
Vorträge der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

20. Oktober 1947. Prof. Dr. J. EGGERT, Zürich: Die menschlichen Sinnesorgane und die Photographie.

Die Photographie ist dafür bekannt, dass sie fast auf allen Gebieten der menschlichen Tätigkeiten in wissenschaftlicher, technischer und kultureller Hinsicht dazu herangezogen wird, Ereignisse aller Art festzuhalten, Beobachtungen zu unterstützen und zu verfeinern, und sogar darüber hinaus Dinge zu berichten, die ausserhalb der normalen menschlichen Wahrnehmung liegen. Es soll unsere Aufgabe sein, einmal kurz alle Fähigkeiten der Photographie unter dem Gesichtspunkt zu betrachten, inwieweit sie die menschlichen Sinnesorgane zu ersetzen vermag.

Für das Auge liegt ein solcher Vergleich nahe, denn Kamera und Auge sind schon bald unzertrennliche Parallelbegriffe geworden. Und doch erkennt man unmittelbar wesentliche Unterschiede. Während das Auge imstande ist, eine fließende Bewe-

gung in jeder Phase scharf zu verfolgen, muss die Kamera irgendwelche mechanische oder optische Einrichtungen zu Hilfe nehmen, um die einzelnen Zustände zu erfassen. Dafür hat die Kamera oder ihr Produkt, das Bild, dokumentarischen Charakter von einer Unvergänglichkeit, die das beste menschliche Gedächtnis nie erreichen kann. Andererseits hat der Bau beider Systeme unverkennbare Ähnlichkeiten: Beiden ist eine Optik, beiden eine Blende und ein Verschluss, beiden ein mosaikartiger Empfänger und beiden ein Unterscheidungsvermögen für Strahlen verschiedener Wellenlänge zu eigen. Für die Optik haben freilich die Rechenmeister das natürliche Vorbild schon weit überflügelt, denn selbst die Abbildungsgüte eines gesunden Auges ist recht bescheiden, wenn auch erstaunlich bleibt, dass das Auge beim Abbilden

verschieden weit entfernter Dinge nicht, wie die Kamera, den «Auszug», sondern die Brennweite ändert, ein Mechanismus, der erst relativ spät und mit anderen optischen Mitteln (für Kinaufnahmen) nachgeahmt wurde. — Bei beiden Systemen wird der Lichtstrom dem Empfangsorgan — hier der Netzhaut, dort der Photoschicht — durch Blenden zugeführt, die ihn der Empfindlichkeit des Empfängers anpassen. In beiden Fällen wird indessen die Empfindlichkeit des ganzen Systems nur zum geringsten Teile durch die Blenden gesteuert: bei der Kamera im Bereich 1:100, beim Auge 1:20. Die Photographie verfügt insgesamt über Schichten im Empfindlichkeitsverhältnis rund 1:10⁹, von denen allerdings die wenigst empfindlichen nur für Kontakt-Kopierzwecke, also nicht in der Kamera, Verwendung finden. Das Auge kann die Empfindlichkeit der Netzhaut im gleichen Verhältnis ändern durch die wahlweise Benutzung des Stäbchenapparates für Dunkeladaption oder des Zäpfchenapparates für Helladaption; in dieser Möglichkeit liegt somit die weitaus wirksamere Anpassungsfähigkeit an den vorgegebenen Lichtstrom als in der Betätigung der Iris. — Auch strukturmässig sind Netzhaut und photographische Schicht Analoga, denn beide bestehen aus vielen kleinen lichtempfindlichen Elementen, die das aufgefangene Bild aufbauen: Die Retina enthält auf der Flächeneinheit (mit wechselnder Verteilung auf Stäbchen und Zäpfchen) 10⁷ bis 10⁸ Elemente, während die photographische Schicht etwa 10⁹ Einzelkörnern aus Silberhalogenid je Quadratcentimeter besitzt. Wie die Netzhaut das Farbsehen ermöglicht, ist noch nicht abgeklärt; sicher ist nur, dass es an die Zäpfchen als Empfänger gebunden ist, die sich vielleicht dreier selektiv absorbierender, ausbleichbarer Farbstoffe zur Registrierung der drei Spektralanteile Rot, Grün und Blau bedienen; die Photoschicht trennt diese Spektralanteile durch ein Filtermosaik oder durch selektive Empfindlichkeitsauslese. Bemerkenswert ist, dass sich ein Empfänger für Fernseh Zwecke, das Ikonoskop, ebenfalls eines Mosaikwerkes von winzigen Speicherelementen bedient, deren Dimension etwa in gleicher Grössenordnung liegt wie bei der Photoschicht.

So liessen sich noch mannigfache Parallelen zwischen Kamera und Auge ziehen, betrachten wir jedoch, ob die Photographie auch das Ohr ersetzen kann. Nun, sie tut es nicht unmittelbar, denn weder Schall noch Ultraschall, also weder nieder- noch hochfrequente Töne vermögen auf der Schicht eine ähnliche nachweisbare, dauernde Veränderung zu bewirken wie das Licht. Indessen kann die Schallaufzeichnung auf verschiedenen Wegen über das Licht vorgenommen werden, indem man die Beleuchtungsstärke eines Lichtfleckes auf dem gleichzeitig bewegten Film im Rhythmus und in der Intensität des Schalles variiert und die entstehende «Tonspur» nachträglich mit Hilfe eines konstanten Lichtstromes durch eine Photozelle abtasten lässt, deren verstärkte Photoströme im Lautsprecher den ursprünglichen Schall reproduzieren.

Die photographische Schicht kann auch «fühlen». Ebensowenig, wie unsere Innervation allseitigen Druck oder seine (langsame) Änderung wahrnimmt, bleibt hiervon die Photoschicht unbeeinflusst. Wohl aber hinterlässt einseitiger Druck, besonders der scherende, seine Spuren, wie sich leicht durch Entwickeln der so behandelten, gegebenenfalls vorher oder nachträglich belichteten Schicht nachweisen lässt.

Ähnlich steht es mit dem «Wärmesinn» der Schicht. Es ist durchaus nicht gleichgültig, bei welcher Temperatur sie eine Belichtung erfährt, denn ihre Empfindlichkeit ist eine ziemlich komplizierte Temperaturfunktion, die bei Zimmertemperatur ein Minimum aufweist und gegen den absoluten Nullpunkt auf ganz geringe Werte abfällt. Ferner ist bekannt, dass warme Lagerung der Schichten zum «Schleiern» führt, ein übrigens durchaus gesetzmässig nach Geschwindigkeit und Temperaturabhängigkeit verlaufender Vorgang. Endlich lässt sich bei Anwendung von ultrarot sensiblen Schichten ein Strahlungsbild heisser Körper in sonst völliger Finsternis erhalten.

Schließlich weist die Photoschicht auch eine merkliche, oft äusserst störende Empfindlichkeit gegenüber gewissen Gasen, Dämpfen oder Flüssigkeiten auf; wir können diese Eigenschaft wohl durchaus als eine Art Geschmack- oder Geruchssinn auffassen — allerdings ist er «farbenblind»,

denn die Photoschicht reagiert nicht, wie unsere Sinne, spezifisch, sondern sie registriert nur (durch entsprechende Schwärzung), ob z. B. eines der folgenden Gase: H_2S , PH_3 , O_3 , H_2O_2 , Dampf von Terpentinöl oder flüchtiger Säuren u. a. anwesend ist oder nicht. In allen diesen Fällen handelt es sich darum, dass die Körner der Schicht durch jene Gasmolekeln oberflächliche Veränderungen erleiden, die bei der nachfolgenden Entwicklung als Reduktionskeime wirken; bei Terpenen, die bei Sauerstoffgegenwart zur Bildung von Peroxyden neigen, wird H_2O_2 abgespalten, die Wirkung von Säure-, zuweilen auch von Ammoniakdampf ist noch nicht völlig abgeklärt. Hierher gehört auch die eigenartige Beobachtung, dass gewisse Gase, u. a. Quecksilberdampf, in geeigneter Menge gelegentlich eine merkliche Empfindlichkeitssteigerung der Schicht verursachen, was ebenfalls als Folge einer Veränderung der sehr subtilen Oberfläche der Körner zu deuten ist.

Man mag einwenden, dass die zuletzt berichteten Tatsachen ein wenig herbeigeholt erscheinen und nur zitiert wurden, um dem gestellten Thema zu dienen. Wir sind uns dessen wohl bewusst, glaubten aber dennoch, an diesen vielleicht weniger bekannten Dingen nicht vorübergehen zu sollen. Andererseits möchten wir denken, dass die Physiologie der Sinnesorgane noch zu wenig erforscht ist, als dass es sich nicht lohnte, einmal auf ein relativ einfaches Modell hinzuweisen, das eine erstaunlich vielfältige «Reizbarkeit» im Sinne der menschlichen Sinnesorgane besitzt.

Dennoch wäre unsere Betrachtung unvollständig, wenn wir nicht zum Schluss noch kurz vermerken würden, dass die Photographie unsere Sinnesorgane, namentlich das Auge, in mehr als einer Hinsicht bei weitem überflügelt hat. Hierbei ist etwa an die Erfolge der Mikrophotographie einerseits und die der astronomischen Photographie andererseits zu denken; im ersten Falle dringt die Beobachtung jetzt bereits bis nahe an molekulare Dimensionen, im zweiten bis zu gigantisch grossen Objekten in unvorstellbar weite Entfernungen vor. — Ebenso wie hier beliebige Distanzen überbrückt werden, vermögen wir mit Hilfe der Photographie und ihrer Abarten beliebige Zeitspannen zu erforschen, denn sowohl unfassbar schnell verlaufende Vor-

gänge, wie auch unmerklich langsame Veränderungen lebendiger oder lebloser Objekte können kinematographisch durch Zeitdehnung oder Zeitraffung dem normalen menschlichen Auffassungsvermögen nahe gebracht werden. — Eine weitere Überlegenheit der Photographie gegenüber dem Auge besteht in der Möglichkeit, Lichteindrücke, die unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen, photographisch so stark zu summieren, dass diese Akkumulation auf dem Bilde nachträglich sichtbar wird. — Die Eigenschaft der photographischen Schicht schliesslich, für Strahlungen erheblich weiterer Wellenlängen-Bereiche empfindlich zu sein, als das Auge, hat der Naturforschung neue Beobachtungsgebiete erschlossen. Von der Empfindlichkeit der Schicht für ultrarote Strahlen sprachen wir bereits; sie reicht unter günstigen Bedingungen bis 12 000 Å. Im Ultraviolett bis zu den Röntgen- und γ -Strahlen, ist praktisch keine Grenze gesetzt und neuerdings werden in steigendem Masse auch Korpuskularstrahlen aller Art photographisch registriert, und zwar, wie in der Nebelkammer, an Elementarvorgängen, die sich bei mikroskopischer Beobachtung an charakteristischen Ketten entwickelter Körner erkennen lassen.

Man darf sich fragen, warum die Photographie einen Anwendungsbereich von so umspannender Ausdehnung besitzt, wie ihn ein technisches Hilfsmittel in solcher Allgemeinheit kaum erreicht — allenfalls vielleicht die Verstärkerröhre im weitesten Sinne. Der Grund dafür ist dieser: Im photographischen Prozess gelingt es, ganz geringe primäre Veränderungen des Systems durch einen nachfolgend chemischen Vorgang, für den jene Änderung die Rolle eines Katalysators spielt, um das Millionenfache und mehr zu verstärken. Wäre jener Katalysator nicht so scharf und ausschliesslich wirksam, so wäre es in günstigen Fällen z. B. nicht möglich, durch ein absorbiertes Energiequant ein und nur ein Silberbromidkorn entwicklungsfähig zu machen. Ob für das Auge eine ähnliche Aussage zu geben ist, steht bisher nicht fest, nur bei gewissen Sinnesorganen der Insekten hat es den Anschein, dass die Natur in der Empfindlichkeit auch bis zu den Elementarteilen vorgedrungen ist. (Autoreferat.)

3. November 1947. Dr. M. RIKLI, Zürich: Neue Erkenntnis über die Bildung von Wolken und Nebelmeeren, vermittelt durch kinematographische Zeitrafferaufnahmen.

Unfassbar schnelle und unmerklich langsame Bewegungen können wir nicht wahrnehmen, bei raschen Vorgängen versagt die Aufnahmefähigkeit der Augen, bei sehr langsamen unser optischer Zeitsinn. Zeitlupe und Zeitraffer, diese wertvollen Hilfsmittel der Zeitdehnung und Zeitraffung, kann man als «Zeittransformatoren» bezeichnen, da auf dem Projektionsschirm der Zeitablauf so weit verändert wird, daß er den physiologischen und psychologischen Anlagen des Beobachters entspricht, wodurch erst ein einwandfreies «Sehen» und «Erfassen» des Bewegungsablaufes möglich wird.

Zeitdehnung: Bei Überzeilupenaufnahmen fliegender Geschosse wurde mit Funkenkinematographie eine Bildfrequenz von 3 Millionen Bildphasen pro Sekunde und damit eine Zeitdehnung von 125 000 erreicht (Vorführung 24 Bilder pro Sekunde). Durch Kombination mit der Toeplerschen Schlierenmethode wurden Kopf- und Schwanzwirbel, die das fliegende Geschoss in der Luft erzeugt, sichtbar gemacht. Schüsse durch weichen und spröden Draht. Das Geschoss prallt auf eine Panzerplatte.

Zeitraffung: Langsame Bewegungen, z. B. das Wachstum einer Pflanze, können wir nicht wahrnehmen; wir stellen lediglich nach Stunden oder Tagen eine Veränderung fest. Um eine langsame Bewegung wahrzunehmen, ist eine bestimmte Minimalgeschwindigkeit notwendig. Nach Aubert beträgt die Wahrnehmungsschwelle einer Bewegung beim direkten Sehen ein bis zwei Bogenminuten pro Sekunde, das sind 0,3 bis 0,6 ‰ pro Sekunde. Ein Gegenstand in einem Kilometer Entfernung muss sich also mindestens um 30 bis 60 cm pro Sekunde vorwärtsbewegen, damit wir die Bewegung wahrnehmen können.

Das Werden und Vergehen der Wolken und die Veränderung ihrer Formen liegen vielfach unter der Wahrnehmungsschwelle, die Bewegung wird erst durch Zeittransformation, also durch Beschleunigung des Bewegungsablaufes mit dem Zeitraffer, auf dem Projektionsschirm sichtbar.

Die vorgeführten Zeitrafferaufnahmen von Wolken und Nebelmeeren wurden zwi-

schen den einzelnen Bildphasen mit folgenden Zeitintervallen aufgenommen:

Aufnahmeintervalle in Sekunden:	1	2½	5	10
Wiedergabe auf dem Projektionsschirm in Bildern pro Sekunde:	24	24	24	24
Beschleunigung auf dem Projektionsschirm:	24	<u>60</u>	<u>120</u>	240fach

Vorwiegend wurden die Vorgänge in der Natur auf dem Projektionsschirm 60 und 120mal beschleunigt.

Durch Vergrößerung des normalen Übersetzungsverhältnisses der Stativkurbeln zum Schwenkkopf um das 16fache, sind auch Schwenkungen der Kamera bei Zeitrafferaufnahmen möglich, so dass Wolken auch in Windströmungen verfolgt werden können. (Eine Schwenkung um 180 Grad dauert dann bei der Aufnahme eine bis zwei Stunden.)

Vorgeführt wurden:

1. Ausschnitte aus dem Film «Wolken als Wetterpropheten» (Schweiz. Kulturfilm AG., Irisfilm). Manuskript und Aufnahmen: Dr. Martin Rikli. Fachberatung: Herr Kuhn, Meteorologische Zentralanstalt, Zürich.

Beginnende Bildung der Haufenwolken (Cumulus fumulus). — Wachstum, — Verfransen und Auflösen. — Strato-cumulusdecke.

Studien über die Wolkenfahne am Matterhorn innerhalb des Leewirbels. — Hebungswolken behalten ihre Form und Lage bei, ergänzen sich aber auf der einen Seite durch sich neu bildende Wolkenelemente und werden auf der andern Seite durch Verdunstung fortwährend abgebaut.

Studien der Wogenwolken: Bildung der Wolken in «Fischform» bei Föhn in zwei unterschiedlichen Richtungen. «Schäffchen-Wogen».

Wolkenbilder, die sich beim Durchgang einer Störung ergeben: Cirren, Cirrostratus, Altostratus, Stratocumulus bis

zum Regenschauer. Auflösung der Wolken bei Zunahme des Luftdruckes. — Steigen der Hangnebel im Hangaufwind.

Alto cumulus castellatus (Gewitterkünder) leiten Zeitrafferaufnahmen verschiedener Stadien eines Gewitters ein.

2. Ausschnitte aus dem Film «Weisser Schleier — Nebelmeere» (Schweiz. Kulturfilm AG., Irisfilm). Manuskript und Aufnahmen: Dr. Martin Rikli. Fachberatung: Dr. Braun, Flugwetterwarte Dübendorf.

Die Vorführung der Zeitrafferaufnahmen zeigte Erscheinungen innerhalb von Boden- und Hochnebel, die man vielfach durch Messungen festgestellt, die man aber noch nicht «gesehen» hat, da sie erst durch die Zeittransformation sichtbar gemacht werden müssen.

Zusammenfassung

Für folgende meteorologische Beobachtungen ist der Zeitraffer den Augen überlegen:

- a) bei Veränderungen der Wolkenformen (kleinräumige turbulente Luftströmungen und Wolkenbildungen);
- b) bei Untersuchungen über den geschichteten Wolkenzug (grossräumige laminare Strömungen);

Bodennebel: Nebelbildung in Kaltluftseen. Die Zeitrafferaufnahmen ermöglichen die Ermittlung unmeßbar geringer Luftströmungen im Nebel, z. B. Änderungen der Strömungsrichtung.

Hochnebel: Strömungen und Wirbelbildungen auf der Hochnebeldecke (Vergleich mit Wasserwirbel). — Wirbelbildung durch Aufquellungserscheinungen. — Wellen. — Hohe Dünung der Nebeldecke unter dem Einfluss des Föhns. — Brandung an den «Ufern». — Veränderungen in der Höhe des Nebelhorizontes unter dem Einfluss von Bise (Überflutung des Bürgenstockes). — Nebelfälle bei starkem Niveauanstieg auf einer Bergseite (Vergleich mit Zeitlupenaufnahmen von Wasserfällen). — Auflösung des Hochnebels und Bildung von Dunst.

- c) für das Grenzgebiet: Wogenwolkenbildung;
- d) in einer kurzen Farbfilmrolle wurde abschliessend demonstriert, dass Farbveränderungen, die bei Dämmerungserscheinungen so langsam vor sich gehen, dass diese nicht fortlaufend wahrnehmbar sind, durch Zeittransformation mit dem Zeitraffer in ihrem Ablauf sichtbar werden.

(Autoreferat)

17. November 1947. Dr. I. FRIEDLAENDER, Zürich: Ein Ausflug nach den italienischen Vulkanen im März 1947.

Der Vortragende berichtete über einen Ausflug, den er am 10. März 1947 von Neapel aus über den Vesuv, Rom, Ponza, Lipari, Vulcano, Ätna und Stromboli und zurück nach Neapel gemacht hat. Die amerikanischen Besatzungstruppen hatten ihm dazu das Flugzeug des Generals Lee zur Verfügung gestellt. Er hat dafür ausser dem General Lee und seinem Piloten Mayor Woods dem Schweizer Gesandten de Weck, dem amerikanischen Botschaftssekretär Omer Byington, Herrn Max Aepli in Bern und vielen andern zu danken. Auch den italienischen Gelehrten, die ihm ihre Veröffentlichungen und Manuskripte über die letzten Eruptionen von Vesuv, Ätna und

Stromboli geschickt hatten, ist er zu grossem Dank verpflichtet.

Der Vesuv hat im März 1944 einen seiner grossen Ausbrüche gehabt. Der letzte grosse Ausbruch hatte 1906 und ein etwas geringerer 1929 stattgefunden. Bei dem Ausbruch von 1944 schätzt der Vortragende die Lavamenge auf ca. 100 000 m³, die Aschenmenge wenigstens auf das Dreifache und die Gasmenge (auf flüssiges Wasser umgerechnet) auf mehr als das Zehnfache. Das Vorherrschen der Gasmenge (wesentlich Wasserdampf, Kohlensäure, Wasserstoff und Chlorwasserstoff) gegenüber den lockeren und festen Ausbruchsprodukten wird meist nicht genügend beachtet. Nach dem

Ausbruch sieht man nichts mehr davon und auch die Aschen werden rasch von Regen und Wind weggeführt.

Der Vortragende zeigte dann in Projektionen einige Photographien, die er grösstenteils auf dem Fluge aufgenommen hatte. Vom Vesuv konnte er auch einige farbige Aufnahmen, die Herr A. Stöckicht (Neapel) im Mai 1943 gemacht hatte, und vier amerikanische Fliegerphotos aus dem März 1944

projizieren. Auf seinen eigenen Photos sah man namentlich die grossen Laven und den tiefen Krater des Vesuv vom März 1944. Vom Vulcano sah man den Krater mit seinen zwei Terrassen. Vom Ätna die beiden Krater am Gipfel und die Lavaströme vom Februar/März 1947. Vom Stromboli konnte nur ein Bild der ganzen Insel mit Fumarolentätigkeit gezeigt werden.

(Autoreferat)

17. November 1947. Prof. Dr. R. L. PARKER, Zürich: Neuere Mineralfunde aus den Schweizer Alpen.

Ein Ersatz für die ausgebeuteten Mineralfundstellen der Alpen (Zerrklüftlagerstätten) kann nur durch die Gesteinserosion bewirkt werden, die neue (d. h. tiefer gelegene) Klüfte blosszulegen vermag. Nach vorsichtigen Schätzungen von J. Königsberger arbeitet aber dieser Prozess im allgemeinen sehr langsam. Zwar ist in Gebieten mit weichen, schieferigen Gesteinen ein relativ starker Gesteinsabtrag feststellbar, was einen ziemlich raschen und regelmässigen Ersatz für die ausgebeuteten Fundstellen gewährleistet. In Gebieten jedoch mit harten oder zähen Gesteinen (z. B. Graniten oder Serpentin) dürfte der Gesteinsabtrag im Laufe eines Jahrhunderts für kaum 5 Prozent der Zahl der bekannten Fundstellen Ersatz durch Blosslegung neuer Klüfte bewirken. Wenn trotz diesem in vielen Fällen praktisch zu vernachlässigenden Ersatz immer wieder neue Funde gemacht werden und Generation auf Generation von Strahlern auf ihre Rechnung kommt, so ist dies hauptsächlich den sehr wenig auffälligen Merkmalen im Gelände zuzuschreiben, an denen das Vorhandensein von Klüften erkannt werden kann. Sie bringen es mit sich, dass jedem Fund mehr oder weniger Zufallscharakter zukommt, was wiederum eine zeitlich gleichmässige Verteilung der Funde bedingt.

Die letzten zehn Jahre haben trotz mancherlei ungünstigen Umständen und einer im Vergleich zur Vorkriegszeit eher reduzierten Tätigkeit der Strahler eine mindestens als normal zu bezeichnende Zahl an neuen Funden gebracht. Ja, es wurden in dieser Zeit sogar einige ungewöhnlich grosse Quarzfunde gemacht, die sich mit den ausgiebigsten früherer Zeiten ver-

gleichen lassen. Von besonderer Bedeutung waren die vom Strahler Peter Indergard 1943 an der Furka und 1945 am Tiefengletscher entdeckten Fundstellen. Erstere lieferte an die 7000 kg Bergkristalle, die jedoch durchweg mit reichlichen Einschlüssen von Chloritsand behaftet und darum matt und undurchsichtig waren. Letztere enthielt lichten Rauchquarz in guter Qualität und zum Teil grossen Kristallen (bis 45 cm Länge), die auch in aussergewöhnlichen Stufen (z. B. 60×90 cm und 180 kg Gewicht) gewonnen werden konnten.

Auch von den akzessorischen Mineralien der Zerrklüftparagenesen wie z. B. Hämatit und Apatit in Klüften der Gotthardgranite sowie von Fluorit in solchen des Aaregranits sind sehr gute Vorkommen gefunden worden. Bemerkenswert ist die Entdeckung von Mineralklüften am Finsteraarhorn und am Gauligletscher, die in einem Gebiet westlich des Haslitals liegen, aus dem bisher nur wenige Anzeichen des Vorhandenseins von Zerrklüften bekannt waren. Sie machen es wahrscheinlich, dass eine gründliche Untersuchung dieser Gegenden zur Erkenntnis führen würde, es liege die Grenze zwischen dem mineralreichen und mineralärmeren Teil des Aarmassivs weiter westlich, als heute angenommen wird.

Zu den Mineralien, die im Gebiete von Zermatt auftreten, gehört der Lazulith, der neuerdings in reichen Stufen gefunden wurde. Sie lassen sich zu ansprechenden himmelblauen, oft reizvoll gemusterten Schmucksteinen bearbeiten.

Unter den Ergebnissen der wissenschaftlichen Erforschung der Klüftvorkommen ist die Entdeckung von zwei für die Alpen

neuen Mineralarten, Gadolinit und Kainosit, zu nennen. Ersterer wurde auf Stufen vom Piz Blas (Val Nalps) erkannt. Letzterer entstammt dem Kabelstollen Handeck-Guttannen. In beiden Fällen ist die alpine Aus-

bildung eine von den früher bekannten stark abweichende. Im Falle des Gadolinites könnte dies eine Folge des bedeutend jüngeren geologischen Alters des alpinen Vorkommens sein. (Autoreferat)

1. Dezember 1947, Prof. Dr. H. WANNER, Zürich: Die Nährsalzaufnahme der Pflanze.

Die behandelten Probleme können in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Was nimmt die Pflanze aus dem Boden auf, welche von den aufgenommenen Stoffen sind als «Nährsalze» zu bezeichnen?
2. In welchen absoluten und relativen Mengen werden Nährsalze aufgenommen?
3. Welches ist der Mechanismus der Aufnahme?

1. Die Elementaranalyse ergibt, dass alle Elemente des Standortbodens auch in der Pflanze gefunden werden, die Pflanze hat kein qualitatives Wahlvermögen. Durch Kultur in Nährlösungen liess sich zeigen, dass nicht alle aufgenommenen Elemente notwendig sind für ein gesundes Gedeihen. Neben dem aus dem CO_2 der Luft assimilierten C, H und O aus Wasser, muss der Boden in Form von Mineralsalzen liefern N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo. Die letzten sechs Elemente werden von der Pflanze nur in sehr geringen Mengen benötigt (Spurenelemente); mangelnde Versorgung der Pflanze mit diesen ruft aber wie bei den ersten sechs Makroelementen schwere Erkrankungen hervor. Die Mittel zur Diagnose von Mangelkrankheiten sind im wesentlichen:

- a) Vergleich mit künstlich in Nährlösungen hervorgerufenen Mangelerscheinungen. Sicherste und als Grundlage für die nachfolgenden unentbehrliche Methode, aber umständlich und zeitraubend.
- b) Injektionsmethode: in das Gefäßsystem erkrankter Pflanzen oder Pflanzenteile werden verschiedene Salzlösungen injiziert. Rasche Wirkung zeigt mangelndes Element an. Schnelle Methode, vor allem geeignet bei mehrjährigen Pflanzen. Nicht präventiv.
- c) Quantitative Pflanzenanalyse: wenn minimale (und toxisch maximale!) Konzentrationsgrenzen bekannt, gute Prä-

ventivmethode. Findet neuerdings weitgehende Anwendung in der Düngepraxis.

Das qualitative Wahlvermögen der Pflanze hat erhebliche ernährungs-physiologische Bedeutung für Tier und Mensch. Die meisten für die Pflanze notwendigen Elemente sind auch in der tierischen und menschlichen Nahrung unentbehrlich, z. B. sind bisher für Tier und Pflanze als gemeinsam notwendig die Spurenelemente Cu und Fe erkannt worden, wozu wahrscheinlich noch Zn und Mn kommen. Die Pflanze nimmt aber auch Elemente aus dem Boden auf, die nicht für sie, aber in der tierischen Nahrung unentbehrlich sind: Na, J, Co. Andererseits absorbiert die Pflanze auch Elemente, die in der tierischen Nahrung nicht notwendig, ja unerwünscht sind: Vergiftungen durch Selen und Molybdän enthaltende Pflanzen.

2. In bezug auf die absorbierten Mengen sind zwei Fragen zu beantworten:

- a) Aufnahmegeschwindigkeit, relativ in bezug auf die Grösse des Absorptionssystems: die junge Pflanze zeigt schon vor dem Eintreten der grossen Wachstumsperiode intensivste Salzaufnahme, absolute Aufnahmemenge steigt parallel mit Wachstum;
- b) aufgenommene Mengen der verschiedenen Elemente in bestimmtem Zeitraum: die Pflanze besitzt ein quantitatives Wahlvermögen und Akkumuliervermögen.

3. Der Aufnahmemechanismus kann in zwei Phasen zerlegt werden:

- a) in eine primäre Adsorptionsphase, die in der Lösung (Bodenlösung oder Nährlösung) vorhandenen Ionen werden am amphoteren Adsorptionskomplex der Wurzeloberfläche angelagert (Kationen: an freie negative Valenzen oder Aus-

tausch mit adsorbierten H^+ -Ionen bzw. Alkali- oder Erdkali-Kationen, inäquivalente Ionenaufnahme und statistische Überlegungen machen direkten Austausch gegen adsorbierte H^+ -Ionen wahrscheinlich; für Anionen: Austausch gegen HCO_3^- -Ionen aus H_2CO_3 der Atmung), wichtige Konsequenz des Zwitterionencharakters der Plasmaoberfläche: Absinken der Kationenaufnahme und Steigen der Anionenaufnahme mit sinkendem pH und vice versa.

- b) Sekundäre Akkumulierungsphase: die adsorbierten Ionen werden ins Plasmainnere transportiert gegen das Aktivitätsgefälle. Der genaue Mechanismus ist unbekannt. Der Transport muss unter normalen Konzentrationsverhältnissen unter Arbeitsleistung der Zelle geschehen: Salzatmung. Bei höheren Aussenkonzentrationen kann der Transport durch Diffusion bewerkstelligt werden, niedriger Temperaturkoeffizient im letzteren ($Q_{10} \sim 1$), hoher im ersten Falle ($Q_{10} = 1,8 - 2$). Die Bedingungen für eine ausreichende O_2 -Versorgung zur Gewährleistung einer Salzatmung der Wurzel sind: genügend hohe O_2 -Kon-

zentration der Bodenluft, Wasserfilm bestimmter Maximaldicke (zu berechnen aus experimentell ermittelter kritischer O_2 -Konzentration, Diffusionskoeffizient und Löslichkeit von O_2 in Wasser und Wurzelgewebe, Temperatur).

Das qualitative Wahlunvermögen der Pflanzenwurzel ist darauf zurückzuführen, dass die Absorptionsvorgänge elektrochemisch-physikalischer Art sind, die alle in der Lösung vorkommenden Ionen betreffen. Quantitative Unterschiede werden bedingt

- a) in der Adsorptionsphase durch: ξ -Potential der adsorbierenden Wurzeloberfläche (Meristem) gegen Lösung, Ionen gröss und Hydratation der Ionen, vielleicht auch Verteilungskoeffizient und Porengrösse, Faktoren, deren Rolle im einzelnen und in ihrem Zusammenwirken noch zum grössten Teil unbekannt sind.
- b) in der sekundären Akkumulierungsphase durch Veränderung des Plasmas der aufnehmenden Zellen infolge des Aufnahmeproganges. Beeinflussende Faktoren ähnlich wie in der ersten Phase. (Autoreferat)