

**Zeitschrift:** Schweizer Schule

**Herausgeber:** Christlicher Lehrer- und Erzieherverein der Schweiz

**Band:** 19 (1933)

**Heft:** 51-52

**Anhang:** Mittelschule : Mathematisch-Naturwissenschaftliche Ausgabe : Beilage  
zur "Schweizer-Schule"

**Autor:** [s.n.]

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: DR. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Ueber das Glazialrelief des Vierwaldstättersees und seiner Uferberge — Giftige Reptilien — Lesefüchte.

## Ueber das Glazialrelief des Vierwaldstättersees und seiner Uferberge

Von Max Büttler, Ingenieur, in Cham.

**Einführung:** Wie die Alpengletscher der Jetzzeit das alpine Relief umzugestalten vermögen, so haben im Diluvium die Grossgletscher in erhöhtem Masse die Landschaft verändert. Eine Gletscherzung reibt gleich einer Feile in der Kraftrichtung den Untergrund aus, wobei der Gletscherbach in der Talrinne im Sinne einer schärferen Feilenkante arbeitet. Flächenhafte Gletscher erzeugen durch die Abschürfung flache Bodenformen mit kleinen Wellen oder Hügeln. Gletscherzungen erzeugen Wannen, Tröge, Talstufen. Allein die Gletscher verwischen die Auskolkungen und Schürfflächen mehr oder weniger durch die Erosion der Schmelzwasser, ferner durch die Moränen, seien es Seitenmoränen, welche in den Talflanken das Muldenprofil unterbrechen, seien es Endmoränen, welche das Längenprofil in Talstufen zerlegen und Seen einstauen, seien es endlich die Grund-, Ober- und Mittelmoränen, welche den ursprünglichen einförmigen Gletscherboden aufhöhen bzw. mit Blockwerk und Längswällen umgestalten. Speziell in den Interglacialzeiten wurden die Talböden mit den Gerölle führenden Schmelzwassern überschwemmt und oft mächtig aufgelandet. Hochwasserschwämme, Gletschervorstoß liessen die Schotterebenen wieder einschneiden kraft der Gletscherbäche.

Von Fall zu Fall ist in den Alpen das Glazialrelief verschieden erhalten geblieben unter Beeinflussung der Höhenlage, der Eismächtigkeit, der Tektonik, der Gesteinsbeschaffenheit. Wir betrachten nachstehend nur das verschärzte glaziale Relief des Vierwaldstättersees und seiner engen Umgebung.

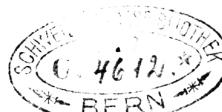
Gewisse Bergformen, wie Rundbuckel, übertiefe Hänge, oder flache Muldenprofile stechen schon aus der Ferne aus dem benachbarten „Bergstil“ hervor. So etwa bestimmte Gratbuckel des Bürgenstocks vom Albis aus gesehen, der Frohnalpstock vom Bürgenstein aus, der Urmiberg vom Rossberg gesehen. Das mächtige Mano von Molasse nordwestlich der Rigi, nämlich die Flachmulde des Würzenbach von Zug aus betrachtet, ist ebenso auffallend. Die sonderbaren wulstigen Inselberge Rotzberg und Muettenschwanderberg im geologisch interessanten Engpass von Stansstad fesseln das Auge schon auf der Ueberfahrt von Luzern. Verfolgen wir in unsren Betrachtungen die fraglichen Talläufe von oben nach unten.

**Tal des Sarner-, Horwer-, Luzerner- und Küssnachtersees.** Schon am Kaiserstuhl, der natürlichen Kreidefelsschwelle des Lungernsees, beobachtet man lokale Abschürfung, verursacht durch den diluvialen Aare-Brünigletscher. Doch erst bei Rudenz entfaltete der talweitende Gletscher im weichen Flysch seine Schürfkraft. Der anstehende Felskirchhügel von Ru-

denz ist prägnant, da er unvermittelt als geschliffener Rundhöcker auf dem hoch aufgefüllten Talboden emporragt. Der Typus des Sarner-Aatales ist durchweg der der flachen Mulde. Linksseitig haben allerdings die beiden Schlieren im Rezentum enorme Erosionsarbeit entfaltet, wodurch lokal die Erosionswirkungen des Schürfrelied verdrängen. Beim Drachenried ist das Tal zweispurig. Die Bürgenmulde nach rückwärts verlängert und versenkt, in welcher der Alpnachersee liegt, zeigt an beiden Lehnern wie auch am Muettenschwanderberg Schürfstellen. In der Talverengung beim Rotzberg ist an der Vereinigungsstelle mit dem Engelbergergletscher intensive Abschleifung und Modellierung zu Sätteln und Wülsten leicht festzustellen. Eindrucksvooll wirkt auf den Beschauer die sprunghafte glaziale Unterscheidung der Stanserhornlehne. Ebenso ist der Niederblick von der Axe der Bürgenwanne, östlich Fürigen, auf das übertiefe Talstück der Sarneraa erhaben, lehrreich und bleibend.

Die Nase des Lopperberges ist im Grund- und Aufriss verschürft. Im dortigen Steinbruch kommt die ausgeschliffene Profillfläche in einer S-Kurve markant zum Ausdruck. Der Gratrücken selbst ist in 4 bis 5 Rundbuckel aufgelöst, die entsprechend der Höhenlage und seitlich der Haupttalrinne in der Modellierung zurückstehen. Konzentrierter schürfte der Brünigletscher im Renggpassattel. Auf der Stosseite ist das Auskeilen der obersten Felswand gegen den Renggpass als Abschleifindiz erkennbar. Die Steilwand der Leeseite des Lopper zeigt fast ausschliesslich Verwitterungsformen. Diese Erscheinung trifft man jedoch überall unter gleichen Umständen an allen Diffluenzspornen, so am Urmiberg, am Kiemen am Zugersee, an der Nase des Bürgenstocks. Der Dynamik des Gletschers entsprechend kann auf der Leeseite keine Abschürfung von Belang erwartet werden. Sie nimmt aber zu mit der Abnahme des Winkels zwischen Fliessrichtung des Eises und dem Grat des Spornes. In der Nische von Hergiswil äussert nur der Fuss des Pilatus in seiner einförmigen Profillinie die Einwirkung schürfenden Eises. Ueber der diluvialen Eisgrenze auf zirka 1400 m steilen die trotzigen Gipfelfelsen auf, dem Erosionsangriff und der Verwitterung harrend.

Im Gebiet der Horwerbucht und des Kreuztrichters sind wir in der subalpinen Molasse. Sprunghaft ändert das glaziale Relief. Dem schroffen Abfall der helvetischen Kreidestirne gegenüber die auf tiefes Niveau abgetragenen welligen und kalottigen Molasseflächen. Nur die Rigi türmt noch einige 100 m hohe Nagelfluhbänke auf, die der Verwitterung langsam anheimfallen. Hatte in den Kreidekalke die Glacialschürfung vorwiegend lokal ausgewirkt, so trägt zum Gegensatz die Molasse nordwestlich des Vierwaldstättersees mit Ausnahme der Nunataker allgemein den Stempel der Glazialschürfung.



Zwischen Horwer- und Luzernersee erreicht das zu Wellen und Kuppen abgetragene Molassegebiet kaum 600 m an Meereshöhe. Resistentere Nagelfluhbänke, mit Waldstreifen bewachsen, trotzen gegenüber den ausgeräumten Wannen in weichem Sandstein und Mergel. Herrlich thront bei Kriens der grossförmig gerundete Sonnenberg. An dessen ausgesprochen verschürften Südflanke brandete der vereinigte diluviale Gletscher. Aehnliche Profilierung zeigen Gütsch, Musegg, Dreilinden ob Luzern und Umgebung. Das überzeugendste, herrliche, auch für den Laien eindrucksvolle Denkmal der Glacialschürfung ist der Gletschergarten in Luzern. Für unsere speziellen Untersuchungen kommen freilich nur die abgetragenen, geschliffenen Flächen des Gletschergrundes und nicht die Gletschermühlen in Betracht.

Rontal, Würzenbachtal und Küssnachterseetal sind hauptsächlich flache Felswannen. Zu diesen im subalpinen Streichen orientierten Mulden gesellen sich einige ausgeschürfte Quermulden, wie das Götzental bei Dierikon und diverse kleinere Quereinschnitte des Rooterberges und Kiemens. Die Morphologie dieser Molassegegend deutet auf die Unstetigkeit im Kraftspiel des vereinigten diluvialen Brünig-Engelberg-Reussgletschers hin, der hier sozusagen die Rolle einer Drehscheibe spielte. Die Verengung des Küssnachterseebeckens von Hertenstein bis Immensee, der repetierte Durchbruch des Kiemenrückens, die unvermittelt aufragenden Felsnasen und anstehenden Felsrundhöcker bei Lippertswil am Kiemen und Umgebung sind Erscheinungen, die nur der abschürfende Gletscher aber niemals die Erosion zustande brachte. Nahe beim Bahnhof von Küssnacht ist ein ehemals prächtiger anstehender Gletscherschliff aufgeschlossen, der leider seit Jahren von Kindern als Rutschbahn verwendet wird. Gehen wir zurück nach Stansstad, das rechte Ufer des Tales befolgend.

Der Bürgenstock, das ist die weit nordwestlich vorgedrungene, zwischen Rigi Hochfluh und Pilatus eingehängte zweifach aufgewölbte Kreidedecke, welche dem zentralen Teil des Vierwaldstättersees zu abnormalen Formen verholfen hat. Trotzig finster starrt die nördliche fast senkrechte Schrattenkalkwand über dem See. Jahrtausende haben scheinbar wenig verändert an der helvetischen Deckenstirne. Dagegen ist das Profil gegen Süden weniger steil.

Wir stehn in Stans vor einem mächtigen Inselberg, einem Strompfiler im diluvialen Eisstrom an der Vereinigungsstelle des Brünig-Engelbergergletschers. Zur Klärung der Frage der Gletscherschürfung bildet die Stoosseite des Bürgenstocks, speziell die gerundete Südecke ein prachtvolles Dokument. Die Stoosseite besitzt etwa 50 Grad Gefälle und ist ohne jede Gliederung. Nur eine Felswand krönt den Südgrat. Zufolge der Abschürfung verliert die Wand nach Südwest an Mächtigkeit und keilt bei der Stöckmatt aus. Am Westhang steilen fast senkrechte Felspakete auf, die oben verschürft sind. Im Nummulitenkalkkern der Bürgenmulde, nämlich in den buckeligen Alpen unterhalb Seewli und bei Seewli selbst, steht man auf dem geschrammten, rückläufigen, diluvialen Gletscherboden, dessen morphologische Beschaffenheit ausgesprochen auf Eisarbeit hinweist. Den aufmerksamen Beobachter ergötzt bei Seewli die stadiale Rückzugsmo-

räne, welche als zirka 30 m hoher Damm die Bürgenmulde quer und den einstigen Bürgensee eingestaut hatte. Das Moor von Obbürgen ist das heutige Relikt des Sees. Ein Weiher im Moorwäldchen, das „Elfenbad“ speist den rückläufigen Bach, der die Wallmöräne bei Seewli-Bellevue durchsägt hat. Als Schürfmulde weist die Bürgenmulde keine sekundären Gliederungen auf. Der pilatusseitige Grat ist als Umlenkungskante verschürft. Weitere Schürfspuren sind erkennbar auf dem Bürgenstock, Hammetschwand und auf dem Sattel zwischen Etschenried und Hohnegg. Die Hochvergletscherung glättete den Grat der Hammetschwand nur mehr an einigen Felsbuckeln. Aber jene Rundkanzeln stechen kilometerweit ins Land hinaus und verleihen der Hammetschwand das markante, nach dem Zenit blickende Profil.

Längs der kleinen Axenstrasse, also zwischen Stansstad und Kehrsiten ist man grösstenteils auf der Leeseite des Bürgenstocks. Daher wenig Schürfspuren. Immerhin sind an der Harrissenbucht streckenweise Wandpartien einige Meter unterschliffen. Die Schultern von Fürigen, Schilt und Zingel zeigen Merkmale der Abschürfung. Herrlich ist das „Dach“ des Steinbruches unterhalb Schilt in der Ansteigung verschürft und intensiv geschrämt. Bei Kehrsiten keine Spuren von Gletscherabtrag. Wir sind hier auf dem Treffpunkt der 3 Gletscher aus dem Sarner-Engelberger- und Reusstal auf der Leeseite des Bürgen. Der mächtige aus dem See aufsteigende Schuttkegel bei Kehrsiten-Dorf ist die Auskeilungsmoräne, oder wenn man will Zwischenmoräne der genannten Gletscherarme.

Der plötzliche Gefällsbruch der Rigigratlinie zwischen Hertenstein und Müseralp auf zirka 1200 Meter ist sehr auffallend. Das gewaltige Manco an subalpiner Molasse muss wieder der Räumungsarbeit der Gletscher zugeschrieben werden, da die Morphologie nur dafür spricht, keine Theorie und Praxis kann den Abtrag der Flusserosion zuschreiben. Die dreieckige Fläche von einigen Quadratkilometer Inhalt stellt ein typisches Glazialrelief dar, mit unebenem Terrain, erfüllt von Felsrundhöckern, vermoorten Wannen und kleinen Moränenwällen. Für unsere Auffassung spricht auch speziell die Gestaltung des Tanzenberges bei Hertenstein. Der verschürfte Gletscherboden setzt aber auch subaquatisch fort, was in den Niveaulinien auf der Siegfriedkarte zum Ausdruck kommt. Analoge Erscheinung bei der Diffloenznase zwischen Horwer- und Luzernersee.

In Kirchwald ob Weggis ist die verschürfte ungegliederte Felslehne deutlich erkennbar. Beim Küssnachterbecken verliert das rechtseitige Felsufer die Parallelität zum Synclinalstreichen, indem die Seebreite der Felsmulde von 2,5 km bei Meggen auf 1 km bei der Küssnachter Gesslerburg sich vermindert.

Gegen Küssnacht und Immensee verdecken mächtige Seitenmoränen die Felslehne der Rigi. Der Nordgrat vom Rigikulm bis Immensee, ferner der Grat zwischen Vorder- und Hinterseeboden weisen einige verschürfte Sättel und Schultern auf. Es wäre verlockend in unsere Untersuchungen die Ufer des Zugersees einzubeziehen. Wir wollen nur darauf hinweisen, dass dort das glaziale Schürfrelief gegenüber dem Erosionsrelief bei weitem überwiegt.

**Urner-Zuger-Luzerner-Küssnachterseebecken:** Die Urreuss hatte das Aarmassiv und die helvetischen Decken durchsägt. Entsprechend dem viel grösseren Einzugsgebiet als jenem des Sarner- und Engelbergetals und kraft der härteren kristallinen Gerölle mit grösserem Talgefälle, war die Flusserosionskraft vervielfacht. So ist das Reusstal heute noch ein tiefes Erosionsquertal, das rückläufige Uebertiefung aufweist. Infolge der Steilehnen und der relativen Höhe, sowie der anstehenden harten Gesteine war der Schürfabtrag geringer. Belege, vielleicht Reste von stadialen Trogtschultern finden sich im Meiental, Gornerental, Maderanertal, ob Amsteg und Erstfeld. In der helvetischen Kreide der Axenkette, orientiert die Landschaft genauer über den Betrag der Glazialschürfung. Geglättete Lehnen über etwa 1400 m, wie sie am Ober- und Niederbauen zu erkennen sind, oder die weithin auffällige Gipfelkalotte des Frohnalpstocks, haben ihre Ursachen in der Wirkung der Lokalverfirnung. Hingegen muss die Wanne von Emmetten mit dem Seelisbergersee als Schürfmulde angesprochen werden. Im Muldenkern der Niederbauen-Stützbergfalte liegt der Trichtersee von Seelisberg in einem Loch von Dreiecksgestalt zwischen Seelisberg-Seelisbergersee-Schwanden ob dem Urnersee. Der Grund des kleinen Sees liegt zirka 150 m tiefer als die östliche Felsenschwelle über dem Urnersee. Mag die Entstehung des Seelisbergersees allein als Trichtersee der Erosion zugeschrieben werden, so muss aus morphologischen Gründen der Massendefekt im Muldenkern von Seelisberg doch zum grossen Teil dem schürfenden Gletscher zugedacht werden. Von Axenstein gesehen ist der verschürfte Gewölbeteil im Betrag von 30 bis 50 m leicht feststellbar.

(Schluss folgt.)

## Giftige Reptilien

Von Otto Paul.

Voriges Mal wurden die Coelenteraten als Giftstoffträger behandelt. Bei der neuen Klasse der Reptilien besitzen wir ungefähr 100 Arten Tiere, die mehr oder weniger grössere Giftstoffträger sind. Dabei werden nur für uns die bekanntesten Schlangen behandelt und die exotischen Tiere dieser Familie in Kürze gestreift. Von der Reptilienklasse beschränken wir uns auf die Familie der Vipern, von denen wir die bekanntesten Schlangen hervorheben.

1. *Pelias herus*: Gemeine Kreuzotter, die vorkommt in Nordeuropa, Norditalien, Spanien und Portugal.

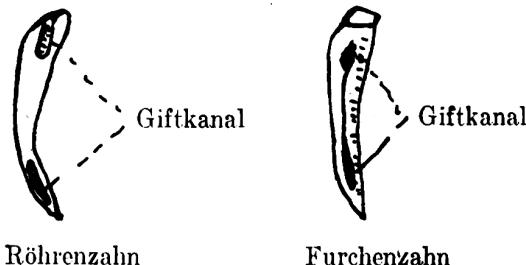
2. *Vipera ammodytes*: Sandviper, bewohnt Südwesteuropa, Südfrankreich und Italien.

3. *Vipera aspis*: Aspisviper, die im badischen Schwarzwald und in unserer Schweiz sich finden lässt.

Im S.-W. der Vereinigten Staaten wohnt *Heloderma suspectum*: Krustenechse. Bei den exotischen Giftstoffreptilien können wir diese Tiere in zwei grosse Doppelklassen einteilen

1. Furchenzähner
2. Röhrenzähner

## Zähne der Giftschlangen.



Diese Schlangenarten sind mit besondern Giftzähnen und Oberkiefergiftdrüsen versehen. Als typisches Merkmal für beide Tierklassen gelten paarige Giftdrüsen, die mit der Kaumuskulatur einen Muskel umhüllen, um beim Beissen das Gift aus der Drüse herauszupressen. Bei Furchenzähnern (Brillenschlangen, Korallenottern) rinnt der Giftstoff an der Vorderseite durch eine Furche der Giftzähne in die Bisswunde, während bei Röhrenzähnern (Klapperschlangen und allen Vipern) die Giftzähne und die anschliessenden Ersatzzähne von einem vollständig geschlossenen Kanal durchbohrt sind. Der Kanal öffnet sich oberhalb der Zahnpitze in einen feinen Spalt.

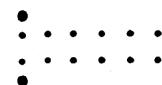
Bei der Behandlung der Giftigkeit der Reptilien müssen wir uns fragen, wann diese Tiere angreifen, und wie die Giftwirkung beim Menschen sich zeigt? Bei der Behandlung dieser Frage spezialisieren wir uns ausschliesslich auf die Kreuzotter als Vertreter der Giftschlangen. Hinsichtlich der Giftwirkungsstärke von Schlangen spielen oft naheliegende, unüberlegte Momente mit.

Der Biss einer jungen im Freien lebenden Schlange ist wirkungsvoller als der eines alten in Gefangenschaft lebenden Exemplares. Zudem frägt es sich, ob die Kreuzotter schon längere Zeit nicht mehr biss, und ob kühle oder heisse Witterung herrscht. Außerdem müssen wir unterscheiden, ob der Gebissene ein Kind oder ein Erwachsener war und der Schlangenbiss entweder die Gliedmasse oder das Gesicht verseuchte.

Unglücksfälle durch Schlangen ereignen sich, da Erwachsene wie Kinder barfuss oder dürfsig bekleidet Beeren oder Pilze in Wäldern sammeln, Spaziergänger oder Touristen im Freien sich lagern, ohne vorher den gewünschten Ruheplatz genau anzusehen.

Der Biss selbst ist so trügerisch, dass der Verletzte nicht einsehen kann, ob es Schlangenbiss oder Dornenstich sein könnte. Die nicht blutende Wunde erkennt der Gebissene an der charakteristischen Anordnung.

## Schlängenbiss der Kreuzotter



12 mm voneinander entfernt liegen nadelstich-grosse Punkte. Zwischen diesen beiden Giftpunkten beobachtet man zwei Reihen giftlose Zähne. Es kann vorkommen, dass der Verwundete im ganzen Organismus einen sog. stichartigen Bissenschmerz fühlt. Das gebissene Glied schwoll sofort auf, und es zeigt sich eine Blaufärbung. Kreuzottern, wie überhaupt jede Giftschlange greift nie einen Menschen an, sondern sucht zu entfliehen. Diese Reptilien werden angriffslustig,

wenn sie angegriffen werden oder sich in die Enge getrieben fühlen. Alle andern ersonnenen Fabeln über diese Tiere gehören in das mächtige Reich der interessantesten Märchen.

Bei jedem Biss gibt die Kreuzotter ein Zehntel Gramm Gift ab. Beziüglich der abgegebenen Giftmenge kann man chemisch noch sehr wenig feststellen. Chemisch wissen wir aber, dass die Giftmenge kein einzelnes Element ist, sondern ein Konglomerat verschiedener Eiweissstoffe. Sehr wahrscheinlich kann das Schlangengift aus folgenden drei zusammenwirkenden Giftstoffen bestehen und zwar:

1. *Hämorragin*: (*αἷμα* = Blut; *ρήγνυμι* = zerreißen). Die Medizin lehrt uns, dass dieser Giftstoff die Blutgefäße sehr stark schädigt und somit zum Austritt des Blutes in die menschlichen Gewebe führt. Menschliches, tierisches wie pflanzliches Gewebe setzt sich aus Zellen zusammen. Diese genannten Zellarten sind für alle drei Klassen fertige Bausteine jedes einzelnen Organismus.

2. *Neurotoxin*: (*νεῦρον* = Nerv; *τοξόν* = Gift) erschlafft das zentral gelegene Nervensystem.

3. *Hämolysin*: (*λύειν* = auflösen). Diese dritte Giftstoffart löst die Blutkörperchen auf.

Früher herrschte der Unfug, dass man die vom Schlangengift betroffenen Menschen vollständig betrunken mache, um ein sofortiges Gegengift zu verabreichen. Die neue Medizin behandelt solche Fälle meistens mit Serum einspritzungen. Zweckdienlich wird es sein, bis medizinische Hilfe zur Stelle kommt, dass der Gebissene seine Wunde tief schneidet, damit dem schädigenden Gifte seine weitern Wirkungen etwas gehemmt werden. Seit dem Jahre 1897 wird das Serum aus der Schlangenfarm von Butantan (Brasilien) bezogen. Mit einer Pincette drückt man am Oberkiefer der Schlange das Gift in eine runde Glasschale und durch starke Verdünnung wird es Pferden eingespritzt. Nach 8 Monaten hat sich das Gift gegen Schlangenbiss entwickelt. Aus dem Pferdeblut wird das Blutwasser entnommen, welches das Schlangengiftserum enthält.

Zum Schutze gegen Schlangengefahr wird es zweckmässiger sein die Schlangenfeinde zu schonen und solche Tiere nicht aus blinder Leidenschaft zu töten. Feinde der Kreuzotter sind: Storch, Bussard und vor allem der Igel. —

## Lesefrüchte

### Was ist die Natur?

Mit reinen, sinnigen, religiösen Augen betrachtet, ist die Natur das herrlichste Drama, in welchem nicht bloss einzelne lichtvolle Szenen hervorstechen: nein, das ganze Natur- und Menschenleben, ja der ganze Weltlauf ist eine vom höchsten Geiste auf ein Ziel hingerichtete Geschichte, ein Epos, in welchem Verwicklungen und Lösungen wechseln, um im Weltende und Weltgerichte ihren befriedigendsten Abschluss zu finden. Die Natur ist ein so grossartiges Gemälde, welches die ewigen Ideen der höchsten Güte und Weisheit in den mannigfaltigsten Farben, Schattierungen und Formen zur Darstellung bringt. Sie ist ein Bildwerk, das nicht bloss durch oberflächliche Farben und Umrisse, sondern durch plastische und solide wirkliche Wesen den Unendlichen, ein jedes auf seiner Stufe abbildet. Sie

ist ein grossartiger Tempel, der, überwölbt von dem unermesslichen Sternenhimmel, von der Grösse des darin wohnenden Herrn eine würdigere Vorstellung geben kann, als die grössten Werke menschlicher Architektur. Das einheitliche Zusammenklingen aller Regungen und Bewegungen der Naturwesen, die Harmonie und Ordnung der Sphären ist eine herrliche Symphonie, zu Ehren des Höchsten vom Anfang der Schöpfung bis zu ihrer Vollendung aufgeführt, herrlicher als je die Kompositionen des musikalischen Genius sie schaffen können.

(Aus Gutberlet, Naturphilosophie.)

### Aesthetische und religiöse Naturbetrachtung.

Die ästhetische Naturbetrachtung lebt in der unmittelbaren Auffassung der schönen Formen ästhetischer Ideen in den Naturerscheinungen selbst. In einer solchen ästhetischen Naturanschauung, tritt uns die Außenwelt nicht in gemeiner Deutlichkeit der Dinge, sondern in verklärter Gestalt entgegen. Das Licht dieser Verklärung geht aber von unserem eigenen Innern aus. Es ist keine äussere, es ist eine innere Sonne, welche diesen gleichsam überirdischen Glanz verbreitet und uns die Dinge nicht mehr in ihrem natürlichen, sondern in einem idealen Lichte erblicken lässt. Diese Sonne ist die Sonne der Ideen, die in unserem eigenen Innern strahlt. Trügen wir die religiösen Ideen nicht in uns, so würden wir die Außenwelt auch gar nicht in dieser ästhetischen Verklärung aufzufassen vermögen. Im Lichte der religiösen Ideen verklärt sich die Natur zu einem Bilde der Ewigkeit und des wahren Wesens der Dinge. Die Idee des Unsichtbaren, welche wir in uns tragen, bekommt durch die uns umgebende Natur und die Schicksale des Menschenlebens Gestalt und Farbe. Der Blütenglanz und die Farbenpracht der am Strahl der Sonne sich schmückenden Erde, das stets sich verjüngende wechselseitliche Leben der entstehenden und vergehenden Gestaltungen, das Regen und Weben auf Fluren, in Wäldern und auf Höhen, das Rauschen der Bäume und der Flüsse, spricht uns freundlich an, weil wir überall Leben, einen Spiegel des Geistes, gewahren. Die Ahnung will hier im Glauben an die Realität der Ideen die ewige Wahrheit der Welt des Guten und Schönen auch in den Naturerscheinungen anerkennen. Dies kann nur stattfinden, wenn wir im Schönen den Widerschein des ewig Wahren in der Natur selbst erkennen und so den bildenden Geist des Ganzen in den schönen Formen der Natur ahnen. — Es ist nicht bloss die Erhabenheit, es ist auch die Schönheit der Natur, die uns in Stimmungen versetzt, in denen die religiösen Ideen in uns anklingen. Wenn man an einem schönen Sommernorgen hinaustritt in das Freie und sich dem Eindrucke der Schönheit der Natur hingibt, so fühlt man seine Stimmung oft plötzlich wie verwandelt und gehoben. Es ist auch hier die Macht ästhetischer Ideen, welche uns in eine solche Stimmung stiller Begeisterung versetzt, die etwas Festliches und Feierliches an sich hat und uns der drückenden Enge des Werktagstagslebens entrückt. Wir verlieren dann die gemeine Wirklichkeit der Dinge, die Sorgen und Mühen des Lebens aus den Augen und versenken uns in den Glanz, den die Natur zauberisch um uns ausbreitet. Wir sehen dann gleichsam ein überirdisches Dasein vor uns liegen, und wir fühlen uns in einer geheimnisvollen Gemeinschaft mit diesem höheren Leben. Es ist in der Tat nichts Geringeres, als die, wenn auch nur dunkel und leise verklingende Idee der Ewigkeit unseres Lebens, welche einer solchen Stimmung zu Grunde liegt, sowie in dem vorigen Beispiel es die Idee der Gottheit ist, die durch den Anblick einer lyrisch ästhetischen Idee in uns geweckt wird.

(Aus E. F. Apelt, Religionsphilosophie.)

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: Dr. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Summenformeln für Potenzzahlen — Ueber das Glazialrelief des Vierwaldstättersees und seiner Uferberge — Literatur.

## Summenformeln für Potenzzahlen

Von Dr. P. Theodor Schwegler O. S. B., Einsiedeln.

Im Jahre 1840 gab in der Ecole Polytechnique in Paris, auf der die französischen Ingenieure, Artillerie- und Marine-Offiziere ausgebildet werden, der damals 14jährige Rechenkünstler Henri *Mondeux* eine Vorstellung. Mondeux verband mit einem seltenen Zahlen Gedächtnis auch hervorragende mathematische Begabung. Als Gast nahm an dieser Vorstellung ein ehemaliges Mitglied des Lehrkörpers dieser Schule teil, der berühmte Mathematiker Augustin *Cauchy* (1789 bis 1857). Zuerst stellten die Schüler einige Aufgaben, die der „Wunder-Knabe rasch und leicht löste. Dann kam eine Aufgabe, die lange Rechnungen erforderte. Noch hatte der sieberhaft rechnende Knabe das Ergebnis nicht, als Cauchy sich erhob und die Lösung

angab. Nun forderte der Direktor der Schule Hrn. Cauchy auf, selber eine Aufgabe zu stellen. Dieser verlangte vom Knaben, dass er die vierten Potenzen der 20 ersten Zahlen suche; als dies geschehen war, verlangte er deren Summe. Wiederum sass der Wunderknabe da mit gesenktem Haupt, geschlossenen Augen, unruhig sich bewegenden Händen und Lippen, addierte Zahl um Zahl; aber auch Cauchy rechnete, und wieder hatte er den Vorsprung: plötzlich meldete er: 722,666. Cauchy, der geübte Matheamtiker, berechnete natürlich nicht die einzelnen Biquadrante (4. Potenzen), sondern verwandte eine Summenformel, mit der er sich selber beschäftigt hatte.

Im folgenden sei zuerst gezeigt, wie solche Summenformeln abgeleitet werden, und hernach folgen die Formeln für die Summen der zehn ersten Potenzen.

### 1. Allgemeine Anleitung.

$$\begin{aligned}
 f^{k+1} &= \\
 2^{k+1} &\equiv (1+1)^{k+1} = 1^{k+1} + (k+1) \cdot 1^k + \binom{k+1}{2} \cdot 1^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{k-1} \cdot 1^2 + \binom{k+1}{k} \cdot 1 + 1; \\
 3^{k+1} &\equiv (2+1)^{k+1} = 2^{k+1} + (k+1) \cdot 2^k + \binom{k+1}{2} \cdot 2^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{k-1} \cdot 2^2 + \binom{k+1}{k} \cdot 2 + 1; \\
 4^{k+1} &\equiv (3+1)^{k+1} = 3^{k+1} + (k+1) \cdot 3^k + \binom{k+1}{2} \cdot 3^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{k-1} \cdot 3^2 + \binom{k+1}{k} \cdot 3 + 1; \\
 &\vdots \\
 (n+1)^{k+1} &\equiv n^{k+1} + (k+1) \cdot n^k + \binom{k+1}{2} \cdot n^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{k-1} \cdot n^2 + \binom{k+1}{k} \cdot n + 1.
 \end{aligned}$$

wir addieren beide Seiten

$$(n+1)^{k+1} = \binom{k+1}{1} \cdot \sum n^k + \binom{k+1}{2} \cdot \sum n^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{k-1} \cdot \sum n^2 + \binom{k+1}{k} \cdot \sum n + (n+1)$$

$$\text{Also } \binom{k+1}{1} \cdot \sum n^k = (n+1)^{k+1} - \left[ \binom{k+1}{2} \cdot \sum n^{k-1} + \dots + \binom{k+1}{k-1} \cdot \sum n^2 + \binom{k+1}{k} \cdot \sum n + (n+1) \right]$$

Wir dividieren mit  $\binom{k+1}{l}$  zu beachten, dass  $l = 1, 2, 3, \dots, (k+1)$

$$\frac{\binom{k+1}{l}}{\binom{k+1}{1}} = \frac{(k+1) \cdot k \cdot l \cdot (k-1) \cdots (k-l+2)}{1 \cdot 2 \cdots (k-l+1)} = \frac{1}{l} \cdot \binom{k}{l-1}$$

$$\text{Allg. } \sum n^k = \frac{1}{k+1} [(n+1)^{k+1} - (n+1)] - \left[ \frac{1}{2} \cdot \frac{(k)}{(k)} \cdot \sum n^{k-2} + \frac{1}{3} \cdot \frac{(k)}{(2)} \cdot \sum n^{k-3} + \dots + \frac{1}{k-1} \cdot \frac{(k)}{(k-2)} \cdot \sum n^2 + \frac{1}{k} \cdot \frac{(k)}{(k-1)} \cdot \sum n \right]$$

Wenn also  $k = 4$ ,

$$\sum n^4 = \frac{1}{5} [(n+1)^5 - (n+1)] - \left[ \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \sum n^3 + \frac{1}{3} \cdot 6 \cdot \sum n^2 + \sum n \right]$$

2. Wir haben es also mit einer sogenannten *Rekursions-Formel* zu tun: um die Summenformel einer beliebigen Potenz zu finden, müssen demnach die Summenformeln für alle niedrigeren Potenzen gefunden sein. Umgekehrt kann aus der Summenformel der ersten Potenz, also der gewöhnlichen Zahlenreihe, die Summenformel der Quadratzahlen, aus den beiden Formeln die Summenformel der Kubikzahlen usw. gefunden werden. Wir brauchen in der obigen allgemeinen Formel nur die entsprechenden Werte für  $k$  einzusetzen, die gemeinsamen Faktoren herauszuheben und die nicht gemeinsamen zusammenzufassen. In dieser Weise wurden die folgenden Summenformeln gefunden.

$$\begin{aligned}\sum n &= \frac{n(n+1)}{2} \\ \sum n^2 &= \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \\ \sum n^3 &= \left[ \frac{n(n+1)}{2} \right]^2 \\ \sum n^4 &= \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^2+3n-1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5} \\ \sum n^5 &= \frac{n^2(n+1)^2(2n^2+2n-1)}{2 \cdot 2 \cdot 3} \\ \sum n^6 &= \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^4+6n^3-3n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 7} \\ \sum n^7 &= \frac{n^4(n+1)^2(3n^4+6n^3-n^2-4n+2)}{2 \cdot 2 \cdot 6}\end{aligned}\quad \begin{aligned}&= \sum n \cdot \frac{2n+1}{3} \\ &= (\sum n)^2 \\ &= \sum n^2 \cdot \frac{3n^2+3n-1}{5} \\ &= (\sum n)^2 \cdot \frac{3n^2+3n-1}{3} \\ &= \sum n^2 \cdot \frac{3n^4+6n^3-3n+1}{7} \\ &= (\sum n)^2 \cdot \frac{3n^4+6n^3-n^2-4n+2}{6}\end{aligned}$$

$$\sum n^8 = \dots \cdot \sum n^2 \cdot \frac{5n^6+15n^5+5n^4-15n^3-n^2+9n-3}{15}$$

$$\sum n^9 = \dots \cdot (\sum n)^3 \cdot \frac{2n^6+6n^5+4n^4-8n^3+n^2+6n-3}{5}$$

$$\sum n^{10} = \dots \cdot \sum n^2 \cdot \frac{3n^8+12n^7+8n^6-18n^5-10n^4+24n^3+2n^2-75n+5}{11}$$

Es zeigt sich also die merkwürdige Gesetzmäßigkeit, dass die Summenformeln der geraden Potenzen die Summenformel der 2. Potenz als Faktor enthalten, die Summenformeln der ungeraden Potenzen dagegen die Summenformel der 3. Potenz. Die weiteren Faktoren sind weiter nicht mehr zerlegbar und werden mit wachsenden Potenzen komplizierter; sie stimmen untereinander darin überein, dass sie bei der Summenformel der  $(2n)$ -ten und  $(2n+1)$ -ten Potenz vom gleichen Grade sind.

Während in der von Cauchy gestellten Aufgabe Mondeux 20 zum Teil 6stellige Zahlen im Gedächtnis

addieren musste, brauchte der Meister nur die beiden Zahlen

$$574 (= \frac{20.21.41}{2.3.5}) \text{ und } 1259 (= 3.20^2 + 3.20 - 1)$$

miteinander zu multiplizieren, was einem geübten Mathematiker keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bereitete.

## Ueber das Glazialrelief des Vierwaldstättersees und seiner Uferberge

Von Max Büttler, Ingenieur, in Cham.

(Schluss)

Der Stützberg trotzt als einst eisumfluteter und überfluteter Felspfeiler. Der Zingelberg ist beim Känzeli im Grundriss gleich einem Strompfeiler gerundet. Betrachtet man grosszügig, so erkennt man im Dreieck Treib-Schwibogen-Seelisberg ein prachtvolles Stück Glazialrelief.

Unsere Beobachtungen und Erkenntnis werden weiter erhärtet durch Belege auf der rechten Talseite. Im Gewölbescheitel der Axenwand ist als Fortsetzung wie bei Sonnenberg das Gewölbe verschürft und nicht erodiert.

Die ansprechende Aussichtswarte von Axenstein ist wie geschaffen, einen tief sich einprägenden Einblick in glazialmorphologischer Richtung zu gewinnen. Aus dem liegenden Schenkel der Seelisberger Emmettenmulde ragt trotzig der fremdartige Stützberg. Man mag noch so oft vom Axenstein aus in die Morphologie des Stützberges sich vertiefen, immer kommt er uns vor als ein „Ast“ im weichen Brett, an dem das Hobeleisen, das ist der diluviale Gletscher, stumpfte. Die rein gefühlsmässige Deutung und die Erkenntnis unterstützen sich gegenseitig.

An der Südseite der Rigi fällt die monotone, gleichmässig geböschte Steilehne auf. Nur wenige Bachrinnen zerfurchen den Berg. Im obersten Einzugsgebiet sind die Runsen durchwegs tiefer eingeschnitten als in den tiefen Partien, wo eben die Lehne des Haupttales übertieft ist. Auf die Schürfmulde bei Brunniberg sei hier hingewiesen.

Am Urmiberg biegt die anstehende Felsflanke der Righochflukette nach Nordost. Bei den Gehöften Wylen und Urmiberg weist die Berglehne glaziale Kleinformen auf. Bei Seewen lenkt der weithin sichtbare unterschliffene Rundrat des Urmiberges unsere Blicke auf sich, der sicher weit unter die Talauffüllung als verschärfter Sporn fortsetzt. Auf dem „Dach“ des Steinbruches bei Seewen sind ausgesprochene Schliffflächen sichtbar im Uebergang zur Leeseite. Letztere ist analog wie jene des Lopperberges, oder des Bürgen-

stockes ohne wesentliche Schleifspuren geblieben. Dagegen tritt am Fusse der Mythen der Rundhöcker „Burg“ als markantes Relikt hervor. Die Resistenz eines Inselberges in einem erweiterten Talverschnitt ist erklärlich in der zufälligen Lage zwischen zwei konzentrierten Angriffslien eines oder zweier vereinigter Gletscher. Im Flyschgebiet von Lowerz ist das Tal sehr weit nach dem „U“profil verschärft, besonders gegen Hochstuckli und Roossberg hin. In den sich repetierenden schiefen Terrassen zwischen Rigi und Rossberg wird die Macht glazialer Brech- und Feilarbeit im grossen demonstriert. Sicher hatte bei Goldau die glaziale Talübertiefung den Fuss der dort einfallenden Gnippenschichten weggeräumt und den Bergschlipf von 1806 primär veranlasst.

Gätterlipass und Gotthardligipfel stehen unter dem Einfluss formender Gletscher. Es ist wohl kein Zufall, dass die 3seitigen Pyramidengipfel des Rigi-massives den Haupteisströmen parallele Flanken besitzen. Sie sind eben, wenigstens in tieferer Lage glazial modelliert.

*Seebecken von Gersau und Weggis.* Diese beiden Becken sind tektonisch vorgezeichnet. Grosszügig betrachtet, zeigen Stanser- und Buochserhorn unbedeutende Erosivgliederung. Die Südlehne des Bürgenstocks ist einförmig verschürft, und zwar bis zur Nase hinaus. An der obern und untern Nase erhellt im Aufriß deutlich der Schichtenabbau durch Auskeilen entsprechend der Dynamik des Gletschers an der Verengungsstelle bzw. Ueberbordungsschwelle zwischen Bürgenstock und Righochfluh. Die Schürflehnen über Beckenried und Emmetten sind übertieft und unregelmässig als Gletscherfufer zu erklären. Die weiten Nischen von Gersau und Vitznau entsprechen der Nachgiebigkeit des weicheren Flysches. Die Urgonfelswand über Gersau verliert von oben nach unten an Mächtigkeit und keift über den See aus; hoch oben an der Rigi trotzen geschliffene Nagelfluhwände, gleichzeitig den Massstab ihrer Verwitterbarkeit darstellend. Wenn andererseits Felswände keine Schleifspuren aufweisen, so ist diese Erscheinung bedingt in der Verwitterung, die oft nach Klüften abbaut, oder in der zufälligen geschüfzten Lage, bezogen auf die Dynamik des Gletschers.

Herrliche Einblicke in die Werkstatt der diluvialen Gletscher erhält man beim Niederblick von der Righochfluh oder von der Rigischöidegg. Der Anblick des Bürgenstocks, das repetitive Eintauchen und Auftauchen der Kreidedecke inmitten des vielbuchtigen farbigen Sees ist zugleich ein feierliches Moment im Rahmen dieses herrlichsten Erdenstückes.

Schluss: Wir haben jetzt erkannt, dass die diluvialen Gletscherzungen in den erodierten Talstük-

ken des Vierwaldstättersees mannigfache morphologische Veränderungen bewirkt haben. Im Urgebirge und Kreidegebiet haben hauptsächlich nur Talengen und Stosseiten meist lokale, doch oft spezifische Abschürfung und Abschleifung erfahren. Im weicheren Flysch und in der subalpinen Molasse also nordwestlich der Linie Hergiswil, Kehrsiten, Vitznau, Schwyz, sind die Schürfwirkungen ungleich viel grösser, indem der ganze Habitus der Landschaft dem spezifischen Abtrags- und Modellierungsvermögen des Gletschers entspricht.

Unsere Beobachtungen und Erkenntnis fänden wir auch bestätigt bei der Untersuchung von rezenten Alpengletschern, wie z. B. beim Aletschgletscher, beim Rohnegletscher, oder durch die wertvollen ansprechenden Flugaufnahmen über den Gletschern Spitzbergens, wie sie Pilot Mittelholzer von seiner Polarexpedition zurückbrachte. Ebenso hat in einer neuern Monographie über das Urner-Meiental Alfred Bühler die stadialen Schürfbeträge des Meientales, sowie dessen Glazialrelief in allen Details instruktiv dargestellt.

Die Vorstellung vom glazialen Antlitz der Uferberge des Vierwaldstättersees ist uns damit klarer geworden. Grosses und kleine Rundhöcker, Schliffflächen in der weichen Molasse und an den Steilflanken der harten Felsen, dominieren heute als über 10,000 jähriges Denkmal glazialer Schürfung. Sie veredeln vereint mit den Alluvionen und Moränen, welche der Vegetation den fruchtbaren Boden verleihen, das mannigfach entzückende Landschaftsbild des unvergleichlichen Vierwaldstättersees.

## Literatur

**Dr. Ludwig Bergmann.** *Versuche mit hochfrequenten, ungedämpften elektrischen Schwingungen und kurzen elektrischen Wellen.* Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin und Bonn 1932; 88 Seiten, kart. M. 2.85.

Das Büchlein gibt dem Physiklehrer Anregung und Anleitung zur praktischen Behandlung des nicht einfachen Stoffes mit Hilfe von 68 verhältnismässig einfachen Versuchen, die den Schüler bekannt machen mit den elektrischen Schwingungen dieser Art. Der Lehrer an Gymnasien und technischen Schulen kann daraus die für seine Schulverhältnisse nützliche Auswahl treffen.

Dr. P. B.

*Einführung in die Elemente der Trigonometrie.* Auf-

gaben der praktischen Geometrie bearbeitet von J. E. Herzog. — Verlag H. R. Sauerländer & Cie., Aarau.

Die offiziellen Lehrmittel für den Geometrie-Unterricht drängen den Volksschulen einen zu formalen Betrieb auf. Das vorliegende Büchlein bietet nun dem Lehrer die Hand durch eine klare Einführung in die elementaren Kenntnisse der Trigonometrie viele Dinge des praktischen Lebens auch in Sekundar-, Gewerbe- und landwirtschaftlichen Schulen zu verwerten. So absurd der Gedanke — Trigonometrie für Volksschulen — sein mag, so muss man doch bei näherer Prüfung zugeben, dass es eine Notwendigkeit der Zeit ist, auch Volksschülern einen Einblick in die Entstehung von Grundbuchplänen, Landkarten und in die grosse Bedeutung der Trigonometrie für die ganze Technik zu ermöglichen. Die sorgfältige Auslese der dringlich nötigen trigonometrischen Begriffe im ersten, die praktischen zu Flurmessungen anregenden Aufgaben im zweiten und die wertvollen Ergänzungen im dritten Teil dieses Büchleins leisten Gewähr zu einer erfolgreichen Einführung der Trigonometrie und fördern den Sinn für den praktischen Wert dieses Faches.

Dr. H. Gamma.

*„Was kostet die Elektrizität im Haushalt?“* von Prof. Dr. A. Kaufmann. Buchdruckerei Gassmann, Solothurn. Ein Lehrbuch für das Messen und die Kostenberechnung des elektrischen Stromverbrauchs; der Verfasser nennt es Rechenlehrmittel für Haushaltungs-, Sekundar- und Mittelschulen. Preis Fr. 2.50. Partienpreis Fr. 1.50.

Zuerst werden die elektrischen Massbezeichnungen erklärt, dann Aufgaben zur Berechnung der Stromkosten geboten. Weitere Kapitel beschreiben die Sicherungen, die Zähler, die Auswahl und Lebensdauer der Glühlampen, die elektrische Küche, bieten Kochrezepte mit mannigfaltigen Aufgaben, Betrieb und Handhabung der Heisswasserspeicher (Boiler).

Besondere Aufmerksamkeit ist der bildlichen Darstellung geschenkt durch anschauliche Zeichnungen über die Wirkungsweise der elektrischen Geräte; dadurch wird zu ihrem zweckmässigen Gebrauch angeleitet. Dazwischen fesseln praktische Abhandlungen:

Die hohe Rechnung selbst verschuldet! Streit wegen einer brennenden Glühbirne! usw.

Ein neues, vortreffliches Buch für die Lehrpersonen der Mittel- und Sekundarschulen zur Vorbereitung auf den Unterricht und zur beruflichen Fortbildung, klar und anschaulich geschrieben, methodisch ein trefflicher Führer nach dem Arbeitsprinzip. Eine Fülle des Wissenswertes aus dem praktischen Haushalt liegt darin geborgen. Greift zu, das Buch wird neben den bisherigen Quellen ein willkommener Berater sein!

A. B.

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: Dr. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Ein neues Pflanzenhormon — Die Sprache der Ur-Menschen — Literatur

## Ein neues Pflanzenhormon

Von Dr. P. Aurelian Roshardt.

Es gibt unter den biologischen Problemen nicht viel, die gegenwärtig das Interesse in grösserem Massse für sich fesseln als die Hormone, die Produkte innerer Drüsentätigkeit, die im Aufbau und in der Gestaltung des Lebens eine bestimmende Rolle spielen. Eines dieser Hormone aus dem Pflanzenreich beschäftigt gegenwärtig sehr rege die Pflanzenphysiologen. Es ist das Auxin, der Wuchsstoff für Wachstum. Altbekannt ist die Beobachtung, dass das Wachstum auf gewisse Zonen beschränkt ist und dass Bewegungen von Wurzeln, Stengeln und Blütenteilen auf ungleiches Wachstum namentlich der basalen seitlichen Teile dieser Organe zurückzuführen ist. Man sah und verfolgte aufmerksam die Krümmungen der Pflanzenachse, die sich der Erde zu- oder abwandte. Man wusste auch dieses hartnäckige Streben der Wurzel und des Stengels nach unten und oben durch die vorgeschaltete Zentrifugalkraft aufzuheben. Man vermochte mit sinnreichen Apparaten, die jede Einzelheit getreu vermerkten, die Bewegungen zu messen und sogar im Film festzuhalten. Haberlandt und Némec suchten mit ihrer Statolithentheorie einen Schlüssel für die inneren Vorgänge zu geben; aber er öffnete die Türe zum Geheimnis nur eine kleine Spalte. Besonders dankbare Objekte für diese Wachstumsstudien waren die Keimlinge von Hafer und Mais, und zwar das erste, beim Keimen über den Boden tretende Organ, eine zylindrische, oberseits geschlossene Scheide, welche den Namen Koleoptile erhalten hat. Wenn diese Koleoptile eine gewisse Grösse erreicht hat, bricht das erste Blatt hindurch und zu gleicher Zeit wird ihr Wachstum eingestellt. Man fragte nach dem Zusammenhang der Vorgänge. Paál fand, dass die Spitze der Koleoptile eine Substanz absondert, welche das Wachstums der ganzen Koleoptile günstig beeinflusst. Schneidet man einem Haferkeimling die Spitze ab, so stellt er sein Wachstum ein. Wird dann die Spitze, das Häubchen der Koleoptile, wieder dem Schnitte aufgesetzt, so fängt der Keimling wieder an zu wachsen. Legt man aber auf die Schnittstelle, zwischen Spitze und Keimling ein trennendes Glimmer- oder Stanniolplättchen, so bleibt das Wachstum wieder aus. Ebenso, wenn man statt der Spitze ein Scheibchen aus der Basis der Koleoptile herauschneidet und sie auf der abgeschnittenen Spitze befestigt. Endlich setzte Paál den abgeschnittenen Keimlingen ein Koleoptilenhäubchen seitlich auf, etwa wie man den Hut sich einmal schief aufs Ohr setzt, und klebte es mit zehnprozentiger Gelatinelösung fest. Dann setzte das Wachstum wieder ein und zwar mehr auf jener Seite, wo das Hütchen ruhte. Infolgedessen begann sich der Keimling zu biegen und dies nicht erst von der Schnittfläche an, sondern kurz ob der Basis

des geköpften Keimlings. Was das Wachstum befördernde, war also wirklich ein Stoff der in der Keimspitze entsteht, und dieser Stoff wanderte, von der Koleoptilenspitze über die Schnittfläche gegen die Basis.

Das war der Stand der Untersuchung vor fast 20 Jahren. Einige Zeit ruhte das Problem. In dem letzten Jahrfünft aber sind diese Kenntnisse namentlich durch umfangreiche Arbeiten des botanischen und des organisch-chemischen Institutes der Universität Utrecht erweitert worden. F. A. F. C Went, Ordinarius für Pflanzenphysiologie und sein Utrechter Kollege, Chemieprofessor Fritz Kögl, brachten das Wachstumsproblem zu einem gewissen Abschluss. Went behandelte es nach der botanisch-physiologischen Seite hin, Kögl untersuchte seine chemische Natur. Ihm gelang es sogar, das chemisch bisher ganz unbekannte Phytohormon, das die Koleoptilen der Hafer- und Maiskeimlinge abscheiden, rein darzustellen. Auf der Tagung deutscher Aerzte und Naturforscher in Mainz-Wiesbaden im September 1932 gaben die beiden Forscher Aufschluss über ihre Arbeiten. Ein paar Ergebnisse allgemeiner Charakters seien hier an Hand zweier Abhandlungen dieser Autoren in den „Naturwissenschaften“ Heft 1 und 2, 1933 kurz dargelegt.

## I.

Went sowohl wie Kögl arbeiteten mit einem ganzen Stab von wissenschaftlichen Helfern. Went, der Mitherausgeber des neuesten und vorzüglichsten Lehrbuches der Pflanzenphysiologie von Kostytschew suchte zunächst durch geistreiche Experimente Aufschluss zu erhalten über die *Bedeutung des Wuchsstoffes für das Wachstum*. Seinem Sohn und Mitarbeiter glückte es, den Wuchsstoff aus den Haferspitzen auszuziehen, indem er die Spitzen auf dreiprozentige Agar-Agarplättchen hinstellte, welche sich dann nachher als wuchsstoffhaltig auswiesen. Lässt man eine Spitze während etwa einer Stunde auf der Agar-Agarunterlage stehen und zerschneidet dieses Blättchen so dann in kleine Würfelchen, so kann man diese Würfelchen einseitig auf geköpfte Haferkeimlinge setzen und durch die auftretende Krümmung die Anwesenheit des Wuchsstoffes feststellen. Setzt man ein solches Agarwürfelchen mit Wuchsstoff über ein anderes Würfelchen ohne Wuchsstoff, so verteilt sich der wirksame Stoff über eine doppelt so grosse Masse: seine Konzentration wird halbiert. Untersucht man jetzt den Ablenkungswinkel eines Koleoptilenstumpfes, dem man dieses zweite Würfelchen aufgesetzt hat, so beträgt die Krümmung nur die Hälfte des vorigen Winkels. Man fand also, dass der Ablenkungswinkel der Wuchsstoffmenge genau proportional ist. Das gilt innert gewissen Massen; bei grösserer Konzentration des Auxins im Agarwürfelchen wird ein bestimmter Grenzwinkel nicht überschritten. Warum, weiss man nicht.

Hiemit war nun eine genaue, methodische Unterlage für neue, wissenschaftliche Versuche geschaffen.

Man fragt sich jetzt, ob ohne dieses Auxin ein Streckenwachstum möglich sei oder nicht, und kam durch Versuche mit Keimlingen, denen man durch zweimalige Köpfung innert zwei bis drei Stunden den Wachstumsstoff gänzlich geraubt hatte, zu einer eindeutigen Antwort. Auch Versuche mit Tradescantia und andern Gelenkpflanzen und mit Blütenköpfchen vom Gänseblümchen, die man mit Haferwuchsstoff behandelte, ergaben, dass *ohne Auxin kein Streckenwachstum* vor sich gehe. Zugleich stiess man auf die überraschende Tatsache, dass die Wirkung des Auxins nicht an die Art gebunden ist; Wuchsstoff von Hafer und Mais kann wechselseitig benutzt werden und beide Stoffe bewirken ein Wachstum an Bellis, Tradescantia, Nelken und andern Pflanzen, wenn man sie im Agarblöckchen auf die Schnittstellen bringt.

Man fragt sich ferner, wie dieses Auxin gegen Hitze und Trockenheit sich verhält. Weder eine Wärme von 100 ° C., noch vollständiges Austrocknen schadeten ihm. Auch seine Diffusionsgeschwindigkeit in Agar-Agar wurde gemessen und daraus ein vorläufiges Molekulargewicht auf 376 bestimmt. Das Resultat wurde bald verbessert. Auch fand man, dass die Erzeugung des Wuchsstoffes wahrscheinlich mit der Assimilation zusammenhängt. Der Transport dieses Stoffes vollzieht sich im lebenden Gewebe des Keimlings, nicht in den Gefäßbündeln. Die Geschwindigkeit dieser Wanderung wurde so erforscht: Wuchsstofffreie Koleoptilenzylinerchen von 1 bis 2 Millimeter wurden genommen, diesen ein Agar-Agarwürfelchen mit Wuchsstoff aufgesetzt und dann das Ganze auf Agar-Agar ohne Wuchsstoff hingestellt. Es konnte nun geprüft werden, wie lange es dauert, bis ein bestimmter Prozentsatz des Auxins aus dem oberen Agar-Würfelchen in dem untern angekommen war. Geschwindigkeit und Intensität des Wanderns konnten so gemessen werden; man musste die untern Würfelchen jetzt nur frisch geköpft Koleoptilen aufsetzen und den Krümmungswinkel feststellen, natürlich all das in einer ganzen Reihe von Versuchen. Bei 23 ° C. wurde eine Geschwindigkeit von 10 Millimeter in der Stunde gefunden, eine Geschwindigkeit, die nicht durch Diffusion erklärt werden kann. Damit war entschieden, dass die lebenden Zellen dabei eine wichtige Rolle spielen. Schon der fördernde Einfluss der Temperaturerhöhung deutet darauf hin; auch ist der Vorgang polar: Das Auxin wandert von der Spitze zur Basis, nicht umgekehrt.

Von besonderem Interesse sind nun die *Beziehungen des Wuchsstoffes zu den phototropischen Erscheinungen*, zu den Krümmungen der Sprosse gegen das Licht. — Auf das in die Agarwürfelchen übertragene Auxin selbst übt das Licht keinen Einfluss aus; es mehrt nicht und schwächt nicht seine Wirkung. Doch genügt eine kurzdauernde, einseitige Belichtung der Haferkeimlinge, die in der Dunkelkammer gezogen werden, um eine Spitzenablenkung auszulösen. Nicht nur die Zahl der Meter-Kerzen, die zur Reizung nötig waren, wurde ausprobiert, sondern auch die Qualität des Lichtes, die Wellenlänge und die Ergs, die man zuführte. Es stellte sich heraus, dass bei seitlicher Belichtung zunächst etwa 20 Prozent des Wuchsstoffes verschwinden. Die übrig gebliebenen 80 Prozent werden sehr un-

gleich verteilt: die dem Licht zugekehrte Seite des Keimlings erhält nur 27 %, die vom Lichte abgewendete aber 57 %. So wird verständlich, warum die Hinterseite stärker wachsen muss als die Vorderseite, und dass so eine positiv phototropische Krümmung des Keimlings zustande kommt. Bei sehr grossen, einseitig zugeführten Lichtmengen aber schlug die Verteilung des Wuchsstoffes um, woraus sich dann die negativ phototropische Bewegung erklären lässt. Doch darüber sind die Versuche noch nicht abgeschlossen.

In ähnlicher Weise spielt die Verteilung des Wuchsstoffes die Hauptrolle bei *geotropischen Bewegungen*. Brachte man Haferkeimlinge in der Dunkelkammer in horizontale Lage, so liess sich schon nach 15—30 Minuten nachweisen, dass die Auxinmenge auf der Unterseite der Mais- und Haferkeimlinge grösser war als auf der entgegengesetzten Kante. Dadurch musste auf der Unterseite grösseres Streckenwachstum und eine negativ geotropische Aufrichtung hervorgehen. Die Koleoptilenspitze ist ganz besonders für Schwerkraft empfindlich, der frische, spitzlose Keim dagegen nicht, weil ihm der Wuchsstoff fehlt. Geköpfte Keimlinge krümmen sich erst wieder, wenn sich der Wuchsstoff nach 2½ bis 3 Stunden neu gebildet hat; sie krümmen sich jedoch sehr rasch, wenn man die Schnittstelle mit einem Agarwürfelchen, das Wuchsstoff enthält, belegt hat. Ueber das positiv geotropische Wurzelwachstum sind ebenfalls Versuche im Gang. Ebenso bringt Went das sogenannte autotrophe Wachstum, Krümmungen infolge eines äusseren Reizes, wie etwa das Winden eines Stengels, mit der Vermehrung und Verteilung des Auxins in Verbindung.

Das Bedeutungsvolle dieser Versuche liegt darin, dass hier der Wuchsstoff das erste Mal die Lösung eines Korrelationsproblems ergibt. Es steht fest, dass auch im Pflanzenkörper ein Teil durch den andern beeinflusst werden kann. Vielleicht ist auch bei der Blütenbildung und bei dem Dickenwachstum unserer Bäume eine stoffliche Beeinflussung im Spiel. Jedenfalls sind wir um ein hübsches Beispiel reicher, das mit genauen Dokumenten sich darüber ausweist, wie alles Lebende eine Ganzheit ist und wie die Teile des Ganzens sich gegenseitig zum Leben helfen.

(Schluss folgt.)

## Die Sprache der Ur-Menschen

Von Dr. Jac. M. Schneider, Altstätten.

In den Jahrgängen 1930, 1931 und 1932 der an Stoffen u. Behandlungen ausgezeichneten «Schweizer-Schule» (Beilage «Mittelschule») haben wir kurz die Geschichte der Erforschung der Urzeitmenschen, die kulturellen Stufen der Menschen der Eiszeit, ihr geologisches und palaeontologisches Alter, ihre Parallelisierung mit der Eiszeit u. Zwischeneiszeit, ihre Fauna, die grösstenteils aus Europa verschwunden oder ganz ausgestorben ist, die vielgestaltigen Typen der letzt-interglacialen, altpalaeolithischen Lagerplätze La Micoque in Frankreich und Ehringsdorf in Mitteldeutschland (Weimarer-Stufe nach Wiegert), die Höhlenprofile des Wildkirchli und des Drachenloches (und Wildenmannlisloch) in den Kantonen Appenzell und St. Gallen, und von Cotencher im Kt. Neuenburg dargestellt (zum Teil illustriert) mit ihrem unge-

schichtlich wichtigen Inhalt. Die Ausführungen beruhen teils auf einer reichhaltigen Fachliteratur aus verschiedenen Ländern, teils auf den Ergebnissen eigener Grabungsarbeiten und persönlicher Fundortbesuche und Museumsstudien in der Schweiz, in Frankreich und Deutschland, meistens unter Führung oder in Gesellschaft der klassischen Fachmänner. Es gibt noch kein mittleres Werk, das die menschliche Urgeschichte in gleich eingehender Ausführung und Verbindung des anthropo-technischen, geologischen, botanischen und faunistischen Teiles gibt, verbunden mit der Aufführung vollständiger Listen aller Grabungsfunde hervorragendster Ur-Wohnplätze, und durchleuchtet von naturentsprechender Psychologie.

Für Zustimmungen von verschiedensten Seiten und Orten meinen besten Dank.

Bevor wir mit dem Altpalaeolithikum abschliessen und das Jungpalaeolithikum vor unserem Geistesauge vorüberziehen lassen und dann die physische Anthropologie betreffe Neandertaler, Heidelberger, Oldoway- und Pekingmensch, und desgleichen das Viele besonders stark interessierende, chronologische Alter der Menschheit behandeln, ist es gegeben, eine theologische und psychologische Zwischenschaltung zu machen. Es ist zwar möglich, dass schon diese Ankündigung einige übernormal lange Gesichter absetzt. Man denke nur daran, mit welchem Ueberschuss von Energie sich Verschiedenste, sogar Gottgeweihte, dagegen gewehrt haben, dass man z. B. die Theologie zur Frage nach dem Alter der Menschheit mitsprechen lasse, und mit welch charakteristischer Gelassenheit sie dafür die haarsträubendsten Widersprüche der Ungläubigen unter sich vertrauensvoll schlucken. Obwohl wir unlängst von jenseits des Rheines her zur Beleuchtung dieses Kapitels gemahnt wurden, müssen wir es noch etwas verschieben. Wir wenden uns diesmal der Sprache der Urzeitmenschen zu.

In den Händen aller Lehrer und Lehrerinnen des Kts. St. Gallen ist das «17. Jahrbuch des Kantonalen Lehrervereins St. Gallen». Manche besitzen als Separatabdruck daraus den Abschnitt: «Aus der ältesten Urgeschichte unseres Landes. Die Höhlenbewohner. Von Dr. Emil Bächler». Verschiedenstes, was Dr. Bächler darin, namentlich, was die Darlegungen seiner eigenen verdienstvollen Forschungen betrifft, ist sachlich richtig, oft vorzüglich. Anders steht es mit seiner folgenden Schilderung: «Sprache. Wir kennen die Sprache des Urmenschen nicht. Aber sie ist, wie alles, was mit dem Menschen zusammenhängt, etwas Gewordenes, das sich im Laufe der Jahrtausende erst entwickeln musste. Jedenfalls war die Ursprache eine unartikulierte und besass anfänglich in hohem Masse Ausdruckscharakter, der sich in Gebäuden, Gesten, Mienen, Zeichen kundtat, deren sich heute noch in vorwiegendem Masse unsere Naturvölker während ihres Sprechens bedienen. Erst mit dem Wachstum geistiger Abstraktion vermochte sich die Sprache zu höheren Formen zu gestalten; denn die Sprache ist das Hauptmittel zur Verständigung von Mensch zu Mensch. In primitiven Sprachen beziehen sich fast sämtliche Vorstellungen auf gegenständliche oder räumliche Anschauungen. Die ersten Laute mögen so genannte unwillkürliche gewesen sein, Reflexlaute bei Erregung durch Schrecken, Staunen, Wut, Gier,

Furcht, Freude (A, O, U, Au usw.), auch den Tieren nachgeahmte Laute, dem Rollen des Donners usw. (onomato-poietischer Ursprung der Sprache). Durch Schreie und Gestikulation äussert sich auch heute noch das erste Mitteilungsbedürfnis beim Kinde. Laut- und Gebärdensprache kennt auch der heutige Kulturmensch noch (Taubstummensprache). Das Werden der Sprache bildet ein höchst anziehendes, aber auch schwieriges Problem».

Ist dieser Passus nicht manchen einleuchtend? Ist er nicht recht naturgemäß? Löst er nicht selbst ganz prächtig das «schwierige Problem» des Werdens der Sprache?

Aber was sagt tatsächlich die Psychologie, die Ethnologie dazu? Und kann die biblische Theologie es bestätigen? *Das ruft nach gründlichen Antworten.*

Vorerst widerlegte bereits der grosse Denker und scharfsinnige wie unermüdliche Forscher Aristoteles den Satz: «Sprache — sie ist, wie alles, was mit dem Menschen zusammenhängt, etwas Gewordenes, das sich im Laufe der Jahrtausende erst entwickeln musste». Nach der Philosophie und Psychologie des geistesgewaltigen Griechen besteht der Mensch (nur) aus Leib und Seele. Die Seele ist der Hauptteil. Sie ist nach Aristoteles und seiner Schule und ist laut biblischer Offenbarung nicht etwas im Laufe von Jahrtausenden Gewordenes. Als einfache, geistige Substanz kann sie überhaupt nicht durch Entwicklung geworden, sondern nur durch einen Schöpfungsakt Gottes plötzlich und zugleich ganz und total aktionsfertig entstanden sein. Sie ist deshalb auch unsterblich. Die Taubstummen sind organisch oder neurologisch Abnormale. Ihre Sprache setzt die mündliche Sprache Normaler, von denen sie lernen, voraus. Jedenfalls kann der Zustand der ersten, zweifellos normaler Menschen, nicht mit dem Zustand Taubstummer in Parallele gestellt werden. Die Abnormalen sind Ausnahmen, sind gegen die Regel. *Die Ethnologie der letzten Jahrzehnte* beweist, dass die bekannt gewordenen und sprachlich erforschten *primitivsten Naturvölker*, die Feuerländer, Australneger, Zwergstämme, sittlich hohe Ehebegriffe, sittlich klare Begriffe von Gut, Stunde und Verbrechen, von Lohn und Strafe, einflussmächtige Begriffe vom höchsten Wesen, und *dazu angepasste, vollkommene Sprachen haben*.<sup>1</sup> Die Feuerländer, auf Grund von Darwins Unwahrheiten lange Zeit als Religionslose exemplifiziert, nennen (Stamm Yagan) das höchste Wesen: «Vatauineuva», d. h. «Der Uralte, der Ewige», ferner «Hitapudu», d. h. «mein Vater», ferner «Monauanakin», d. h. «Der Allerhöchste». Ist auf dem Meer das Kanu vom Untergang bedroht, so beten sie z. B. «Uxaia mötawaku hitapuan tökamatu anen!», d. h. «bitte, sei gnädig, mein Vater, rette das Boot ans Land!» Nach glücklicher Rettung danken sie Gott. Ihre Sprache mit ihren Unterhaltungen, Liedern, Gebeten, Lehren ist phonographisch für immer aufbewahrt (der Stamm ist leider am Aussterben).

Der Sinanthropus Pekingsis, erst vor vier Jahren entdeckt, ist der bis heute bekannte älteste und physisch tiefststehende Urmensch aus der frühen Eiszeit. Er fertigte aber Werkzeuge und benutzte das

<sup>1</sup> Siehe z. B. die Revue internationale d'Ethnologie et de Linguistique Anthropos mit ihren bereits zahlreichen Bänden.

Feuer. Das beweist zielbewusste intellektuelle Fähigkeit und setzt für ein gesellschaftliches Zusammensein eine ohne weiteres verständliche, artikulierte, in ihrer Art vollkommene Sprache voraus, wenn man der Sache psychologisch auf den Grund geht. Wir kennen sorgfältige Beerdigungen eiszeitlicher Neandertaler. Das setzt religiöse Begriffe, es setzt Religion und eine Sprache mit geistigen Begriffen voraus.

*Die Fabel von unartikulierter Sprache* wurde namentlich von Marcellin Boule auf Grund von mangelhafter Gehirnanatomie beim Schädel von La Chapelle-aux-Saints ersonnen.

Woher die Sprache kommt, das lehrt uns die Bibel. Gott schuf Adam und Eva nicht als hilflose Kinder, sondern im Zustande wenigstens des ersterwachsenen Alters. Er sprach mit ihnen, gab ihnen Gebote und verkündete nach deren Uebertretung die ange drohte und andere Strafen, und verhiess den Erlöser als Sohn eines nie vom Satan besiegt Weibes. Adam und Eva verstanden selbstverständlich Alles, Gott gab ihnen unmittelbar das Verstehen der Sprache und er schenkte ihnen die ungehinderte Möglichkeit und vollendete Fähigkeit, mit ihm und unter sich in der gleichen, vollendeten Sprache zu sprechen. Die erste Sprache war die göttliche Offenbarung und Belehrung an Adam, und vom Menschen aus zweifellos das erste Antworten, das erste Danken an Gott, der erste Gottesdienst in wunderbarer Unschuld. Gott sprach mit Adam noch bevor Eva erschaffen war, und schon vor der Erschaffung Evas hatte Gott dem Stammvater des ganzen Menschengeschlechtes die Herrschaft über die Erde und über alle Tiere übertragen. Adam nannte sie alle, jedes Tier mit dem Namen, dessen Begriffsinhalt der individuellen Natur der so ausserordentlich verschieden gearteten Tiere entsprach. «Und Adam nannte alle lebenden Wesen und alle Vögel des Himmels und alle Tiere der Erde mit ihren Namen». (Gen. II, 20).

Dr. Bächler ist gottgläubiger Protestant. Ohne Theologie gibt es keine Lösung der Probleme der ältesten Urgeschichte. Kein gläubiger Jude, kein bibelgläubiger Protestant, kein Katholik kann das leugnen. Auf dem Boden des ersten Buches Moses treffen wir uns. Mit den Ungläubigen können wir weite Strecken in gleichem Schritte gehen, soweit nur mit naturwissenschaftlichen Mitteln geforscht und gearbeitet wird. Aber es kommt stets eine Grenze, an der sie sich zum unangenehmen Ausrufe gezwungen sehen: «Ignoramus», oder dann sich genötigt finden, das Geistesauge dem unendlich wohltuenden Lichte der göttlichen Offenbarung zu öffnen. Hier heisst es nicht mehr «Fiat lux», sondern: das gottgegebene Auge auf, das Licht von oben steht zur Verfügung!

## Literatur

**Wolken und Wetter, Strahlung und Abkühlungsgrösse,** Beobachtungen und Versuche für Arbeitsgemeinschaften mit Aufgaben für Jahresarbeiten. Anregungen zu wissenschaftlicher Betätigung in Landheimen. Von Dr. H. Voigts, Studienrat, Lübeck (Aschendorffs Naturwissenschaftliche Arbeitshefte). 1932. 71 S. mit 44 Abbildg. RM. 1,20. Aschendorff, Münster.

**Das Arbeitsheft** macht sich zur Aufgabe, zur Wetterbeobachtung mit einfachsten Hilfsmitteln anzuleiten und

ergänzt so das Heft von W. Stengel: Wetter- und Naturbeobachtungen aus der gleichen Sammlung.

In der Einleitung zeigt es, dass der neueren Klimatologie besondere Aufgaben erwachsen durch die Bioklimatologie, die versucht, auch das organische Leben in den Bereich ihrer Arbeit zu ziehen. Der erste Teil, Wolken und Wetter, gibt eine Anleitung zur Beobachtung des Himmels. Mit der Kamera verfolgen wir den Verlauf der Zyklone, wir beobachten die atmosphärischen Lichterscheinungen, die Dämmerung, das Zodiakallicht, das Himmelblau und die Polarisationserscheinungen, immer nur mit einfachsten, in jeder Schulsammlung vorhandenen oder leicht zu beschaffenden Mitteln. Das Theoretische wird soweit wie irgend möglich zurückgestellt, weil wir uns hier, im Forschungsgebiet, auf unsicherem Boden befinden, der für die Schule nicht gangbar ist. Auf systematische Vollständigkeit ist grundsätzlich verzichtet. Der zweite Teil, Strahlung und Abkühlungsgrösse, zeigt, wie man mit Graukeilphotometer, Strahlungsthermometer und Katathermometer schon sehr brauchbare rohe Einblicke gewinnen kann. Allerdings ist es notwendig, hier die Genauigkeitsgrenze sorgfältig zu diskutieren. Zahlreiche Aufgaben zur experimentellen Lösung werden gegeben. Der Schluss führt zum Ausgangspunkt zurück und gibt ein Beispiel, wie man mit der Kamera auch den jahreszeitlichen Wechsel festhalten kann.

Der Zweck des Büchleins ist erreicht, wenn es an seinem Teil Freude an der Naturbeobachtung weckt. Hier auf verschiedene, besonders in Landheimen, Schularbeitsgemeinschaften leicht ausführbare Beobachtungen und Versuche hinzuweisen, die auch zu Jahresarbeiten führen können, ist seine Aufgabe.

**Menschenkunde.** Von Dr. H. Feldkamp, Studienrat, Düsseldorf. (Aschendorffs Naturwissenschaftl. Arbeitshefte.) '32. 54 S. 80 Pfg. Aschendorff, Münster i. W.

Die Menschenkunde ist ein Arbeitsheft, das den Leser zu biologischer Arbeit und biologischem Denken in bezug auf den eigenen Körper anregen will. Die Probleme sind rein sachlich dargestellt. Weltanschauliche Spekulationen wurden vermieden. Das Quellenverzeichnis weist den Weg zu einem Studium auf «grösserer Basis». 52 Aufgaben ermöglichen es dem Leser, sich praktisch in die Menschenkunde einzuarbeiten und die Tatsachen am «eigenen Leibe» zu prüfen. Der Bauplan und die Lebensvorgänge des menschlichen Körpers fussen auf anatomischen Be trachtungen und physiologischen Uebungen. Die Stellung des Menschen in der Natur ist behandelt auf Grund der Ergebnisse der Vererbungs- und Abstammungslehre. Die Individual- und Rassenhygiene gibt einen Einblick in die Erbgesundheitspflege des Einzelmenschen und der Menschheit. Das Heftchen ist gedacht als Stütze für den praktischen Biologieunterricht und als Leitfaden für biologische Arbeitsgemeinschaften.

**Busch, Einfache Versuche zur Ableitung elektrischer Grundgesetze.** 5. Auflage. '32. 39 S., mit 19 Bildern. (Aschendorffs Naturwiss. Arbeitshefte). Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung, Münster i. W. MK. —.60.

Das Buch, das bereits in 4 Auflagen eine weite Verbreitung gefunden hat, wird gerade heute, wo in fast allen Schulen die Mittel für teure Uebungsgeräte fehlen, viele neue Freunde finden. Es leitet in eigenartiger Weise die Schüler zum selbständigen Experimentieren an. (Etwa 100 Versuche). Die Uebungsgeräte sind Papier, Draht, Nadeln, Paraffin, Siegellackstangen usw. Die Kosten betragen Pfennige, die Wege sind sehr einfach, die Ergebnisse überraschend. Die Versuche eignen sich für Schüler jeden Alters. Mit höchster von Versuch zu Versuch gesteigerter Spannung wird selbst der Lehrer alle hundert Experimente ausführen.

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: DR. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Alpine Heide — Ein neues Pflanzenhormos — Literatur

## Alpine Heide

Von Agnes von Tunk.

„Die Heide ist eine Vegetation, deren Zusammensetzung nach Arten- und Individuenzahl die Heidekräuter stark hervortreten lässt“ sagt Rikli. Je nach Art und Habitus einerseits und geographischer Lage andererseits der heidebildenden Komplexe spricht man von echter Heide und Zwergstrauchheide. Ist die Leitpflanze der echten Heide *Kalluna vulgaris* = gemeines Heidekraut, so rückt als Charakterpflanze der Zwergstrauchheiden — wie die alpine Heide dank ihrer Weissensart bezeichnet wird — vielfach *Empetrum nigrum* = Krähenbeere in den Vordergrund, das sich mit *Vaccinium* - (Heidelbeer), *Rhododendron* - (Almrausch), *Arctostaphylos*- (Bärentrauben) u. a. Arten vergesellschaftet.

Die alpine Heide tritt in den Alpen und der skandinavischen Gebirgskette bestandbildend auf. Der alpine Heidegürtel der Alpen liegt zwischen der Waldgrenze und der Krüppelgrenze, während die alpine Heidestufe in Skandinavien bedeutend über die Baumgrenze hinausgehen kann. Brockmann-Jerosch\*) gibt der alpinen Heide ihre Stellung innerhalb der alpinen Stufe (die von 1500 m an aufwärts führt) an zweiter Stelle. Der Anschaulichkeit wegen sei die vollständige Tabelle beigefügt:

- a) Region des Weinstocks,
- b) Berg- oder Laubholzstufe,
- c) Uebergangsstufe von der montanen zur subalpinen Region,
- d) subalpine Stufe,
- e) alpine Stufe.
  - 1. eigentlich alpine Stufe mit Bergföhrengürtel,
  - 2. Zwergstrauchgürtel,
  - 3. Rasengürtel;
- f) subnivale Stufe,
- g) nivale Stufe.

Der alpine Heidegürtel liegt im Mittel bei 2000 Meter; die oberste Grenze dürfte 2500 m, die unterste 1700 m sein; einzelne Ausnahmen werde ich später behandeln, da sie klimatisch bedingt sind.

Die kriechenden Zwergsträucher haben meist ein reich entwickeltes Wurzelsystem mit weit verzweigten, auf dem Boden oder dicht unter dessen Oberfläche horizontal ausgebreiteten Axen; sie sind in der Mehrzahl immergrün, das Laub ist stark behaart, die Blüten haben lebhafte Farben; ihr Geruch nimmt mit der Höhe zu. Die Blütezeit fällt in das Frühjahr; im

Oberengadin — einem pflanzengeographisch sehr begünstigten Gebiet — blüht das rote Heidekraut schon Ende März. In den letzten Juniwochen prangen die Heiden in buntem, durch Tausende von hellen Blüten bewirktem Farbenspiel.

Die Heidesträucher gelangen nur da zur Entfaltung, wo ein nährstoffarmes Substrat einer hinreichend feuchten Luft ausgesetzt ist. Die Heide verlangt also eine Wechselwirkung von edaphischen und klimatischen Faktoren.

Wie steht da unter den klimatischen Faktoren der *Niederschlag*? Bei der Zwergstrauchheide ist der durch Schnee verursachte Niederschlag ungleich grösser und wichtiger als der durch Regen hervorgerufene. In den Alpen — die Schweiz gehört ja in klimatischer Hinsicht zum Uebergangsgebiet vom ozeanischen Westen zum kontinentalen Osten, d. h. also ein Klima mit relativ mildem Winter und eher kühlem Sommer, geringer Jahresschwankung und gleichmässiger Verteilung der Niederschläge über das ganze Jahr — beträgt die Dauer der schneefreien Tage im Mittel:

von 1300—1625 m	= 203 Tage
1625—1950 "	= 169 "
1950—2276 "	= 135 "
2276—2600 "	= 95 "

d. h. also, die Heideregion hat fast  $\frac{2}{3}$  des Jahres Schneedeckung. Ist die Schneedecke nun einerseits eine Wasserquelle während der Zeit des Abtausens und fallen im Bereich des alpinen Heidegürtels reichlich Niederschläge, so ist dennoch das Hochgebirgsklima trocken, da Temperatur, Bewölkung usw. mit in Rechnung zu setzen sind. Die alpine Heide beansprucht wenig Feuchtigkeit. Von Wasser überspülte Stellen meiden der Zwergstrauch, deshalb findet man ihn in Erosionsfurchen nur seitlich oberhalb des abfliessenden Wassers. Das allmähliche Nassserwerden des Bodens ruft einen entsprechend langsamem Uebergang von Heide zu Moor hervor. Der umgekehrte Prozess, dass die Alpenheidebestände das Hochmoor verdrängen, ist auch häufig, wenn durch ungünstige Verhältnisse dem Boden zu viel Wasser entzogen wird. Auf Geröllhalden, in Felsrissen, rund um Felsblöcke trifft man oft Heidearten; fleischiges, bläulich bereiftes Laub ist für solche Heide bezeichnend. Eine obere Grenze gibt es für sie in den Alpen nicht, da auch auf den grössten Höhen die Luft noch nicht trocken und verdünnt genug ist, um ihr Gedeihen zu verhindern. Dass die alpine Heide in luftfeuchtem Gebiet grössere räumliche Ausdehnung erlangt, zeigt der Heidebestand im Grimselgebiet; hier zieht sich die Alpenheide 300 bis 350 m über die Baumgrenze hinauf, während im kontinentaleren Engadin Arven und Lärchen ebenso weit gehen wie Heidesträucher. Die Bärentrauben,

\* Brockmann-Jerosch, Baumgrenze und Klima-Charakter, Zürich 1919.

sonst ziemlich seltene Bestände der alpinen Heide, kommen als Unterholz im Lärchenwald der Walliser Alpen massenhaft vor; sie haben sich also eine Stelle ausgesucht, wo sie fast 20 % mehr Feuchtigkeit haben als im Freien!

Wird durch die lange Schneedeckung einerseits die kurze Vegetationsdauer mitbedingt, so zeigt sie sich andererseits als *Wärmespeicher*; die unter der Schneedecke herrschende Temperatur genügt oft, um die Pflanzen so weit vorzubereiten, dass sie die kurze Vegetationsdauer voll auszunützen vermögen. Auch Licht lässt die Schneedecke genügend durch. Die Lawinen befreien oft plötzlich die Bodenbedeckung in höher gelegenen Teilen, wozu es sonst einer langen wärmeverbrauchenden Zeit bedurft hätte; für die Heide bedeutet also die Lawine manchmal eine wirtschaftliche Verbesserung. Ist die alpine Heide auch bescheiden bezüglich der benötigenden Wärme, so erträgt sie doch allzu viel Kälte nicht und die über die winterliche Schneedecke emporragenden Teile verschiedener Arten wie Heidelbeere, Alpenrosen, Zwergbirke frieren ab; solche Sträucher sehen aus, als ob sie mit der Schere beschritten seien. Nicht die Luftwärme, sondern die Insolationswärme ist ausschlaggebend für Heidevorkommen! Die Zwergsträucher reichen an den Nordhängen der Alpen ungefähr 300—500 m weniger hoch hinauf als an den stark insolvierten Südhangen.

Die starke Sonnenbestrahlung und nächtliche Wärmeausstrahlung bewirken eine hohe Lichtintensität, diese bewirkt die Ausbildung grosser, lebhaft gefärbter Blüten, sowie die intensive Ausnutzung der Vegetationszeit. Die Temperaturinversionen in den Alpen machen es möglich, dass auch die späte Heide Bestand hat.

Die *Winde* sind für die Zwergstrauchheide von untergeordneter Bedeutung, da die Heidesträucher nicht so hoch sind, als dass der Wind seine verderbliche austrocknende Eigenschaft anwenden könnte. Vor mechanischer Zerstörung sind sie geschützt durch ihren Zwergwuchs, der wenig Angriffsmöglichkeiten gibt. Außerdem ist die grösste mittlere Windgeschwindigkeit im Hochgebirge während des Winters, also zur Zeit der Schneedeckung. Indirekt kann der Wind, indem er durch Ausblasen Nährstoffe dem *Boden* entzieht, die Heidevegetation einschränken.

Die alpine Heide ist gewiss anspruchslos hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit, aber auf zu armem Boden kann selbst sie nicht existieren. Die alpine Heide braucht sauren Boden, Humusboden. Letztere sind, als echte Klimatypen, von der geologischen Unterlage unabhängig: sie bilden sich in grosser Mächtigkeit auf Kalk sowohl wie auf Urgestein. In den Alpen sind die Humusböden für das perhumide Klima charakteristisch; sie gehen in grösserer Meereshöhe durch das ganze Gebirge hindurch, damit also auch der Heidebestand. (Daneben darf natürlich lokale Bedingtheit, im Gebirge sprunghafter Klimawechsel, abwechslungsreiche Gestaltung des Bodens und hierdurch bedingte Verschiedenheiten von Temperatur und Feuchtigkeit, die sich gerade in den Alpen oft innerhalb eines eng begrenzten Tales zeigen und hiermit gegebenes lokales Wachstum der Heide — in den Zentralalpen kenn-

zeichnen die Heidebestände stets Besonderheiten des Bodenreliefs: steile Südhänge, lange schneebedeckte Nordhänge, windexponierte Kuppen! — nicht vergessen werden).

Der Boden der Heide ist ein meist magerer, trockener, schwärzlicher Sandboden, der mit Kies und kleinen Steinen untermischt ist. An vegetativen Verwesungsstoffen ist der Boden immer arm, weil die meisten Sträucher immer grün sind; die Blätter sitzen oft noch jahrelang nach dem Absterben am Stamm, nur nach und nach zerfallen sie in Staub, der dann häufig von den heftigen Winden nach andern Stellen verfrachtet wird. Der Boden ist arm an Nährsalzen, daraus resultiert das langsame Wachstum der Pflanzen. Der Boden ist ferner flachgründig; oft liegt das anstehende Gestein schon wenige cm unter der Oberfläche. Die einzelnen Heidearten bevorzugen wohl die eine oder andere Bodenart: so sind die Rohhumusdecken meist durch Heidelbeergewächse verheidet, die Krähenbeere hält auf kiesigem Boden stand, die Ericaceen brauchen humussauren Boden. Alpenrosen gedeihen nur auf Kalkunterlage im Oberhasli; auch Heidelbeerarten lieben kalkhaltigen Boden ebenso wie Silberwurz. Die Vegetationsstufe vor der Heide ist die Wiese in den Alpen; die Linie von den nährstoffreichen Wiesen zu den nährstoffarmen Heiden ist sehr deutlich. Je ärmer an Substraten der Boden wird, desto mehr verschwinden die Gräser, es dominieren zunächst die anspruchsvolleren der Heidearten bis zuletzt bei ärmlichstem, saurem Boden die Heide Alleinherrscherin ist. Die um 2000 m Höhe sehr verbreiteten Heidesträucher finden sich über 2500 m nicht mehr; vor ihrem völligen Verschwinden kann man merken, wie sie sich immer mehr dem Boden anschmiegen und förmlich zu einem wirklichen Rasen werden. Scharf umgrenzt ist der Übergang von Wiese zu alpiner Heide und die Ablösung des Zwergstrauchgürtels durch die nivale Zone nicht; die Grenzen fliessen allmählich ineinander über.

In den Alpen ist die Heide wirtschaftlich nicht gern gesehen, da sie unrentabel ist und nur mit hohen Kosten ertragsfähig gemacht werden kann. In Graubünden z. B. sind durch intensivste Wirtschaft auch Heideareale fruchtbar gemacht worden. Doch leichter als den Heideböden beschränken ist es, ihn zu vergrössern (oft ungewollt!). So kann durch Mähen eine Alpenmatte in einen einförmigen Heideteppich verwandelt werden. Durch Waldbrennen können weite Strecken in Heide übergehen, denn die anspruchslosere Formation drängt sich auf Kosten der anspruchsvolleren vor. Durch Brandwirtschaft ist die Bleicherdebildung so gross, dass vorerst nur Heidekraut gedeihen kann.

Die essbaren Heidefrüchte sind als Lebensmittel und Erwerbsmittel ein in Rechnung zu ziehender Faktor. Anspruchslose Tiere wie Schafe und Ziegen können sich mit dem Heidestrauch als Futter begnügen; am wesentlichsten dürfte der Honiggewinn sein, der indirekt den Heideblüten als Lockmittel für die Bienen zu verdanken ist.

Zusammenfassend wäre festzustellen: die alpine Heide ist bedingt durch die Wechselwirkung klimatisch-edaphischer Faktoren, wobei das Zusammenwir-

ken der einzelnen Faktoren den Ausschlag für das Vorhandensein von Heide überhaupt gibt, während das Vorwiegen des einen oder andern Faktors zu Ungunsten der andern diese oder jene örtliche Besonderheit, das Vorherrschen dieser oder jener Heideart, gewährleistet.

## Ein neues Pflanzenhormon

Von Dr. P. Aurelian Roshardt.

(Schluss.)

### II.

Die *Chemie des Auxins und sein Vorkommen* im Pflanzenreich bildete das Thema des Chemikers Fritz Kögl. Die Menge, die aus 100,000 Maisspitzen gesammelt wurde, reichte gerade aus, um festzustellen, dass der Gräserwuchsstoff eine *Säure* ist, die man dem Spitzextrakt mit Aether entziehen kann. Auch Pilze und Bakterien enthalten diesen Wuchsstoff, z. B. Hefe und das Bacterium coli, überraschenderweise aber auch menschlicher Harn, der immer wieder eine Fundstätte ist für unbekannte, physiologisch wichtige Stoffe. Um ein Mass für die physiologische Wirkung des Auxins zu haben, führte Kögl die sogenannte Avena-Einheit ein, das ist jene Wuchsstoffmenge, die im vorher beschriebenen pflanzenphysiologischen Versuch Wents noch eine Krümmung von zehn Winkelgraden hervorruft. Ein Gramm des aus dem Harn hergestellten Auxins hat eine durchschnittliche Wirksamkeit von 50 Milliarden Avena-Einheiten. Das will sagen: die Krümmung von zehn Winkelgraden bei einem Haferkeim wird durch ein fünfzigmillionenstel Milligramm oder ein 1/50,000 γ Stoff bewirkt. Der Erforscher des Auxins hatte aber nur 250 Milligramm kristallisierte aktive Substanz in Händen. Sie wurde aus dem Mischharn der Utrechter Kliniken gewonnen. Ein Liter dieses Ausgangsstoffes enthält eigentlich etwa zwei mg Wuchsstoff praktisch aber kaum 0,3 mgr, da im Lauf der Aufarbeitung nur 10—20 Prozent ausgebeutet werden können. Verschiedener Ursachen halber. Professor Kögl bemerkte: „Wir besitzen nicht den Ehrgeiz, diese Wuchsstoffmenge — nämlich die 250 mg kristallisierte Substanz — nun auch aus den Maispitsen zu gewinnen.“ Begreiflich. Eine Belegschaft von acht geschulten Sammlerinnen konnte zur Gewinnung des Auxins aus den Keimlingen in zehn Tagen etwa 100,000 Maispflänzchen bewältigen. Bei dieser Arbeitsleistung unserer acht Mädchen — so fährt Kögl fort — wäre erst nach 500 Jahren genügend Spitzextrakt bereit, um daraus diese 250 mg kristallisierten Wuchsstoffes darstellen zu können.

Die *chemische Untersuchung* des kristallisierten Auxins ergab etwa 338 als Molekulargewicht. Die Kristalle bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Die Mikroanalysen stimmen gut für die Formel C<sub>18</sub>H<sub>32</sub>O<sub>5</sub>. Seiner Natur nach ist Auxin eine einbasische Säure, die sich in neutrales Auxinlacton und in einen Esther überführen lässt. Die weiteren ausgedehnten Untersuchungen Kögl's will ich übergehen. Für die Biologie der Pflanze aber ist von Interesse, dass das Auxin nur die *Zellstreckung*, nicht die *Zellvermehrung* beeinflusst, wie an Hefekulturen bewiesen wurde. Den Physiologen stellt das Vorkommen von

Auxin im Harn vor neue Rätsel. Kögl legte sich die Fragen vor: Wird das Auxin vom Menschenkörper selbst aufgebaut oder etwa von den Darmbakterien? Stammt es aus der pflanzlichen Nahrung? Ist es im menschlichen Organismus ein gleichgültiges Stoffwechselprodukt oder hat es ebenfalls eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen? — Chemisch-physiologische Versuche an Mensch und Tier haben schon einige vorläufige Antworten gegeben. An Tieren; denn auch der tierische Harn ist nie auxinfrei! Es zeigte sich, dass im Blut und im Darminhalt Auxin vorhanden ist, im Muskelgewebe von Tier und Mensch aber nicht; dagegen fanden sich kleine Mengen in den meisten menschlichen Carcinenen. Ein Mitarbeiter Kögl's, Dr. Hagen-Smit bestimmte während einzelner Tage die stündliche Auxinausscheidung im Harn beim Menschen. Zwei Stunden nach der Hauptmahlzeit von gewohnter Zusammensetzung stieg der ausgeschiedene Wuchsstoff sehr auffällig an. Wurden aber nur Wasser oder Traubenzucker oder Stärke und Eiweiss verabreicht, blieb der Auxingipfel aus; bei Oelzusatz aber trat wieder ein ausgesprochenes Maximum auf, ebenso nach Aufnahme von Butter. Abschliessend sagt Kögl: „Es ist nicht ausgeschlossen, dass die tierische Zelle Auxin *selbst* synthetisiert; das *heute* bekannte Tatsachenmaterial ist jedoch gut mit der Vorstellung vereinbar, dass der im Tierkörper anzutreffende Wuchsstoff letzten Endes pflanzlicher Herkunft ist.“ Demnach wäre also der aus Mensch und Tier stammende Wuchsstoff mit jenem aus dem Pflanzenreich identisch oder doch nahe verwandt.

Man darf guter Erwartung sein, dass diese neu angebohrte Quelle physiologischen Wissens reichlich fliessen wird. Aber nicht bloss die festgestellten Tatsachen, sondern auch die neuen Methoden, verdienen unser Interesse. Im vorliegenden Fall wurde zum ersten Mal die Isolierung eines chemischen Stoffes mit Hilfe eines *pflanzenphysiologischen Testobjektes* durchgeführt. Der Haferkeimling war berufen, zu bezeugen, ob Wuchsstoff vorhanden sei, und in welchen Mengen er sich vorfinde; der Haferkeimling musste indirekt auf alle gestellten Fragen mit seinen Krümmungserscheinungen antworten. Ganze Armeen von Pflänzchen mussten sich zu diesem Zweck opfern. Die Feinheit der Reaktion erregt unsere Bewunderung. Der Hormonkörper Adrenalin, das Innensekret der menschlichen und tierischen Nebennieren, der einzige Botenstoff, den man seiner Zusammensetzung nach kannte und dessen künstliche Herstellung gelungen war, weckte schon darum die Verwunderung, weil die geringe Menge von 0, 000 001 25 Milligramm durch eine biologische Methode der Froschschenkelreizung nachgewiesen werden konnte. Das Auxin aber, dieser Botenstoff der Mais- und Haferkeimlinge, besitzt eine noch viel grössere Reizkraft. Schon 0, 000 000 002 Milligramm rufen eine Krümmung der Keimlinge von 10 Winkelgraden hervor. Zum Vergleich sei beigelegt, dass unser empfindlichstes physikalisches Wäginstrument, das Spektroskop, noch 0, 000 002 Milligramm Natrium nachzuweisen gestattet, dass nur noch unsere Nase die Anerkennung ebenso grosser Leistung verdient. Wir riechen noch 0, 000 000 5 Milligramm Pfeffermünzöl, 0, 000 000 2 Milligramm Moschus und 0, 000 000 003 Milligramm Merkaptan. Es sind Mengen, die durch keine chemische Reaktion mehr nachgewiesen werden

können. Der Haferkeimling steht also den Höchstwerten unserer Sinnesempfindung nur unbedeutend nach.

Es leuchtet ein, dass bei einer so ausserordentlich grossen Reizkraft des Stoffes auch der Transport und die Verteilung des Auxins mit wunderbarer Genauigkeit des Geschehens erfolgen muss, dass bei den photo- und geotropischen Krümmungen der Pflanze ein feinster Mechanismus der Wechselbeziehungen am Werk ist. Noch mehr: es tritt ein zielstrebiges Zusammengehen und ein Aufgehen in der Ganzheit deutlich in den Vordergrund, ein sinnvolles Geschehen, das den Sinn des Organischen ausmacht und es vom anorganischen Sein trennt. Das organische Sein ist aber auf das psychische Sein hingeordnet, denn dieses ordnet die Mittel zu den von der Natur gesetzten Zwecken. Es ist auch verständlich, dass die mathematisch-mechanische Naturwissenschaft, die Tatsachenforschung, nicht Sinnesforschung ist, die nur das „Dass“ eines Vorganges, nicht das „Was“ erklärt, das Wesen des Psychischen nicht erfassen kann. Das ist Sache der Geisteswissenschaft: Gleichwohl behält das naturwissenschaftliche Wissenschaftsideal seine volle Geltung.

## Literatur

**H. Dörrie, Der Triumph der Mathematik.** Hundert berühmte Probleme aus zwei Jahrtausenden mathematischer Kultur. 8°. 386 S. Verlag: Ferd. Hirt, Breslau. 1933.

Der Verfasser hat aus der grossen Anzahl sich hier bietender Probleme eine durchweg glückliche Auswahl getroffen und hat auch wohl mit Recht, wie im Vorwort betont wird, nur solche ausgewählt, die keine Kenntnis der höheren Analysis voraussetzen. Dadurch ist das Buch auch gerade für viele, die sich zwar gerne mit mathematischen Aufgaben beschäftigen und an mathematischen Gedankengängen Freude haben, die aber keine Zeit oder Gelegenheit hatten, tiefer in mathematischen Disciplinen einzudringen, eine anregende Lektüre, die allerdings sich nicht wie ein Roman liest, aber auch keine besonderen Schwierigkeiten bietet, abgesehen etwa von einigen Problemen, bei denen die Vectorrechnung benutzt wird. Es sind behandelt: Arithmetische und planimetrische Aufgaben, dann solche über Kegelschnitte und Zykloiden. Ferner stereometrische sowie nautische und astronomische Aufgaben und schliesslich Extreme. Da es sich vielfach um recht interessante Fragestellungen handelt, so sei das Buch allen bestens empfohlen, die über die Kenntnis der wichtigeren Sätze der Elementarmathematik verfügen und Lust haben, hie und da einmal auf eine bestimmte Frage einige freie Zeit zu verwenden. Sie werden dabei viel Anregung erhalten.

Dr. Baum.

**Anleitungen zum Unterricht in der Mathematik,** von L. Patschovsky, Oberstudiendirektor in Oppeln, 43 S., kart. RM. — 90. Aschendorff, Münster i. W., 1932.

An guten und gründlichen methodischen Werken für den Mathematikunterricht besteht gewiss kein Mangel mehr. Ausserdem werden jetzt wohl überall an unsren (schweizerischen) Hochschulen die Kandidaten des mitt-

leren und höheren Lehramts in didaktischen Kursen in die Lehrkunst eingeführt. Dennoch kommt es auch heute noch häufig (insbesondere bei Stellvertretungen oder bei Lehrstellen mit Unterricht in verschiedenen Fächergruppen) vor, dass ein junger Lehrer ohne spezielle methodische Vorbildung mathematischen Unterricht zu erteilen hat. Gewöhnlich nimmt das Einarbeiten in die neuen Aufgaben den Anfänger derart in Anspruch, dass ihm nicht genügend freie Zeit übrig bleibt, um das Versäumte anhand einer ausführlichen „Methodik“ sofort nachzuholen. In solchen Fällen kann nun das vorliegende Büchlein gute Dienste leisten. Es behandelt in knapper Form und in vorzüglicher Weise die wichtigsten Fragen der Unterrichtsführung in Mathematik und will damit einer raschen allgemeinen Orientierung über die modernen Auffassungen dienen. Das Studium grösserer methodischer Werke soll und kann es nicht ersetzen. Es ist jedoch geeignet, vor allem den Anfänger vor allzu groben Fehlgriffen, die besonders im Mathematikunterricht folgenschwer sein können, zu bewahren.

Was an diesem empfehlenswerten „Ratgeber“ besonders zu rühmen ist, ist die weise Beurteilung der verschiedenen Unterrichtsmethoden. Wenn der Verfasser die Vorzüge einer zweckmässigen Anwendung des Arbeitsprinzips auch nachdrücklich betont, so warnt er doch vor blinder Einseitigkeit. Nach seiner Meinung haben in besondern Fällen die heuristische Methode und sogar noch der Vortrag (dozierende Methode) im modernen Unterricht ihren Platz.

G. H.

„*Unser Leib*“, Bau, Tätigkeit, Pflege. Von Dr. phil. P. D. Buck. 160 Seiten. Gebunden RM. 3.75, Fr. 4.50. Verlagsanstalt Benziger & Co. A.-G., Einsiedeln, Waldshut, Köln, Strassburg.

Der bekannte Naturgeschichtslehrer des Benediktinerkollegiums in Einsiedeln hat da ein Lehrbuch geschaffen, das — um ein etwas abgegriffenes Wort zu gebrauchen — einem wirklichen Bedürfnis entgegenkommt. Und wie fein hat der Verfasser dieses Bedürfnis erfüllt! Wer je auf der Mittelschulstufe über Bau, Tätigkeit und Hygiene unseres eigenen Körpers zu unterrichten hatte, weiss sicher, dass ein wertvolles Schulbuch, von vernünftigem Umfang und unsren Verhältnissen angepasst, kaum zu finden war. Entweder ist man auf einen gewöhnlich ungenügenden Anhang in einem Zoologiebuch angewiesen, oder dann muss man schon zu grösseren Werken greifen, die für den Schüler wiederum zu umfangreich und weitläufig sind. Das vorliegende Schulbuch hat nun entschieden den richtigen Umfang getroffen. Fern von einer bloss summarischen Behandlung des Stoffes, verliert es sich nicht in einer Unsumme von m. o. w. nützlichen und nötigen Détails. Die Sprache ist klar, der Aufbau der ganzen Materie durchsichtig. Von jedem Organsystem ist nacheinander Anatomie, Physiologie und Hygiene besprochen. Recht vorteilhaft sind die vielen, vom Verfasser selbst gezeichneten Figuren, die, etwas schematisiert gehalten, das Wesentliche treffen und so für den Lernenden leicht verständlich sind. Alles in allem ein gutes Buch, das sicher seinen Weg an unsren schweizerischen Mittelschulen machen wird.

A. Th.

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: Dr. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Wald und Ameise — Ueber die Aufgaben des modernen Zoo —

## Wald und Ameise

Von Dr. Rob. Stäger, Bern.

Vor paar Jahren war ich mutig genug, zu behaupten, der Waldameise komme noch lange nicht die grosse Bedeutung als Insektenvertilgerin zu, die ihr bisher immer zuerkannt wird. Ja, ich wagte sogar, meine Behauptung zu belegen. Stundenlang hatte ich an den Strassen von Waldameisen (*Formica pratensis*) mit Spiritusflasche, Pinzette und Notizbuch in der Hand und mit der Uhr vor mir auf der Lauer gelegen und alle mit Beute heimkehrenden Arbeiter wie ein rechter Raubritter gespiesst und am Ende gezählt. Mein Unglück war die unerwartete Tatsache, dass ich auf verhältnismässig geringe Zahl eingetragener Beute-Insekten kam. Was aber noch viel, viel schlimmer war: Die weitaus meisten Opfer waren ganz harmlose Spinnchen, Mücklein, Schmetterlinge, Fliegen, grüne Räupchen und Heuschrecken. Nicht einmal die von den Förstern gefürchteten Eulen- und Nonnenraupen und in sehr vielen Fällen überhaupt nicht einmal ordentliche, ganze Opfer, sondern nur Bruchstücke: Flügel, Beine, Fühler und dergl. Und doch hatte schon der alte Ratzeburg gesagt, dass die Ameisen die Waldbäume von allem und jeglichem Ungeziefer reinigen — und der konnte es wissen. Hunderte sprachen es ihm nach — aber wohl keiner setzte sich hin wie ein Raubritter und lauerte an den Strassen.

Höchstens machte man einen Gang in den Wald und stellt mit Bedauern fest, dass er zum grossen Teil vom Ungeziefer kahl gefressen war. Hie und da stiess man freilich auf einen Baum, der — aller Zerstörung ringsum zum Trotz — in frischgrünem Nadelkleid prangte. Nicht weit davon erblickte man einen Ameisenhaufen — —. Folglich mussten die Ameisen, weil sie „alles fressen“ (?), den Baum geschützt haben. Jetzt war das Mittel gefunden, mit dem es in Zukunft den ganzen Wald zu schützen galt. Man brauchte einfach die Ameisenhaufen durch Teilung künstlich zu vermehren und gleichmässig im Forst anzulegen, was mit etwas Zuckerwasser nicht allzu schwer auszuführen sein soll. — Vom Erfolg habe ich noch nichts gelesen. Es braucht eben Zeit.

Doch habe ich in Erfahrung gebracht, dass ein bedeutender Gelehrter der Sache nicht recht traut. Er hat in Waldungen der Sächsischen Schweiz ganz andere Beobachtungen gemacht. Auch dort trat die Nonne verheerend auf und auch dort blieb ab und zu einmal ein Baum mitten in dem Zerstörungsgebiet wie ein Wunder lohgrün. Der Gelehrte stellte aber fest, dass jene grünen Wunderbäume, d. h. die Nadeln jener verschonten Fichten — einen höheren Terpentineinhalt als die angegriffenen Bäume aufwiesen.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siehe Kosmos-Handweiser 1925, Heft 9 (Seite 320: Terpentin und Nonnenplage).

Also der grössere Harzreichtum der Blätter mundete dem zarten Feinschmeckergaumen des Nonnenräupchens ganz und gar nicht, und darum liess es den Baum unberührt! Diese Auffassung will mir eher gefallen, denn sie beruht auf Versuchen. Und meine Beobachtungen? Sie beruhen auf peinlich genauen Zählungen und legen aus, dass die Zahl der schädlichen Insekten, die den Ameisen zum Opfer fallen, viel zu unbedeutend ist, als dass so ganze Wälder oder auch nur ein Baum vor dem Frass der Schädlinge gerettet werden könnten.

Ich habe im Sommer 1925 — um ja dem Einwurf zu geringer Beobachtungsreihen begegnen zu können — abermals Zählungen vorgenommen und bin nicht um Haaresbreite von meiner Ansicht kuriert worden.

Diesmal stellte ich mich unmittelbar an die Stämme der Waldbäume, an denen Ameisenstrassen hinaufführten. Welche Schädlinge werden die aus der Krone herunterkommenden Freibeuter mitbringen? Das war die Frage. Ich wartete und wartete, Notizbuch und Bleistift in der Hand, um sofort alles einzutragen und ein regelrechtes Register herstellen zu können. Stundenlang stand ich an den verschiedensten Stämmen und zu ganz verschiedenen Zeiten auf der Lauer, hoch im Gebirge und unten im Tal: Und mein Notizbuch blieb sozusagen unbeschrieben. Schädlinge? Nach langer Zeit brachte eine heimkehrende Ameise ein kleines Spinnlein, ein kaum erkennbares Bruchstück einer Fliege, ein Mückenbein mit sich. Trotz aller Mühe und Geduld liess sich nicht mehr aus den Beobachtungen herausholen.

Wo ist da die vielgerühmte Nützlichkeit der Ameise, die ganze Wälder „rettet“? Aber man kann mir sagen: Ihre Beobachtungsreihen sind immer noch zu spärlich. Und die so sprechen, haben recht. Man müsste, um volle Klarheit zu haben, sämtliche Stämme sämtlicher Wälder jahrein jahraus streng bewachen lassen. Und das wird niemand tun; ich nicht.

Aber ich kann noch andere Beobachtungen anführen, die gegen die „allzu grosse“ Nützlichkeit der Ameise sprechen. Trägt auch überhaupt die Waldameise z. B. behaarte Raupen in ihre Nester ein? Es ist von Wichtigkeit, dies zu wissen; denn wenn ich recht beraten bin, so tragen die Raupen der Nonne (*Lymantria monacha* L.), jener wüsten Waldverderberin, einen Haarpelz. Raupen von *Lymantria* hätte ich bei meinen Untersuchungen bisher leider nicht zur Verfügung, wohl aber andere behaarte Larven, so z. B. die des Schlehenspinners oder Bürstenbinders (*Orgyia antiqua* L.).

Ich warf diese nicht nur der Waldameise, sondern auch der höchst angriffslustigen *Cremastogaster scutellaris*, einer südlischen Ameisenart, vor. Ergebnis: Zunächst grosse Aufregung und dann Uebergang zum

Angriff. Aber der Angriff muss in einer gewissen Leidensruhe vor sich gehen können, wenn er wirksam sein soll. Ich kann meinem Gegner keine Ohrfeige geben, wenn er mir ein Bündel Spiese entgegenhält. Orgyia verfügt nun in Form langer Haarbüschel über Hunderte von Speeren rings um ihren Leib. Und die Ameisen können gar nicht nahe genug kommen. Immer prallen sie an dem Speerwald der Raupe ab. Und fasst sie einmal eine besonders kühne Angreiferin an einer Speerspitze, so bricht sie einfach ab, und die Ameise hat das Nachsehen. Tatsächlich lebten am 11. Juni 1922 in das Ameisennest eingesetzte Bürstenbinderraupen auch am 16. Juni noch fröhlich weiter. Ihr Haarkleid schützt sie vor ihren Widersachern. Mit andern behaarten Raupen erlebte ich dasselbe. Behaarte Raupen sah ich bei meinen jahrelangen Beobachtungen an Ameisenstrassen *höchst selten* als Ameisenbeute. —

Gesetzt der Fall, die Waldameisen würden entgegen meiner Behauptung, massenhaft die Schädlinge des Forstes vernichten, würde diese Vernichtung gleichmässig in einem Baumbestand stattfinden? Ich verneine dies entschieden. Sehen wir einmal zu! Wo sind denn die Ameisenhaufen der grossen Waldameise besonders zu finden? Am *Waldrand* in sonniger Lage. Diese Ameise liebt, wie alle ihre Verwandten, Wärme, Licht und Sonnenschein. Der Schatten des Schlusswaldes behagt ihr ganz und gar nicht. Nur dort, wo innerhalb des Forstes Lichtungen sind, zeigt sie sich wieder. Man kann jedenfalls grosse, weite Waldstrecken durchwandern, ohne auf einen einzigen Ameisenhaufen zu stossen. Nicht einmal tief gehen die Strassen vom Waldrand ins Innere hinein. Kaum 10 bis 20 Meter und hinauf auf die nächsten Bäume an der Sonnenseite des Stammes.

Würde man auch in dem dunklen kühlen Schlusswald künstlich durch Teilung vorhandener Nester neue Kolonien anlegen — die Folge könnte nur sein, dass die Ansiedler aus reinem Selbsterhaltungstrieb nach einiger Zeit die Flucht ergriffen, um ihre Sonnensehnsucht zu stillen. — Das gilt zumal für den Fichtenwald. Im Föhrenwald, dessen Stämme, bzw. Kronen, das Licht besser durchlassen, hätte der Versuch eher Aussicht auf Erfolg, zumal hier die unbehaarte Eulenraupe ihr Wesen treibt. Aber darüber müssen wir uns klar sein: Was die Waldameise auf die Wipfel der Nadelbäume treibt, ist nicht die Eulenraupe, sondern einzig und allein das Vorhandensein von Rinden-, Schild- oder Blattläusen dort oben. — Ebenso wie die Gartenameise (*Lasius niger*) auf ihre Blattlauszucht versessen ist, liebt die Waldameise nicht minder diesen Sport, wenn sie auch das Stickstoffbedürfnis durch Fleischnahrung zu decken sucht.

Die Pflanzenläuse liefern ihr Kohlenhydrate in Form von Zucker, den sie am Hinterleib ausscheiden. Leidenschaftlich gehen die Waldameisen diesem Stoff nach. Wenn man die Strassen verfolgt, wird man finden, dass sie immer in die Nadelbäume hinaufführen, und dass sich dort oben dann immer grosse Kolonien von Pflanzenläusen finden, bei denen die Besucher sich zu schaffen machen. Und es ist geradezu belustigend, zuzuschauen, wie das Verhältnis zwischen Laus und Ameise sich gestaltet. Die Ameise, die alles Ungeziefer fressen soll, benimmt sich gegen die Laus sehr „lie-

benswürdig“. Sie öffnet keinen Kiefer, sie zieht den Leib nicht zum Giftspritzen ein, — sie streichelt die Begehrenswerte nur mit den Fühlern, rasch und sanft. Daraufhin lässt die Laus aus Röhrchen am Körperende süsse Honigtropfen ausfliessen, die die Ameise mit den Mundorganen aufleckt. Hat sie mit diesem Geschäft des Honigleckens Erfolg gehabt, so geht sie gesättigt den Stamm entlang hinunter und dem heimatlichen Nesthaufen zu, wobei sie vielleicht gelegentlich etwa noch ein Würmchen, ein Heuschreckenbein oder ein Käferlein mitgehen heisst. Aber mit den eigentlichen Tierjagden, von denen alte Forstbücher Schauermären erzählen, ist es auf den Bäumen nichts. Der Verfasser hat dazu seit Jahren zu viele Ameisen in den Wipfeln von Tannen, Föhren, Lärchen und Arven verfolgt und ihr Tun und Lassen selbst dort oben genau unter die Lupe genommen.

Damit soll aber nun beileibe nicht gesagt sein, dass die Waldameisen keinem einzigen Schädling ein Haar krümmen. Der nackten Eulenraupe könnte sie wohl sehr leicht zusetzen. Ob sie es wirklich, und in welchem Umfang sie es tut, muss durch fleissige Einzelbeobachtung festgestellt werden.

Der Leser sollte jetzt Gelegenheit nehmen, nun auch seinerseits Versuche mit den Raupen der Nonne und dgl. anzustellen und sich so auf Grund eigener Beobachtungen sein Urteil zu bilden!

### Ueber die Aufgaben des modernen Zoo

Von H. Hediger.

Noch vor wenigen Jahrzehnten hatten die sogenannten Menagerien lediglich schaustellerische Aufgaben zu erfüllen, d. h. sie dienten ausschliesslich der Befriedigung des im Menschen seit jeher tief eingewurzelten Triebes, Fremdes, Ungewohntes, Bizarres und Groteskes zu sehen. Die Tierbuden von damals hatten in psychologischer Hinsicht eine dem heutigen Durchschnitts-Kinotheater durchaus ähnliche Funktion; beide entsprachen bzw. entsprechen demselben Publikums-Bedürfnis. Das Tier an sich war nichts weiter als ein zügiges Schau-Objekt und wurde auch ganz wie eine Sache — nicht behandelt — sondern gehandhabt. Schon in den Unterkunftsräumen, möglichst engen, soliden Kisten, kam diese Auffassung deutlich zum Ausdruck.

Heute hat sich das alles weitgehend geändert; das Tiergartenwesen ist nachgerade eine Wissenschaft für sich geworden, welche die mannigfältigsten Teilgebiete umfasst. Der moderne Zoo hat eine grosse Zahl von Aufgaben zu erfüllen und den unterschiedlichsten Anforderungen zu genügen.

Der Tiergarten von heute hat zwar insofern etwas gemeinsam mit der altmodischen Menagerie vergangener Zeitepochen, als auch er in erster Linie dem Publikum zu dienen hat. Neu ist dagegen, dass dabei das Tier mindestens ebenso weit berücksichtigt wird. Wir dürfen aus zwei Gründen die Tiere nicht mehr wie Gefangene in mittelalterlich anmutenden Kerkern dem nicht nur schaulustigen, sondern heutzutage zum Glück auch weitgehend interessierten Publikum vorsetzen — einmal weil wir das wegen unserer inzwischen gewachsenen Einsicht in das Leben des Tieres nicht mehr verantworten können, dann aber auch, weil

das Publikum im Tiergarten nicht mehr ausschliesslich Sensation, sondern gesunde Ablenkung, Erholung und Belehrung sucht.

Um diesen Bedürfnissen gerecht zu werden, muss der moderne Zoo schon als Anlage, landschaftlich und gärtnerisch, gefällig und wohltuend wirken. Jede Monotonie muss sorgfältig vermieden werden im Interesse grösster Abwechslungsreichheit, sowohl was die Anlage selbst, als auch was die Besetzung der Gehege betrifft. Während früher lediglich die äussere Erscheinung, die Gestalt der verschiedenen Geschöpfe bewundert wurde, so ist es heute in ebenso hohem Masse ihre Bewegung und ihr Benehmen; grösstmögliche Bewegungsfreiheit ist daher eine Grundbedingung geworden. Alles, was die Sicht, das Beobachten stört, ist zu vermeiden; das Publikum — noch mehr als das Tier selbst! — will die Illusion des Freilebens.

Eine erfreuliche Tatsache ist es, dass das Publikum auch in anderer Hinsicht anspruchsvoller geworden ist und sich im allgemeinen nicht mehr mit Anschriften wie „Löwe — Felis leo — Afrika“ abspeisen lässt. Der Tiergartenbesucher hat ein Interesse und ein Recht, zu wissen, wo die genaue Heimat jedes einzelnen Tieres und wann und wie es in den Zoo gelangt ist. Eine knapp umrissene Charakteristik der wesentlichsten biologischen Eigenarten jeder Tierart sollte ausserdem auf keiner Anschrift mehr fehlen.

Bei den grösseren Tieren interessiert aber nicht nur die Art, sondern auch das einzelne Individuum, welches gegenüber dem Publikum sozusagen die Bedeutung einer Persönlichkeit gewinnt, deren vergangenes und gegenwärtiges Leben oft zu aufmerksamer Verfolgung reizt. In diesem Punkte sind wir entschieden weniger „sachlich“ geworden, indem wir im Tier weniger eine belebte Sache als ein persönlich erlebendes Wesen sehen. Der zuweilen allzu menschlichen Interpretation tierischen Verhaltens durch entsprechende Hinweise vernünftige Grenzen zu setzen, ist weitere Aufgabe des modernen Zoo. Wer das Tier zu sehr vermenschlicht, wird leicht zum fanatischen Tierschützer, d. h. zum falschen Tierfreund, welcher den Bestrebungen eines richtig verstandenen Tierschutzes bekanntlich nur schadet. Der fanatische Tierschützer bereitet dem Tier aus falscher Tierliebe oft unsägliche Qualen, er füttet seinen Schosshund zutode und vergiftet den aufgelesenen Jungvogel mit Milchbrocken. Es gibt eben keinen Tierschutz ohne Tierkenntnis, und diese Kenntnis zum Wohl des Tieres zu verbreiten, ist eine der vornehmsten Aufgaben des modernen Tiergartens. Im allgemeinen wird aber gerade von tierschützerischer Seite die grosse Bedeutung des Zoo in diesem Zusammenhang viel zu wenig gewürdigt.

Genau gleich verhält es sich mit der Tiereressur. Nur wer mit seinem Wissen über das Wesen der Tiereressur um Jahrzehnte zurück ist oder wer sich überhaupt nicht die Mühe genommen hat, sich in dieses angewandte Gebiet der Tierpsychologie zu vertiefen, wird gegen die Tiereressur zetern. Der wirklich Sachverständige muss jedoch im Interesse der physischen und psychischen Gesundheit des Tieres — wenigstens gewisser Tiere — die Dressur für jeden modernen Zoo unbedingt fordern. Die führenden deutschen Zoologischen Gärten sind auch hier mit dem guten Beispiel

vorangegangen und haben darin restlosen Beifall von Seiten der massgebenden Tierschutzorganisationen gefunden. Dass dressierte Tiere sich im allgemeinen besserer Gesundheit und wesentlich längerer Lebensdauer erfreuen als die ohne jeden menschlichen Kontakt ihrem Käfigdasein überlassenen, ist übrigens eine alte Erfahrungstatsache.

Der zoologische Garten erfüllt auch eine nicht zu unterschätzende Naturschutzaufgabe, nicht nur weil er den Naturschutz fördernde Kenntnisse vermittelt oder in der freien Natur gefährdete Tierarten, wie z. B. den Wisent, hegerisch zu erhalten sucht, sondern namentlich auch deshalb, weil er weitgehend mit der leidigen Nützlichkeits- oder Schädlichkeits-Einstellung des Publikums aufräumt, eben dadurch, dass er das Tier in allen seinen Eigenarten und Schönheiten dem Menschen — das Geschöpf dem Geschöpf — näher bringt. Wer sich nicht jemals an der herrlichen Geschmeidigkeit des Fischotters im Zoo gefreut hat, für den bleibt der Fischotter nach dem schulmässigen Wissen lediglich Fischräuber und allenfalls noch Pelzlieferant.

So sehen wir, dass der moderne Zoo als Erholungs- und Bildungsstätte im weitesten Sinne des Wortes eine grosse Zahl von Aufgaben zu erfüllen hat. Ueber seine Bedeutung für den bildenden Künstler, für den Photographen usw. soll hier gar nicht näher eingegangen werden.

Neben allen diesen, mehr das Zoo-Publikum angehenden Aufgaben, hat der moderne Zoo noch sehr viele wissenschaftliche zu erfüllen. Aus drei Gründen muss heute eine Ausnutzung des im Zoo vorhandenen Tiermaterials bis aufs letzte unbedingt gefordert werden. Erstens sind zunächst, vom rein materiellen Standpunkt aus betrachtet, die meisten Zoo-Insassen finanziell derart wertvoll (eine Giraffe kostet ca. Fr. 30,000.—, ein indisches Nashorn noch wesentlich mehr), dass dieses kostbare Inventar in jeder Hinsicht, also auch in wissenschaftlicher, nach Möglichkeit verwertet werden muss, und das umso mehr, als dadurch die Wissenschaft nicht selten in die Lage kommt, ihrerseits zur Erhaltung dieser Kostbarkeiten beizutragen. Der zweite Grund ist gewissmassen ein moralischer: Dadurch, dass der Mensch irgendwelche Geschöpfe aus dem Freileben herausgreift und sie in vollständig andere Bedingungen bringt, übernimmt er zweifellos eine gewisse Verantwortung. Diese Verantwortung lässt sich nur tragen, wenn dieser Eingriff in fruchtbarster Weise ausgewertet und alles daran gesetzt wird, das Risiko des Tieres nach Möglichkeit herabzusetzen und seine Gesundheit, sowie die Erhaltung seiner Art nach bestem Können zu fördern. Der dritte Grund ist ideeller Natur: Die Wissenschaft selbst hat ein Interesse daran und auch einen Anspruch darauf, dass das in den zoologischen Gärten vorhandene Material in ihrem Sinne verwertet wird.

In erster Linie ist es die zoologische Systematik, die durch die Tiergärten vielfach eine wesentliche Förderung erfahren hat und auch stets weiter erfahren soll. Durch die vielen „Erstimporte“ sind zahlreiche Tierformen der Wissenschaft zugeführt worden, sodass sie erstmals benannt und beschrieben werden konnten. Ich brauche in diesem Zusammenhang nur etwa Namen wie Antilope hagenbecki (nach Hagenbeck benannt), Anthropopithecus hecki (nach dem

Direktor des Münchener Zoo, Heck, benannt) etc. zu erinnern.

In ebenso hohem Massen erfährt die zoologische Biologie eine fortwährende Befruchtung von den Tiergärten. Eine riesige Anzahl von Tierformen konnten erstmals in zoologischen Gärten inbezug auf ihre Lebensweise (Bewegung, Lautäußerung, Nahrungsaufnahme, Fortpflanzung, usw.) näher untersucht werden. Hier genügen Stichworte wie Okapi, Giraffengazelle, Kolibri, Komodo-Waran oder Schuhschnabel, der durch Bengt Berg berühmt gewordene „Abu Markub“, an dem in Stellingen eine Reihe eigenartiger, höchst interessanter Bewegungsreaktionen erstmals zur Beobachtung gelangten.

Was die zoologischen Museen den Tiergärten zu danken haben, soll hier nur angedeutet werden. Ein Beispiel: das Zwerg-Flusspferd aus Liberia, welches vor kaum 20 Jahren erstmals lebend nach Europa gelangt und damit eigentlich erst richtig bekannt geworden ist, erregt heute noch den Neid sämtlicher Museen; denn Bälge und Skelette sind einstweilen weit seltener als lebende Exemplare dieser Tierart, die in fast allen grösseren zoologischen Gärten sich eines hartnäckig ausdauernden Lebens erfreut.

Einen unversieglichen Quell interessanter Objekte und wertvoller Anregungen findet auch der vergleichende Anatom im Tiergarten. Nicht etwa nur die Untersuchung frisch eingegangener Tiere, sondern namentlich auch die präzise Aufzeichnung von Wachstumsvorgängen und dergl. ist für ihn von hohem wissenschaftlichem Interesse. Es sei hier nur erwähnt, dass z. B. eine zu erwartende grosse Monographie über Menschenaffen sich fast ausschliesslich auf ein Tatsachenmaterial aufbaut, welches aus zoologischen Gärten stammt.

Zoologischer Garten und Veterinärmedizin ist ein Kapitel für sich. Es leuchtet wohl ohne weiteres ein, dass hier die verschiedensten, gegenseitig fördernen Beziehungen bestehen müssen. Sogar Spezialisten, wie Bakteriologen und Parasitologen, finden im Zoo ein interessantes Material und lassen ihr Fachwissen wiederum dem Zoo bei der Bekämpfung schädlicher Schmarotzer zugute kommen. Der Veterinärmediziner trifft unter den exotischen Zoo-Insassen mancherlei Fälle, die ihm in seiner sonstigen Praxis niemals begegnen würden und die ihm einerseits willkommene Anregungen sind, andererseits aber seine Erfahrung in der Behandlung derartiger Wildtiere zu ihrem eigenen Nutzen wiederum bereichern.

Sogar die humane Medizin hat schon vielfach Anregungen aus dem Tiergarten erhalten, namentlich was das grosse Gebiet der vergleichenden Pathologie anbetrifft. Ueber Lageveränderungen von Senk- und Wanderorganen des Menschen (Magen, Darm, Leber, Milz, Niere), die beim Tier als „Hängematte“, beim aufrechtgehenden Menschen aber als „Rucksack“ getragen werden, sind z. B. schon umfangreiche Untersuchungen angestellt worden.

Es ist hier jedoch nicht der Ort, alle die bestehenden Beziehungen zwischen Zoo und wissenschaftlichen Disziplinen aufzuzählen; es kann sich hier nur darum handeln, auf einzelne derselben hinzuweisen und wenigstens einen Eindruck von der ungeheuren Reich-

haltigkeit dieser Wechselbeziehungen und damit von der Bedeutung und den Aufgaben des modernen Zoo zu vermitteln, und zu zeigen, dass der neuzeitliche Tiergarten nicht nur eine vergrösserte Schaubude, sondern auch ein wissenschaftliches Forschungsinstitut ist und sein soll. In diesem Zusammenhang muss abschliessend noch kurz auf ein Gebiet hingewiesen werden, in dem der Zoo ein grosses Stück Forschungsarbeit zu leisten imstande ist, nämlich auf die noch junge Wissenschaft der Tierpsychologie. Der Tierpsychologe ist restlos auf die Beobachtung lebender Tiere und damit sehr oft auf den zoologischen Garten hingewiesen; denn der privaten Tierhaltung stehen bekanntlich die verschiedensten Hindernisse im Wege.

Es darf wohl behauptet werden, dass die jetzige Tierpsychologie in eine oft recht unglückliche Art der Intelligenzprüfung zu verflachen droht — ja, dass Tierpsychologie durchaus fälschlicherweise mit einem mehr oder weniger fragwürdigen System von Intelligenztestversuchen oft geradezu identifiziert wird. Der moderne Zoo ist wie kein anderes Institut in der Lage, der tierpsychologischen Forschung eine fruchtbarere Richtung zu geben und sie in erfreuliche Bahnen zu lenken. Im zoologischen Garten begegnen wir auf Schritt und Tritt tierpsychologischen Problemen, deren Bearbeitung sich reichlich lohnen würde. Jedermann weiss z. B. ganz genau, dass zwischen wild und zahm ein ganz bestimmter Unterschied besteht und doch wären wir in Verlegenheit, müssten wir diese Tatsache psychologisch erklären — zumal es unzählbare Tiere und verschiedene Arten von Zahmheit gibt. Mit dem Phänomen der Zahmheit als solchem hat sich tatsächlich noch kein Psychologe der ganzen Welt beschäftigt, obwohl es jedem sozusagen vor der Nase liegt. Aehnlich verhält es sich mit der Dressur der Tiere. Fast jedermann hat z. B. schon dressierte Seelöwen gesehen und ihre fabelhaften Jongleurkünste bewundert, aber in keiner Bibliothek findet sich das Buch, in dem wir Aufklärung darüber fänden, was sich im dressierten Seelöwen selbst abspielt, und was zwischen Dresseur und Seelöwe vorging, bis die Dressur als abgeschlossen gelten konnte.

Viele Käfigtiere zeigen z. B. auch eigentümliche Bewegungstypen: Die Hyäne rennt stundenlang im Kreise herum, der Marder wiederholt endlos eine bestimmte Kletterpartie auf dem abgeschliffenen Ast, der Honigdachs beschreibt in raschem Tempo unablässig eine 8-Figur, der Schakal verfolgt unbeirrbar einen genau bestimmten imaginären Schnörkelweg, der Braunbär springt an Ort mit idiotisch anmutender Ausdauer. Tatsächlich bestehen irgendwie dunkle Zusammenhänge zwischen den Stereotypien dieser Käfigtiere — die bei den neuzeitlichen Freianlagen immer seltener werden — und denjenigen, die der Psychiater in gewissen Fällen beobachtet, wie denn überhaupt auffällige Parallelen zwischen Tierpsychologie und Psychiatrie immer häufiger erkannt werden. Hier haben wir ein weiteres naheliegendes Problem für den Tierpsychologen im Zoo. Ungezählte weitere Probleme könnten hier noch angeschlossen werden — sozusagen an jedem einzelnen Tier gibt es im Zoo noch Neues, Unerforschtes inbezug auf seine Biologie und Psychologie zu entdecken.

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: Dr. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Wie alt ist die Menschheit? — Das Pentagon-Dodekaeder und das Ikosaeder in der Stereometrie und Krysallographie

## Wie alt ist die Menschheit?

Von Dr. Jakob M. Schneider.

### I. Aus der Bibel.

Es gibt ein einziges Buch in der Menschheit, welches Nachrichten aus jedem Jahrtausend der Menschheit enthält und vorausgehend in klarer und scharfer Weise den Ursprung der Menschheit, das Verhältnis Gottes zu ihr und ihr Verhalten gegen Gott, den Schöpfer, schildert. Dieses Buch, von Gottes Geist durch die Hand seiner dazu auserkorenen Diener geschrieben, — die Bibel —, zeichnet in den ersten Kapiteln der ersten Abteilung, der „Genesis“, in grossen, markanten Zügen die genealogische, religiöse und kulturelle Geschichte der grossen, ausserordentlich verschiedenen Urstämme der Menschheit, der Nachkommen des Seth und des Kain. Die *Kainiten* reichen nur bis zur Allflut, der Riesenstrafflutt. Gerade unter ihnen begannen nach dem eindrucksvollen, gigantisch fortschreitenden Bericht des ersten Buches Moses die epochenmachendsten, ethnologischen Bildungsstufen: Das nomadische Hirtenleben in Zelten, die Kunst der Musik mit den ersten Instrumenten, das Hämmern und Formen von Erz und Eisen, die Dichtkunst. Trotzdem schweigt hier Moses vom Alter und von gezählten Jahren. Davon spricht er mit umso gewaltigerem Nachdruck im Aufbau der *Sethitenlinie*. Da verknüpft der Gotterleuchtete und Gottgefährte mit überraschender Konsequenz und Konstanz die Angaben der Familienereignisse in ihrem ungebrochenen Fortschreiten so unablässig und eng mit Zahlen, von Adam an bis herauf zu Noe und zur Allflut und über diese hinauf Abraham entgegen, dass die *Kirchenväter Augustinus und Hieronymus*, dass die römische Kirche im „*Martyrologium*“, dass die *katholischen Schriftenklärer insgesamt bis vor wenigen Jahrzehnten* aus jener geschlossenen Reihe der Altersangaben das fortschreitende Alter der Menschheit in Jahren entnahmen. Alles psychologisch durchforscht und verglichen, ist in der Tat kein anderer Zweck ersichtlich, um dessentwillen Gott den Geist und den Griffel des Moses lenkte zur schriftlichen Niederlegung jener ältesten, Jahrtausende umfassenden Zahlendurchflechtung des Stammsregisters. In seinem weltbekannten „*Gottesstaat*“ schützt das der unvergleichliche *Augustinus* als geoffenbare Wahrheit gegen die eiteln „*Phantastereien*“ der Aegypter. *Cornelius a Lapide* S. J., einer der hervorragendsten Exegeten der nachtridentinischen Zeit, nennt Moses „den heiligen und gottgegebenen Historiker und Chronologen“.

Die *Originalschriften der Bibel* haben wir nicht mehr, sondern bloss Abschriften und Uebersetzungen.

Einige genealogische Zahlen für das Gleiche weichen darin von einander ab. Das müssten wir z. B. den *Augustinus* nicht lehren. Der Lehrer von Hippo betont es schon vor anderthalbtausend Jahren und erklärt die Ungleichheiten als Folge einzelner Schreibfehler der Abschreiber. Die Handschriften auch heutiger Gelehrter sind nicht immer leicht lesbar. Es brauchte nicht einmal Flüchtigkeit, bis ein hebräisches Beth und Kaph, Daleth und Resch, He und Cheth miteinander verwechselt war. So ergab sich in der biblischen Chronologie in der Summation der Zahlen für das Alter der Menschheit von Adam bis Christus nach den Feststellungen der alten wie der neuen Exegeten die Spannweite von fast 4000 Jahren zu fast 5500 Jahren, oder von Adam bis auf heute in abgerundeten Zahlen 6000 bis 8000 Jahre. *Rom* benützte für die Lésung im „*Martyrologium Romanum*“ für den Zeitraum von Adam bis Christus eine Zahl von etwas über 5000 Jahren. Man ist da in der Wahl frei.

### II. Antworten der Geologie.

#### A. Einige Vor-Orientierung.

Viele schwören auf die „Ergebnisse der Geologie“ und verwerfen mit aller Wucht die gesamte altisraelitische und christliche Tradition über das Alter der Menschheit. Auch nach einzelnen katholischen Autoren „wollten“ und „wollen“ die geistesgewaltigen Kirchenväter und Kirchenlehrer und die grossen gewissenhaften Schriftenklärer aus dem Weltpriesterstande wie aus den Orden aus der Bibel die bezeichneten Zahlen herauslesen, als ob man heute ehrlicher und gescheiter und erfahrener wäre in der Auslegung der Schrift Gottes. Ob sich eine solche Stellungnahme nicht auch bloss wissenschaftlich rächen könnte? Was macht diese denn so sicher? Die Ergebnisse der Geologie! Ob sie damit nicht hart am Stamme der Wahrheit den Ast absägen, auf dem sie so „sicher“ sitzen?

*Zur Vorsicht mahnen modernste Beispiele.* Dr. P. Richarz verwarf als „unbrauchbar“ niedrige Zahlen auf den Grundlagen des Weltgeologen Albert Heim, nur weil sie anderen Geologen und ihm nicht passen. Er nennt „— 24,000 Jahre. Es ist das eine neue Illustration der grossen Zahlen, welche wir übereinstimmend in beiden Erdhälften finden, die weit über das hinausgehen, was man in früherer Zeit nach der biblischen Urchronologie annahm.“ Solche Gegner sind eine nachhaltige Empfehlung für die Vertretung der biblischen Urchronologie. Denn jeder aufrichtige Geologe gesteht, dass in keiner der beiden Erdhälften, also nicht einmal in einer einzigen, die Geologen mit ihren Zahlen unter sich übereinstimmen.

Prof. Dr. P. Gächter S. J. schreibt<sup>1</sup>: „Bedenken erregt in K.s (Robert Köppel) Werk ein Punkt, den man darin nicht erwarten würde: Die etwas schematisch gehaltene graphische Darstellung vom Alter der Menschheit. K. fordert als Mindestberechnung der Menschheitsgeschichte 30,000 Jahre. — „Ist es zuviel gesagt“, bemerkt K., „wenn wir als Endurteil aussprechen: Heute müssen wir mindestens mit ebensoviel Jahrzehntausenden rechnen als ehedem mit Jahrtausenden?“<sup>2</sup>. Der Bibliker wird diese Zuversicht nicht teilen, umso weniger als ... Zunächst sucht K. die Leser in den Bann der Uebereinstimmung der Fachgelehrten zu stellen; er bringt in einer Tabelle die Ansichten von 5 deutschen Forschern, die alle hoch hinaufgehen in die Nullen. Wenn man auch nicht den Vorwurf bewusster Tendenz erheben will, bleibt es immerhin beachtlich, dass z. B. Werth, dessen Ziffern am höchsten steigen, in letzter Perspektive einen tertiären Affen als Urahnen des Menschen sieht. Wir verweisen gegenüber der Zusammenstellung Köppels auf eine andere im „Divus Thomas“<sup>3</sup>, die sich nicht auf Deutsche beschränkt und unter 22 Namen 12 aufweist mit Zahlen von 7000—10,000.“

### B. Die Dauer der Nacheiszeit.

Wir sahen früher, dass der Mensch schon wenigstens in der letzten grossen Zwischeneiszeit die Erde bewohnte. Wir brachten die Listen der sehr reichen, psychologisch hochstehenden Funde aus interglacialen altpaläolithischen Kulturstätten der Schweiz, Deutschlands und Frankreichs. Wie ist ihr Alter zu berechnen? Das Nächstliegende ist die Untersuchung der Dauer jener Zeit, die verflossen ist seit der Zurück-

schmelzung der letzten Riesengletscher. Hiefür bemühten sich vor rund 35 Jahren Prof. Dr. Albert Heim und Dr. Jac. Nüesch nach ganz verschiedenen Methoden, unter Zuhilfenahme von Hypothesen, die lange dominierten. Ihnen folgte der Schwede Prof. Dr. Gerard de Geer in Stockholm.

#### Chronologisches System von de Geer.

Bild 1 zeigt ein Profil aus der Umgebung von Stockholm mit den weltberühmt gewordenen Ton-Varven de Geers. Der Geologe de Geer sah sie zum ersten Mal bei Grabungsarbeiten in der Nähe des „nordischen Venedig“. Varven überhaupt sind in der schwedischen Sprache periodisch wiederkehrende Dinge oder Ereignisse, z. B. der Monatslauf des Mondes, die Jahresringe des Baumholzes. Die Tonbänder gruben sich tief in die Gedankenwelt de Geers ein; es kam ihm rasch der Gedanke, es seien Jahresablagerungen aus dem früheren Eismeer, das in Schweden beim Zurückweichen der Gletscher diesen nachdrängend benetzte. Unterirdische Gletscherströme brachten feinsten Schlamm u. Sand im Wasser in Menge zur Ablagerung ins Meer: im Frühling und Sommer schlug sich rasch Sand aus dem Wasser nieder, während der feine Ton schwieben blieb bis zum Eintritt der ruhigen Niedrigwasser im Herbst u. Winter. Zugleich setzten sich nach de Geer und seiner Schule dann abgestorbene Algen ab, welche den Schlamm dunkel färbten. So fällt also auf je ein Jahr eine Doppelvarve aus einem hellen, groben Sandteil (Frühlings-Sommerprodukt), und aus einem dunklen feinen Tonband (Spätjahrergebnis). Auch die Ose, Deltaablagerungen der Gletscherflüsse, sind nach de Geer Einjahrprodukte und von jedem Os<sup>4</sup> geht eine

<sup>1</sup> Zeitschrift für katholische Theologie. Innsbruck 1930, S. 447 f.

<sup>2</sup> Stimmen der Zeit, 1928.

<sup>3</sup> Divus Thomas, Freiburg, Schweiz 1927.



<sup>4</sup> Schwedisch As.



hell-dunkle Varve aus. Erst nach zwanzig Jahren fand de Geer eine Methode, die es ermöglichte, alle Varven durch ganz Schweden, soweit sie sich vorfinden, in ihrer Aufeinanderfolge miteinander in Beziehung zu bringen und abzuzählen. Er zählte rund 12,000 ganze Varven und damit 12,000 Jahre vom Beginn der Zurückschmelzung des skandinavischen Inlandeises in Südschweden bis zum Abschmelzen und Zerfall desselben in Nordschweden, und weiter bis zur Gegenwart<sup>5</sup>. — Stimmt die Rechnung?

<sup>5</sup> In: Geologische Rundschau. Leipzig 1912.

## **Das Pentagon-Dodekaeder und das Ikosaeder der Stereometrie und Krystallographie**

Von P. Theodor Schwegler O. S. B. Einsiedeln.

Die regelmässigen Körper, die in der Stereometrie abgeleitet werden, können in der Natur, insbesondere im Reich der Krystalle, soweit vorkommen, als sie dem Gesetz der *rationalen Achsenabschnitte* genügen. Werden nämlich alle an einem Krystall auftretenden Flächen parallel zu sich selbst verschoben, bis sie durch einen Punkt einer der drei bzw. vier Achsen gehen, so bilden die Abschnitte, die alle diese Flächen auf einer der andern Achsen hervorrufen, unter sich Verhältnisse, die meist durch einfache Zahlen ausdrückbar sind; jedenfalls aber sind die Verhältnisse unter den Abschnitten auf derselben Achse unter sich rational. Dass die drei ersten regelmässigen Körper, das Tetraeder, das Hexaeder und das Oktaeder, dieser Bedingung genügen und darum als Krystallformen auftreten können, bedarf keines einlässlichen Beweises. Bei den bei-

den andern regelmässigen Körpern, dem *Pentagondodekaeder* und dem *Ikosaeder*, vernehmen die Mittelschüler dagegen, dass sie als Krystallformen nicht auftreten können, weil sie zu *irrationalen* Achsenabschnitten führen; dagegen kämen beim Schwefelkies ( $\text{FeS}_2$ ) Formen vor, die einem regelmässigen Pentagondodekaeder bzw. Ikosaeder *nahestünden*. Im Folgenden soll den Freunden der Mathematik der nicht ohne weiteres auf der Hand liegende Beweis für beide Behauptungen geboten werden; zugleich eröffnet sich dabei ein Weg zur Volum-Berechnung dieser Körper, der die Schüler der obern Mittelschulklassen ohne grosse Mühe folgen können. Wir gehen aus von der Bestimmung der Flächenwinkel der beiden Körper.

a) *Das Pentagondodekaeder.*

Wird das Pentagondodekaeder auf eine seiner Flächen (Fig. 1) gelegt, so liegen (5+5) Ecken auf zwei gleich grossen, konzentrischen, und parallel zu dieser Grundfläche liegenden Kreisen, denen mittels der Diagonale ( $d_s$ ) des ursprünglichen Fünfeckes ein regelmässiges Fünfeck einbeschreibbar ist. Der Halbmesser dieser Kreise ist nun gleich dem doppelten Inkreisradius des ursprünglichen Fünfeckes. Denn nach Fig. 2 ist

$$r_5 = \frac{a}{2 \cdot \sin 36^\circ}; \quad q_5 = \frac{a}{2} \cdot \operatorname{ctg} 36^\circ; \quad h_5 = \frac{a}{2} \cdot \operatorname{ctg} 18^\circ;$$

$$d_5 = 2a \cdot \cos 36^\circ; R_5 = \frac{d_5}{2 \cdot \sin 36^\circ} = \frac{2a \cdot \cos 36^\circ}{2 \cdot \sin 36^\circ} = a \cdot \operatorname{ctg} 36^\circ = 2q_5.$$

Aus diesen Formeln lässt sich nun (nach Fig. 3) der Flächenwinkel  $\varphi$  leicht konstruieren und berechnen.

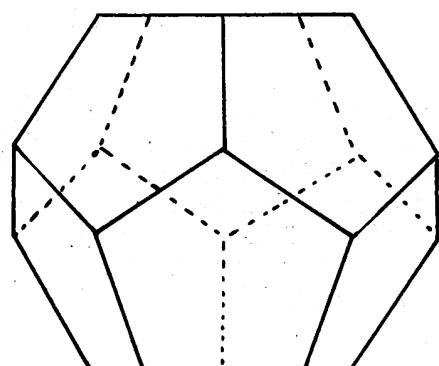


Fig 1.

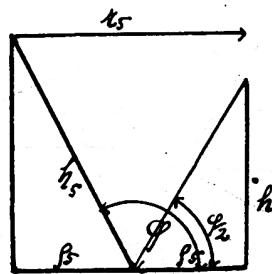


Fig 3.

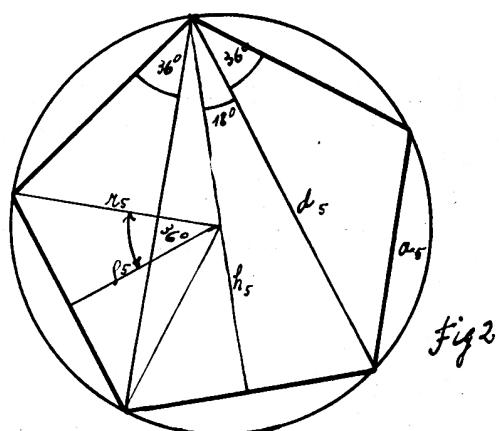


fig 2

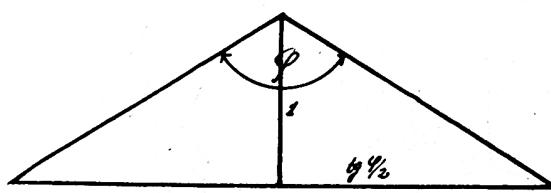


Fig 4

$$\cos \varphi = \frac{a_5}{h_5} = \frac{\operatorname{ctg} 36^\circ}{\operatorname{ctg} 18^\circ} = \frac{\operatorname{tg} 18^\circ}{\operatorname{tg} 36^\circ} = \operatorname{tg} 18^\circ \cdot \frac{1 - \operatorname{tg}^2 18^\circ}{2 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ}$$

$$= \frac{1 - \operatorname{tg}^2 18^\circ}{2} *$$

$$= \frac{1 + \sqrt{5}}{5 + \sqrt{5}} = \sqrt{\frac{1}{5}}; \quad \sin \varphi = \sqrt{\frac{4}{5}};$$

$$\operatorname{tg} \varphi = -2; \quad \varphi = 116^\circ 33' 54''$$

$$\text{Aber } \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2}} = -2; \text{ also } \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2} - \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} - 1 = 0$$

$$\text{also } \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{\sqrt{5} + 1}{2} \approx 1,61803 \dots$$

also gewiss eine irrationale Zahl; die praktische Anwendung auf die Krystallographie zeigt Fig. 4. Aber diesem krystallographisch unmöglichen Werte käme sehr nahe der rationale Wert  $1,6 = \frac{8}{5}$ ; diesem entspräche jenes Pentagondodekaeder, das durch die pyritoedrische Hemiedrie, d. i. durch den Wegfall der Nebensymmetrieebenen aus dem Tetrakis hexaeder oder Pyramidenwürfel hervorgeht, dessen Flächen die krystallographischen Achsen im Verhältnis  $1 : \frac{8}{5} : \infty$  oder  $5 : 8 : \infty$  schneiden. Dies aber gibt das Millersche Symbol {850} \*\*. Da die Berechnung der Elemente eines solchen Körpers grundsätzlich dieselbe ist wie im folgenden Beispiele, so geben wir hier bloss die Werte an;

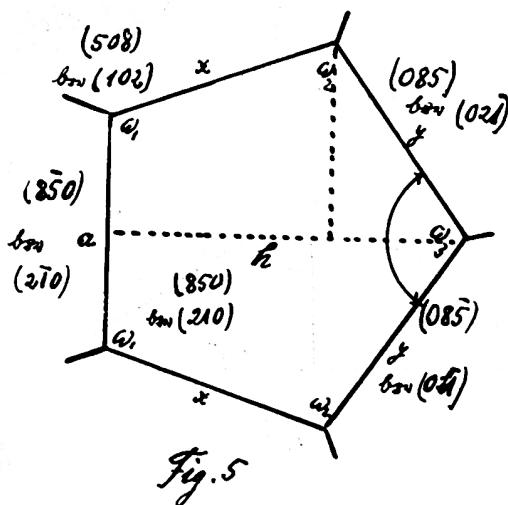
$$* \sin 18^\circ = \frac{a_{10}}{2r_{10}} = \frac{\sqrt{5} - 1}{4} = \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{8}};$$

$$\cos 18^\circ = \sqrt{\frac{5 + \sqrt{5}}{8}}; \quad \operatorname{tg} 18^\circ = \sqrt{\frac{3 - \sqrt{5}}{5 + \sqrt{5}}} \\ = \sqrt{\frac{5 - 2\sqrt{5}}{5}}$$

$$\cos 36^\circ = \cos^2 18^\circ - \sin^2 18^\circ = \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{8}};$$

$$\sin 36^\circ = \sqrt{\frac{5 - \sqrt{5}}{8}}; \quad \operatorname{ctg} 36^\circ = \sqrt{\frac{3 + \sqrt{5}}{5 - \sqrt{5}}} \\ = \sqrt{\frac{5 + 2\sqrt{5}}{5}}$$

\*\*Anm. {hkl} bezeichnet den ganzen Körper, (hkl) eine bestimmte Fläche.



die Bezeichnung s. Fig. 5. Bezeichne ferner  $\varphi'$  den Flächenwinkel, den die Fläche (850) mit der symmetrisch gelegenen Fläche (850) bildet, und  $\varphi''$  den Winkel, den die Fläche (850) mit der zu ihr unsymmetrisch gelegenen Fläche (508) bzw. (085) bildet, so ist

$$\varphi' = 115^\circ 59' 21'' \text{ und } \varphi'' = 116^\circ 42' 27''$$

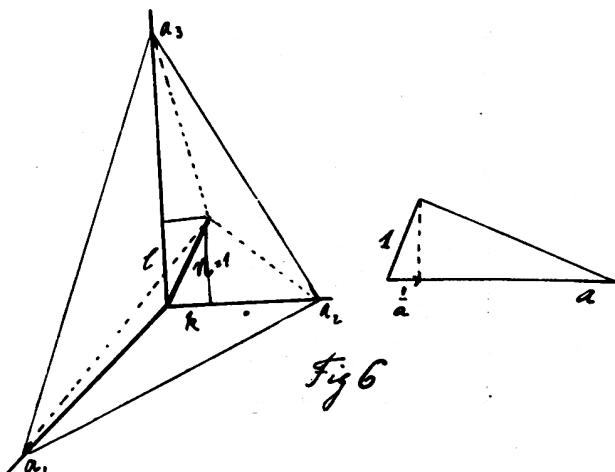
ferner  $\omega_1 = 108^\circ 19' 38,7''$ ;  $\omega_2 = 108^\circ 3' 50''$   
und  $\omega_3 = 107^\circ 13' 2,6''$ ; und  $x = y = 1,01929$  a.

Dieses Pentagondodekaeder hat jedoch nur theoretischen Wert, da es in der Natur bisher noch nicht beobachtet worden ist; dagegen kommt sehr häufig, zumal beim Schwefelkies, das Pentagondodekaeder vor, dessen Achsenabschnitte sich verhalten wie  $1 : 2 : \infty$  nach Miller also {210}. An diesem Beispiele sei nun die Berechnung vollständig durchgeführt; vorher aber muss das Rechenverfahren kurz erläutert sein.

Der Berechnung legt man stets die *Millerschen Indices* zugrunde. Diese erhält man bekanntlich dadurch, dass man von den Weiss'schen Achsenabschnitten  $a_1, a_2, a_3$  die reziproken Werte nimmt und diese mit dem gemeinsamen Nenner multipliziert. Im regulären System stellen diese Millerschen Indices (hkl) nichts anderes dar als die drei auf den *drei* zueinander senkrechten Achsen gemessenen *rechteckigen Komponenten des vom Ursprung des Achsenkreuzes auf die betreffende Fläche gefällten Lotes*; der Beweis hiefür ist nur eine Anwendung des aus der Planimetrie bekannten Kathetensatzes (Fig. 6). Wenn man auch absieht von dem Verfahren, wie die Millerschen Indizes erhalten werden, so liegt doch auf der Hand, dass durch das Lot oder den Vektor einer Krystallfläche diese in ihrer Lage ebenso genau bestimmt ist wie durch die Weiss'schen Achsenabschnitte.

Werden nun die Einheits-Vektoren zweier Flächen *skalar* miteinander multipliziert, so erhält man unmittelbar den Cosinus des von den beiden Vektoren eingeschlossenen Winkels; dieser Winkel ist aber offenbar das Supplement zu dem von den betreffenden Flächen gebildeten Winkel  $\varphi$ . Das *vektorielle* Produkt der beiden Vektoren ergibt die (parallel zu sich selber in den Ursprung des Achsenkreuzes verschobene) Kante oder Zonenachse der beiden Flächen. Werden die Einheitsvektoren zweier so erhaltenen, aneinander stossenden und in derselben Fläche gelegenen Kanten *skalar* miteinander multipliziert, so erhält man den Kosinus des betreffenden Kantenwinkels.

(Schluss folgt.)



# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: DR. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Die Tropismen und ihr Einfluss auf die Wuchsform der Bäume — Das Pentagon-Dodekaeder und das Ikosaeder in der Stereometrie und Krystallographie

## Die Tropismen und ihr Einfluss auf die Wuchsform der Bäume

Von R. Kopp, Ing., St. Gallen.

Der Frühling ist die Jahreszeit, wo die Entwicklung der Vegetation mit Riesenschritten vom Tal bis auf die höchsten Alpen fortschreitet. Kein Wunder, wenn da alle Naturfreunde das dringende Bedürfnis empfinden, diesen Szeneriewechsel der Landschaft beobachtend mitzuerleben, u. wenn insbesondere der Botaniker rechtzeitig erntet will, was die Natur neues hervorzaubert. Begreiflicherweise wendet er sein Interesse zunächst den Blättern und Blüten zu, denn auf diese Organe hat er ja gewartet, um nach altbewährten Grundsätzen die Verwandtschaft der Kinder Floras zu ergründen und sie darnach heimführen zu können. — Wie wäre es nun aber, wenn der wandernde Naturforscher auch in dieser Zeit seine Beobachtungen nebenbei etwa auf ein Spezialgebiet der Pflanzenphysiologie ausdehnen würde? — Es könnte dabei manche Erkenntnis gewonnen werden ohne besonderen Aufwand, denn zu anderen Zeiten gelangt man nicht wieder in die gleichen, vielleicht abgelegenen Exkursionsgebiete. Welche Fülle interessanter Beobachtungen lässt sich so mühelos z. B. im Gebiete der *Tropismen* machen! Dazu soll die vorliegende Studie eine Einführung und Wegleitung geben.

Tropismus nennt man die Fähigkeit der Pflanzenorgane, unter dem Einfluss einer äusseren Reizursache durch Wachstumskrümmungen eine bestimmte Richtung einzunehmen. Es sind vier verschiedene Erscheinungen bekannt, als deren Folge die Krümmung eines Pflanzenorgans eintreten kann:

1. ungleiches Wachstum der Zellen,
2. ungleiche Schwankungen des Turgors, d. h. der Spannung im Protoplasma der Zellen,
3. ungleiche Quellung der Zellwände,
4. Verkürzung (Schwund) von Zellkomplexen, oft infolge Austrocknung.

Die Ursache dieser vier Erscheinungen liegt entweder in einer innern Veranlagung der Pflanze, oder es existiert eine äussere Kraft (oder überhaupt eine äussere Ursache), welche einen Reiz in der Pflanze auslöst. Nur im letzteren Falle ist eine Beziehung zwischen dem Orte der Reizursache und der Richtung der Krümmung erkennbar; man spricht auch nur in diesem Falle von einem Tropismus. Bei Pflanzenorganen, die sich im Wachstum befinden, kommen Krümmungsbewegungen am häufigsten dadurch zustande, dass die ursprünglich gleich langen Zelfasern an zwei gegenüberliegenden Seiten des wachsenden Triebes sich ungleich stark ausdehnen oder ungleich rasch wachsen. Es kann aber auch das Wachstum auf der einen Seite

ein normales, mittelmässiges sein, auf der gegenüberliegenden Seite aber eine Verlangsamung des Wachstums oder eine Verkürzung der Zellen eintreten. Bedeutend kompliziertere Verhältnisse treffen wir bei der Krümmung verholzter Triebe, Aeste und Stämme an, wie später gezeigt wird.

Die Krümmungsbewegungen, welche auf äussere Einwirkung hin erfolgen, gehören zu den wichtigsten und auffallendsten Lebensäußerungen der Pflanzen, denn durch sie erhalten die einzelnen Organe diejenige Stellung, welche sie haben müssen, um ihre Aufgabe zweckmässig zu erfüllen. Die äusseren Ursachen, welche die Pflanze zum Tropismus reizen, sowie die Wirkungen sind zum Teil altbekannt. Äussere Kraft kann in verschiedener Energieform tropistisch wirksam sein: Schwerkraft, Licht, Energie der Bewegung (Stoss, Strömung, Wärme, Elektrizität, chemische Energie). Ferner üben die Nährstoffe und das Wasser tropistische Reize aus.

*Geotropismus* ist die Eigenschaft der Pflanzen, gegen die Schwerkraftrichtung eine bestimmte Lage einzunehmen. Es hat Knight 1809 als erster den experimentellen Beweis erbracht, dass die Wachstumsrichtung der Pflanzen von der Schwerkraft beeinflusst wird. Bei seinem Versuch mit Pflanzen, die auf einem in vertikaler Ebene schnell rotierenden Rade in verschiedener Stellung befestigt waren, richteten sich durch Wachstumskrümmungen sämtliche Stengel nach dem Mittelpunkt des Rades, die Wurzeln aber nach aussen. Ein flüchtiger Vergleich der sich drehenden Erde mit diesem Rade liesse das Verhalten der Versuchspflanzen als paradox erscheinen, indessen ist das-selbe sofort verständlich, wenn man bedenkt, dass 1. bei den auf der Erde wachsenden Pflanzen der Einfluss der Schwerkraft denjenigen der Zentrifugalkraft weit übertrifft, und 2. dass am vertikal schnell rotierenden Rad die Anziehungskraft der Erde quasi aufgehoben wird, wogegen die Zentrifugalkraft sehr stark wirksam ist. Die Wurzeln der Pflanzen wachsen also sowohl auf dem Rad als auch in der Erde in der Richtung der stark überwiegenden tropistisch wirksamen Kraft, die Stengel aber zeigen beiderorts negativen Tropismus. Auf einem horizontalen Rade kommen die Zentrifugalkraft, erzeugt durch die Radrotation, sowie die effektive Schwerkraft kombiniert zur Geltung im Sinne eines Kräfteparallelogramms. Genau genommen hängt auch der Geotropismus der Vegetation unseres Planeten von einer Resultanten ab, indem an jedem Ort der Erde der Pflanzenkörper unter dem Einfluss sowohl der nach dem Erdmittelpunkt gerichteten Anziehungskraft als auch der rechtwinklig zur Erdachse stehenden Fliehkraft infolge der Erdrotation steht. Die Beschleunigung der Anziehungskraft ist

$$\text{am Äquator} = 9,814 \text{ m per sek.}^2$$

bei  $45^\circ$  Breite = 9,823 m per sek.  
am Pol = 9,831 m per sek.  
Die Beschleunigung der Fliehkraft beträgt  
am Aequator = 0,034 m per sek.  
bei  $45^\circ$  Breite = 0,017 m per sek.  
am Pol = Ø m per sek.

Die Schwerkraft als Resultante der beiden Komponenten variiert nach der geographischen Breite und Meereshöhe des Beobachtungsorts. Ihre Richtung ist gegeben durch die Lotrichtung. Da nun aber in der Aequatorgegend die Zentrifugalkraft entgegengesetzt zur Anziehungskraft gerichtet ist, wird diese letztere um weniges ( $3,5\%$ ) vermindert und es bewegt sich die Abweichung der Resultantenrichtung gegenüber der Radialrichtung um Null herum. Gegen die Polarregion zu sinkt der absolute Wert der Zentrifugalkraft rasch bis auf Null herunter. Bei mittlerer Breite ergaben die neueren Berechnungen unter Berücksichtigung der Erdabplattung eine resultierende Beschleunigung von 980,629 cm per sek.<sup>3</sup> — Die weitere Rechnung nach dem Kräfteparallelogramm ergibt für die Breite  $45^\circ$  eine Lotabweichung gegenüber der Radiusrichtung von rund 4 Winkelminuten. Addieren wir dazu noch den Maximalbetrag einer event. Lotabweichung infolge Dichteunterschieden in der Erdrinde, so resultiert für eine Gesamtabelnung von rund 5 Winkelminuten z. B. bei einem 30 m hohen Baum an seinem einen Ende eine lineare Abweichung  $a = 30 \text{ m} \times \tan 5^\circ = 4,4 \text{ cm}$ . Zentrifugalkraft und Schwerestörungen haben also im Vergleich zur Anziehungskraft der Erde eine sehr untergeordnete Bedeutung. Bei den Messungen betr. Geotropismus treten derartige Ablenkungen gar nicht in Erscheinung, weil sowohl die Pflanzen als auch die Messgeräte entsprechend der resultierenden Schwerkraftrichtung reagieren. Bei ambulanten Messungen von tropistischen Krümmungen an Bäumen bedient man sich am besten eines Celluloidtransporteurs mit Fadenlot. Bei stationären Messeinrichtungen für ein bestimmtes Versuchsobjekt wendet man den Senkel, eine Wasserwage und eine Messlatte oder ein Messband an.  
(Fortsetzung folgt.)

### Das Pentagon-Dodekaeder und das Ikosaeder der Stereometrie und Krystallographie

Von P. Theodor Schwegler O. S. B. Einsiedeln.  
(Schluss).

Das *skalare* (d. i. nur Grösse und Vorzeichen aufweisende) Produkt der beiden Vektoren  $\mathbf{a}$  und  $\mathbf{b}$ , geschrieben  $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ , ist gleich dem Produkt der absoluten Grössen oder Längen der beiden Vektoren  $\mathbf{a}$  und  $\mathbf{b}$  mal dem Cosinus des von ihnen eingeschlossenen Winkels  $\alpha$ , also  $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = ab \cos \alpha$ . Dies ist auch die Formel für die Arbeit, die eine durch den Vektor  $\mathbf{a}$  dargestellte Kraft auf einen Massenpunkt ausübt, der sich in der um den Winkel  $\alpha$  abweichenden Richtung  $\mathbf{b}$  bewegt. Werden die Einheitsvektoren auf den drei in den Achsen gelegenen und zueinander senkrechten Komponenten mit  $i$ ,  $j$ ,  $k$  bezeichnet, so ist nach der obigen Definition offenbar:

$$\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{k} = 1; \\ \mathbf{i} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{k} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{i} = 0.$$

$$\text{und } \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} \equiv (\mathbf{a}_i + \mathbf{a}_j + \mathbf{a}_k) \cdot (\mathbf{b}_i + \mathbf{b}_j + \mathbf{b}_k) \\ = \mathbf{a}_i \mathbf{b}_i + \mathbf{a}_j \mathbf{b}_j + \mathbf{a}_k \mathbf{b}_k = ab \cos \alpha.$$

Dabei ist  $a^2 = a_i^2 + a_j^2 + a_k^2$ ;  $b^2 = b_i^2 + b_j^2 + b_k^2$ , wie eine einfache stereometrische Ueberlegung leicht ergibt.

$$\text{Also ist } \cos \alpha = \frac{\mathbf{a}_i \mathbf{b}_i + \mathbf{a}_j \mathbf{b}_j + \mathbf{a}_k \mathbf{b}_k}{\sqrt{a_i^2 + a_j^2 + a_k^2} \cdot \sqrt{b_i^2 + b_j^2 + b_k^2}}.$$

Das *vektorische* Produkt der Vektoren  $\mathbf{a}$  und  $\mathbf{b}$ , geschrieben  $\mathbf{V} \cdot \mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ , stellt einen neuen Vektor dar, der auf  $\mathbf{a}$  und  $\mathbf{b}$  senkrecht steht, und dessen Länge gleich ist dem Produkt der Längen der Vektoren  $\mathbf{a}$  und  $\mathbf{b}$  mal dem Sinus des von diesen Vektoren eingeschlossenen Winkels  $\alpha$ , also  $ab \sin \alpha$ . Dies ist auch die Formel für das sogen. Drehungsmoment einer Kraft  $\mathbf{a}$  an dem beweglichen Hebelarm  $\mathbf{b}$ , der mit  $\mathbf{a}$  den Winkel  $\alpha$  bildet. Die Reihenfolge der drei Vektoren ist gegeben durch die sogen. Dreifingerregel. Werden nämlich Daumen, Zeig- und Mittelfinger der rechten Hand ausgestreckt, so wird  $\mathbf{a}$  durch den Daumen,  $\mathbf{b}$  durch den Zeigefinger und  $\mathbf{V} \cdot \mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$  durch den Mittelfinger dargestellt. Nach dieser Festsetzung ist offenbar

$$\mathbf{V} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{i}; \quad \mathbf{V} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{j}; \quad \mathbf{V} \cdot \mathbf{k} = \mathbf{k}; \quad \mathbf{V} \cdot \mathbf{i} = -\mathbf{i}; \quad \mathbf{V} \cdot \mathbf{j} = -\mathbf{j}; \\ \mathbf{V} \cdot \mathbf{k} = -\mathbf{k}; \quad \mathbf{V} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{V} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{V} \cdot \mathbf{k} = 0.$$

$$\text{Also } \mathbf{V} \cdot \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} \equiv \mathbf{V}(\mathbf{a}_i + \mathbf{a}_j + \mathbf{a}_k)(\mathbf{b}_i + \mathbf{b}_j + \mathbf{b}_k) \\ = (\mathbf{a}_i \mathbf{b}_i - \mathbf{a}_j \mathbf{b}_j + \mathbf{a}_k \mathbf{b}_k) \mathbf{i} + (\mathbf{a}_i \mathbf{b}_j - \mathbf{a}_k \mathbf{b}_i) \mathbf{j} + (\mathbf{a}_k \mathbf{b}_j - \mathbf{a}_i \mathbf{b}_k) \mathbf{k}$$

Zur Berechnung der Koeffizienten der drei Einheitsvektoren dient die folgende einfache «Faust»-Regel:

$$\left. \begin{array}{c} \mathbf{a}_1 \mid \mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3 \times \mathbf{a}_1 \times \mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3 \\ \mathbf{b}_1 \mid \mathbf{b}_2 \mathbf{b}_3 \mathbf{b}_1 \mathbf{b}_2 \mathbf{b}_3 \end{array} \right\} = \mathbf{a}_2 \mathbf{b}_3 - \mathbf{a}_3 \mathbf{b}_2, \quad \mathbf{a}_3 \mathbf{b}_1 - \mathbf{a}_1 \mathbf{b}_3, \text{ usw.}$$

Nach diesen erläuternden Vorbemerkungen bietet nun die Berechnung der Elemente eines dem regulären System angehörenden Krystals keine Schwierigkeiten mehr. Wir wählen also das Pentagondodekaeder {210}. Aus den Flächen (210) und (210) errechnen wir den Winkel  $\varphi'$ , aus (210) und (102) den Winkel  $\varphi''$ ; den gleichen Winkel  $\varphi''$  würden uns auch die Flächen (210) und (021) liefern, wie eine leichte Rechnung sofort zeigt.

$$-\cos \varphi' = \frac{2 \cdot 2 + 1 \cdot (-1) + 0 \cdot 0}{\sqrt{5} \cdot \sqrt{5}} = \frac{3}{5}; \quad \varphi' = 126^\circ 52' 11,5'';$$

$$-\cos \varphi'' = \frac{2 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 0 \cdot 2}{\sqrt{5} \cdot \sqrt{5}} = \frac{2}{5}; \quad \varphi'' = 113^\circ 34' 41,5''.$$

Für die Kante  $a$  der Flächen (210) und (210) gilt natürlich (001). Die Kante  $x$  erhalten wir durch die *vektorische* Multiplikation der Flächen (210) und (102) bzw. (102); und die Kante  $y$  durch die *vektorische* Multiplikation der Flächen (210) und (021) bzw. (021).

$$x : \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline & 2 & 1 & 0 & 2 & 1 & 0 \\ \hline 1 & | & 0 & 2 & 1 & 0 & 2 \\ \hline \end{array} = (2\bar{4}\bar{1}) \text{ oder } (\bar{2}4\bar{1}); \text{ bzw. } (\bar{2}\bar{4}\bar{1})$$

$$y : \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline & 2 & 1 & 0 & 2 & 1 & 0 \\ \hline 0 & | & 2 & 1 & 0 & 2 & 1 \\ \hline \end{array} = (1\bar{2}4) \text{ bzw. } (\bar{1}24)$$

Die *skalare* Multiplikation dieser Kanten-Vektoren liefert uns die entsprechenden Kantenwinkel:

$$-\cos \omega_1 = \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{x}}{\mathbf{a} \cdot \mathbf{x}} = \frac{0 \cdot 2 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 1}{1 \cdot \sqrt{21}} = \frac{1}{\sqrt{21}}; \\ \omega_1 = 102^\circ 36' 15,8''$$

$$-\cos \omega_2 = \frac{x; y}{x \cdot y} = \frac{2 \cdot 1 + (-4)(-2) + (-1)4}{\sqrt{21} \cdot \sqrt{21}} = \frac{6}{21}; \\ \omega_2 = 106^\circ 36' 5,6''$$

$$-\cos \omega_3 = \frac{y; y}{y^2} = \frac{1(-1) + (-2)2 + 4 \cdot 4}{\sqrt{21} \cdot \sqrt{21}} = \frac{11}{21}; \\ \omega_3 = 121^\circ 35' 17,2''$$

Um die auf a bezogenen Längen der Kanten x und y zu erhalten, bestimmen wir zuerst die Höhe  $h_a$  des Fünfeckes (210) aus dem Viereck, das gebildet wird (Fig. 7) durch die mit c bezeichneten Halbachsen nach vorn und rechts, die horizontal liegende (Halb-)Kante der Flächen (021) und (021), sowie durch die eben genannte Höhe  $h_a$ . In diesem Viereck ist offenbar:

$$c = h_a \cdot \sin \frac{\varphi'}{2} = \frac{a}{2} + h_a \cdot \cos \frac{\varphi'}{2}$$

$$\text{also } h_a = \frac{a}{2 \cdot (\sin \frac{\varphi'}{2} - \cos \frac{\varphi'}{2})}$$

Dann ist nach Fig. 5

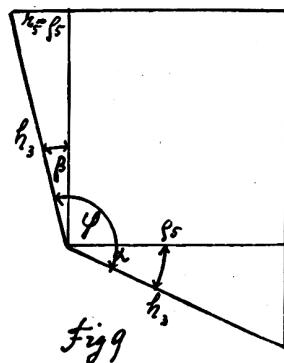
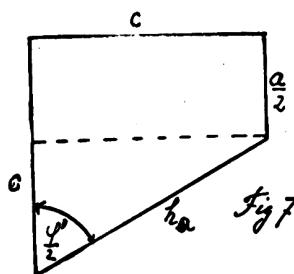
$$h_a = x \cdot \cos(\omega_1 - 90^\circ) + y \cdot \cos \frac{\omega_3}{2}$$

$$= x \cdot \sin \omega_1 + y \cdot \cos \frac{\omega_3}{2}$$

$$\frac{a}{2} = -x \sin(\omega_1 - 90^\circ) + y \cdot \sin \frac{\omega_3}{2}$$

$$= x \cdot \cos \omega_1 + y \cdot \sin \frac{\omega_3}{2}$$

$$x = \frac{\frac{a}{2} \cdot \cos \frac{\omega_3}{2} - h_a \cdot \sin \frac{\omega_3}{2}}{\cos(\omega_1 + \frac{\omega_3}{2})}; \quad y = \frac{h_a \cos \omega_1 - \frac{a}{2} \cdot \sin \omega_1}{\cos(\omega_1 + \frac{\omega_3}{2})}$$



Aus den vorhin abgeleiteten Werten für  $\cos \varphi'$ ,  $\cos \omega_1$  und  $\cos \omega_3$  erhält man leicht:

$$\sin \frac{\varphi'}{2} = 2 \sqrt{\frac{1}{5}}, \quad \cos \frac{\varphi'}{2} = \sqrt{\frac{1}{5}};$$

$$\text{also } \sin \frac{\varphi'}{2} - \cos \frac{\varphi'}{2} = \sqrt{\frac{1}{5}}, \quad h_a = \frac{a \sqrt{5}}{2}.$$

$$\sin \frac{\omega_3}{2} = 4 \sqrt{\frac{1}{21}}, \quad \cos \frac{\omega_3}{2} = \sqrt{\frac{5}{21}};$$

$$\text{und } \sin \omega_1 = 2 \sqrt{\frac{5}{21}}, \quad \cos \left( \omega_1 + \frac{\omega_3}{2} \right) = -\frac{9}{21} \sqrt{5},$$

$$x = \frac{a}{2} \left[ \sqrt{\frac{5}{21}} - 4 \sqrt{\frac{5}{21}} \right]$$

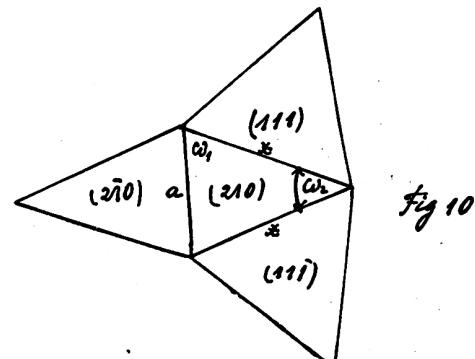
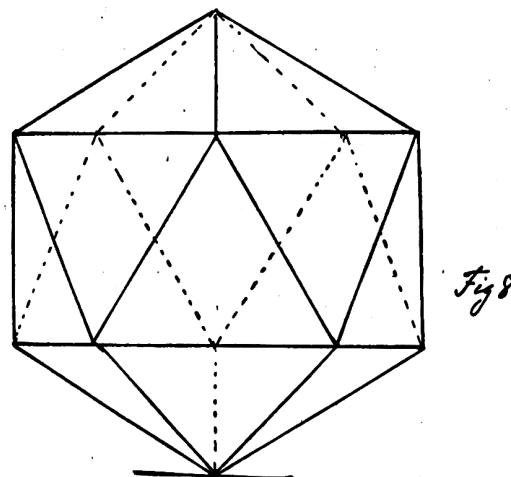
$$= \frac{a}{2} \cdot \frac{-9}{21} \cdot \sqrt{5}$$

$$= \frac{a}{2} \cdot \frac{3 \sqrt{\frac{5}{21}}}{\frac{9}{21} \cdot \sqrt{5}} = \frac{a}{6} \cdot \sqrt{21}$$

$$y = \frac{\frac{a}{2} \cdot \left[ -\sqrt{\frac{5}{21}} - 2 \sqrt{\frac{5}{21}} \right]}{-\frac{9}{21} \cdot \sqrt{5}}$$

$$= \frac{a}{2} \cdot \frac{3 \sqrt{\frac{5}{21}}}{\frac{9}{21} \cdot \sqrt{5}} = \frac{a}{6} \cdot \sqrt{21}$$

Daraus ergibt sich, dass die den Flächen des Oktaeders entsprechenden Ecken des Pentagondodekaeders regelmässig sind, denn die sie bildenden Kanten x und y sind gleich lang und die von diesen Kanten



eingeschlossenen Winkel, nämlich  $\omega_2$ , sind ebenfalls gleich gross. Diese Beobachtung führt uns unmittelbar zum *Ikosaeder*. Denn wenn die genannten acht Ecken des Pentagondodekaeders durch die Flächen des Oktaeders abgestumpft werden und die Oktaederflächen so anwachsen, bis lauter Dreiecke entstehen, so liegt offenbar ein Ikosaeder vor.

### b) Das Ikosaeder.

Um den Winkel  $\varphi$  des regelmässigen Ikosaeders zu berechnen, stellen wir diesen Körper auf eine Ecke (Fig. 8). Dann liegen (5+5) Ecken auf zwei parallel zur Grundebene liegenden, gleich grossen und konzentrischen Kreisen, denen mittels der Dreiecksseite  $a$  ein regelmässiges Fünfeck einbeschrieben ist. Offenbar ist nun

$$r_5 = \frac{a}{2 \cdot \sin 36^\circ}; \text{ und } q_5 = \frac{a}{2} \cdot \operatorname{ctg} 36^\circ; \quad (\text{s. Fig. 2})$$

Ausserdem ist

$$h_5 = \frac{a}{2} \cdot \sqrt{3}$$

Aus Fig. 9 und Anmerkung<sup>1)</sup> ergibt sich nun:

$$\cos \alpha = \frac{q_5}{h_5} = \frac{\operatorname{ctg} 36^\circ}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{5+2\sqrt{5}}{15}}; \sin \alpha = \sqrt{\frac{10-2\sqrt{5}}{15}}$$

$$\sin \beta = \frac{r_5 - q_5}{h_5} = \frac{\operatorname{tg} 18^\circ}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{5-2\sqrt{5}}{15}};$$

$$\cos \beta = \sqrt{\frac{10+2\sqrt{5}}{15}}$$

$$\text{Also } \sin(\alpha + \beta) = -\cos \varphi = \frac{(4+1)\sqrt{5}}{15} = \frac{\sqrt{5}}{3};$$

$$\sin \varphi = \frac{2}{3} \quad \varphi = 138^\circ 11' 21''$$

Da, wie eben bemerkt ward, das Ikosaeder die Kombination der (nach den Nebensymmetrieebenen) hemiedrischen Formen {h10} und {111} ist, so müsste, falls das regelmässige Ikosaeder in der Krystallwelt vorkommen sollte,

$$\begin{aligned} \frac{h \cdot h + 1(-1) + 0 \cdot 0}{h^2 + 1} &= \frac{h \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 0 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{h^2 + 1}} \\ &= \frac{\sqrt{5}}{3} = -\cos \varphi \quad \text{sein.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Also } 3(h^2 - 1) &= \sqrt{5}(h^2 + 1) \\ \text{bzw. } h^2 - 3h + 1 &= 0 \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} \text{und } h &= \frac{3 \pm \sqrt{5}}{2} \\ &\approx 2,61805 \dots \end{aligned} \right.$$

Da also  $h$  irrational wird, kann das regelmässige Ikosaeder keine Krystallform sein. Aber diesem regelmässigen Vielflache käme sehr nahe eine Kombination von Oktaeder und einem Pentagondodekaeder, für das  $h = \frac{5}{3}$  wäre, also die Kombination von {111} und {520}. Bezeichne  $\varphi'$  den Winkel zweier mit der Grundlinie zusammenstossender Dodekaederflächen, etwa von (520) und (520), und  $\varphi''$  den Winkel, den eine Dodekaeder- und eine Oktaederfläche, etwa (520) und

$$* \frac{1}{\sin \alpha} - \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

(111) miteinander bilden, so findet man nach dem oben entwickelten Verfahren leicht:

$$-\cos \varphi' = \frac{21}{29}; \quad \varphi' = 136^\circ 23' 50''$$

$$-\cos \varphi'' = \frac{7}{\sqrt{3 \cdot 29}}; \quad \varphi'' = 138^\circ 37' 56''$$

Aus den Flächen (520) und (111) bzw. (111) findet man für die beiden Schenkel oder Kanten die Vektoren (253) bzw. (253). Daraus ergibt sich für den Winkel  $\omega_2$  an der Spitze der dem Pentagondodekaeder angehörenden gleichseitigen Dreiecke der Wert:

$$\cos \omega_2 = \frac{10}{19}; \quad \omega_2 = 58^\circ 14' 34'';$$

also die Basis-Winkel  $\omega_1$  je  $= 60^\circ 52' 43''$ .

Die dem Oktaeder entsprechenden Dreiecke sind sämtlich regelmässig.

Aber auch dieses Ikosaeder ist bisher in der Krystallwelt noch nicht gefunden worden; dagegen kommt am Schwefelkies u. a. auch die Kombination von {210} und {111} vor. Werden in der vorhin genannten Weise die Berechnungen durchgeführt, so erhält man:

$$-\cos \varphi' = \frac{3}{5}; \quad \text{also } \varphi' = 126^\circ 52' 11''$$

$$-\cos \varphi'' = \sqrt{\frac{3}{5}}; \quad \text{also } \varphi'' = 140^\circ 46' 3''.$$

Die Flächen (210) und (111) bzw. (111) ergeben die Kanten (121) bzw. (121). Daraus erhält man (Fig. 10)

$$\cos \omega_2 = \frac{2}{3}; \quad \text{also } \omega_2 = 48^\circ 11' 23'' \text{ u. } \omega_1 = 65^\circ 54' 18.5''$$

Bezeichne noch  $a$  die Basis,  $x$  den Schenkel der Dreiecke von {210}, so ist offenbar

$$x = \frac{a}{2 \cdot \sin \frac{\omega_2}{2}} = \frac{a \cdot \sqrt{6}}{2} = 1,22474 \dots a$$

Zum Schlusse werde noch kurz gezeigt, wie die gewonnenen Ergebnisse verwertet werden können, um den Inhalt des regelmässigen Pentagondodekaeders und Ikosaeders zu berechnen. Wir denken diese Körper in lauter 5- bzw. 3-seitige regelmässige Pyramiden zerlegt, deren Spitzen in der Mitte des Körpers liegen. Dann ist nach Fig. 3 die Höhe der Pyramiden

$$h = q \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

Also Inhalt des *Pentagondodekaeders*:

$$\begin{aligned} V &= 12 \cdot \frac{5}{3} \cdot \frac{a}{2} \cdot q_5^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 20 \cdot \left( \frac{a}{2} \right)^3 \cdot \frac{5+2\sqrt{5}}{5} \cdot \frac{1+\sqrt{5}}{2} \\ &= \frac{a^3}{4} \cdot (15 + 7\sqrt{5}) = 7,663119 \dots \cdot a^3. \end{aligned}$$

Und der Inhalt des *Ikosaeders*:

$$\begin{aligned} V &= 20 \cdot \frac{3}{3} \cdot \frac{a}{2} \cdot q_5^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 20 \cdot \frac{a^3}{2} \cdot \frac{3}{36} \cdot \frac{3+\sqrt{5}}{2} \\ &= \frac{5}{12} a^3 (3 + \sqrt{5}) = 2,181695 \dots \cdot a^3. \end{aligned}$$

$$* q_5 = \frac{a\sqrt{3}}{6}; \quad \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos \varphi}{1+\cos \varphi}} = \sqrt{\frac{3+\sqrt{5}}{3-\sqrt{5}}} = \frac{3+\sqrt{5}}{2}$$

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: DR. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Die Tropismen und ihr Einfluss auf die Wuchsform der Bäume — Schlusswort in Oswald Heer's „Urwelt der Schweiz“ — Literatur.

## Die Tropismen und ihr Einfluss auf die Wuchsform der Bäume

Von R. Kopp, Ing., St. Gallen.

(Fortsetzung.)

Der Geotropismus äussert sich bei den einzelnen Organen wie folgt:

1. Die Hauptwurzel dringt lotrecht in den Boden ein. — Orthotroper positiver Geotropismus.
2. Die Seitenwurzeln wachsen mehr oder weniger schräg abwärts. — Plagiotorper positiver Geotropismus.
3. Der Hauptstamm wächst senkrecht empor. — Orthotroper negativer Geotropismus.
4. Die Seitenäste nehmen eine mehr oder weniger geneigte Lage ein. — Plagiotorper negativer Geotropismus.
5. Schlingpflanzen winden sich spiraling empor. — Lateralgeotropismus.

*Heliotropismus* nennt man die Eigenschaft der Pflanzenorgane, gegen das Licht eine bestimmte Stellung einzunehmen. Wiesner (Wien) hat experimentell konstatiert, dass die Stellung der Blätter bedingt ist durch die Richtung der maximalen Intensität des *diffusen* Lichts; während das direkte Sonnenlicht wegen seiner grossen Intensität oft schädlich wirkt, so dass gewisse Pflanzen sogar darnach trachten, es von den Blättern abzuhalten oder wenigstens den Auffallwinkel möglichst zu verkleinern. Beispiele: Kompasspflanze, *Lactuca Scariola*, Sauerklee. Die Versuche von Borggreve und König<sup>1</sup> an bis 10jährigen Holzgewächsen zeigten auch, dass das Fehlen der direkten Insolation keine Verzögerung oder Einschränkung im Wachstum bewirkt. Das gleiche folgt auch aus der Beobachtung, dass Laubholzkrone zumal an den untersten Ästen und auch im Innern noch eine Menge Blätter tragen, welche nur während kurzer Zeit von der Sonne beschienen werden, wohl aber dem diffusen Lichte fortwährend zugänglich sind. Außerdem profitieren sie noch von dem durch andere Blätter aufgefangenen und zum Teil durchgelassenen (filtrierten) Licht, welches sein Maximum mit 1—48 % im gelbgrünen Spektralgebiet des diffusen Tageslichts erreicht<sup>2</sup>. Wäre im Gegen teil die direkte Insolation von ausschlaggebender Bedeutung, so müssten sich die Baumkronen flach, schirmähnlich ausbreiten. Bezüglich der Richtung der Kronenachse fiele ferner in Betracht, dass die Richtung

der totalisierten Insolation in unserem Lande um die Mitte der Vegetationsperiode im Tagesmittel einen Winkel von nur 36° a. T. mit der Horizontalen bildet, was sich aus den Sonnenbogen ermitteln lässt<sup>3</sup>. Anderseits ist auch von Bedeutung, dass bei uns die wirkliche Sonnenscheindauer nur 39—57 % der möglichen ausmacht<sup>4</sup>, weshalb also die Pflanzen durchschnittlich während der halben Tageszeit auf das diffuse Tageslicht angewiesen sind.

Wenn auch alle diese Forschungsergebnisse be weisen, dass das diffuse Licht die Hauptrolle beim Heliotropismus spielt, lassen neuere Untersuchungen doch darauf schliessen, dass auch der Insolation eine gewisse Bedeutung zukommt. Die Richtung nach dem Zentrum des totalisierten diffusen Lichts fällt bei ebenem Gelände natürlich mit der Zenitrichtung zusammen; an Berghängen hingegen ist gemäss geometrischer Ueberlegung der Ablenkungswinkel der Achse des freien Himmelsgewölbes von der Zenitrichtung gleich dem halben Neigungswinkel der Bodenoberfläche oder des Kronenprofils des Waldbestandes. In geschlossenen Laubholzwäldern an Berghängen stellen sich daher die Stämme bei heliotropischer Krümmung nicht vertikal, sondern neigen mehr oder weniger talwärts. Prof. A. Engler<sup>5</sup> konstatierte ferner, dass diese talwärtige Neigung an Süd- und Westhängen grösser ist als an Nord- und Osthängen und dass die Kronen an Süd- und Westhängen stärker talseitig entwickelt sind als an Nord- u. Osthängen. Laut den Messungen weicht die heliotropische Richtung innerhalb der Krone, von der Achse des freien Himmels 6—25° ab. Der Unter schied zwischen südlichen und nördlichen Hängen lässt erkennen, dass auch das Sonnenlicht in beschränktem Masse Richtung gebenden Einfluss ausübt. Diese Wirkung kann indessen schon ohne direkte Insolation zu stande kommen. Betrachtet man nämlich den Himmel an einem klaren Sommertag, so fällt auf, dass seine Farbe vom hellen weiss-blau in der Umgebung der Sonne bis zur tiefblauen Nuance an der gegenüberliegenden Seite des Himmelsgewölbes übergeht. Aus der Umgebung der Sonne kommt also offenbar ein bedeutend stärkeres diffuses Licht, auch wenn die Sonne selbst durch Wolken verdeckt ist oder längere Zeit einen zarten Wolkenschleier nicht zu durchdringen vermag. Die Untersuchungen von W. Schramm<sup>6</sup> haben

<sup>1</sup> Dr. A. König, Mitteilungen v. d. Mündener Versuchsfächen, Forstl. Blätter 1888, S. 358 ff.

<sup>2</sup> Dr. H. Knuchel, Spektrophotometrische Untersuchungen im Walde. Zürich 1914 (Mitteilungen der Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen, XI. Band, 1. Heft).

<sup>3</sup> R. Kopp, Wanderung der Schatten im Walde. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1925.

<sup>4</sup> Maurer, Billwiller & Hess. Das Klima der Schweiz. 1909 L. S. 91.

<sup>5</sup> A. Engler, Tropismus und excentrisches Dickenwachstum der Bäume. Preisschrift der Stiftung von Schnyder von Wartensee Zürich 1918.

<sup>6</sup> W. Schramm. Ueber die Verteilung des Lichtes in der Atmosphäre. Diss. Kiel 1901.

bewiesen, dass der hellste Punkt sich in der Nähe der Sonne befindet und dass der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre einen grossen Einfluss auf die Verteilung der diffusen Helligkeit des Himmels ausübt. Die photometrischen Messungen von Dr. H. Knuchel<sup>7</sup> ergaben, dass an klaren Tagen die Zenithhelligkeit im *allgemeinen* mit der Sonnenhöhe steigt und am Mittag den fünf- bis zehnfachen Betrag der Helligkeit zur Zeit des Sonnenaufgangs erreicht. Es lässt sich daraus schliessen, dass der Sonnenstand auch die Lage des diffusen Lichtzentrums beeinflusst, somit also die Richtung des maximalen diffusen Lichtes indirekt doch bis zu einem gewissen Grad vom Sonnenschein abhängig ist. Dieser Einfluss der Sonne kommt, wie gesagt, an steilen Süd- und Nordhängen am schärfsten zur Geltung.

Der Heliotropismus äussert sich bei den einzelnen Pflanzenorganen wie folgt:

1. Der Gipfel eines Sprosses streckt sich gegen die Lichtquelle zu. — Positiver Heliotropismus.
2. Die Blätter stellen sich bei günstiger Intensität des Lichts mit ihrer Oberseite quer zur Richtung desselben. — Transversaler positiver Heliotropismus.
3. Die Wurzeln wenden sich vom Lichte ab (auch Luftwurzeln). — Negativer Heliotropismus.

Die Reizwirkung des Wassers bedingt den *Hydrotropismus* der Pflanzen. Dieser Tropismus, welcher sich hauptsächlich bei den Wurzeln äussert, besteht darin, dass sie in allgemein trockenem Boden einer etwas feuchteren Bodenpartie zustreben, sogar mit Ueberwindung des positiven Geotropismus. Negativer Hydrotropismus kommt bei Sporangienträgern vor.

Der *Chemotropismus*, d. h. die Eigenschaft, dass z. B. Wurzeln durch bestimmte Stoffe zu Wachstumskrümmungen veranlasst werden, kann je nach der Konzentration oder Lösung des betreffenden Stoffes positiv oder negativ auftreten.

Andere Tropismen treten seltener in Erscheinung.

Durch Laboratoriumsversuche hat man eine Reihe von Gesetzmässigkeiten festgestellt, die, soweit bekannt, bei allen Tropismen in analoger Weise auftreten; man kann sie daher als *Grundgesetze des Tropismus* bezeichnen:

1. Tropistische Krümmungen kommen zustande durch ungleiches Verhalten der Zellen auf der der Reizursache zugewandten und abgewandten Seite des Pflanzenorgans.
2. Tropistische Reize werden vom jüngsten, im Wachstum begriffenen Teil eines Sprosses aufgenommen und bis auf die entferntesten Teile der Pflanze weitergeleitet.
3. Ein Pflanzenorgan befindet sich in tropistischer Ruhelage, wenn es beim Weiterwachsen seine bisherige Richtung beibehält. Die tropistische Ruhelage kann sich mit dem Entwicklungsstadium der Pflanze ändern.
4. Ein tropistisches Medium (Kraft oder Stoff) veranlasst das Organ zu einer Krümmung, wenn es von dem tropistischen Reiz in anderer

Richtung getroffen wird, als in der tropistischen Ruhelage.

5. Die Richtung eines Tropismus hängt in erster Linie von der natürlichen Veranlagung der Pflanze ab, ferner aber auch von der Intensität des Reizes. Wirkt ein tropistischer Reiz bei gewisser Intensität positiv richtend, und bei einer anderen Intensität negativ richtend, so verhält sich das betreffende Pflanzenorgan bei einer bestimmten zwischenliegenden Intensität untropistisch. Man nennt dies den atropischen Uebergangszustand. Die Lage des Uebergangspunktes hängt wesentlich vom Reizzustand (Tonus) der Pflanze ab.
6. Der Verlauf einer tropistischen Bewegung ist umso lebhafter, je stärker die momentane Lage des betreffenden Organs von der tropistischen Ruhelage abweicht, je grösser die tropistische Empfindlichkeit des Organs, und je lebhafter das Wachstum der Pflanze im allgemeinen ist.
7. Tropistische Reize wirken oft nach, d. h. das betreffende Organ krümmt sich etwas über die tropistische Ruhelage hinaus und dann wieder zurück, d. h. das Organ pendelt vor der Einnahme der Ruhelage um dieselbe hin und her.
8. Die Empfindlichkeit und tatsächliche Reaktion der Pflanzen auf tropistische Reize ist mehr oder weniger veränderlich nach Alter, Temperatur (Jahreszeit), Gehalt der Luft an Sauerstoff und verunreinigenden Gasen.

Die Einrichtungen der Pflanzen, welche dazu dienen, die von äusseren Kräften ausgehenden Reize zu empfangen, sind bei weitem nicht alle bekannt, oder erst hypothetisch erklärt. So nehmen z. B. Haberlandt und Němec an, dass die vom Gewicht beeinflussten Stärkekörner durch ihren Druck auf verschiedene empfindliche Stellen der Hautschicht den geotropischen Reiz aufnehmen (Statolithenhypothese).

Die Pflanzenorgane vollbringen bei ihrem tropistisch gerichteten Wachstum bedeutende Arbeitsleistungen. Wurzeln dringen z. B. energisch in das schwere Quecksilber hinein. Auch bei den tropistischen Krümmungen oberirdischer Organe werden beträchtliche Widerstandskräfte überwunden, so z. B. das Gewicht von ganzen Baumkronen samt langen Stamm-partien.

Können bei experimentellen Beobachtungen von Krümmungsbewegungen alle nicht interessierenden Tropismen durch geeignete Massnahmen ausgeschaltet werden, so treten die tropistischen Grundgesetze typisch in Erscheinung. Als Versuchsstoffe eignen sich besonders die sehr lebhaft wachsenden und empfindsamen Keimpflanzen. Bedeutend komplizierter, aber auch um so interessanter wird das Studium der Tropismen, wenn wir die Beobachtungen aus dem Laboratorium hinaus in die Werkstatt der Natur verlegen, wo eben stetsfort mit der Konkurrenzwirkung verschiedener Tropismen und gewissen Störungen zu rechnen ist. Anderseits begnügt sich der Botaniker oft mit Versuchen an einjährigen Pflanzen, während wir in unserer Flora gerade bei den älteren Holzgewächsen die machtvollsten Erscheinungen von Tropismus beobachten können. Merkwürdigerweise haben

<sup>7</sup> loc. cit. S. 30.

diese erst in den letzten Jahrzehnten das Interesse der Forscher besonders stark in Anspruch genommen. Wollen wir uns also über den heutigen Stand des Wissens betreffend die Tropismen orientieren, so führt uns der Weg über ein Spezialgebiet der Dendrologie. Beschränken wir unsere Betrachtungen auf die tropistischen Krümmungen an Pflanzenorganen, die unserer Beobachtung ohne weiteres zugänglich sind, also auf die oberirdischen Teile der Bäume, so fallen hauptsächlich die Wirkungen des negativen Geotropismus und des positiven Heliotropismus in Betracht. Das Problem wird indessen wieder komplizierter durch den Umstand, dass auch die Schwerkraft als solche sowie die Längsdruckspannung infolge der Krümmung gewisse Wachstumsreize ausüben, und überdies haben wir es in praxis z. T. mit einer konkurrenzierenden Wechselwirkung dieser verschiedenen Kräfte zu tun.

Da die Krümmungsbewegungen der Bäume insbesondere für die Forstwirtschaft und die Holzindustrien von weittragender Bedeutung sind, haben sich neben den Pflanzenphysiologen auch die Forstbotaniker intensiv um die Aufklärung über die weiteren tropistischen Naturgesetze bemüht. Bis in die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts waren die Physiologen allgemein der Ansicht, dass nur die im Wachstum befindlichen Sprosse im Stande seien, geotropische oder heliotropische Krümmungen auszuführen. Geotropische Krümmungen an verholzten Zweigen beobachtete wahrscheinlich als erster Frank<sup>8</sup>, dann Büsgen 1897<sup>9</sup>, L. Jost 1901 und 1913<sup>10</sup>, Hofmeister & Voechting, J. Baranetzky 1901<sup>11</sup>. Prof. A. Engler, Zürich<sup>12</sup>, hat 1918 als erster überzeugend nachgewiesen, dass verholzte Zweige, Äste und sogar ganze Baumstämme zu geotropischen Aufkrümmungen befähigt sind und dass sich bei den Laubhölzern auch Äste und Stämme an heliotropischen Krümmungen beteiligen. Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass geotropische und heliotropische Krümmungen an Bäumen im Freien und im Wald sehr häufig vorkommen und dass sie die technischen Eigenschaften der Stämme stark beeinflussen.

Schon die ersten Botaniker, welche sich mit den Tropismen der Bäume befassten, erkannten, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen diesen Erscheinungen und dem exzentrischen Dickenwachstum der betreffenden Pflanzenteile bestehen müsse. Aber trotz den speziellen Untersuchungen von L. Lämmermayr 1901, und A. Ursprung 1906<sup>13</sup> musste Prof. Jost noch 1913<sup>14</sup> konstatieren, dass es noch nicht gelungen sei,

<sup>8</sup> Frank. Lehrbuch der Botanik.

<sup>9</sup> Büsgen. Bau und Leben unserer Waldbäume. 1897, S. 29.

<sup>10</sup> L. Jost. Bot. Zeitung 1901, Heft 1, sowie Vorlesungen über Pflanzenphysiologie 1913, S. 580.

<sup>11</sup> J. Baranetzky. Flora 1901, S. 438.

<sup>12</sup> A. Engler. loc. cit.

<sup>13</sup> A. Ursprung. Untersuchungen über das exzentrische Dickenwachstum an Stämmen und Ästen. Beihefte z. Bot. Zentralbl. Bd. XIX 1906, S. 213.

A. Ursprung. Ueber das exzentrische Dickenwachstum an Wurzelkrümmungen und über die Erklärungsversuche des exzentrischen Dickenwachstums. Beihefte zum Bot. Zentralblatt, Bd. XXIX 1912, S. 159.

<sup>14</sup> L. Jost. loc. cit., S. 421.

das exzentrische Dickenwachstum bei den Laubhölzern zu erklären. Betreffend die Nadelhölzer waren analoge Untersuchungen schon seit 1887 im Gange und durch die Forstbotaniker F. Schwarz und R. Hartig<sup>15</sup>, A. Cieslar<sup>16</sup> u. a. m. bis 1896 so weit gefördert worden, dass sich für den damaligen Zeitpunkt nachstehende Schlussfolgerungen ergaben.

1. Bei Fichte, Tanne, Föhre und Lärche ist das Dickenwachstum an der Unterseite von Ästen und schiefstehenden oder stark einseitig beasteten Bäumen grösser als an der Oberseite. Ebenso wachsen Bäume, die konstanten Winden ausgesetzt sind<sup>17</sup>, auf der dem Winde abgekehrten Seite stärker in die Dicke. Das an der Unterseite wachsende sogenannte Rotholz ist rotbraun, dicht, hart, mit Sekundärwand aus Schraubenbändern in den Tracheidenzellen, wasserarm, stärker schwindend und quellend, und weniger fest als das oberseitige Holz. Das Auftreten solcher anatomischer Unterschiede lässt darauf schliessen, dass das Rotholz infolge längsgerichteter Druckspannungen an der Unterseite entsteht, indem dieser Druckkreis zu vermehrter Zellteilung und anderer Bauart der Holzelemente Anlass gibt.

2. R. Hartig hat durch Aufhängeversuche indessen auch nachgewiesen, dass nicht nur der infolge des Gewichts des betreffenden Astes oder Stämmchens an der Unterseite auftretende Druck, sondern schon der geotropische Reiz *allein* das Kambium an der Unterseite zu vermehrtem Dickenwachstum anregt. Das Pflanzenorgan reagiert also so, wie es zur Beibehaltung der neuen Stellung notwendig ist! — Das vergrösserte Dickenwachstum an der Unterseite ist vergleichbar mit einer Untermauerung.

3. Druckkreis und negativ geotropischer Reiz treten unter natürlichen Bedingungen bei den Nadelhölzern *gleichzeitig* auf und bewirken beide eine Vergrösserung des Dickenwachstums an der Unterseite.

4. An der Oberseite tritt nur im Falle einer Ueberkrümmung vermehrtes Dickenwachstum ein, was dann auf Druckkreis an der Oberseite zurückzuführen ist.

(Schluss folgt.)

### Schlussworte in Oswald Heer's „Urwelt der Schweiz“

Der Rückblick auf die Pflanzen- und Tierwelt der verschiedenen Weltalter zeigt „eine Reihe von grossartigen Erscheinungen, — Erscheinungen, die uns nicht zweifeln lassen, dass die Natur in ihrem Entwicklungsprozesse ein unendlich grossartiges, harmonisches Ganzes bilde, welchem ein Plan und ein Gedanke zu Grunde liegen muss. Wohl kennen wir von diesem unermesslich grossen Gebäude erst die Grundpfeiler; je mehr uns aber die Urwelt ihre Wunder enthüllt, desto grossartiger und reicher wird dasselbe, desto mehr füllen sich die Lücken auf, welche die jetzige Schöpfung uns weist, und desto inniger schlies-

<sup>15</sup> F. Schwarz. Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von *Pinus sylvestris*. Berlin 1899. R. Hartig. Holzuntersuchungen, Altes und Neues 1901.

<sup>16</sup> A. Cieslar. Das Rotholz der Fichte. Zentralbl. f. d. gesamte Forstwesen 1896, S. 149.

<sup>17</sup> Prof. Dr. J. Früh: Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt. (Jahresber. d. geogr.-ethnogr. Ges. Zürich 1901/02).

sen sich alle Glieder zu dem harmonischen Baue zusammen. So gross und herrlich auch derselbe ist, wird er aber nur von dem gesehen, dessen geistiges Auge dafür aufgeschlossen ist. Ein Bild mag dies noch erläutern.

Ein mit einer Symphonie Beethovens überschriebenes Blatt hat nur Sinn für den Kunstsverständigen. Für ihn hat jede Note Bedeutung, und wie er diese Zeichen in die Tonwelt überträgt, entströmt derselben eine ganze Welt von Harmonien. Gerade so verhält es sich mit der Natur. Die einzelnen Erscheinungen haben gleich den einzelnen Noten nur dann Sinn, wenn wir sie zu verbinden und ihren Zusammenhang zu erfassen vermögen. Dann schliessen sie sich zu einem grossen gegliederten Ganzen zusammen, und es entsteht in unserer Seele auch eine Welt von Harmonien, die uns, wie ihre Schwester, die Harmonie der Töne, über die sinnliche Welt emporträgt und mit der Ahnung einer göttlichen Weltordnung erfüllt. Jedermann würde ohne Zweifel den für sehr einfältig halten, der behaupten wollte, dass die Noten jener Symphonie aus zufällig auf das Papier gekommenen Punkten entstanden seien. Mir will es aber scheinen, dass diejenigen nicht weniger unverständlich urteilen, welche die unendlich viel wundervollere Harmonie der Schöpfung als ein Spiel des Zufalls betrachten. Je tiefer wir daher eindringen in die Erkenntnis der Natur, desto inniger wird auch unsere Ueberzeugung, dass nur *der Glaube an einen allmächtigen und allweisen Schöpfer, der Himmel und Erde nach ewig vorbedachtem Plane erschaffen hat, die Rätsel der Natur wie die des menschlichen Lebens zu lösen vermöge*. Es ist daher nicht allein des Menschen Herz, das uns Gott verkündet, sondern auch die Natur, und erst wenn wir von diesem Standpunkte aus die wunderbare Geschichte unseres Landes und seiner Pflanzen- und Tierwelt betrachten, wird sie uns im rechten Lichte erscheinen und den höchsten Genuss gewähren."

## Literatur

*Prüfungsfragen aus der Mathematik.* Zum Gebrauche für die oberen Klassen der Mittelschulen und Lehrerbildungsanstalten zusammengestellt und mit *ausführlichen Lösungen* versehen von Josef Gottsbachner, Direktor der Bundes-Lehrerbildungsanstalt in Krems a. d. Donau. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage mit 199 Abbildungen. Erschienen 1933 bei Franz Deuticke, Wien und Leipzig. Preis S. 7.50, M. 5.—.

Eine gute Sammlung von mathematischen Prüfungsaufgaben findet gewöhnlich raschen Absatz. Es wird dies von neuem durch das vorzügliche Aufgabenbuch von Gottsbachner bestätigt, dessen erste Auflage (1928) nun schon aufgebraucht ist. Auch die vorliegende zweite Auflage enthält eine grosse Zahl (426) progressiv geordneter arithmetischer und geometrischer Aufgaben aus allen wichtigen Stoffgebieten, die heutzutage an den oberen Klassen der Mittelschulen zur Behandlung kommen. Die Beispiele sind zum grossen Teil interessant und mit wenigen Ausnahmen für Prüfungen gut geeignet. Ferner sind den Aufgaben wiederum ausführliche Lösungen beigelegt, so dass diese Sammlung auch für den Selbstunterricht ein wertvolles Hilfsmittel ist.

Die neue Auflage weist aber gegenüber der ersten wesentliche Verbesserungen auf. So geschah diesmal die Gruppierung der Aufgaben nach Stoffgebieten. Diese Anordnung und ein übersichtliches Inhaltsverzeichnis ermöglichen jetzt die rasche Auffindbarkeit jedes gewünschten Aufgabentyps. Eine Reihe von Aufgaben, deren Lösung viel zu umständliche Rechnungen erforderten (einige solche Aufgaben sind noch geblieben, vor allem aus der Stereometrie), wurden weggelassen und bei allzuweit-

gehender Ausführung der Lösung sind Streichungen vorgenommen worden. Durch diese Kürzungen hat der Umfang des Werkes, trotz einer Vermehrung der Beispiele um 26, eine erwähnenswerte Reduktion erfahren. Darum konnte außerdem noch der Preis dieser nützlichen Aufgabensammlung verbilligt werden.

G. H.

*Algebra, Leitfaden 2. Teil,* von Voellmy und Mantz. Unterrichtswerk des Vereins schweiz. Mathematiklehrer.

Mit Bangen wird die Fortsetzung dieses Werkes erwartet; kann es doch an unsren Schulen erst dann eingeführt werden, wenn es in einem gewissen Umfange vorliegt. Sobald einmal der 2. Teil der Aufgabensammlung erscheint, wird man für 3 Klassen genügend Stoff haben, ohne zu einem andern Lehrmittel greifen zu müssen.

Der 2. Teil des Leitfadens ist nach den gleichen Grundsätzen wie der erste durchgeführt: er ist streng und gründlich aufgebaut, aber auch etwas zu weitgehend und zu stark spezialisiert. Den Schüler interessiert doch zuerst das Technische, die Fertigkeit des Rechnens, und erst nachher die Logik und Kritik. Der Leitfaden scheint mir deshalb mehr für den Lehrer als für den Schüler geschrieben zu sein. Aber der Weg zum Schüler geht über den Lehrer, und wenn dieser nach beiden Richtungen den Kontakt herstellen kann, so ist der Zweck des Leitfadens erfüllt.

Es ist schade, dass das Buch so viele Druckfehler aufweist. Sehr zu beanstanden ist die Wahl der Zifferntypen. Die Ziffern 3, 4, 5, 6, 7 und 9 reichen mit ihrem untern Rand unter die Zeile, so dass dadurch Unklarheiten entstehen. Man betrachte einmal das Beispiel Seite 10 unten: Die 4. Potenz von 30 erscheint als  $30^4$ .

J. M.

„*Der Naturforscher*“ vereint mit „Natur und Technik“. Bebilderte Monatsschrift für das gesamte Gebiet der Naturwissenschaft und ihre Anwendung in Naturschutz, Unterricht, Wirtschaft und Technik. Herausgeber Dr. Oskar Prochnow. Jahrgang X. Preis vierteljährlich RM. 2.50 einzeln RM. 1.—. Hugo Bermühler Verlag, Berlin-Lichterfelde.

Diese Zeitschrift unterscheidet sich in ihrer Eigenart wesentlich von andern Zeitschriften, die sich mit naturwissenschaftlichen Dingen befassen. Sie bringt regelmässig Berichte über die neuesten Forschungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften und der Technik und berichtet über interessante Wissensfragen in einer tiefgründigen, gut verständlichen Form. Die zahlreichen anschaulichen Bilder erläutern die vielseitigen wertvollen Aufsätze, die aus der Feder der besten und bedeutendsten Wissenschaftler und Fachvertreter stammen.

*Lehrbuch der Biologie* für die Oberstufe in Einzelheften herausgegeben von J. Scheurer und E. Wasserloos, Heft 6, Feldkamp, *Die gegenseitigen Beziehungen der Lebewesen.* 48 S., 38 Abb. 90 Pf. Aschendorff, Münster (Westf.).

Das vorliegende Heft beschäftigt sich mit der Entwicklung und Fortpflanzung der Lebewesen und mit den Lebensgemeinschaften und dem Lebenskampf der Organismen. Im Vordergrund stehen die Tiere und Pflanzen der Heimat. Nur besonders lehrreiche Erscheinungen aus fremden Ländern sind herangezogen. Photos und Strichzeichnungen erläutern den Text. Zahlreiche Beobachtungsaufgaben und Uebungen verbinden Theorie und Praxis, und das Literaturverzeichnis gibt Anregung zum Quellenstudium. Worterklärungen am Ende des Buches sollen sinnloses Auswendiglernen notwendiger Ausdrücke vermeiden.

# MITTELSCHULE

BEILAGE ZUR „SCHWEIZER-SCHULE“

MATHEMATISCHE-NATURWISSENSCHAFTLICHE AUSGABE - SCHRIFTLEITUNG: DR. A. THEILER, PROFESSOR, LUZERN

INHALT: Die Tropismen und ihr Einfluss auf die Wuchsform der Bäume — Zum Abschied

## Die Tropismen und ihr Einfluss auf die Wuchsform der Bäume

Von R. Kopp, Ing., St. Gallen.

Schluss.

Die ca. zwei Dezennien dauernden ausgedehnten Untersuchungen von Prof. A. Engler<sup>18</sup>, Zürich, als Direktor der schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen haben 1918 die gewünschte Aufklärung über die wichtigsten Fragen betreffend die Tropismen und das exzentrische Dickenwachstum unserer Holzgewächse gebracht. Gestützt darauf lässt sich das gesetzmässige Verhalten der Bäume bezüglich Tropismus und Reaktion auf Druckkreise wie folgt kurz und übersichtlich darstellen.

Vorgängig muss hier zur Orientierung auf folgende allgemeine Tatsachen aufmerksam gemacht werden:

1. Die schiefe Stellung von Bäumen kann durch sehr verschiedenartige äussere Einflüsse verursacht sein: Bodenrutschung, Winddruck, Schneedruck; einseitige Beschattung, Trauf und Peitschen durch benachbarte Bäume (besonders Birken) und deswegen erfolgte heliotropische Ablenkungen.

2. Es gibt Fälle, wo man bei alten Bäumen nicht mehr sicher feststellen kann, ob früher erfolgte Krümmungen heliotropischer oder geotropischer Natur sind, oder auf erblicher Anlage oder anderer Ursache beruhen. Zeigt ein Baum auffallend viele Krümmungen, so ist vererbte Krummschaftigkeit zu vermuten.

3. Alle bekannten Untersuchungen stimmen darin überein, dass nirgends eine Förderung des Dickenwachstums durch Zugspannungen festgestellt werden konnte. Bezuglich Einfluss auf das Dickenwachstum kommen nur folgende fünf Kräfte in Frage:

- a) Positiv geotropischer Reiz.
- b) Negativ geotropischer Reiz.
- c) Druckkreis infolge einseitig stärkerer Belastung des Stammes (Last-Druckkreis).
- d) Druckkreis infolge der Krümmungsbewegung (Krümmungs-Druckkreis).
- e) Winddruck zufolge Vorherrschen einer bestimmten Windrichtung.

1. *Aufnahme, Leitung und Verlauf der tropistischen Reize* betreffend finden die früher aufgestellten Grundgesetze des Tropismus auch bei den Bäumen ihre Bestätigung.

2. *Geotropische Aufkrümmungen* kommen sowohl bei wachsenden Trieben als auch bei verholzten Zweigen, Aesten und selbst starken Stämmen vor. Die Laubhölzer reagieren energischer auf den geotropi-

schen Reiz und sind zu schärferen Krümmungsbewegungen befähigt als die Nadelhölzer. Die geotropische Wachstumsförderung kann sich über lange Stammpartien erstrecken; sie ist aber in der Regel an der Stelle der stärksten Krümmung am grössten. (Fig. 1—4.)

Bei der geotropischen Aufkrümmung verholzter Nadelholzsprosse überwiegt der Druckkreis an der Unterseite und bewirkt dort ein vergrössertes Dickenwachstum mit Rotholzbildung. (Fig. 1.) Ueberdies wird an der Stelle stärkster Aufkrümmung das Dickenwachstum auch durch den geotropischen Reiz gefördert. Bei den Nadelhölzern wirken also der Längsdruck infolge des Gewichts und der geotropische Reiz auf der gleichen, und zwar auf der *Unterseite* des Sprosses. Die Wirkung des geotropischen Reizes allein lässt sich nur auf experimentellem Wege beobachten, durch Aufbinden des Sprosses.

Bei der geotropischen Aufkrümmung verholzter Laubholzsprosse überwiegt der geotropische Reiz, welcher hier eine Förderung des Dickenwachstums an der Oberseite bewirkt. (Fig. 2, 3, 4.) Diese Reaktion wird noch verstärkt durch den Druckkreis auf der Oberseite (mechanischer Krümmungsdruck). Bei den Laubhölzern bewirken also der geotropische Reiz und der Krümmungsdruck eine Vergrösserung des Dickenwachstums auf der *Oberseite* des Sprosses. Der geotropische Reiz ist auch dann wirksam, wenn der betreffende Ast oder Stamm verhindert ist, sich aufzukrümmen.

Die Krümmungsbewegung und das entsprechende exzentrische Dickenwachstum dauern so lange an, bis der Gipfeltrieb die vertikale Stellung definitiv eingenommen hat. Vorher können auch bei den Baumwipfeln vorübergehend Ueberkrümmungen eintreten.

3. *Heliotropische Krümmungen* führen die wachsenden Triebe bei allen Holzarten aus, im Bestreben, die Assimilationsorgane in günstigster Stellung zum Licht zu halten. (Fig. 3 und 4.)

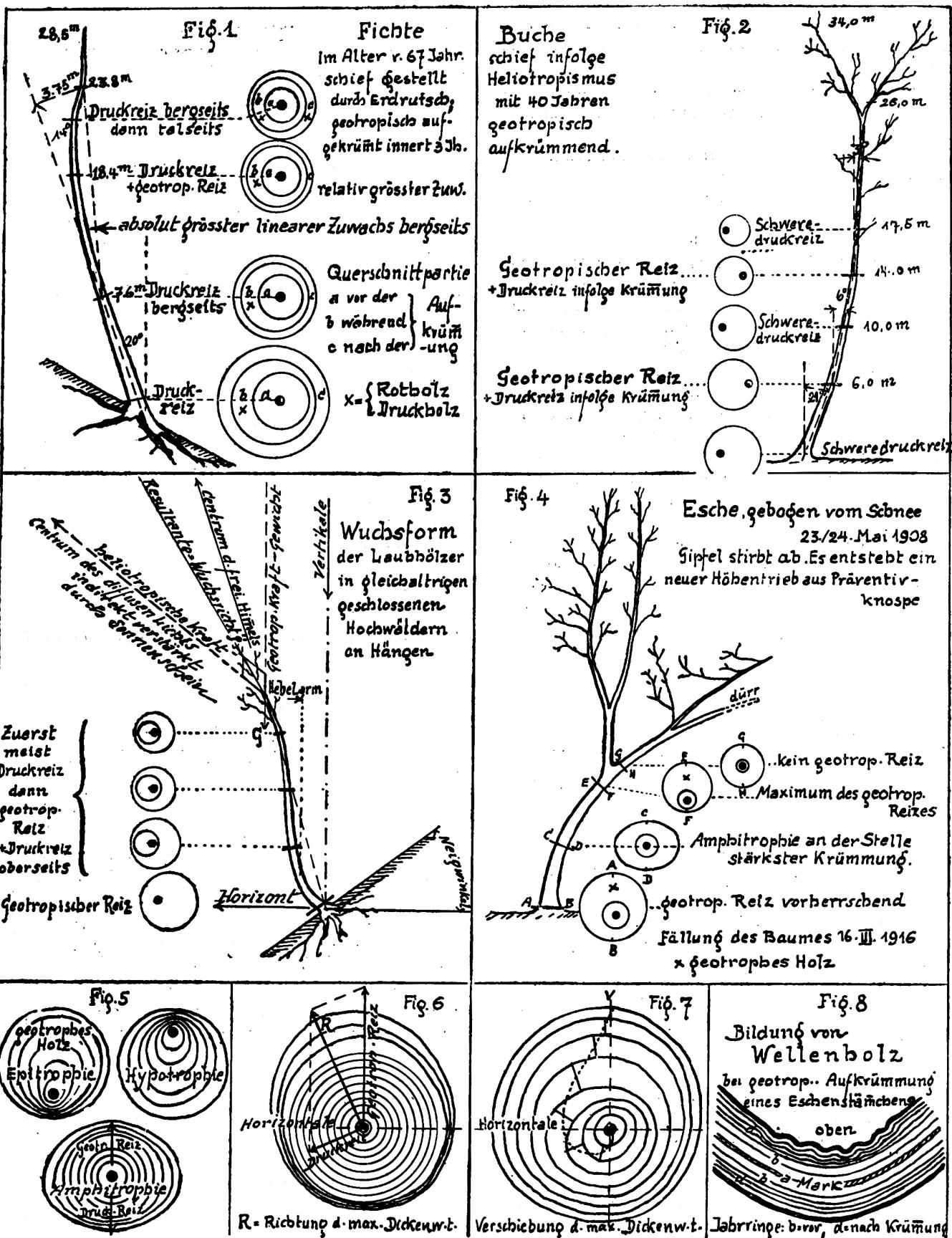
Bei den Nadelhölzern reagieren nur die jungen Triebe heliotropisch, den verholzten Sprossen geht diese Fähigkeit ab. Die Föhren- und Lärchentriebe sind jedoch heliotropisch reizbarer als die Fichten und Tannen.

Bei den Laubhölzern können auch verholzte Sprosse, Aeste und ganze Stämme eine heliotropische Krümmung mitmachen.

4. *Wechselwirkungen zwischen Geotropismus und Last-Druckkreis.*

Bei den Nadelhölzern tritt der Druckkreis infolge ungleicher Belastung an einem schiefstehenden Stamm in allen geneigten Partien auf (Fig. 1); bei den Laubhölzern kommt die Wirkung des Druckkreises infolge des Gewichts nur an denjenigen Stellen zur Geltung,

<sup>18</sup> A. Engler. loc. cit. und Mitteilungen der Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen, Band XIII, Heft 2.



welche sich nicht an der geotropischen Krümmung beteiligen. (Fig. 2.) An den Krümmungsstellen wird bei den Laubholzern der Last-Druckkreis weit übertroffen von der Wirkung des geotropischen Reizes nebst Krümmungsdruck an der Oberseite des Stammes.

Je nachdem also an den verschiedenen Stellen des Stammes bei Laubholzern entweder Geotropismus plus Krümmungsdruck oder hingegen der Schweredruck infolge der einseitig grösseren Belastung des Stammes überwiegen, erfährt das Dickenwachstum entweder an der Oberseite oder aber an der Unterseite eine Förderung.

Wirken bei Laubholzern der Lastdruckkreis und der geotropische Reiz in ungefähr gleicher Intensität auf entgegengesetzten Seiten, so tritt eine Förderung des Dickenwachstums in horizontaler Richtung, an den beiden Flanken, ein (Amphitrophie, Fig. 4 und 5). Dieses Breiterwerden des Querschnitts rechtwinklig zu den biegenden Kräften vergrössert die Biegsamkeit und Federkraft. Die Wirkungen von Lastdruckkreis und Geotropismus haben selten genau entgegengesetzte Richtung, sondern stehen in mehr oder weniger stumpfem Winkel zu einander. (Fig. 6.) In diesem Falle hat der Radius des grössten Dickenwachstums die Richtung der Resultanten der beiden biegenden Kräfte. Diese Resultantenrichtung verschiebt sich oftmals in aufeinander folgenden Jahrringen ständig in gleichem Drehsinn (Fig. 7). Der betreffende Ast oder Stamm vollführt in diesem Falle die geotropische Krümmung auf bohrerähnlicher Fläche. Es ist dies eine Erscheinung des sogenannten gleitenden Wachstums.

#### 5. Wechselwirkungen zwischen Heliotropismus und Geotropismus.

Im allgemeinen reagieren die jungen Triebe stärker auf den Lichtreiz, die älteren Baumteile mehr auf den geotropischen Reiz. Solange bei jungen Trieben infolge des heliotropischen Reizes die Tendenz herrscht, von der Vertikalrichtung abzuweichen, ist auch der antagonistische (gegnerische) geotropische Reiz und die aus ihm resultierende Förderung des Dickenwachstums vorhanden. (Fig. 1, 2, 3.) Heliotropische Richtungsänderungen haben in der Regel geotropische Aufkrümmungen zur Folge.

Da die Laubhölzer im Gegensatz zu den Nadelhölzern sehr stark heliotropisch reagieren, neigen in geschlossenen Waldbeständen an Berghängen die Bäume jeden Alters mehr oder weniger stark talwärts. (Fig. 3.) Dabei nehmen die einzelnen Teile des Baumschaftes im allgemeinen die Richtung der Resultierenden der tropistisch wirksamen Kräfte: Licht und Schwere, an. Wegen der verschiedenen Reaktionsfähigkeit der tieferen und höheren Stammteile erhält der Stamm eine S-förmige Gestalt. In der Krone überwiegt die Wirkung des Heliotropismus, im mittleren Schaftteil hingegen diejenige des Geotropismus. Die unterste starke Krümmung ist im Laufe der Jahre entstanden durch die allmähliche geotropische Aufkrümmung des Baumes. Mit zunehmendem Alter werden immer höher liegende Stammteile von der geotropischen Krümmung erfasst.

Entsprechend den Beleuchtungsverhältnissen ste-

hen die Bäume an Südhangen schiefer als an Nordhangen. Herrschende und freistehende Laubholzbäume weichen auch an Hängen wenig von der Vertikalen ab. Fichte und Linde zeigen im allgemeinen an Hängen keine Abweichung von der Vertikalen; Föhren und Lärchen weichen dagegen häufig von der Vertikalen ab.

#### 6. Wechselwirkungen zwischen Heliotropismus, Geotropismus und Winddruck.

Die Wirkungen dieser drei antagonistischen Kräfte treten am auffallendsten bei den Lärchen in Erscheinung. Die jungen Triebe reagieren stark auf den Lichtreiz und es resultiert daraus bei ungestörter Wirkung des Heliotropismus an Hängen eine schräge Stellung der jungen Lärchen. Sind die Lärchen einem vorherrschenden Wind exponiert (Talwind in den Alpentälern, Westwind auf der schweizerischen Hochebene), so bewirkt der Winddruck eine entsprechende Neigung der Stämme. Es kann auch eine kombinierte Wirkung durch Heliotropismus und Winddruck auftreten im Sinne der resultierenden Richtung der Neigung. Sobald sich aber der Stamm zu neigen beginnt, macht sich auch der Einfluss des negativen Geotropismus geltend, welcher zu einer geotropischen Aufkrümmung führt. Auf diese Weise entsteht der sogenannte Säbelwuchs der Lärchen.

Für das exzentrische Dickenwachstum sind, wie bei anderen Nadelhölzern, der Last-Druckkreis Geotropismus massgebend.

Flechten und Moose setzen sich auffallend stärker an der im Dickenwachstum zurückbleibenden Zugseite des Stammes an, weil hier die Erneuerung der Borke viel langsamer vor sich geht.

#### 7. Trophien. (Exzentrisches Dickenwachstum an Aesten und gebogenen Stämmen) Fig. 4 und 5.

Bei den Aesten von Laubholzäumen erstreckt sich das vergrösserte Dickenwachstum an der Oberseite („Epitrophie“) gewöhnlich über einen grösseren Teil des Astes als das vergrösserte Dickenwachstum an der Unterseite („Hypotrophie“) oder das vermehrte Dickenwachstum an den Flanken („Amphitrophie“).

Das Auftreten der verschiedenen Trophien hängt vom Alter, von der Lage und von der Form des Astes und von seiner Stellung zum Lichte ab. Hypotrophie tritt hauptsächlich am Astansatz auf, als Folge der Druckspannung an der Unterseite des Astes. Die Epitrophie ist eine Folge des negativ-geotropischen Reizes. Amphitrophie tritt dort auf, wo Druckkreis an der Unterseite und negativ-geotropischer Reiz an der Oberseite gleichzeitig in ungefähr gleicher Intensität wirken.

#### 8. Bewegung der Aeste infolge Tropismus und Kontraktion.

An den Aesten der Laubhölzer sind starke heliotropische Richtungsänderungen zu beobachten. Die unteren Aeste krümmen sich lichtsuchend nach unten und weiter aussen wieder nach oben, der günstigsten Beleuchtung entsprechend. Beim Austrocknen älterer Laubholzäste schwindet das geotrophe Holz (Fig. 5) in der Längsrichtung mehr als das Holz der Unterseite. Diese starke Kontraktion an der Oberseite trägt wesentlich zur Aufkrümmung und Festigung von Aesten und Stämmen bei.

Bei den Nadelhölzern krümmen sich die ältern Äste nach unten, weil das Druckholz (Rotholz) der Unterseite bedeutend mehr in der Längsrichtung schwindet als das Holz der Oberseite (nach R. Hartig).

Ausserdem vollführen die Äste aller Bäume eine jährlich-periodische Bewegung, indem sie sich mit zunehmender Belastung durch die jungen Triebe und Blätter nach unten biegen, und später wieder nach oben infolge Geotropismus, mit entsprechendem Dickenwachstum, Verholzung und Abnahme des Wassergehalts im Holze. Die höchste Stellung wird gewöhnlich im Spätwinter erreicht.

#### 9. Einfluss der Tropismen und des Last-Druckreizes auf die Anatomie des Holzes.

Das Rotholz der Nadelhölzer enthält nach R. Hartig kürzere Tracheiden, mit einer Sekundärwand aus Schraubenbändern.

Bei den Laubhölzern beeinflusst der Druckkreis den anatomischen Bau des Holzes ebenfalls; insbesondere erhöht er aber den Volumzuwachs. Nach den Untersuchungen von Prof. P. Jaccard<sup>19</sup> zeichnet sich das Zugholz durch dichtere Lagerung der Holzfasern und entsprechende Reduktion der Gefässe aus. Die Zugfasern sind länger als die Druckfasern. Chlorzinkjod färbt das Zugholz violett bis rotbraun, das Druckholz hingegen gelb.

Der geotropische Reiz verursacht im geotrophen Holz der ringporigen Laubhölzer (Eiche, Esche) eine Verbreiterung des Porenkreises und relativ mehr Spätholz. Bei anderen Laubholzarten sind die Unterschiede im anatomischen Bau des Holzes der Ober- und Unterseite kleiner.

#### 10. Entstehung von Wellenholz. (Fig. 8.)

Energisch ausgeführte geotropische und heliotropische Krümmungen können, wie mechanisch erzeugte Krümmungen, auf der konkaven Seite des Sprosses Faltung des Kambiums und Bildung von Wellenholz zur Folge haben.

#### Statische Verhältnisse und deren ökologische Bedeutung.

Die S-förmige Gestalt der Laubholzstämme an Hängen bewirkt, dass das aus der talseitig stärkeren Belastung des Stammes resultierende statische Moment kleiner ist, als wenn der Stamm gerade wäre. Die starke Krümmung an der Stammbasis erhöht die Elastizität und Bruchsicherheit.

Bei der geotropischen Aufkrümmung in bohrerartiger Bewegung ergibt sich eine Verminderung des Kraftaufwandes auf Kosten des Weges und der Zeit.

Der Umstand, dass bei gleicher Intensität des geotropischen Reizes und des Druckkreizes bei geneigten Laubholzsprossen eine Verbreiterung des Querschnitts eintritt, bringt den mechanischen Vorteil grösserer Biegsamkeit und Federkraft mit sich.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, dass bei tropistischen Krümmungsbewegungen der Bäume zwangsläufig die sich bietenden mechanischen Vorteile ausgenutzt werden. Dieses Verhalten steht im Einklang zu dem im Pflanzenleben überall herrschenden Prinzip,

das Ziel der Wachstumstätigkeit mit einem minimalen Aufwand zu erreichen.

#### 11. Das phylogenetische Alter unserer Waldbäume.

Die phylogenetischen Unterschiede bei den Bäumen treten auch in ihrem Verhalten bezüglich Tropismen zu Tage. Die Nadelhölzer reagieren heliotropisch nur schwach und geotropisch viel weniger energisch als die Laubhölzer. Die Nadelhölzer befinden sich eben auf einer niedrigeren Organisationsstufe. Föhren und Lärchen nehmen auch in dieser Hinsicht eine Mittelstufe ein, wobei die ersten eine nähere Verwandtschaft zu den Fichten und Tannen verraten.

#### 12. Physiologische Vorgänge in den Zellen während der Krümmungsbewegung.

Angesichts der Krümmung verholzter Pflanzenteile ist man zu der Annahme gezwungen, dass sich die betreffenden Gewebe plastisch verhalten, wobei gewisse Zellen aktiv bewegend auf die anderen mehr inaktiven Zellenarten einwirken. Als aktiver Gewebeteil fällt nach Engler vor allem das Holzparenchym in Betracht, aus welchem die Markstrahlen und das längslaufende Strangparenchym bestehen. Das Strangparenchym ist bei den Laubhölzern viel reichlicher vertreten, als bei den Nadelhölzern, worauf offenbar die stärkere Reaktionsfähigkeit der Laubhölzer auf tropistische Reize zurückzuführen ist. Das Holzparenchym steht mit dem Kambium einerseits und anderseits mit den jüngsten Organen der Pflanze in Verbindung und empfängt von hier die Reize. Wir wissen aber heute noch nicht genau, wie durch den Reiz der Schwerkraft die erhöhte Tätigkeit des Kambiums zustande kommt. Der physiologische Vorgang der Reizwirkung bedarf noch der näheren Aufklärung.

#### Zum Abschied!

Die Neugestaltung der „Schweizer-Schule“ gibt dem Unterzeichneten die willkommene Gelegenheit, nach 19 Jahren von der Tätigkeit eines Schriftleiters der „Mittelschule“ (mathem.-natw. Ausgabe) zurückzutreten. Vor mir liegen die 19 Jahrgänge unserer kleinen Zeitschrift; zusammen ein stattlicher Band von gegen 1400 Seiten. Haben wir damit unserer Schulstufe und im besondern unsren Kollegen der Mathematik und Naturwissenschaften an den Sekundar- und Mittelschulen einen Dienst erweisen können? Das glauben wir wohl bejahen zu dürfen. Neben kompilatorisch entstandenen Aufsätzen haben wir denn doch eine Fülle vortrefflicher Originalarbeiten bringen können, die vielfach der Ertrag eigener, feinster Beobachtungen der Verfasser waren, haben in neue Wissenschaftsbereiche einführende, zusammenfassende Berichte publizieren können, haben dann und wann auch Anregungen zur Gestaltung des Unterrichtes auf der untern und obern Mittelschulstufe vermitteln können, dass wir eigentlich doch ungern die selbständige „Mittelschule“ eingehen sehen. Aber schliesslich sind wir ein kleiner Teil, der sich im Interesse des grossen Ganzen zu fügen hat. Eins sei mir noch verstattet, den vielen lieben Mitarbeitern (ich denke auch an den unvergesslichen P. Emanuel Scherer sel.) herzlich zu danken und sie zu bitten, sie möchten der „Schweizer-Schule“ in der neuen Gestaltung als Halbmonatschrift mit besonderer Rubrik „Mittelschule“ die Treue bewahren und weiter ihre wertvolle Mitarbeit leihen.

Dr. A. Theiler, Professor.

<sup>19</sup> Anatomische Struktur des Zug- und Druckholzes bei wagrechten Ästen von Laubhölzern. Vierteljahrsschrift d. Naturf. Gesellsch. Zürich 1917.