

Vorträge der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

15. Dezember 1947: Dr. A. SCHORTA, Chur: Das Gesicht der alpinen Landschaft im Spiegel der Flurnamen.

Die Flurnamen verdienen als Aussagen über das Gelände, das sie trägt, auch seitens der Naturwissenschaftler volle Beachtung. Infolge ihrer Fähigkeit, sich über grosse Zeitspannen hinwegzuretten und auch der Ablösung einer Sprache durch eine andere vielfach zu trotzen, geben sie Auskunft über die Siedlungsgeschichte, über das Verkehrswesen, das Feudalwesen, über die Kirchen- und Religionsgeschichte längst vergangener Geschlechter. Der Referent weist an Hand einer grösseren Anzahl von Beispielen nach, dass die Orts- und Flurnamen auch für die Naturgeschichte wichtige Aussagen enthalten:

An Hand der den Flussläufen entlang aufgereihten Namen können Veränderungen des Flussbettes festgestellt werden. Der Flurname *Giessli* in Ilanz beweist, dass hier der Rhein im Mittelalter ein Stück des Talbodens zu einem Inselchen umschloss, wobei der rechte Flussarm klein, eben ein *Giessen*, *Giessli* war. Dasselbe Bild kann an Hand des Flurnamens *Tranter Fliema* für Anderer nachgewiesen werden. Ähnliches zeigt sich für die Umgebung von Chur, von Klosters usw. Namen wie *Gandanova* (Brusio), *Nüw Rufi* (Avers) beweisen das späte Entstehen von Rufen und Trümmerhaufen, deren Datierung sonst nicht so leicht wäre.

Besonders häufig und aufschlussreich sind die Flurnamen, die Aussagen über die Quellen enthalten (in Bünden etwa 70 Namen vom Typus *Funtana fraida* = Kalte Quelle), dann besonders die Hinweise auf Mineralquellen. Eine aus den Flurnamen erschlossene Karte der Mineralquellen zeigt mehr Quellen als die Karte der Mineral- und Heilquellen der Schweiz von J. Cadisch. Freilich ist damit noch nichts über den Wert dieser neuen Quellen gesagt.

Ein reiches Beobachtungsmaterial für die neuere Geschichte unserer Seen und Hochmoore erlaubt, den Verlandungsprozess und das Verschwinden kleinerer Seen zeitlich festzulegen. Seichte, mit Schilf überwach-

sene kleine Teiche verraten sich in Mittelbünden durch den Flurnamen *G'haare Butz*, romanisch *Leg palus*, was «der behaarte Teich» bedeutet. Die besonders häufigen mit Adjektiven gebildeten Namen von Mooren, wie *Schön Ried*, rom. *Paliu biala*, die wüsten, die guten, die sauren, die süssen usw. Rieder, alle diese Namen enthalten Aussagen, die auch für eine naturwissenschaftliche Systematisierung der Moore verwertbar sind.

Für die Geschichte der Pflanzendecke lassen sich aus den Flurnamen mancherlei Erkenntnisse gewinnen. Nicht nur ist es möglich, den Rückgang des Waldes und, damit verbunden, die Ausweitung der Siedlungsfläche seit dem Mittelalter sehr gut in ihren Einzelstufen zu verfolgen, sondern man kann auch feststellen, wie gewisse Bäume mit oder ohne Einwirkung des Menschen einmal sicher gehaltene Positionen aufgeben. Die Flurnamen *Aschera*, *Ascherina* beweisen z. B. die einstige Existenz von sechs verschiedenen Ahornbeständen im Unterengadin, während heute nach der Flora von Graubünden von Braun-Blanquet und E. Rübel alle drei einheimischen Ahornarten in diesem Hochtal nur äusserst selten als Einzelexemplare vorkommen. Ähnliche Feststellungen sind für Birke, Traubenkirsche und Holunder möglich. Mit Bezug auf die Kulturpflanzen beweisen die Flurnamen eine einst blühende Hopfenkultur im Churer Rheintal (Namen *Luvulairs* im 14. Jahrh., heute *Valäris* in Untervaz, Fläsch usw.). Die Beliebtheit des Dinkels (*Triticum spelta*) als Brotgetreide beweisen Namen wie *Foral* (Chur) aus farralle «Dinkelacker». Letzte Zeugen der Hirsekultur sind *Hirschau*, *Hirschacker* im Churer Rheintal.

Ein abgeschlossenes Kapitel aus der Geschichte unserer heimischen Fauna decken die über 100 Namen mit *Bär*, rom. *uors*, auf, während der *Wolf*, rom. *luf*, sich nur in etwa 50 Flurnamen verewigt hat. Auch der heute ebenfalls ausgerottete

L ä m m e r g e i e r und der dem Aussterben nahe A d l e r haben in Flurnamen ihre Spuren hinterlassen.

Über die Bedeutung der Flurnamen für die Festlegung der alten Erzvorkommen, der Erzgruben und Schmelzöfen in Graubünden ist man durch die Arbeiten von Dr. Robert von Planta-Fürstenau orientiert, weshalb der Referent nicht näher darauf eingeht.

In einem letzten Abschnitt werden die Benennungsmotive für die Geländeformen

(Skulpturformen) des Alpengebietes kurz erwähnt, um zu zeigen, wie treffend die naturverbundene Bauer die Formenwelt sieht und sie sprachlich auszudrücken weiss, während die wissenschaftliche Terminologie der Gefahr der Normalisierung nicht ganz zu entrinnen vermag. Gerade die in den Flurnamen enthaltenen Bezeichnungen für die Geländeformen tragen aber sehr wesentlich dazu bei, das Gesicht einer bestimmten Landschaft ausdrucksvoll zu gestalten. (Autoreferat)

5. Januar 1948: Prof. Dr. Th. Wyss, Zürich: Die Kraftfelder in festen Körpern.

Bei den Kraftfeldern in festen Körpern, die durch äussere oder innere Kräfte hervorgerufen werden, handelt es sich um Tensorfelder. Da in jedem Körperelement der Spannungszustand durch ein Spannungsellipsoid dargestellt werden kann, so werden die drei senkrecht aufeinanderstehenden Hauptspannungen als ausgezeichnete Tensoren betrachtet. Von einem Feld kann unter diesen Umständen dann gesprochen werden, wenn in einem bestimmten Zeitpunkt jedem Körperpunkt der Richtung wie der Grösse nach ein solches Tensortripel gesetzmässig zugeordnet ist. Die einzelnen Tensoren lassen sich zu Kraftlinien oder Hauptspannungslinien zusammenfassen, derart, dass in jedem Punkt die Tangente an die Kurve mit der Richtung des betreffenden Tensors zusammenfällt. Jeder gespannte Körper wird demnach von drei Scharen senkrecht aufeinanderstehender Kraftlinien durchsetzt, die an den Schnittstellen als miteinander verknüpft zu betrachten sind. Überall da, wo keine äusseren Kräfte zur Wirkung kommen, wird die Körperoberfläche von zwei Kraftlinienscharen gebildet, währenddem die dritte Schaar senkrecht darauf einmündet. In Sonderfällen können zwei Scharen von Kraftlinien auch im Innern der Körper Kraftlinienflächen bilden, auf welche nur Normalspannungen zur Wirkung kommen. Eine grössere Anzahl benachbarter Kraftlinien lassen sich zu Kraftlinienbündeln zusammenfassen. Auch auf ein solches Bündel wirken nur Normalspannungen.

Als ausgezeichnete Punkte in einem Kraftfeld sind die singulären Punkte zu betrachten, die sich dadurch auszeichnen,

dass entweder die Hauptspannungen alle gleich gross sind und das Ellipsoid sich zur Kugel ohne bestimmte Hauptspannungsachsen verwandelt, oder eine oder zwei oder alle drei Hauptspannungen zu Null werden. Im letzteren Fall handelt es sich um singuläre Nullpunkte. Es können sich auch singuläre Linien bilden. Durch singuläre Punkte gehen die Grenzkraftlinien und durch singuläre Linien die Grenzkraftflächen, welche lokale Kraftfelder voneinander abgrenzen. Besondere Bedeutung kommt den Unendlichkeitspunkten zu, die entweder an Angriffspunkten äusserer Kräfte oder an einspringenden Ecken, insbesondere am Grunde von Rissen, auftreten.

Wesentliche Vereinfachungen in diesen Feldern zeigen sich bei zwei- oder einachsigen Spannungszuständen. Um ein besseres Bild vom Arbeiten des Materials zu erhalten, können die Zuglinien als Seillinien, die Drucklinien als Gewölbelinien, eventuell als Gewölbeshalen, aufgefasst werden. An Hand einer grösseren Anzahl von Beispielen werden in diesem Sinn die Kraftfelder von gekerbten und gelochten Flachstäben, von am Rande belasteten Scheiben und Prismen, ferner von Augenstäben und Nietverbindungen gezeigt, wo im letzteren Fall die einzelnen Bolzen bzw. Nieten durch Zuglinienbänder umfasst werden. Besondere Beachtung wird den Feldern von Kragträgern geschenkt, welche als Unterlage für die Erläuterung des Verlaufes der in der Spongiosa des Oberschenkelknochens auftretenden Linien dienen sollen. Deutlich lassen sich hierbei die von der gedrückten Oberfläche des Gelenkkopfes ausgehenden Drucklinien von den diese senkrecht schneidenden Zuglinien

unterscheiden. Analoge Felder treten aber auch bei den seitlich belasteten Zähnen von Zahnrädern auf.

Zuglinien, die an Gewölbeshalen verknüpft sind, lassen sich insbesondere bei Schrauben am Kopf wie im Gewindeteil feststellen. Beachtenswert sind auch die Kraftfelder in Knotenblechen von Fachwerkträgern, wo die daran befestigten einander gegenüberliegenden Zugglieder durch gezogene Bänder miteinander verbunden sind, wobei sie jedoch entsprechend den quer dazu wirkenden Druckkräften durchgebogen werden.

In der Technik wie in der Natur spielen die Felder der inneren Spannungen eine wesentliche Rolle. Sie entstehen insbesondere infolge lokaler Volumenänderung. Einer jeden lokalen Volumenänderung kommt ein bestimmtes Kraftfeld zu, das vielfach aus radialen und tangentialen Kraftlinien gebildet ist. Dementsprechend können je nach der Art der Volumenänderung radiale oder tangentielle Risse auftreten. Sind diese Volumenänderungen systematisch angeordnet, wie zum Beispiel bei Punktschweissungen, so sind die einzelnen Felder durch Grenzkraftlinien voneinander abgegrenzt.

Zum Schlusse wurde noch das Kraftfeld

im Modell eines Oberschenkelknochens gezeigt, wie es durch Herrn Dr. B a u d, Vorsteher der Abteilung für Photoelastizität an der E.M.P.A., ermittelt worden ist, ferner der vom Vortragenden an der Spongiosa im rechten Fersenbein festgestellte Kraftlinienverlauf, bei dem sich insbesondere die Gewölbewirkung des Fusses geltend macht.

Bei allen Kraftfeldern ist notwendig, dass der Einfluss des Materials, wie der Zeit, berücksichtigt wird. Je nach der Art des Materials können im Vergleich zum Feld im homogenen elastischen Körper die Kraftlinien die verschiedensten Um- und Ablenkungen erfahren. Auch der Zeiteinfluss kann wesentliche Änderungen verursachen.

Die Gesetze, die den Kraftfeldern in festen Körpern innewohnen, sind nicht allein nur in den Körpern der Technik vorzufinden, sondern sie kommen auch in der Natur zur Geltung, das heisst bei der Erde als Ganzem, wie bei Pflanzen, Tieren und Menschen. An Hand einer Reihe von Beispielen wird auf verschiedene Fälle hingewiesen, wo das Studium der Kraftfelder einen erweiterten Einblick in die Folgen des Kräftespiels gibt, das bei den einzelnen Individuen durch den Einfluss innerer wie äusserer Kräfte hervorgerufen wird.

(Autoreferat)

12. Januar 1948: Prof. Dr. N. TINBERGEN, Leiden: Experimentelle Untersuchungen über Schutzfärbung.

Über den Begriff der Schutzfärbung — wie der visuellen Anpassung überhaupt — hat lange Zeit Verwirrung geherrscht. Einerseits hat man in der Zeit nach Darwin zu anthropomorphistisch gedacht, das heisst die menschliche Wahrnehmung als endgültig massgebend betrachtet, andererseits hat man als Reaktion hierauf eine negative, überkritische Haltung eingenommen (Heikertinger). Neuere Arbeiten, unter diesen besonders die von Süffert, haben gezeigt, dass es sich in vielen Fällen tatsächlich um feine Anpassungen handelt, die den Träger bis zu einem gewissen und oft hohen Grade vor visuell jagenden Raubfeinden schützen.

Man ist bei dieser experimentellen Arbeit so vorgegangen, dass zuerst analysiert wurde, worauf der visuelle Effekt für den Menschen beruht. Mit dieser Selbstanalyse wurde eine Anzahl von Prinzipien auf-

gedeckt und nun im Versuch geprüft, ob diese auch auf den Raubfeind denselben Einfluss haben. Die so gefundenen Prinzipien sind: 1. Allgemeine Ähnlichkeit der Farbe; 2. Visuelle Körperauflösung; 3. Gegenschattierung; 4. Spezielle Farb- und Formähnlichkeit. In sämtlichen Fällen spielt das Verhalten eine wichtige Rolle: Das Tier nimmt eine Stellung ein, in der die Schutzfärbung ihre maximale Wirksamkeit entfaltet. Diese Prinzipien wurden an Beispielen aus der einheimischen Insektenwelt im Lichtbild vorgezeigt.

Im Experiment hat man diese Erscheinungen auf zwei Arten studiert. Manchmal wurde in der natürlichen Situation der kryptische Effekt zerstört, indem man zum Beispiel die Farbe der Umgebung änderte. Manche Erscheinungen hat man auch im Modellversuch geprüft. So weiss man aus den vorbildlichen Versuchen von S u m n e r,

dass die aktive Farbanpassung von Fischen (*Gambusia*) es Raubfischen, Pinguinen und Reihern sehr schwer macht, sie zu finden. Dice zeigte vor kurzem, dass Mäuse (*Peromyscus*) von Eulen um so weniger erbeutet werden, je genauer der Farbton ihres Pelzes dem des Untergrundes ähnelt.

Über die Körpauflösung hat man nur Modellversuche. Diese beweisen aber, dass der Umriss eines Körpers um so klarer erkannt wird, je grösser der Farbkontrast zwischen Körper und Umgebung ist. Durch unregelmässige Scheckung und Strichelung mit stark kontrastierenden Farben wird der Körperumriss verwischt.

Modellversuche über Schattenwirkung haben gezeigt, dass ein räumlicher Körper unter anderem an der Schattenwirkung als räumlich erkannt wird. Wegfall des Schattens durch Gegenschattierung nimmt zum Beispiel einer Raupe ihre Räumlichkeit, weshalb sie zwischen flachen Blättern nicht auffällt.

Die spezielle Ähnlichkeit der Form ist bei zweigförmigen Spannerraupe unter sucht worden. Eichelhäher, die im Versuch nach längerer Zeit eine solche Raupe entdeckt hatten, fingen darauf an, auch dünne Ästchen zu prüfen.

Schliesslich beweisen zahlreiche Beobachtungen und Versuche, dass Bewegungslosigkeit ein sehr wichtiger Bestandteil der Schutzfärbung ist; sobald sich ein Tier bewegt, wird es vom Raubfeind gesehen, wie vollkommen im übrigen die Anpassung auch sein mag.

Die Frage, ob man es bei allen diesen Erscheinungen mit «Zufälligkeiten» oder mit Anpassungen zu tun hat, ist im letztern Sinne zu beantworten, weil: 1. die Fälle viel zu häufig sind, 2. jeder Fall sich bei genauer Betrachtung als höchst «unwahrscheinlich» (spezialisiert) erweist und 3. viele Konvergenzerscheinungen aufgezeigt worden sind. (Autoreferat)

19. Januar 1948: Prof. Dr. K. CLUSIUS, Zürich: Merkwürdige Eigenschaften von Flammen (mit Versuchen).

Am Anfang der modernen Chemie steht die Verbrennungstheorie von Lavoisier. Der Verbrennungsvorgang als solcher wird von ihr nicht behandelt, denn sie beschäftigt sich nur mit den Ausgangs- und Endprodukten der Verbrennung. Die für den Vorgang selbst charakteristischen Merkmale sind erst später durch eine Reihe englischer Forscher, Davy, Faraday, Tyndall, und durch Robert Bunsen in Deutschland klargestellt worden.

Eine Flamme kommt zustande, wenn gas- oder dampfförmige Reaktionsteilnehmer unter Licht- und Wärmeerscheinungen aufeinander einwirken. Die Flamme ist also an den gasförmigen Aggregatzustand gebunden. Liegt das Brennmaterial in flüssiger oder gar fester Form vor, so muss es zunächst verdampft werden, wie es zum Beispiel im Docht einer Kerze geschieht, bevor eine Flamme sich bilden kann. Nichtvergasbare Stoffe, wie Kohlenstoff oder viele Metalle, oxydieren sich daher ohne Flammenbildung. Eine Kerzenflamme wird durch den dauernden Strom von Luft unterhalten, die an ihr vorbeistreicht und dabei Sauerstoff durch Diffusion zuführt. Bei Unterdruck verzehrt die Flamme ebenso-

viel Brennmaterial wie bei normalem Druck, da dessen Menge allein durch die Saugfähigkeit des Dochtes bestimmt wird. Das Aussehen der Flamme wird dabei allerdings völlig verändert; sie leuchtet kaum noch, da wegen der verbesserten Diffusion beim Unterdruck der Sauerstoff tiefer in die Flamme eindringt und den in ihr glühenden und lichtspendenden Kohlenstoff leichter verzehrt. Unterdrückt man die konvektive Strömung ganz, indem man etwa die Kerze in eine Flasche einschliesst und diese fallen lässt, so erstickt sie und erlischt.

Eine energische Verbrennung von Leuchtgas wird mit dem von Bunsen angegebenen Kunstgriff erreicht. Dabei mischt man dem Gas eine bestimmte Menge Luft zu, wodurch die Flamme nicht nur entleuchtet, sondern auch steifer und stetiger wird. Die zwei im Bunsenbrenner erkennbaren Zonen umfassen den inneren Kegel, dessen blaugrüne Färbung von Chemilumineszenz herrührt, und den äusseren Mantel, in dem die restliche Verbrennung stattfindet. Im inneren Kegel stellt sich das Wassergasgleichgewicht ein, dessen brennbare Komponenten Kohlenoxyd und Wasserstoff aussen

verbrennen. Man kann zeigen, dass beide Vorgänge weitgehend unabhängig voneinander sind.

Beim langsamen Zumischen von Luft zu Gas bilden sich explosive Gemische, die grosse Verbrennungsgeschwindigkeiten aufweisen. Da in diesem Falle die Energie auf beschränktem Raum in kürzester Zeit frei wird, können solche chemische Verpuffungen grosse Zerstörungen anrichten. Die Ausbildung einer Detonationswelle lässt

sich verhältnismässig gefahrlos an einem mehrere Meter langen Glasrohr zeigen, das mit einer Mischung von Stickoxyd und Schwefelkohlenstoffdampf gefüllt ist. Die blendendblaue Färbung der Flamme ist im wesentlichen ein Lumineszenzleuchten und entspricht der Strahlungstemperatur eines schwarzen Körpers von über 5000°C , während die eigentliche Temperatur der Flamme kaum 2000°C übersteigt.

(Autoreferat)

26. Januar 1948: Prof. Dr. A. E. VAN ARKEL, Leiden: Die Struktur der anorganischen Hydrate und Hydroxydverbindungen.

Ionengitter können fremde Moleküle in ihre Zwischenräume einlagern, wenn die Fremdmoleküle kleines Eigenvolumen und grosses Dipolmoment besitzen, so dass die Gitterionen entgegen ihrer elektrostatischen Anziehung aufgeweitet werden. Am besten bekannt sind die Einlagerungskomplexe des Wassers und des Ammoniaks. Auch Fluorwasserstoff, dessen Dimension sehr nahe mit der des Wassermoleküls übereinstimmt, lässt sich leicht einlagern, im Gegensatz zu den schwereren Halogenhydriden. Tatsächlich besteht eine weitgehende Analogie zwischen den Einlagerungskomplexen von HF und von H_2O .

Bei Kenntnis der Ionenradien und der Dipolmomente kann unter stark vereinfachten Annahmen die ungefähre Grösse der Hydratationsenergie aus dem Coulombschen Gesetz abgeschätzt werden. Diese Berechnung zeigt, dass die Hydratationsenergie z. B. für mehrwertige Halogenide grösser ist als für einwertige. Ferner ergibt sich, dass bei gleichbleibender Radiensumme der beiden Gitterionen ein Minimum der Hydratationsenergie dann vorliegt, wenn die Radien des negativen und des positiven Ions gleich gross sind.

Einlagerungsverbindungen sind besonders stabil, wenn das eingelagerte Molekül, abgesehen von seinem Wasserstoffgehalt,

mit dem negativen Gitterion übereinstimmt, wie z. B. bei $\text{K}(\text{HF})_n\text{F}$. Hier kommt es zur Bildung von Wasserstoffbrücken, bei denen das Proton zwischen zwei Fluorionen hin- und herpendelt ($\text{F}^{\cdot\cdot}\text{H}^{\cdot\cdot}\text{F}^{\cdot\cdot}$). Auch bei den Ammonium-Ammoniakaten dürften derartige Wasserstoffbrücken ($\text{H}_3\text{N}^{\cdot\cdot}\text{H}^{\cdot\cdot}\text{NH}_2$) eine ähnliche Rolle spielen.

Bei der Wassereinlagerung in Oxyde entstehen im allgemeinen keine Hydrate. Vielmehr findet eine Umlagerung (innere Hydrolyse) statt, unter Bildung von Hydroxylgruppen, wie z. B. in $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$. Auch bei den Hydraten der Sulfate und Phosphate ist eine derartige innere Hydrolyse möglich, indem das Proton des Hydratwassers auf das Komplexion übergeht. Eine Bestätigung dafür erhält man aus Infrarotspektren, die bei echten Hydraten die Absorptionsbanden des Wassermoleküls, bei Kristallen dagegen, bei welchen innere Hydrolyse stattfindet, nur ein breites Absorptionsgebiet zeigen. Auf Grund von Infrarotaufnahmen lässt sich z. B. bei der Gruppe der Sulfate in der Reihenfolge Na, Ca, Cu, Zn, Mg, Al ein allmählicher Übergang von der normalen Hydratverbindung zu einer Verbindung mit innerer Hydrolyse feststellen, also gerade in der erwarteten Reihenfolge. (Referat Dr. K. Wieland.)

16. Februar 1948: Prof. Dr. H. BURGER, Zürich: Der Einfluss des Waldes auf den Wasserhaushalt (mit Lichtbildern).

Ohne den Einfluss der Menschen wäre unsere Heimat fast überall bis zur oberen Waldgrenze hinauf mit Wald bedeckt. Unsere Voreltern begannen den Wald zuerst vorwiegend auf den Gesteinsarten zu roden,

die zu rundlichen, molligen Formen verwitterten, wie z. B. Flysch, Molasse und Bündner Schiefer. Bis ins spätere Mittelalter ist in unserem Land etwa die Hälfte der ursprünglichen Wälder gerodet worden, was

ernstliche Störungen im natürlichen Gleichgewicht hervorrief. Es kam zu Bodenver-nässungen, zu Rutschungen, zur Vermehrung der Lawinen und der schwer mit Ge-schiebe beladenen Hochwasser.

Schon früh wurden einzelne Wälder ge-bannt, wie z. B. schon 1387 der Bannwald bei Altdorf. Wirksame Hilfe konnte aber erst die 1848 geschaffene Zentralregierung bring-en. Sie liess 1857 ein Gutachten über Hoch-gebirgswaldungen und Wildbäche ausarbei-ten durch Landolt, Culmann und Escher v. d. Linth. Die Verfassung von 1874 gab in Art. 24 dem Bund die Ober-aufsicht über die Wasser- und Forstpolizei. 1876 entstand das eidg. Forstgesetz, das 1898 und 1902 revidiert wurde.

Als man in Wildwassereinzugsgebieten mit Aufforstungen beginnen wollte, zeigte es sich, dass gar keine zahlenmässigen Grundlagen vorhanden waren. Ober-förster Zürcher schlug vor, im Emmental Versuche zu machen. Prof. Bourgeois hat, beraten durch das Eidg. Amt für Wasserwirt-schaft, in den Einzugsgebieten des fast voll bewaldeten Sperbelgrabens und des nur zu einem Drittel bewaldeten, stark be-weideten Rappengrabens im Napfgebiet Einrichtungen geschaffen, um von 1900 an Niederschlag und Abfluss messen zu kön-nen. Engler und Burger haben die Einrichtungen ausgebaut und berichteten 1919, 1934 und 1943 in den «Mitteilungen» der Eidg. Anst. f. d. forstliche Versuchs-wesen über die Ergebnisse. Unterdessen sind auch in andern Ländern solche Unter-suchungen begonnen worden.

Das Verhältnis zwischen Nie-derschlag, Abfluss und Ver-dunstung ist beherrscht durch das Klima, die Bodengestalt, die Bodenart und durch die Art des Pflanzenwuchses der Ein-zugsgebiete. Der gut bewaldete Sperbel-graben und der schlecht bewaldete Rappen-graben zeigten im Mittel der letzten 15 Jahre folgende Bilanz:

Einzugs- gebiet	Nieder- schlag	Abfluss	Verdunstung
Sperbelgraben	1635 mm =	836 mm oder 50% +	849 mm oder 50%
Rappengraben	1736 mm =	1081 mm oder 62% +	655 mm oder 38%

Der Niederschlag ist also im etwa 75 m tiefer liegenden voll bewaldeten Sperbel-graben um 50 mm kleiner als im schlecht

bewaldeten Rappengraben. Im voll bewalde-ten Sperbelgraben ist das Abflussprozent um 12 % kleiner, also die Verdunstung um 12 % grösser als im schlecht bewaldeten Rappengraben. Auffallend hohe Abfluss-prozente liefern die Monate März bis Mai, gespiesen durch Winterwasservorräte in der Schneedecke und im Boden. In den niedri-gen mittleren Abflussprozenten des Som-mers kommt hauptsächlich der Wasserver-brauch der Vegetation zum Ausdruck. Nach Kittredge beträgt das Abflussprozent in den Einzugsgebieten Südkaliforniens nur 10—20 % der Niederschläge. Man müsse also versuchen, die hohen Verluste von 80—90 % herabzusetzen durch Auswahl einer wenig transpirierenden Pflanzenge-sellschaft, die doch genügend Schutz gegen Wind und Erosion biete.

Die Baumkronen halten Niederschlag zu-rück; Wurzelanläufe, Kräuter, Moose, am Boden liegende Äste, Zweige, Nadeln ver-langsamten den Oberflächenabfluss und be-günstigen die Einsickerung. Bei Versuchen sickerten 100 mm Niederschlag in 1 bis 2 Minuten in guten Waldboden ein, aber erst in 1 bis 3 Stunden in verhärteten Weide-boden. Unsere Versuche zeigten, dass bei gutem Waldboden selbst bei Hangneigun-gen von 75—85 % gar kein Oberflächen-abfluss erfolgt, bei hartem Weideboden aber 50—60 % des Niederschlages, Hoch-wasser und Erosion vermehrend.

Allgemein erreichen bei Gewittern und Landregen bei gefährlicher Lage, d. h. nach vorausgegangener nasser Witte-rung, die Höchstabflüsse im schlecht be-waldeten Rappengraben 30 bis 50 bis 100 und mehr Prozente mehr als im gut be-waldeten Sperbelgraben. Die grösste Hoch-wasserwelle erzeugte ein Gewitter mit etwa 35 mm Niederschlag vom 8. Juni 1930 mit nur 840 l/s per km² im voll bewaldeten Sperbelgraben und 3150 l oder rund viermal mehr im schlecht bewaldeten Rappengraben. Hochwassermildernd wirkt der Wald auch bei Tauwetterern.

Niederwasser werden in Einzugs-gebieten ohne Gletscher mehr oder weniger nachhaltig gespiesen von Senkwasser, das in Form von Bodenschweiss, von Quellen oder Grundwasser in Bäche oder Flüsse austritt. Die Niederwasser sind in erster Linie durch die Geologie des Einzugsgebietes be-dingt, aber auch vom Umstand, ob der

Niederschlag vorwiegend in den Boden versickere oder oberflächlich zum Abfluss gelange.

Da im stark beweideten Rappengraben-gebiet das Wasser weniger leicht in den Boden versickern kann als im gut bewaldeten Sperbelgraben, so haben wir immer nach einem Niederschlag zuerst einen höheren Abfluss im Rappengraben. Folgt dann eine Trockenzeit, so tritt im Mittel am 6. Tag in beiden Gebieten Gleichheit des Abflusses ein. Dann sinkt aber der Abfluss im schlecht bewaldeten Rappengraben rascher als im gut bewaldeten Sperbelgraben.

Ertrag und Nachhaltigkeit der Quellen sind bei gegebenen Niederschlägen vorwiegend durch die Geologie bedingt. Quellen aus dem Wald liefern meistens sehr reines Wasser, weil künstliche Verunreinigungen der Sammelgebiete im Wald selten vorkommen.

Der Frage der Erosion und der Geschiebeführung der Bäche und Flüsse ist vom Standpunkt der Wasserwirtschaft aus fast so grosse Bedeutung beizumessen wie dem Problem der Wasserführung selbst. Fliessendes Wasser ohne Geschiebe ist verhältnismässig harmlos. Sollen die grossen Werte, die in Stauseen angelegt worden sind, unserer Volkswirtschaft möglichst lange erhalten bleiben, so muss man zu verhindern suchen, dass sie sich bald mit Schutt füllen.

Bates und Henry haben im Wagon Wheel Gap gefunden, dass die Geschiebeführung nach dem Schlagen des Waldes um

sieben- bis achtmal grösser geworden sei. Vašek zeigte, dass in einem unbewaldeten Tal der Tschschei die Geschiebeführung 21mal grösser war als in einem vollbewaldeten Vergleichsgebiet. Im Mittel der letzten 32 Jahre lieferte der voll bewaldete Sperbelgraben 85 m³ Geschiebe pro Jahr und km², der schlecht bewaldete Rappengraben aber 145 m³ oder 70 % mehr.

Viele glauben, unsere Gebirge seien gut bewaldet; das stimmt leider nicht. Das Oberengadin bis Samaden ist nur mit 7 % bewaldet, aber fast 80 % der Fläche liegen oberhalb der Waldgrenze. Das Reusstal bis zum Vierwaldstättersee und das Aaregebiet bis zum Brienersee besitzen 9 % Wald, die Kander bis zur Simme 10 %, die Rhone bis zur Visp 12 %, wobei fast immer 55—80 % des Einzugsgebietes oberhalb der Waldgrenze liegen usw.

Volkswirtschaftliche und klimatische Verhältnisse werden auch in Zukunft der Wiederbewaldung der Einzugsgebiete gefährlicher Wildwasser verhältnismässig enge Grenzen ziehen. Bei der Bekämpfung der Hochwasser und der Geschiebeführung müssen deshalb Ingenieure, Land- und Forstwirte einträchtig zusammenarbeiten.

Man könnte sich vorstellen, dass es der Technik gelingen würde, unsere Wasserkraftwerke durch Atomkraftwerke zu ersetzen und das Holz durch einen andern Rohstoff. Was uns aber die Technik nie ersetzen kann, das ist die Wohlfahrtswirkung des Waldes. (Autoreferat)