

## Vorträge der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

24. Januar 1949: Prof. Dr. CARL TROLL, Bonn/Zürich: Die Naturerscheinungen in den gletschernahen Bereichen der Gegenwart und der Eiszeit. Ergebnisse der Periglazialforschung.

Seitdem L. AGASSIZ vor über 100 Jahren die Lehre vom Eiszeitalter der Erde entwickelt hat, haben die Eiszeitforscher nicht nur die Ausdehnung der diluvialen Gebirgsvergletscherungen und der Inlandeisdecken auf der ganzen Erde festgestellt, sondern in Europa auch das Bild der eiszeitlichen Landschaften weitgehend rekonstruiert. Die Periglazialforschung, die Klima, Hydrologie, Bodenbildung und Morphologie der gletschernahen Gebiete der Eiszeit untersucht, hat ihren Ausgang von der Entdeckung der Struktur- und Texturböden und des Bodenfließens (Solifluktion) in den polaren Breiten um die Jahrhundertwende (O. NORDENSKJÖLD und J. G. ANDERSSON) genommen, die eine jahrzehntelange Diskussion (Regelations- und Durchtränkungsfließerde, Frostschubtheorie und Konvektionstheorie) nach sich zog. Die experimentelle Frostbodenforschung für die Praxis des Strassenbaues hat wichtige Klärungen gebracht. Die Bodeneisforschung ist systematisch in Sibirien (Merslotakommission), in allerjüngster Zeit auch in Alaska (Permafrostforschung) entwickelt worden. Der Gesamtkomplex ist Forschungsgegenstand der «Kryopedologie».

Der Referent hat gezeigt, dass es Strukturböden und Bodenfließen in allen Klimazonen der Erde in einem gewissen Abstand von der Schneegrenze gibt, dass diese Strukturbodengrenze oder Bodenflussgrenze ähnlich der Schneegrenze gegen niedere Breiten, mit der Kontinentalität des Klimas und vom Rand der Gebirge gegen das Innere (Massenerhebung) ansteigt, aber auch, dass die klimatischen Voraussetzungen und der Ablauf der Vorgänge innerhalb dieses «subnivalen Bereiches» von Klimazone zu Klimazone wechseln. In den hohen Breiten herrscht das winterkalte Jahreszeitenklima, das über der tiefer reichenden Gefrornis (perenne oder jahreszeitliche Tjäle) in der sommerlichen Auftauschicht grosse Formen

von Strukturböden erzeugt, in den tropischen Hochgebirgen dagegen bilden sich im täglichen Frostwechsel durch das ganze Jahr, in den subtropischen Hochgebirgen im Frostwechsel der schneefreien Sommermonate Miniaturformen aus, durch eine ganz dünne, oberflächliche Eisbildung (Kammeis). Miniaturformen entstehen in den frostwechselreichen Übergangsjahreszeiten auch in den sehr ozeanischen Klimaten höherer Breiten (subantarktische Inseln, Randgebiete von Island, Britische Inseln), unter günstigen Voraussetzungen auch im Hochsommer in den Hochalpen. In den Gebirgen der Neuenglandstaaten unterscheiden sich die fossilen, eiszeitlichen Strukturböden polaren Typs von den rezenten tropischen Typs (E. ANTEVS). In den besonders winterkalten Tundrengebieten am Nordrand Asiens und Nordamerikas entstehen die Eiskeilspalten und Tundrenpolygone LEFFINGWELLS, die in eiszeitlichen Ablagerungen Mittel- und Westeuropas wiedererkannt wurden. Durch lokale Bildung von Eislinsen unter der Bodenoberfläche bilden sich eigentümliche Hügel, die in Sibirien «Hydrolakkolithen», in den Tundrenmooren Nordeuropas «Palsen» genannt werden und denen auch die kratertragenden «Pseudovulkane» grönländischer Talaluvionen entsprechen. Die ewige Gefrornis ist heute unter der Wirkung der rezenten Klimaverbesserung überall ebenso im Rückgang wie die Gletscher der Gebirge und die arktische Meeresvereisung. Dadurch bilden sich in Sibirien und Alaska die Formen des «Thermokarst».

Während die heutige subnivale Stufe in den Alpen einen Gürtel von 700–1000 m Erstreckung unter der Schneegrenze und der nivalen Stufe (in Bolivien nach den Forschungen des Referenten ca. 700 m) einnimmt, war sie in der Eiszeit entsprechend tiefer gerückt. Nördlich der Alpen war das ganze Gebiet vom Rand der Vorlandglet-

scher bis zum nordischen Inlandeis periglazialer Bereich, am Südrand der Alpen jedoch ist die eiszeitliche Untergrenze noch nicht bestimmt.

Die periglaziale Formenbildung im Eiszeitalter Mittel-, West- und Osteuropas, die sich unter einem um mindestens  $10^{\circ}\text{C}$  kälteren Klima als heute vollzog, reichte südwärts bis Mittel- und Südfrankreich, wo ihre Grenze ungefähr mit der eiszeitlichen Waldgrenze zusammenfällt, östlich der Alpen noch durch das pannonische Becken, also weiter südlich als die eiszeitliche Waldgrenze (nach H. POSER). Sie war durch folgende Vorgänge charakterisiert:

1. starker mechanischer Gesteinszerfall an aufragenden Felsbergen und felsigen Hängen, Bildung von Blockschutt («Congelifraktion»).

2. In allen flachen Lockerböden, auf Altmoränen, altglazialen Schottern, tertiären Hügelländern, auf Landterrassen und Rumpfflächen entstanden sog. «kryoturrate» Strukturen. Die ewige Gefronnis ist ausserdem durch gewisse Formen der diluvialen Talbildung (fossile Grundwasserzertalung K. GRIPP's) und durch fossile Eiskeilspalten (P. KESSLER, W. SOERGEL) belegt.

3. Die Solifluktion an allen Hängen mit frostgefährlichen Böden, auch bei ganz flacher Hangneigung, schuf Blockströme und Blockmeere, diluvialen Hangschutt («Warp») unter korrosiver Bearbeitung der unterlagernden Schichten (Hakenwerfen), die verwachsenen Formen der Altmoränenlandschaften im Gegensatz zu den frischen, von Seen und Toteislöchern unterbrochenen der Jungmoränen, die «Dellen» oder bachbettlosen Ursprungsmulden auf den Landterrassen und Rumpfflächen (Forschungen von J. BÜDEL).

4. Die enorm gesteigerte Massenbewegung der Hänge führte zur Schuttbelastung der Bäche und Flüsse, auch der nicht-glazigenen, und damit im Wechsel von Eiszeiten und Zwischeneiszeiten zu einer Terrassenfolge, die den Terrassentreppen fluvioglazialer Schotterfelder entspricht.

5. Von grosser Bedeutung waren die periglazial-äolischen Vorgänge, die schon allein durch die Lössforschung (SOERGEL) und durch den Zusammenhang der Lössverbreitung mit Flotsand und Flugsand (Binnendünen) belegt sind. Kryoturbation und «Ge-

lideflation» erzeugten die «Brodelpflaster» des norddeutschen Altdiluviums und die Windkanter (durch Sandgebläse kantengeschliffene Gerölle). Die sediment-analytischen Forschungen von CAILLEUX haben die Ausdehnung der periglazial-äolischen Vorgänge in Europa klargestellt. Selbst in den Höhlensedimenten lassen sie sich erkennen (LAIS).

6. Die asymmetrischen Täler in vielen europäischen Hügellandschaften mit regelmässig flacheren Hängen in den westgerichteten Quadranten gehen gleichfalls auf periglaziale Wirkungen zurück und zwar wahrscheinlich (nach J. BÜDEL) auf einseitige Löss- und Schneeanammlung und folgende Hangsolifluktion.

7. Das Gesamtergebnis der komplexen Vorgänge ist in allen periglazialen Gebieten eine äusserst kräftige Abtragung und Einebnung, die «Kryoplanation», die sich aber in den verschiedenen Klimagürteln der Erde entsprechend den oben angedeuteten Differenzierungen verschieden abgespielt hat.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

1. Die Periglazialforschung hat uns über die Kenntnis der eiszeitlichen Vergletscherung hinaus eine Rekonstruktion der Eiszeitlandschaften ermöglicht.

2. Es erweist sich als notwendig, in den Lehrbüchern der dynamischen Geologie und Geomorphologie bei der Behandlung der exogenen Dynamik neben der Wirkung des fließenden Wassers, des strömenden Eises, des Windes, der Meeresbrandung und der unterirdischen Wasser auch dem Bodeneis eine gesonderte Behandlung einzuräumen und darüber hinaus bei der Geomorphologie der Klimazonen den subnivalen oder periglazialen Zyklus oder Formenkreis synthetisch darzustellen.

3. Für die Geologie der Schweiz sind die beiden Hauptaufgaben die Verfolgung der Periglazialmorphologie in der Nordschweiz ausserhalb der Würmmoränen und die Feststellung der Untergrenze der periglazialen Vorgänge am Südrand der Alpen.

Arbeiten des Referenten zum Thema, in denen auch die weitschichtige Literatur genannt ist:

1. Strukturböden, Solifluktion und Frostklimata der Erde. Geologische Rundschau, 1944, S. 545—694.

2. Die Formen der Solifluktion und die periglaziale Bodenabtragung. Erdkunde, Bd. I, 1947, S. 162—175.

3. Der subnivale oder periglaziale Zyklus der Denudation. Erdkunde, Bd. II, 1948, S. 1—21. (Autoreferat)

21. Februar 1949: Prof. Dr. FRANZ LEUTHARDT, Zürich: Die Organisation des Zellstoffwechsels.

Schon vor etwa 50 Jahren hat der physiologische Chemiker FRANZ HOFMEISTER das Protoplasmaproblem von der chemischen Seite anzufassen versucht, indem er sich fragte, wie wohl das Protoplasma beschaffen sein müsse, damit die zahllosen chemischen Vorgänge ungestört und geordnet nebeneinander her verlaufen können. Er kommt zum Schluss, dass dies nur möglich ist, wenn wir in der Zelle eine grosse Zahl spezifischer Fermente annehmen, die ausserdem im kolloidalen Gerüst des Protoplasmas in bestimmter Weise fixiert sind. Diese Annahme ist durch die moderne Forschung im wesentlichen bestätigt worden. Wir wissen heute, dass jeder biochemische Vorgang von einem bestimmten spezifischen Ferment bewirkt wird. Die Fermente bestehen aus einem Protein und einer Wirkungsgruppe. Es wird an Hand einiger Beispiele dargelegt, dass dank der Differenziertheit der Fermentproteine der Organismus mit einer beschränkten Zahl von Wirkungsgruppen eine ungeheure Mannigfaltigkeit spezifischer Leistungen vollbringen kann.

Die Analyse vieler Stoffwechselfvorgänge hat gezeigt, dass auch einfach erscheinende Reaktionen aus einer Reihe von Teilreaktionen bestehen. Diese Aufteilung der Stoffwechselfvorgänge in einfache Reaktionen ist bedeutungsvoll, weil sie dem Organismus ermöglicht, an jede einzelne Stufe neue Reaktionen anzuschliessen. Sie ist damit die Voraussetzung der Regulation und Anpassungsfähigkeit des Stoffwechsels an verschiedene Bedingungen. Verschiedene Stoffwechselfvorgänge verlaufen zyklisch, d. h. es wird immer wieder das Ausgangsprodukt zurückgebildet und aufs neue in die Reaktion einbezogen. Als Beispiele werden erwähnt der «Ornithincyclus», der zur Harnstoffbildung führt, und der «Tricarbonsäurecyclus», welcher den Hauptweg der Kohlehydrat-oxydation darstellt. Einzelne grundlegende Stoffwechselfvorgänge kommen anscheinend bei allen Organismen vor. Sie sind für die lebende Substanz als solche charakteristisch, werden aber je nach den Bedürfnis-

sen der einzelnen Organismen in mannigfacher Weise abgewandelt und zusammengesetzt.

Bestimmte Stoffwechselkrankheiten entstehen durch den Ausfall einer einzelnen Reaktion. Es hat sich in verschiedenen Fällen gezeigt, dass die Störung vererbt wird, dass also diese Reaktionen im Erbgut festgelegt sind. Dies ist in besonders schöner Weise in neuerer Zeit durch die Untersuchungen am Pilz *Neurospora* bestätigt worden. Es konnten hier Mutanten mit bestimmten Stoffwechseldefekten künstlich erzeugt werden, und es hat sich gezeigt, dass die einzelnen Stufen einer zusammengesetzten Reaktion von je einem Gen abhängig sind (BEADLE u. Mitarb.).

Die Existenz von Reaktionsreihen und Stoffwechselzyklen illustriert nur die Tatsache, dass der Stoffwechsel geordnet ist. Wie diese Ordnung zustande kommt, ist noch unbekannt. Die Frage führt auf das Problem der morphologischen Protoplasmastruktur, denn der geordnete Gesamtablauf des Stoffwechsels ist nur denkbar, wenn die Fermente in bestimmter Weise lokalisiert sind. Es wird auf die modernen Theorien der Plasmastruktur, insbesondere die sog. Hafitheorie von FREY-WYSSLING hingewiesen. Von besonderer Bedeutung sind nach neueren Untersuchungen als Bausteine des Protoplasmas die von FRIEDRICH MIESCHER vor 80 Jahren entdeckten Nukleinsäuren. MIESCHER hat durch diese Entdeckung die Grundlage der modernen Zellforschung gelegt.

Nach neueren Untersuchungen, an denen auch das Physiologisch-chemische Institut der Universität Zürich beteiligt ist, sind viele Fermente in geformten Elementen der Zelle, den «Mikrosomen» (wahrscheinlich identisch mit den Chromidien) und Mitochondrien, lokalisiert. Es gelingt, diese Elemente durch fraktionierte Zentrifugation zu isolieren und getrennt zu untersuchen. Schon 1913 hat auf diesem Wege OTTO WARBURG aus Leber eine Körnchenfraktion isoliert, die atmet. Später hat STRERN gefunden,

dass die Succinodehydrase im Herzmuskel auf ultramikroskopischen Körnchen fixiert ist. Dies erklärt die schon lange bekannte Unlöslichkeit oder Strukturgebundenheit der betreffenden Fermente.

Nach den Arbeiten von BRACHET und von CASPERSSON ist in den (ultramikroskopischen) Mikrosomen die Ribonukleinsäure des Protoplasmas lokalisiert und offenbar spielen diese Gebilde, die ausserdem eine ganze Reihe von Hydrolasen und Desmolasen enthalten, bei der Eiweissynthese eine grosse Rolle. Auch in den Mitochon-

drien der Leber konnte eine ganze Reihe von Synthesen und Reaktionen lokalisiert werden. Diese Körperchen sind z. B. der Sitz des Tricarbonsäurezyklus. Wir haben es also bei allen diesen Formelementen mit hochorganisierten Gebilden zu tun, in denen die Fermente zu einer funktionellen Einheit zusammengeschlossen sind. Offenbar baut sich das Protoplasma derart aus Lebenseinheiten niedrigerer Ordnung auf.

Die Untersuchung dieser Probleme hat die Morphologie und die Biochemie wieder zu gemeinsamen Aufgaben zusammengeführt. (Autoreferat)

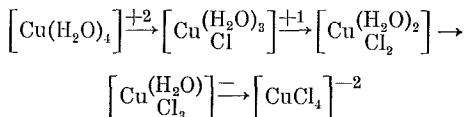
7. März 1949: Prof. Dr. G. SCHWARZENBACH, Zürich: Chemische Farbreaktionen (mit Experimenten).

Bei gefärbten Stoffen sind chemische Reaktionen direkt sichtbar. Jede chemische Veränderung die ein gefärbter Körper erfährt, muss auch eine Änderung seiner Lichtabsorption zur Folge haben und jeder einigermassen auffallenden Farbänderung entspricht andererseits ein chemischer Umsatz.

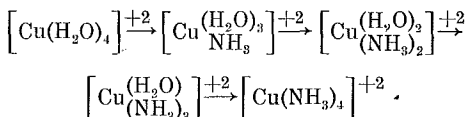
Wenn wir diesen einfachen Satz auf gefärbte anorganische Salze anwenden, so zeigen uns die mannigfaltigen Farbreaktionen, die diese in wässriger Lösung erleiden, dass die geläufigen Vorstellungen der klassischen Schulchemie unrichtig sein müssen. Gefärbt sind in der anorganischen Chemie vor allem Salze mit Kationen ohne Edelgas-konfiguration und ohne Schale mit 18 Ausenelektronen, also in der ersten grossen Periode des Systems der Elemente die Salze von Ti(III), V(II, III, IV), Cr(II, III), Mn(II, III, IV, VI, VII), Fe(II, III), Co(II, III), Ni(II, III) und Cu(II). Betrachten wir als Beispiel die Kupfer(II)-verbindungen, dann können wir beobachten, dass die Salze in festem Zustande ganz verschieden gefärbt sind, z. B.  $[\text{CuCl}_2]$ : braun,  $[\text{CuSO}_4]$ : farblos,  $[\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ : blau usw. Da Chlorionen und Sulfationen farblos sind, so können diese Salze nicht einfach aus Ionen bestehen, da sie sonst alle ein und dasselbe gefärbte Kupferion enthalten müssten. Die Vorstellung der elektrostatischen Valenzlehre kann also nicht richtig sein. Viel eher wird die klassische unitarische Valenzlehre dem Augenschein gerecht, denn diese nimmt an, dass sämtliche Verbindungen

aus Molekülen bestehen würden, und die kleinsten Teilchen der drei Salze wären dann:  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$  und  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  und es wäre nicht verwunderlich, dass diese Teilchen verschiedene Farbe besitzen. Dass aber auch diese Auffassung falsch ist, zeigt das Verhalten wässriger Lösungen gefärbter Salze. Die verdünnten wässrigen Lösungen der drei genannten Kupferverbindungen zeigen alle ganz genau dieselbe Färbung und müssen somit alle ein und dasselbe farbige Teilchen enthalten, nämlich das hydratisierte Kupferion  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{+2}$ . In wässriger Lösung liegen also Ionen vor. Bemerkenswert ist aber die Beeinflussung der Farbe solcher Lösungen durch mannigfaltige Zusätze. Mit conc. Salzsäure entsteht aus dem lichten Blau ein intensives Grün-gelb, ein Zusatz von Natriumacetat verschiebt die Farbe nach Grünblau und ein Zusatz von Ammoniak nach intensiv Rotblau, während Sulfate und Schwefelsäure, Nitrate und Salpetersäure oder Perchlorate und Perchlorsäure ohne Einfluss auf die Farbe sind. Nach der klassischen Ionen-theorie müssen bei Zugabe von Salzsäure oder Natriumacetat die Salzmoleküle  $\text{CuCl}_2$ , bzw.  $\text{Cu}(\text{Ac})_2$  zurückgebildet werden. Dabei versteht man aber nicht, weshalb Zusätze von Sulfat, Nitrat oder Perchlorat ohne Einfluss sind und weiter versteht man die beschriebenen Farbeffekte in quantitativer Hinsicht nicht. Wenn sich nämlich in einer mit Salzsäure versetzten Lösung von Kupferchlorid lediglich die Teilchen  $\text{CuCl}_2$  und  $\text{Cu}^{+2}$  als färbende Prinzipien vorfinden

würden, so müssten sich sämtliche Tönungen die mit verschiedenen Gemischen von HCl und Kupfer (II) zu erzielen sind, durch Addition der Extinktionen von  $\text{CuCl}_2$  und  $\text{Cu}^{+2}$  darstellen lassen. Das ist nun aber keineswegs der Fall. In solchen Lösungen spielt sich etwas wesentlich anderes ab als die Zurückbildung von Salzmolekülen, nämlich Komplexbildungsvorgänge, bei welchen die Wassermolekeln der Hydrathülle des Kupferions eins nach dem andern durch  $\text{Cl}^-$ , Acetat oder  $\text{NH}_3$  ersetzt werden:



oder



Das Kupfer(II)-ion neigt zur Koordination, währenddem keine Tendenz zu verspüren ist zur Bildung von Salzmolekülen. Es hat das Bestreben, sich symmetrisch mit vier Teilchen, und zwar, wie wir heute wissen, quadratisch zu umgeben, z. B. 4  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekeln, 4 Cl-Ionen oder Acetationen oder 4  $\text{NH}_3$ -Molekeln usw. Auf die Ladung dieser Liganden kommt es offenbar in erster Linie nicht an, und wenn die Liganden geladen sind, so macht der Prozess keineswegs bei der Bildung von ungeladenen Salz-

molekeln halt, sondern er geht weiter. Von Sulfationen, Perchlorationen oder Nitrationen will das Kupferion nichts wissen, ob schon diese Teilchen geladen sind und es somit energetisch günstig wäre, dieselben anzulagern.

Genau dasselbe, was hier für das Kupfer besprochen wurde, findet man bei sämtlichen Metallkationen. Sind diese Kationen gefärbt, so kann man die mannigfaltigen Komplexbildungsprozesse sehr schön demonstrieren, z. B. beim Fe(III) oder Co(II) wo die Chlorokomplexe tiefgelb bzw. blau sind, währenddem die Aquokomplexe hellbraun bzw. rosa gefärbt erscheinen.

Farberscheinungen treten natürlich auch ein, wenn sich die Wertigkeit des Metalls ändert, was am Beispiel des Vanadins demonstriert wurde, dessen gelbe Lösungen im 5. Wertigkeitszustand durch Reduktion blau, dann grün und schliesslich violett werden. Derart kann man mit Hilfe der Farbreaktionen zeigen, dass die Metalle bestimmte Wertigkeitsstufen anzunehmen bestrebt sind, indem sie Elektronen abgeben und dass die dabei entstandenen Kationen weiter das Bestreben haben, sich mit ganz bestimmt ausgewählten Liganden zu koordinieren. Deshalb sind auch die stöchiometrische Wertigkeit und die Koordinationszahl die beiden notwendigen und hinreichenden Ordnungszahlen für alles Geschehen in der anorganischen Chemie, was für das Geschehen in Lösung schon von A. Werner, für die Kristallchemie von P. Niggli gezeigt worden ist. (Autoreferat.)