem Bestand stehender unterdrückter Baum unter schlechten Lichtverhältnissen gegenüber den licht stehenden Altersgenossen stark zurück. Aus dem Stammdurchmesser eines Baumes kann man deshalb ohne genaue Kenntnis der Standortfaktoren keine Rückschlüsse in bezug auf das Alter des Baumes ziehen.

Da aber die genannten Faktoren an einem und demselben Standort von Jahr zu Jahr großen

Schwankungen unterworfen sind, so müssen sie den Holzzuwachs der einzelnen Jahre in verschiedener Weise beeinflussen und damit auch die Schwankungen in der Jahresringbreite bedingen.

Im einzelnen ist es in unserem Gebiet nicht leicht, die in den vergangenen Jahrzehnten und Jahrhunderten gebildeten und auf dem Stammquerschnitt ablesbaren besonders engen oder breiten Jahresringe auf die Einwirkung eines bestimmten klimatischen Faktors zurückzuführen. Schmale Jahresringe können z. B. die Folge von kalten, sonnenarmen Sommern, aber auch von trockenen Jahren sein. Eine Verbreiterung wird bewirkt durch besonders günstige Niederschlagsverhältnisse sowie durch plötzliche Lichtstellung, wie sie bei uns künstlich bei Durchforstungen verursacht wird oder im Urwald durch den Sturz eines Baumriesen eintreten kann.

Anders liegen die Verhältnisse in den Gebieten, wo der Wald seine natürliche klimatische Grenze erreicht. Im feuchten Hochgebirge oder an der arktischen Waldgrenze können die Bäume praktisch wohl niemals unter Wassermangel leiden, und der Holzzuwachs wird daher am schärfsten auf die von Jahr zu Jahr sich ändernden Temperaturverhältnisse, vor allen Dingen auf die Schwankungen in der Länge der Vegetationszeit, reagieren. An der Trockengrenze des Waldes gegen die Steppengebiete oder die Halbwüsten zu werden im Gegensatz dazu die Temperaturverhältnisse wohl kaum jemals ein den Holzzuwachs begrenzender Faktor sein. Hier ist eine sehr viel engere Korrelation zwischen den jeweiligen Niederschlagshöhen und den entsprechenden Jahresringbreiten zu erwarten. In beiden genannten Fällen dürfte der Lichtfaktor völlig auszuschalten sein. Denn der Waldbestand ist in der Nähe der natürlichen Baumgrenze stets so stark gelichtet, daß eine gegenseitige Beschattung der Bäume kaum in Frage kommt.

Der Einfluß der Niederschläge auf den Holzzuwachs an der Trockengrenze des Waldes muß um so größer sein, als bekanntlich die Schwan-

kungen der jährlichen Regenmengen mit abnehmender absoluter Höhe zunehmen, d. h. in Trockengebieten sich ganz besonders spürbar machen. Das wissen am besten die Siedler in allen ariden Teilen der Erde, die immer wieder von periodisch sich wiederholenden Dürrejahren heimgesucht werden und oft ihre mühsam errungene Existenz durch die Unbilden des Klimas vernichtet sehen. Sie sind deshalb besonders daran interessiert zu wissen, ob sich diese Dürrejahre mit einer bestimmten Regelmäßigkeit wiederholen und wie oft man in einem Jahrhundert mit ihnen zu rechnen hat. Da aber genaue meteorologische Aufzeichnungen in diesen Gebieten stets nur wenige Jahrzehnte zurückreichen, so können wir aus ihnen keinen Aufschluß erhalten. Es lag deshalb nahe, die Jahresringbreiten, die sich bei den Bäumen oft mehrere Jahrhunderte, bei den Mammutbäumen Kaliforniens sogar mehrere Jahrtausende zurückverfolgen lassen, zur Feststellung der klimatischen Verhältnisse der Vergangenheit mit heranzuziehen, um daraus evtl. auch eine Prognose für die Zukunft stellen zu können. Diesen Weg haben in Nordamerika DOUGLASS und HUNTINGTON beschritten. Die Erfolge der Amerikaner veranlaßten Verf., ähnliche Untersuchungen auch für Deutsch-Südwestafrika durchzuführen zu lassen, hatte doch die Farmwirtschaft gerade dieses Landes in den letzten Jahrzehnten mehrmals unter Dürrekatastrophen zu leiden.

Bevor wir aber auf die in bezug auf Südwest erhaltenen Ergebnisse eingehen, müssen wir uns die Frage vorlegen, inwieweit in ariden Gebieten, zu denen auch Südwestafrika zweifelsohne gehört, Rückschlüsse aus der Jahresringbreite eines Baumes auf die Niederschlagshöhe des betreffenden Jahres zulässig sind.

Eine Antwort darauf gibt uns die vor kurzem erschienene, sehr eingehende Untersuchung von ERNST ANTEVS, die im Trockengebiet des nördlichen Teiles von Kalifornien, des südlichen Teiles von Oregon und des westlichen Teiles von Nevada durchgeführt wurde<sup>1)</sup>. Die Regenaufzeichnungen aus diesen Gebieten beginnen etwa um 1880—1890 herum. Zieht man die Daten für die bereits westlich von der Sierra Nevada gelegenen Regenmessstationen San Francisco, Sacramento und Red Bluff mit heran, so kann man sie bis 1850 zurückverfolgen. Ab 1840 liegen auch einzelne Angaben der ersten Pioniere über besonders trockene Jahre, Hochfluten oder Seespiegelschwankungen vor, die der Verf. sorgfältig gesammelt hat, um auch auf diese Weise Anhaltspunkte für die Niederschlagsverhältnisse zu erhalten. Die Jahresringmessungen wurden an 27 Stammquerschnitten der an der unteren Baumgrenze gegen die Wüste hin wachsenden Kiefer (*Pinus ponderosa*) durchgeführt und kurvenmäßig

<sup>1)</sup> ANTEVS, ERNST, Rainfall and tree growth in the Great Basin. American Geographical Society, special publication No 21. Carnegie Institution of Washington, publication No 469; 1938, 97 S. mit 7 Abb. und 2 Tafeln. 18 cm x 25 cm.

dargestellt. Diese Baumkurven wurden, ebenso wie die Klimakurven, zweimal geglättet. Sie reichen bis in die Mitte des 15. Jahrhunderts zurück.

Vergleicht man die erhaltenen Baumkurven mit den Regenkurven der betreffenden Gebiete, so muß man sich von vornherein darüber im klaren sein, daß eine vollständige Parallelität nicht zu erwarten ist. Die Bäume sind keine Regenmesser. Sie reagieren in ihrem Wachstum nicht nur auf die jährliche Niederschlagshöhe, sondern auch auf die Regenverteilung. In dem in Frage kommenden Gebiet fallen die Niederschläge meist als Winter-niederschläge in Form von Schnee. Für das Baumwachstum ist jedoch der Schneefall im Winter von geringerer Bedeutung als der Regen während der Vegetationszeit. Besonders ungünstig können sich Dürreperioden im Frühjahr in sonst vielleicht sogar recht niederschlagsreichen Jahren auswirken. Für den Baum ist außerdem nur das in den Boden eindringende Wasser von Nutzen, während das oberflächlich abfließende Wasser gänzlich ohne Einfluß auf den Holzzuwachs bleibt. Zwischen Regenmenge und Abflußmenge besteht aber keinerlei feste Beziehung, weil letztere sehr stark von der Regendichte abhängt. Dazu kommt, daß die Regenmessstationen meistens in ziemlicher Entfernung von den Standorten der geschlagenen Bäume liegen, was namentlich in gebirgigen Gegenden zu großen Fehlern führen kann. Die für das Wachstum eines Baumes ausschlaggebenden Hydraturverhältnisse<sup>2)</sup> werden schließlich auch durch andere Faktoren mitbedingt, die den Wasserhaushalt der Pflanzen beeinflussen, wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Bewölkung, Wind usw. Einzelne besonders schmale Jahresringe können auch durch plötzlich starkes Auftreten gewisser Schädlinge, unter denen bestimmte Insekten (Raupenfraß, Borkenkäfer, Minierer usw.) zu nennen sind, zustande kommen.

Inwieweit trotz aller dieser Fehlerquellen überhaupt noch ein Rückschluß von Baumkurven auf die Niederschlagsverhältnisse zulässig ist, kann erst ein sorgfältiger Vergleich der Jahresringbreiten mit den entsprechenden Regenmessungen ergeben. Das Resultat wird um so eindeutiger sein, je länger der Zeitraum ist, für den Baum- und Regenkurven vorliegen. In dieser Beziehung sind die Verhältnisse im Great Basin sehr günstig, denn hier stehen die Werte fast eines ganzen Jahrhunderts zur Verfügung. Die obengenannte Veröffentlichung ist deshalb für unsere Fragestellung von größter Bedeutung.

Auf Grund seiner vergleichenden Untersuchungen der Baum- und Regenkurven kommt ANTEVS zu folgenden Schlüssen:

1. Gruppen von besonders breiten oder engen Jahresringen entsprechen in 90 % der Fälle aus-

<sup>2)</sup> Unter der Hydratur versteht man den Wasserzustand, als dessen Maß bei den Pflanzen der osmotische Wert des Zellsaftes dient.

gesprochenen Maxima oder Minima der Jahresniederschläge.

2. Benutzt man die Breite der Jahresringe als direktes Maß für die Höhe der Niederschläge, so erreicht man eine Übereinstimmung von 75 %, sofern man nur die Niederschläge während der Vegetationszeit berücksichtigt. Den Gesamtjahresniederschlägen dagegen entsprechen die Jahresringbreiten nur in etwa der Hälfte aller Fälle. Die Übereinstimmung ist also in letzterem Falle gering. Allerdings muß man dabei bedenken, daß es sich beim Great Basin um ein Gebiet mit vorwiegenden Winter-niederschlägen handelt. In Südwestafrika mit seinen Sommerregen darf man wohl eine bessere Übereinstimmung zwischen Jahresringbreite und Jahresniederschlag erwarten, da ja alle Niederschläge in die Vegetationszeit fallen.

Von einer bestimmten gesetzmäßigen Periodizität im Auftreten der Maxima oder Minima bei den Baumkurven kann man nach ANTEVS nur schwer sprechen, denn die Länge der Perioden schwankt bei den Maxima zwischen 6—17 Jahren und bei den Minima zwischen 5—21 Jahren. Auch zu den Sonnenfleckenperioden lassen sich keine deutlichen Beziehungen feststellen<sup>3)</sup>.

<sup>3)</sup> Inwieweit die Sonnenfleckenperiode für die Niederschlagsverhältnisse in Afrika Gültigkeit hat, steht noch nicht fest. Eine Zusammenstellung der diesbezüglichen Arbeiten findet man in „Science in Africa“ (Oxford 1938). Eine Übereinstimmung besteht zwischen den Seespiegelschwankungen der großen zentralafrikanischen Seen und der Sonnenfleckenperiode. Diese Übereinstimmung ist sogar besser als bei der Niederschlagskurve. Trotzdem könnte es sich selbst in diesem Falle um einen Zufall handeln, da sich in der letzten Zeit deutliche Abweichungen bemerkbar machen. Während der Korrelationskoeffizient für die Jahre 1896—1922 0,83 beträgt, ist er für die Jahre

Zusammenfassend dürfen wir somit sagen: Die allgemeine Übereinstimmung zwischen Baumkurve und Niederschlagskurve ist unter Berücksichtigung der vielen möglichen Fehlerquellen eine überraschend gute. Wir sind durchaus berechtigt, auf Grund einer Baumkurve Rückschlüsse in bezug auf die allgemeinen Niederschlagsverhältnisse in dem entsprechenden Gebiet und für den ent-

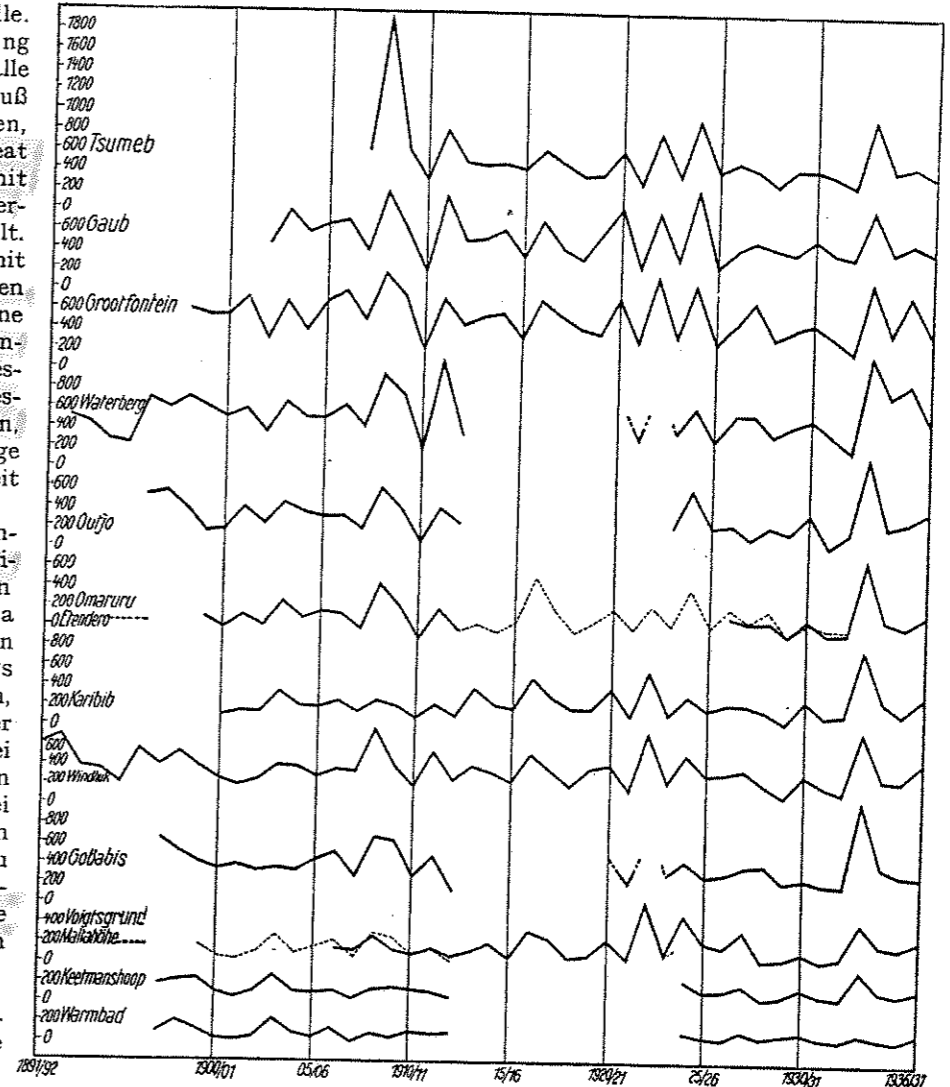


Fig. 1. Niederschlagskurven für verschiedene Stationen Südwestafrikas im Norden und Süden des Landes. Die Maxima und Minima fallen mit ganz wenigen Ausnahmen zusammen. Sie erscheinen bei den Kurven der südlichen Stationen infolge der absolut geringen Regenmenge weniger ausgeprägt, obgleich die Schwankungen relativ stärker sind.

1923—1934 nur 0,06. Im Mittel erhält man für die gesamte fast 40jährige Periode einen Koeffizienten gleich 0,6, d. h. die Korrelation ist praktisch kaum von Bedeutung. In Dakar soll die Niederschlagskurve mit derjenigen der Sonnenflecken gut übereinstimmen. In Südafrika dagegen trifft das durchaus nicht zu. Daraus ersieht man erneut, wie ungeklärt diese Frage noch immer ist.

sprechenden Zeitraum zu ziehen, wenn auch einzelne Abweichungen immer möglich sind und wir nicht die Baumkurve einfach als mit der Niederschlagskurve identisch betrachten dürfen. Eigentlich interessiert die Siedler in den Trockengebieten auch nicht direkt die Regenkurve; sie wollen vielmehr über die Niederschlagsverhältnisse nur insoweit Auskunft erhalten, als diese für die Landwirtschaft von Bedeutung sind. Da es sich aber in diesen Gebieten vorwiegend um eine extensive Weidewirtschaft handelt, kommt es den Farmern eigentlich nur darauf an zu wissen, wie oft sich Jahre mit schlechter, bzw. guter Weide wieder-

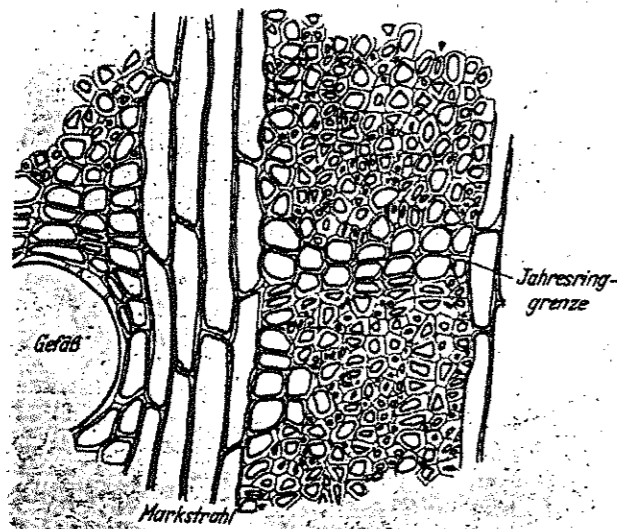


Fig. 2. Querschnitt durch das Holz von *Acacia giraffae* mit Jahresringgrenze (nach Huss).

holen. Es ist dabei sehr gut möglich, daß die Baumkurve durch die Jahresringbreiten die Weidewerhältnisse in den einzelnen Jahren besser wiedergibt als die mit dem Regenschirm festgestellte Niederschlagskurve. Denn auch bei der Entwicklung der Weidewirtschaft kommt es neben der Regenmenge auf die Regenverteilung an, wenn auch Bäume, Kräuter oder Gräser nicht immer in genau gleicher Weise zu reagieren brauchen. Auf jeden Fall ergibt sich daraus, daß uns die Baumkurve in ariden Gebieten eine durchaus brauchbare Handhabe zur Beurteilung der die Landwirtschaft interessierenden Niederschlagsverhältnisse in der Vergangenheit bietet. Eine andere Möglichkeit besteht meistens nicht, weil Regenmessungen nur selten mehr als 30—40 Jahre zurückreichen. Das trifft z. B. für Deutsch-Südwestafrika zu.

Dieses Land erstreckt sich zu beiden Seiten des Wendekreises und nimmt den trockensten Teil von Südafrika ein. Die Jahresniederschläge nehmen von Süden nach Norden und von Westen nach Osten an Höhe zu und fallen überall vorwiegend als Sommerregen. Die Niederschlagsschwankungen

sind von Jahr zu Jahr sehr groß. Während in den feuchtesten Jahren das Drei- bis Vierfache der durchschnittlichen Regenmenge erreicht wird, beträgt in den trockensten Jahren der Niederschlag oft nur ein Fünftel bis ein Sechstel des Mittels. Obwohl das Land an Fläche etwa Großdeutschland entspricht, vollziehen sich die Schwankungen der Jahresregenhöhe im ganzen Lande sehr gleichartig. Das beweist Fig. 1, aus der deutlich hervorgeht, daß die Maxima und Minima der nichtgeglätteten Regenkurven überall auf dieselben Jahre fallen. Daraus dürfen wir schließen, daß auch die Bäume im ganzen Lande in den einzelnen Jahren in mehr oder weniger gleicher Weise in bezug auf den Holzzuwachs reagieren werden<sup>1)</sup>. Das erleichtert die Auswertung von Kurven der Jahresringbreiten außerordentlich.

Die Jahresringmessungen dagegen gestalten sich in Südwestafrika sehr viel schwieriger als in Nordamerika. Die von den amerikanischen Forschern verwendeten Nadelhölzer mit ihren besonders gut unterscheidbaren Jahresringen fehlen in Südwestafrika ganz. Von den dort vorkommenden Laubhölzern sind viele tropischen Ursprungs und zeigen überhaupt keine Jahresringe im Stammholz. Solche konnten nur bei Leguminosenbäumen, vor allen Dingen auch bei den sehr verbreiteten Akazien (Kamelhorn = *Acacia giraffae*) festgestellt werden, jedoch auch in diesem Falle nur bei mikroskopischer Betrachtung der sorgfältig geglätteten Stammquerschnittsfläche im Auflicht. Zudem schwankte die Breite der Jahresringe auf dem Gesamtumfang so stark, daß sie an 10 verschiedenen Stellen gemessen werden mußte, um einen zuverlässigen Wert für die mittlere Breite zu erhalten. Die notwendigen sehr langwierigen Vorarbeiten und die zeitraubenden Messungen machen es verständlich, daß Herr W. Huss, der diese Untersuchungen in Stuttgart durchführt, bisher von den von mir 1935 mitgebrachten und von ihm 1937/38 gesammelten Stammquerschnitten nur einen Teil auswerten konnte. Die vorliegenden Ergebnisse erscheinen noch nicht völlig gesichert. Da aber die Arbeit durch die gegenwärtigen politischen Ereignisse vorläufig unterbrochen werden mußte, seien einige charakteristische Baumkurven hier angeführt.

Zunächst zeigt es sich, daß ein deutlicher Unterschied zwischen Frühjahr- und Herbstholz bei den südwestafrikanischen Bäumen nicht vorhanden ist. Die Jahresringgrenzen werden vielmehr nur durch eine sehr schmale, bei Lupenvergrößerung gerade wahrnehmbare helle Binde gekennzeichnet. Auf dünnen Holzstücken erkennt man unter dem Mikroskop, daß es sich dabei

<sup>1)</sup> Nicht klimatisch bedingte Störungen des Holzzuwachses können in einzelnen Jahren durch Grasbrände und Heuschreckenfraß bedingt werden. Diese Fehlerquelle läßt sich durch die Untersuchung möglichst zahlreicher Stämme aus verschiedenen Gegenden ausschalten.

um 1—3 Schichten von Kristallkammerfasern handelt (Fig. 2). Daß sie tatsächlich den Jahresringgrenzen entsprechen, kann man auf folgende Weise zeigen:

1. Geht man von den Zweigspitzen der *Acacia giraffae* aus und zählt nach jeder Jahrestriebgrenze die durch die Binden gekennzeichneten Jahres-

genau übereinstimmt, sondern daß auch die jeweiligen Breiten unverändert bleiben (Fig. 3). Dieses Verhalten ist bei gewöhnlichen Parenchymbändern, wie wir sie häufig bei tropischen Bäumen finden, undenkbar.

Zugleich geht aus Fig. 3 auch hervor, daß das Mittel von 10 gleichmäßig über den Umkreis ver-

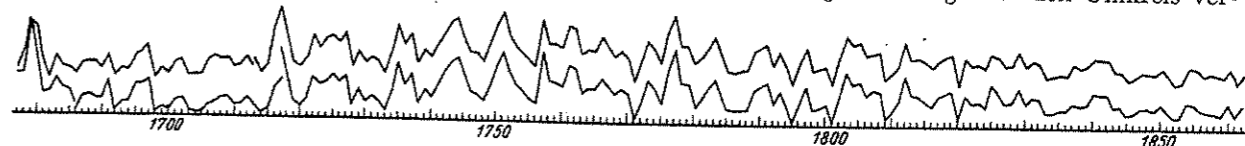


Fig. 3. Zwei Kurven von ein und demselben Stamm aus Karakuwisa an zwei 7 cm voneinander entfernten Stammquerschnitten ausgemessen. Die Übereinstimmung ist eine vollkommene. Die Kurve umfaßt den Zeitraum 1677—1863 (nach Huss).

ringe ab, so kann man feststellen, daß ihre Zahl jeweils um eine zunimmt. Zuweilen allerdings steigt ihre Zahl gleich um zwei an. Das wird aber durch die Beobachtung verständlich, daß nicht alle Zweige eines Baumes jedes Jahr austreiben.

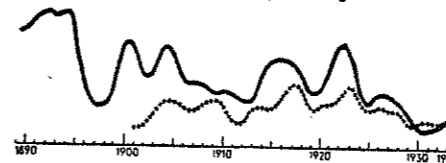


Fig. 4. Regenkurve von Karibib (punktiert) und Mittelkurve (ausgezogen) der Jahresringbreiten von 4 Baumstämmen aus derselben Gegend. Beide Kurven sind, um den Vergleich zu erleichtern, geglättet (nach Huss).

Der Altersunterschied bei aufeinanderfolgenden Jahrestrieben kann also auch mehr als 1 Jahr betragen.

2. Führt man die Messungen bei einem Stamm an zwei nicht zu weit voneinander entfernten Querschnitten aus, so sieht man, daß nicht nur die Zahl der auf diese Weise bestimmten Jahresringe

teilten Messungen der Jahresringbreite, ungeachtet der sehr exzentrischen Wuchsweise der Akazienstämme, ein sehr genaues Maß für den Holzzuwachs eines Jahres ergibt. Denn die beiden Kurven sind praktisch identisch.

Allerdings kommt es vor, daß man bei sehr engen Jahresringen die Abgrenzung nicht immer ganz genau vornehmen kann, indem einzelne Jahresringgrenzen streckenweise zusammenlaufen oder sich verdoppeln. Fehler in der Altersbestimmung von einigen Jahren müssen deshalb in Kauf genommen werden.

Daß die Übereinstimmung zwischen Baumkurve und Regenkurve auch in Südwestafrika eine im allgemeinen gute ist, zeigt Fig. 4. Leider erstrecken sich die Regenmessungen in Südwest über einen sehr viel kürzeren Zeitraum als in den Trockengebieten von Nordamerika. Auch das Alter der Akazienbäume ist kein sehr hohes. Stämme, die über 120 Jahre alt sind, findet man selten. Zudem sind alte Stämme meistens hohl, so daß die inneren Jahresringe nicht ausgemessen werden können.

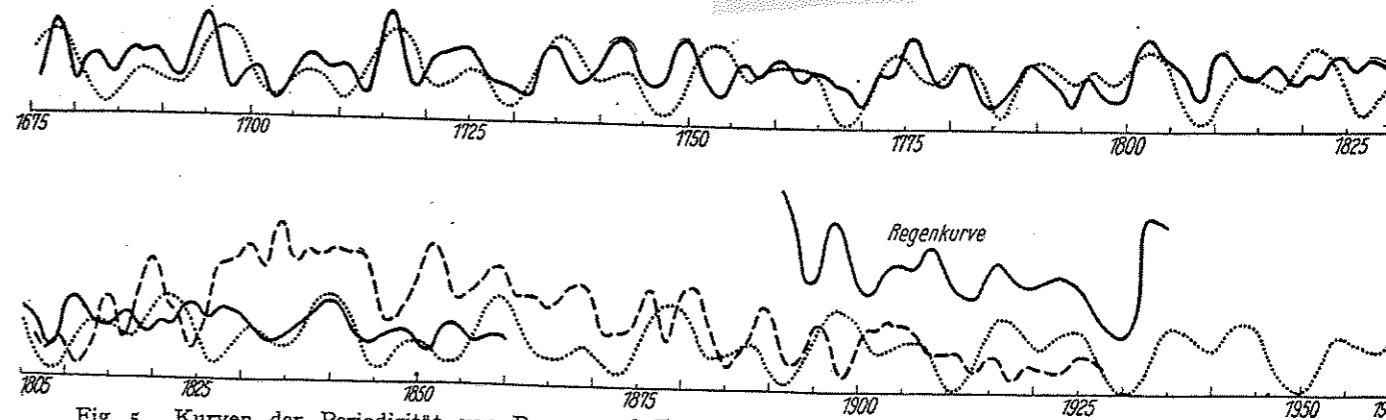


Fig. 5. Kurven der Periodizität von Regen- und Trockenjahren auf Grund von Jahresringmessungen an Baumstämmen aus Deutsch-Südwestafrika (nach Untersuchungen von W. Huss). Ausgezogene Kurve von 1675 bis 1860: Jahresringbreiten eines Chiwibaumes (*Copaifera coleosperma*) aus Karakuwisa. Gestrichelte Linie: mathematisch berechnete Sinuskurve mit Perioden von 9,53 und 20,25 Jahren (diese Kurve ist zwischen 1746 und 1765 um 2 Jahre nach links, zwischen 1783 und 1797 um 2 1/2 Jahre nach links und zwischen 1798 und 1826 um 1 1/2 Jahre nach rechts verschoben). Ausgezogene Kurve von 1807 bis 1928: Jahresringbreiten einer Giraffenakazie (*Acacia giraffae*) aus Sanukanu. Punktierte Linie: mathematisch berechnete Sinuskurve mit Perioden von 9,53 und 20,25 Jahren (diese Kurve ist zwischen 1746 und 1765 um 2 Jahre nach links, zwischen 1783 und 1797 um 2 1/2 Jahre nach links und zwischen 1798 und 1826 um 1 1/2 Jahre nach rechts verschoben). Ausgezogene Kurve von 1890 bis 1935: mittlere Regenkurve von 15 Stationen aus Südwestafrika (nach Angaben der Meteorologischen Station Windhuk).

Der interessanteste, bisher durchgemessene Stamm einer *Copaisera coleosperma* aus Karakuwa im Nordosten des Landes war 250 Jahre alt und reichte bis zum Jahre 1677 zurück. Leider waren die letzten Jahresringe von 1863 ab so undeutlich und verwittert, daß sie zwar abgezählt, aber nicht ausgemessen werden konnten. Um eine vollständige Baumkurve bis zur Gegenwart zu erhalten, wurde deshalb die Kurve von diesem Baum mit derjenigen einer 127 Jahre alten Akazie kombiniert, nach dem üblichen Verfahren geglättet und für die letzten 40 Jahre mit der geglätteten Regenkurve von 15 Regenmeßstationen in Südwestafrika verglichen.

Fig. 5 zeigt das Ergebnis. Betrachtet man die Baumkurven, so erhält man den Eindruck, daß die Maxima der Kurven sich in bestimmten Perioden wiederholen. Allerdings sind diese Perioden doch so unregelmäßig, daß man sie nicht durch harmonische Analyse mathematisch zerlegen kann. Doch ersieht man aus dem Verlauf der Kurve, daß es sich um 2 Perioden handeln muß, eine kürzere und eine etwa doppelt so lange, die sich gegenseitig überlagern und zwischendurch teilweise aufheben oder verstärken. Im Mittel läßt sich die kürzere Periode zu 9,53 Jahren und die längere zu 20,25 Jahren berechnen. Konstruiert man eine mathematische Kurve aus 2 Sinuskurven mit diesen Perioden und zeichnet sie zusammen mit den Baumkurven ein (Fig. 5 punktiert), so läßt sich feststellen, daß im allgemeinen die Übereinstimmung eine so gute ist, wie man sie wohl kaum besser erwarten könnte. Nur an einigen in der Erläuterung genannten Stellen wurde die Übereinstimmung durch Korrekturen von  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$  Jahren verbessert.

Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß in Südwestafrika die Jahre mit besonders gutem Holzzuwachs und somit wohl auch besonders hohen

Niederschlägen sich rund alle 10 Jahre wiederholen und alle 20 Jahre besonders ausgesprochen sind. Dazwischen liegen dann stets Jahre mit schlechterem Holzzuwachs, also geringeren Niederschlägen. Die Regennmessungen der letzten 40 Jahre stimmen damit im allgemeinen überein. Besonders geringe Niederschläge wiesen in Windhuk die Jahre 1901 bis 1903, 1911, 1919 und 1930 und 1932 auf. Die Maxima traten jeweils nach 11, 8, 7 und 10 Jahren auf, wiederholen sich also im Mittel alle 9 Jahre.

Die konstruierte mathematische Kurve wurde über die Gegenwart hinaus auch noch für die kommenden Jahrzehnte eingezeichnet. Damit wollen wir uns nicht auf das Gebiet einer langjährigen Wettervoraussage hinauswagen. Denn dafür sind die Unterlagen nicht ausreichend, und es ist überhaupt fraglich, ob je eine mehr oder weniger sichere Voraussage auf Jahre hinaus möglich sein wird. Die fortgeführte Kurve soll nur einen Begriff geben, welche ungefähre Verteilung von Regen- bzw. Dürrejahren in Südwestafrika in Zukunft zu erwarten ist unter der Voraussetzung, daß das Klima demjenigen der letzten  $2\frac{1}{2}$  Jahrhunderte auch weiterhin entsprechen wird.

Ob diese Annahme berechtigt ist oder nicht, darauf einzugehen würde uns hier zu weit führen. Es wurde ja wiederholt die Ansicht vertreten, daß Südwest eine fortschreitende Austrocknung erfährt, indem die Niederschläge geringer werden bzw. ihre Verteilung in den letzten Jahrzehnten sich geändert hat. Wir müssen uns darauf beschränken auf die Zusammenfassung des Verf.: „Die Farmwirtschaft in Deutsch-Südwestafrika. Ihre biologischen Grundlagen“, Teil I „Das Klima“ (Verlag: Paul Parey 1940), zu verweisen, wo diese Fragen, ebenso wie auch das Problem einer Beeinflussung des Klimas von Südwest in einem für die Farmer günstigen Sinne durch künstliche Maßnahmen ausführlich behandelt werden.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über den Phosphatasegehalt der embryonalen Gewebeflüssigkeit.

Aus Gewebzüchtungsversuchen wurde von P. J. GAILLARD<sup>1)</sup> die Schlußfolgerung gezogen, daß im Embryo neben einer morphologischen Entwicklung der Gewebe auch eine serologische Entwicklung der Gewebeflüssigkeiten auftritt, die für die Morphogenese von Bedeutung ist. Im Rahmen von Untersuchungen, die den Zweck verfolgten, die betreffenden Änderungen direkt chemisch nachzuweisen, wurden in embryonalen Gewebeflüssigkeiten Phosphatasebestimmungen mittels der King-Armstrong-Methode in DEKKERS Modifikation<sup>2)</sup> ausgeführt (Einwirkung auf Dinatriumphosphat und kolorimetrische Bestimmung des freiwerdenden Phenols mit dem Phenolreagens nach FOLIN-CIOCALTEU; Bestimmungen in 100 oder 200 cmm). Für die Erzeugung der embryonalen Gewebeflüssigkeit wurden Hühnerembryonen verschiedenen Alters in physiologischer Salzlösung gewaschen, mittels Filtrierpapiers getrocknet, zerschnitten und zentrifugiert; alle Manipulationen wurden unter ständiger Kühlung ausgeführt; die überstehende Flüssigkeit stellt die Gewebeflüssigkeit („Extrakt“) dar.

Die Ergebnisse unserer Messungen sind in Fig. 1 wiedergegeben; im Laufe der Entwicklung tritt eine erhebliche Steigerung der Phosphatasewirkung auf, die in späteren

Entwicklungsstufen und im postembryonalen Leben wieder rückgängig wird.

Zur Untersuchung, ob diese Steigerung vielleicht eine Änderung des Aktivierungsgrades statt einer solchen der Enzymmenge darstellt, wurden 100 cmm Extrakt jeweils mit 100 cmm gekochtem und filtriertem Extrakt von Embryonen verschiedenen Alters („Aktivatorlösungen“) oder zur Kontrolle mit Wasser versetzt und die Phosphataseaktivität dieser Gemische bestimmt, z. B.:

cmm Extrakt 13 Tage	Aktivatorlösung 13 Tage	19 Tage	Phosphatasewirkung (King-Armstrong-Einheit)
100	—	—	$72,0 \times 10^{-3}$
100	100	—	$72,0 \times 10^{-3}$
100	—	100	$70,0 \times 10^{-3}$

Es ergab sich also, daß die Aktivitätsänderung der Phosphatase nicht der Wirkung eines Aktivators zugeschrieben werden darf, wobei allerdings zu bemerken ist, daß eine etwaige Aktivierung durch Ascorbinsäure oder andere thermolabile Aktivatoren bei Versuchen dieser Art nicht zutage tritt; der relative Ascorbinsäuregehalt des Hühnerembryos nimmt während der Entwicklung wenig zu<sup>3)</sup>, so daß auch dieser Faktor die Aktivitätsänderung der Phosphatase wohl nicht veranlaßt.

Bekanntlich darf man Phosphataseaktivität und Phosphorylierungskapazität nicht gleichsetzen. Ein Zusammenhang scheint jedoch möglich; zu bemerken ist, daß nach NEEDHAM<sup>4)</sup> bis zum achten Tage keine Phosphorylierungen auftreten; gerade nach diesem Alter setzt die Steigerung

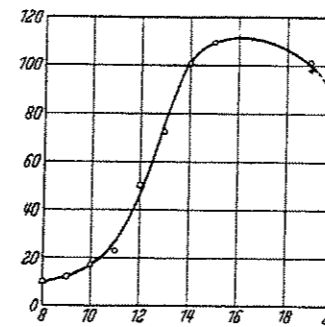


Fig. 1. Abszisse: Alter der Embryonen in Tagen. Ganz rechts erwachsene Hühner. Ordinate: King- und Armstrong-Einheiten in 100 cmm x 1000.

△ Mittelwerte von 11—20 Embryonen  
 △ „ „ 6—10 „  
 ○ „ „ 2—5 „  
 • Einzelwerte.

der Phosphatasewirkung ein. Diese Zusammenhänge sowie ihre morphogenetische Bedeutung werden weiter untersucht.

Leiden, Laboratorium für medizinische Chemie und Laboratorium für Histologie, Abt. Gewebzüchtung, den 4. Juli 1940.  
 W. F. H. M. MOMMAERTS.

- 1) P. J. GAILLARD, Protoplasma (Berl.) 23, 2 (1935).
- 2) W. A. L. DEKKER, Handleiding voor het Klinisch-Chemisch Practicum. Leiden 1938.
- 3) S. N. RAY, Biochemic. J. 28, 189 (1934).
- 4) J. NEEDHAM C. S., Biochemic. J. 31, 1185, 1210, 1913 (1937).

Über Kurzwellenwirkung auf Gewebe.

Frühere Untersuchungen mit Kurzwellen von 3,5 m Wellenlänge ergaben bei Gewebekulturen von Hühnerfibroblasten neuartige Wirkungen, die bei sehr schwacher, langdauernder Bestrahlung auftraten und in gradweise gut abstuftbaren Wachstumshemmungen bis zum Zelltod bestanden<sup>1)</sup>. Eine Grundlage für die Erklärung dieser Wirkungen besaßen wir nur in der ebenfalls früher nachgewiesenen starken Inhomogenität des Kurzwellenfeldes bei Benutzung eines Kondensatorfeldes für die Bestrahlung<sup>2)</sup>. Diese Annahme hat nun eine wesentliche Bestätigung gefunden durch eine Versuchsreihe, in der die Gewebekulturen langfristig einer sehr schwachen, künstlichen, einseitigen Erwärmung ausgesetzt wurden<sup>3)</sup>. Hierbei ergaben sich grundsätzlich genau dieselben Erscheinungen, wie sie unter dem Einfluß der Kurzwellen beobachtet worden sind:

Einseitige Temperaturerhöhung der Gewebekulturen	Kein Einfluß	Wachstumshemmung um 50%	Abtötung
2,4 °C	—	—	5,5
1,4 °C	—	—	24
0,9 °C	—	10	27
0,4 °C	24	48	67

Alle Versuche wurden bisher bei Zimmertemperatur vorgenommen, d. h. bei ungünstigen Lebensverhältnissen für die Gewebekulturen, denn bei Zimmertemperatur ist ihr Wachstum aufgehoben.

Besprechungen.

KOLLER, SIEGFRIED, Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Dresden u. Leipzig: Th. Steinkopff 1940. VIII, 73 S. 6 Abbild. u. 15 Tafeln (4 Lichtdrucktafeln). 20 cm x 27 cm. Preis geb. RM. 10.—.

Da Verf. sowohl Statistiker wie Biologe ist, mag es

Frühere ähnliche Versuche mit Bakterien hatten ergeben, daß Kurzwellenwirkungen, die bei schlechten Lebensbedingungen vorhanden waren, bei günstigen Lebensbedingungen verschwanden.

Der gleiche mit Gewebekulturen obengenannter Art vorgenommene Versuch hat nun aber, im Gegensatz zu dem Verhalten der Bakterien im Kurzwellenfeld, unter besten Lebensbedingungen bei Gewebekulturen eine verstärkte Wirkung der Kurzwellen ergeben.

Damit ist ein weiterer Schritt für eine etwaige Ausnutzung der Erscheinung in der Praxis gewonnen worden. Berlin, Allgemeines Institut gegen die Geschwulstkrankheiten im Rudolf Virchow-Krankenhaus, den 24. August 1940.  
 ERWIN HASCHÉ.

<sup>1)</sup> Naturwiss. 26, 493 (1938).

<sup>2)</sup> Naturwiss. 25, 829 (1937).

<sup>3)</sup> Münch. med. Wschr. 1938, 1387.

Der Lichtschutz in Gemischen von Salzlösungen.

Bestes natürliches Süßwasser bietet seinen Bewohnern durch seinen Elektrolytgehalt in kurzweiligem Licht einen sehr hohen physiologischen Lichtschutz. Da der kohlen-saure Kalk den größten Anteil an den Süßwassersalzen hat, so fällt ihm in beträchtlichem Maße die genannte Schutz-wirkung zu. Doch wird von reinen Kalklösungen äqui-valenter Dichte der Schutz des natürlichen Wassers nicht erreicht (MERKER, Naturwiss. 1939, 470; 1940, 30). Auch die übrigen im Süßwasser vorhandenen Salze gewähren jedes für sich allein nicht entfernt den hohen Lichtschutz des natürlichen Wassers. Seine starke Schutzwirkung scheint auf dem Zusammenwirken seiner Salze zu beruhen. Aus leicht einzusehenden Gründen haben wir daher auch die RINGERSCHE Lösung (9 g NaCl, 0,42 g KCl, 0,24 g CaCl<sub>2</sub> und 0,3 g NaHCO<sub>3</sub> im Liter) geprüft und festgestellt, daß sie eine ungemein große Steigerung des Widerstandes von Süßwassertieren im kurzweiligen Licht hervorruft. Vermutlich wird dieser Widerstand im Meerwasser noch größer sein.

Für Stachelhäuter, die sowohl im Meerwasser als auch im Brackwasser und Süßwasser zu leben vermögen, steigt die Widerstandsfähigkeit bei Bestrahlung in RINGERSCHER Lösung um das 4—5fache dessen, was bestes natürliches Süßwasser zu bieten vermag. Diese große Ausdauer ist erstaunlich. Denn daß unsere durchschnittlich 2,5 cm langen Stachelhäuter eine Bestrahlungszeit von 15 und mehr Stunden unter einer Quarzlampe ertragen würden, die beim Menschen in der gleichen Entfernung nach einer Belichtung von 3 Minuten einen tüchtigen Sonnenbrand im Gesicht erzeugt, wurde vorher kaum für möglich gehalten. Auch die Teilung der Belichtungszeit in 2 Hälften mit dazwischen liegender Nachtruhe zeigte, daß die Fische in den ersten 10 Stunden nicht tödlich getroffen werden. Bei den Bachflohkrebsen läßt sich der Widerstand im kurzweiligen Licht durch eine RINGERSCHE Lösung (9 St.) noch auf das 2fache des Wertes steigern, der für gutes Süßwasser (4 St.) gefunden wird. Im Schatten lebten die Bachflohkrebsen nur  $1\frac{1}{2}$  Tage in der unverdünnten Lösung, während die verwendeten Süßwasser-stachelhäuter 3 Tage darin aushielten.

Mit diesen Feststellungen wird abermals bewiesen, welche große Bedeutung den gesamten Körperkräften eines Tieres bei der Bestrahlung zukommt. Die Schwierigkeiten der Bewohner des salzarmen Süßwassers sind nunmehr zahlen-mäßig erfassbar. Es zeigt sich, wieviel sicherer das Leben im Salzwasser ist und wie beschwerlich das Wagnis war, in das Süßwasser vorzustoßen. Ferner muß es sich erweisen, wie die Vorstellungen der reinen physikalischen Kerntreffertheorie einer Strahlenwirkung mit diesen durchaus physiologischen Tatsachen vereinbar sind. Praktisch wichtig ist auch die Erkenntnis, daß bestes natürliches Süßwasser für Zucht-zwecke noch verbesserungsfähig ist.

Gießen und Lunz a. See, den 29. August 1940.  
 E. MERKER und FR. STAUDER.

erlaubt sein, dieses Buch vor allem vom Standpunkte des biologischen Statistikers zu besprechen, wiewohl es sich (wie die Beispiele lehren) an Statistiker jeden Faches wendet, z. B. auch an solche der Industrie, der Massenfabrikation usw. Die Bedeutung des Buches ist eine zweifache. Zunächst besteht sein Inhalt aus