

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 60 (1962)

Heft: 4

Artikel: Über Bodenentwässerung

Autor: Grubinger, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-217683>

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: 25.01.2026

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

Après la partie administrative, Monsieur le Dr G. Grosjean, professeur à l'Université de Berne et directeur du Musée alpin, donnera une conférence sur «Alte Vermessungsstrukturen in moderner Landschaft». Les hôtes seront les bienvenus à cette conférence.

Le Comité

Über Bodenentwässerung*

*Von Prof. Dr. H. Grubinger
Institut für Kulturtechnik der ETH, Zürich*

Ist die Bodenentwässerung im Zeichen der Umgestaltung der Landwirtschaft, der billigen überseeischen Nahrungsmittelproduktion eigentlich noch aktuell, oder aber gibt es wesentliche und auch anders geartete Gesichtspunkte, die sie noch immer und neuerdings als hydrotechnische, als kulturtechnische Maßnahme notwendig und wünschenswert erscheinen lassen?

Die Beantwortung dieser Frage führt uns mitten in eine kritische Betrachtung vielfältiger Gegebenheiten und Erfordernisse.

Gegeben ist uns die von geologischen Kräften geformte, in ewiger Umwandlung begriffene Landschaft mit den Bodenbildungen und der spezifischen Pflanzenwelt.

Erfordernis sind optimale Bodennutzungsmöglichkeiten, Schaffung, Erhaltung und Schutz von Siedlungen und Verkehrswegen unter Beachtung agrar- und staatspolitischer, aber auch finanzieller Erwägungen; dies alles eingespannt in das Regime ganzer Flußsysteme.

29 % des Schweizer Bodens sind *Acker- und Grünland*, etwa 17 % *Alpweide*. Von diesen insgesamt rund 19 000 km² sind nach rohen Schätzungen noch 500 km² vernäßt, aber nicht unbedingt drainagebedürftig. Stauber zählte 1944 etwa 1000 km² versumpfte Alpflächen und ebensoviel an vernäßtem Bergwald. Von 1950 bis 1961 wurden rund 110 km² mit einem Aufwand von 62 Millionen Franken drainiert. Bleibt man nur bei den 500 km², die noch land- und alpwirtschaftlicher Entwässerung und Konsolidierung bedürfen, zeichnet sich ein arbeitsmäßig und finanziell beachtliches Programm von 200 bis 300 Millionen Franken ab. Wenn auch die Agrarsituation zurzeit umfangreiche Flächenentwässerungen nicht als vordringlich erscheinen läßt, bleibt noch immer die große Aufgabe der Entwässerung in den Berggebieten, die für den Wasser- und Straßenbau, aber auch die Bewirtschaftung von Alpweiden und Wald wichtig ist. Man muß sich deshalb auch weiterhin mit den Möglichkeiten einer Senkung von Kosten und Arbeitsaufwand befassen und die Wirksamkeit der Maßnahmen durch Berücksichtigung der bodenphysikalischen Erfahrungen verstärken. Für den Ingenieur erscheint damit die Aufgabe im Bereich der Bodenentwässerung klar abgegrenzt.

* Einführungsvorlesung am 17. Februar 1962 an der ETH.

Die «schädliche» Bodennässe

zeigt sich in der Landschaft an mannigfachen *Symptomen*, je nach Jahreszeit und Witterung. In den Flußniederungen und den Schwemmlandebenen finden sich die großen Flächen, die regelmäßig überflutet wurden und infolge der Flußverwilderung versumpften. Doch auch längst gegen Hochwasser geschützte Flächen leiden häufig unter zu großer Nässe. Der Ackerbau ist dort behindert oder unmöglich gemacht und das Grünland von geringem Wert. Im Hügel- und Bergland dehnen sich die vernäßten Flächen an den Hängen und Terrassenflächen bis hoch hinauf aus. Versumpfung und kümmerliche Vegetation, Boden- und Massenbewegungen aller Art sowie Wildbachverheerungen sind der auffällige alpine Formenschatz bei schädlicher Bodennässe.

Die *Ursachen* dieser Erscheinungen wurden von der Bodenkunde und Hydrogeologie in vieljähriger Forschung weitgehend aufgedeckt und wären etwa folgendermaßen zu umschreiben:

- Die Vernässung als Folge mangelnder Abfuhr der oft hohen Niederschläge.
- Hohe wasserhaltende Kraft feinkörniger Böden oder gestörte Versickerung wegen undurchlässiger Schichten.
- Zeitweiser oder dauernd hoher Grundwasserstand infolge unzureichender Vorflut oder Rückstau.
- Fremdwasserzufluß als Tagwasservernässung oder Grundwasservernässung.

Einige wesentliche und typische Aufgaben der Bodenentwässerung seien nun unter Beachtung der komplexen Grundlagen erörtert.

Die klassische Drainage

wurde im 18. Jahrhundert in England entwickelt. Sir *Robert Peel* verglich ihre Bedeutung für die Landwirtschaft mit derjenigen der Dampfmaschine für die Industrie. An der geometrischen Drainanordnung hat sich bis heute wenig geändert. Während man sehr bald die jeweils günstigste DRAINTIEFE festzulegen verstand, erwies es sich als sehr schwierig, den Abstand der Rohrstränge voneinander, den *optimalen Drainabstand*, richtig zu bestimmen. *Dünkelberg* in Preußen war 1883 für «lokale und empirische» Festlegung; *Perels* in Wien suchte bereits 1877 nach Zusammenhängen zwischen dem Tongehalt der Böden und dem Drainabstand. Bis heute hat dieses Problem die Gemüter erhitzt. Die Lösung versuchte man einmal aus der Empirie, dann durch Klärung der physikochemischen Phänomene und schließlich auf dem Wege der theoretischen Hydraulik und der Modellversuche.

Die Wasserbewegung in den Bodenhohlräumen ist ein verwickelter, analytisch nur näherungsweise erfaßbarer räumlicher Vorgang. Man kann daher auch nicht mit der wahren Wasserbewegung rechnen, sondern mit der Filterströmung und setzt hiezu voraus, daß der in Betracht gezogene Bodenquerschnitt ausreichend groß sei,

um eine gleichmäßige Porenverteilung sicherzustellen. Diese Filtergeschwindigkeit $v_f = \frac{\text{Sickermenge } Q}{\text{Bodenquerschnitt } F}$ ist daher immer kleiner als die wahre Grundwassergeschwindigkeit. *Darcy* hat aus Versuchen das bekannte lineare Filtergesetz abgeleitet, wonach die durchsickernde Wassermenge dem Höhenunterschied zwischen Ein- und Auslaufspiegel proportional ist und $v_f = k_f \cdot J = k_f \cdot \frac{\Delta h}{l}$. J ist hierbei das relative

Druckhöhengefälle, k_f ist die Durchlässigkeit, welche mit der Filtergeschwindigkeit bei $J = 1$ identisch ist. Die Gültigkeit dieses Gesetzes setzt laminare Strömung voraus, welche bei $R_{\max} \leq 50$ noch gegeben ist und in den meisten Grundwasserleitern vorherrscht. Die Trägheitskräfte, die bei einer krummlinigen Wasserbewegung wirken und als quadratisches Glied in das Widerstandsgesetz eingehen würden (vgl. *Forchheimer*), können bei der laminaren Grundwasserbewegung vernachlässigt werden. Die Reynoldssche Zahl R ist abhängig vom spannungsfreien Porenraum, der Fließgeschwindigkeit und der kinematischen Zähigkeit der Flüssigkeit, also des Grundwassers. Als Grundwasser bezeichnet man bekanntlich nur das im spannungsfreien Porenvolumen zirkulierende und der Schwerkraft folgende Bodenwasser.

Die genannte Definition bringt nun eine formale Übereinstimmung der Grundwasserbewegung mit der ebenen krummlinigen Potentialströ-

Sickerströmung (stationär)
beeinflußt durch undurch-
lässige Schicht

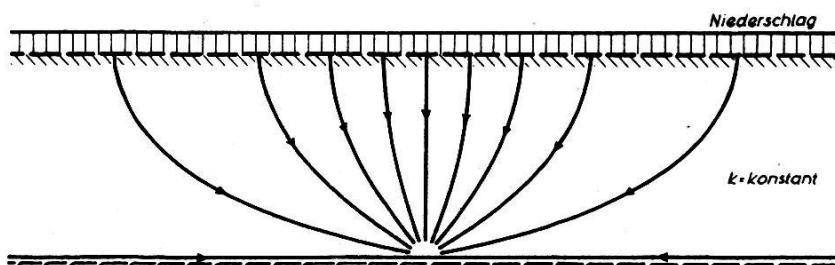
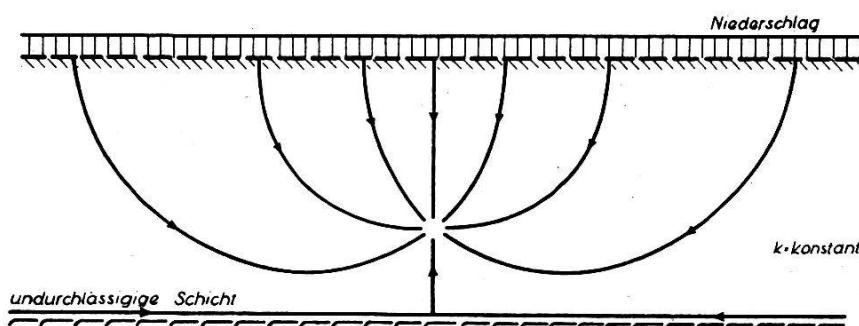
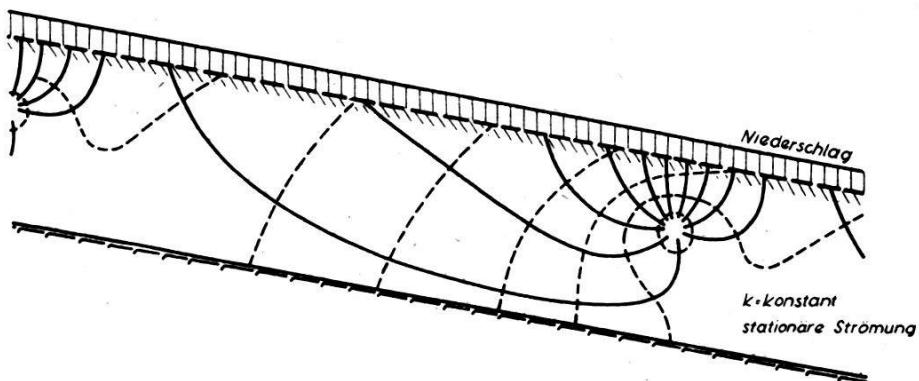


Abb. 1

Sickerströmung und Potentiallinien im geneigten Gelände



Sickerströmung bei verschiedenen durchlässigen Schichten

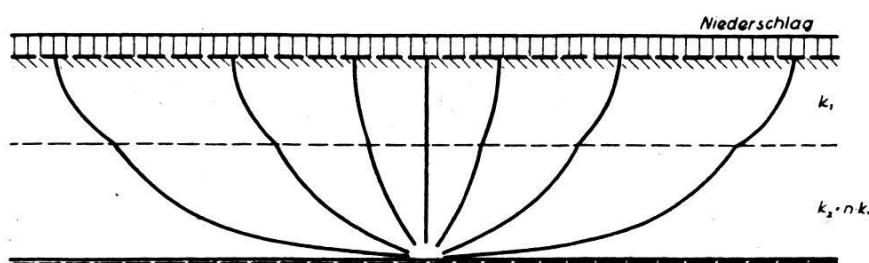


Abb. 2

mung einer idealen Flüssigkeit, wobei folgende Kriterien erfüllt sein müssen:

- ebene Bewegung, Wirbelfreiheit;
- stationäre (kontinuierliche) Strömung;
- homogener Strömungsbereich, entsprechend $k_f = \text{konst.}$

Somit wird es möglich, gewisse Grundwasseraufgaben exakt zu lösen.

Für mathematische Untersuchungen ist nach den in der Funktionentheorie begründeten Verfahren zur Lösung der Laplaceschen Differentialgleichung vorzugehen, wie dies *Forchheimer*, *Slichter*, *Dachler* und *Breitenöder* gezeigt haben. Praktische Grundwasseraufgaben sind infolge ihrer komplizierten Randbedingungen wenn überhaupt, so nur mit bedeuten-

dem Rechenaufwand zu lösen. Breitenöder geht deshalb den Weg der halbgraphischen Lösung mit Hilfe der konformen Abbildung und Darstellung von Geschwindigkeitsplänen. Bei komplizierten Strömungsvorgängen erhält man den erforderlichen raschen Einblick mit Hilfe von Versuchsanordnungen im Labor. Die Abbildungen 1 und 2 sind nach solchen Laborversuchen gezeichnet.

Der ideale stationäre Strömungszustand gegen ein Drainrohr entspricht einem unverzerrten Potentialfeld, wenn der Grundwasserspiegel zum Beispiel durch Nachlieferung aus Niederschlägen konstant über oder in Gelände Höhe liegt und der Grundwasserleiter seitlich und nach der Tiefe unbegrenzt homogen ($k_f = \text{konst.}$) ist. Rückt eine undurchlässige Schicht bei sonst unveränderter Anordnung in den Strömungsbereich und weiter auf die Höhe der Drainrohre, übt diese veränderte Berandung einen wesentlichen Einfluß auf den Strömungsvorgang aus. Kompliziert werden die Strömungsverhältnisse und der Rechnung kaum mehr zugänglich, wenn Gelände und Sohlschicht geneigt sind. Besteht anstelle der undurchlässigen Schicht nur eine Diskontinuität gegen ein an sich wieder homogenes Material abweichender Durchlässigkeit, erleiden die Stromlinien Ablenkungen entsprechend dem Brechungsgesetz. Für den praktischen Fall ist nun zu berücksichtigen, daß das Bodenwasser aber abgesenkt werden soll. Damit entsteht infolge veränderlicher Druckhöhe eine instationäre Strömung, und es kommt auch zu Schwingungen der Grundwasseroberfläche, wie man dies etwa bei Pumpversuchen mit plötzlichen Entnahmeschwankungen in den Standrohren sehr eindrücklich beobachten kann.

Nun gilt es aber einen großen Sprung zu machen, weg von der Rechnung, weg vom Laboratorium hinaus in die Landschaft, in die entwässerungsbedürftigen Gebiete. Betrachten wir in *Probegruben* da und dort die

Grundwasseroberflächen bei zunehmender Absenkung

(Schwingungerscheinung)

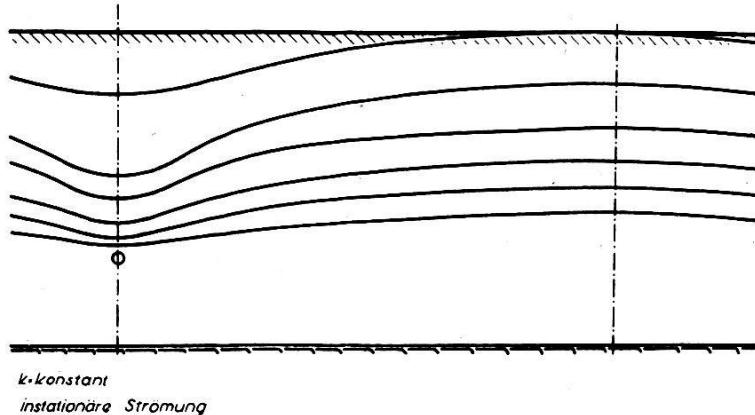


Abb. 3

Bodenprofile und gehen wir bei dieser Untersuchung über den schweizerischen Raum hinaus bis an die Meeresküste, entrollt sich ein vielfältiges Bild von *Bodentypen* und *Bodenarten*.

Vor einer weiteren Erörterung sei kurz festgehalten, daß Bautechnik und Landeskultur den Boden abweichend definieren. Nach *Terzaghi* ist Boden jede Anhäufung von Sediment oder nicht verfestigten Teilchen, die geologischen Verwitterungsdecken angehören und als Lockergesteine alle Kornklassen vom Block bis zum Ton umfassen, einschließlich der darin enthaltenen Flüssigkeiten und Gase. Die *Kulturtechnik* nennt hingegen Boden – im Sinne der modernen Pedologie – die oberste autochthone oder umgelagerte Verwitterungsschicht, welche pflanzliches Leben hervorzubringen vermag und die sich unter dem Einfluß der Standortsfaktoren in ständiger Umwandlung, in Entwicklung befindet.

Zur Charakterisierung der Böden hat die Bodenmechanik ein ganzes Arsenal von Begriffen und Kennwerten entwickelt. Der Entstehung nach sind die autochthonen Lockergesteine selten, die durch Wasser, Wind und Gletscher transportierten und umgelagerten hingegen weit verbreitet. Der Kornzusammensetzung nach gliedert man die Bodenarten als gleich- oder gemischtkörnig, also zum Beispiel Kies, Sand, Schluff, Ton, Lehm usw. Die Abgrenzung der einzelnen Kornklassen ist mannigfach variiert, geht aber im wesentlichen auf die Atterbergsche, wohl begründete Einteilung zurück*. Für das vorhandene Porenvolumen und die Porenverteilung, also auch die Lagerungsdichte, sind bei den losen rolligen Lockergesteinen Kornform und -verteilung sowie Vorbelastung bestimmd. Für die Bewegung des Bodenwassers allgemein und das Bestehen einer Grundwasserströmung im Sinne der Definition im besonderen sei als wichtig nur hervorgehoben, daß bei zunehmender Feinheit der Bodenteilchen und Poren der Einfluß der Schwerkraft zurückgeht. Bei bindigen Lockergesteinen werden Erscheinungen wie die Kapillarität oder das Quell- und Schrumpfvermögen gewisser Tone, die Sorption, die Flockung und Zerteilung der Bodenteilchen in einer Suspension, die Thixotropie und andere elektrokinetische Vorgänge wirksam. Neben den festen Körnern mit kristallinem Aufbau bestehen auch Verbundsysteme aus Material verschiedener Aggregatzustände, die nach *Freyssinet* als «pseudofest» bezeichnet werden. Hierher gehören die wasser- und lufterfüllten Böden als *Zwei- und Dreiphasensysteme*. Alle diese Erscheinungen und Vorgänge haben ihre Ursache in den Massenwirkungskräften kleinster Teilchen und der Brownschen Molekularbewegung und sind für das hydraulische Verhalten eines Bodens, für den Aufbau und die Beständigkeit eines gewissen Bodengefüges wesentlich.

Beschränken wir nun die Überlegung auf den Boden, wie Geologie, Bodenkunde und Biologie ihn verstehen, haben wir im Bodenprofil eine in *Horizonte gegliederte polydisperse Lockerschicht* vor uns, die aus dem

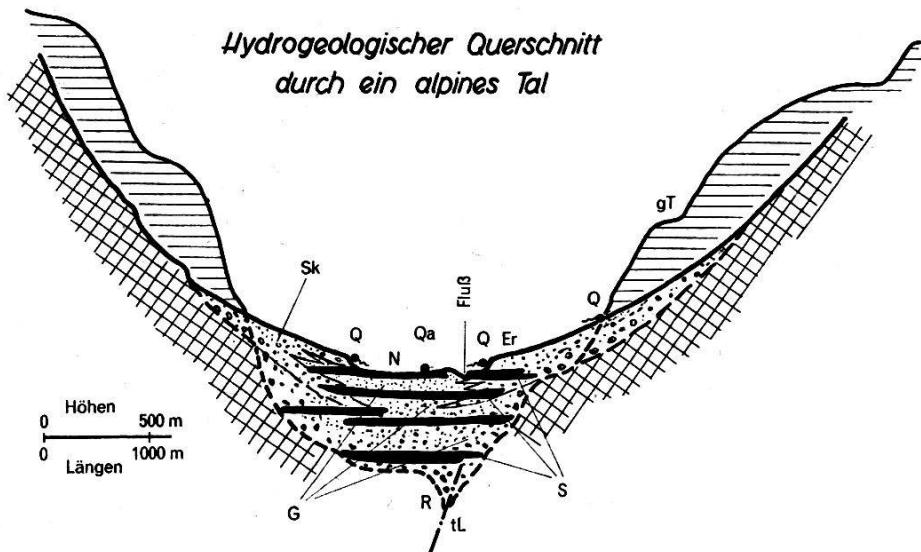
* Die Schweizer VSS-Normen verwenden nach den amerikanischen USCS-Normen statt der die Schlufrigkeit und Glätte des Materials auch sprachlich kennzeichnenden Bezeichnung *Schluff* den englischen Ausdruck *Silt*, der in der europäischen bodenkundlichen Literatur jedoch nicht eingeführt ist.

geologischen Substrat unter dem Einfluß geomorphologischer, klimatisch-hydrologischer und chemisch-biologischer Faktoren des jeweiligen Standortes eine Entwicklung zum gegenwärtigen Bodentypus und damit Bodengefüge durchgemacht hat, wie dies *Kubiena* und *Pallmann* in grundlegenden Synthesen gezeigt haben. Die Bodenentwicklung – strebe sie nun einem Reifezustand zu oder gehe sie in Richtung einer Degradation – manifestiert sich im ständigen Ablauf von chemischen Lösungs- und Fällungsprozessen, aber auch Flockungs- und Zerteilungsvorgängen im Gefüge, wobei der Einfluß der Pflanzendecke auf den Basenhaushalt, die Azidität und die schon oben genannten elektrochemischen Phänomene und bodenmechanischen Eigenschaften besonders genannt seien. Auch das Zusammentreten von mineralischen und organischen Bestandteilen zum Tonhumuskomplex, die Gefügeentwicklung und die schon genannten Sorptionskräfte wirken sehr stark auf den Wasserhaushalt der Böden.

Im Entwässerungsgebiet sieht sich der Kulturingenieur meist mehreren Bodentypen gegenüber, die standortbedingt auf geringe Entfernung wechseln und deren einzelne Horizonte in ihren bodenphysikalischen und sonstigen Eigenschaften stark variieren. Für die Beurteilung der Entwässerungsmöglichkeit treten nun neben die Theorie der Grundwasserströmung mannigfaltige gleichgewichtige bodenkundliche Faktoren. Da nur einzelne davon meßtechnisch exakt erfaßt werden können und selbst wieder komplex sind, muß die vergleichende Naturbeobachtung, wie sie etwa der Geologe oder Biologe treibt, einsetzen. Diese Arbeitsweise mag für ein hydromechanisch orientiertes Denken spekulativ und unexakt erscheinen, ist aber ebenso logisch und zielgerichtet und auch unentbehrlich wie jenes. Um sich laufend selbst prüfen zu können, ist jedoch ein gewisses Maß an Erfahrung unumgänglich. Der reine Praktiker mag die Empirie in diesem Fache allerdings auch heute noch manchmal überschätzen.

Die Abbildung 4 zeigt einen typischen Querschnitt durch ein alpines Tal. Die Talsedimente, die seit dem Rückzug der Gletscher entstanden, bestehen aus dem seitlich zugeführten Wildbachschutt, aus darübergebreiteten Flusschottern, aus Bergsturzmaterial, Schluff- und Ton-schichten in verlandeten Seebecken, abgeschnittenen Flusschlingen und Mooren. Die Korngrößensorierung zeigt alle Übergänge in Abhängigkeit von den Sedimentationsverhältnissen in den fließenden und stehenden Gewässern. Hochwasserereignisse und Verlegungen des Flussbettes können Ursache von ausgedehnten Ablagerungen sein, die bei neuerlicher Eintiefung wieder erodiert und anderswo deponiert werden. Da große Täler meist auch tektonisch ausgezeichnete Linien sind, muß man mit Schollenbewegungen und damit Lageveränderungen der Sedimente rechnen. Die aus alledem entstehende Verzahnung verschieden durchlässiger und geneigter oder gestörter Sedimentlagen verursacht verwirrende Grundwasserverhältnisse mit gelegentlich mehreren Stockwerken und gespanntem oder artesischem Grundwasser.

Homogenität des Grundwasserleiters war eine der Forderungen, damit die Filterströmung als Potentialströmung angesehen werden kann.



Erläuterungen:

- Er Erosionsrand (fluviatil)
- G Grundwasserstockwerke mit zum Teil gespannten Wässern
- N Vernähte Niederung mit Moorflächen
- Q Quellen
- Qa Aufsteigende Quellen
- R Tiefenrinne
- S Schluff- und Seetonlagen
- Sk Wildbach-Schuttkegel, Schotterfächer
- gT Glaziale Terrasse
- tL Tektonische Störungslinie

Abb. 4

Im Bereich eines Grundbauwerkes, eines Dammes oder Brunnens, wo man im allgemeinen auch über ein dichtes Netz von Untergrundaufschlüssen verfügt, wird für die Lösung der Strömungsaufgabe vielfach eine hinreichende Homogenität und klare Berandung vorausgesetzt werden können. Bei der großen Flächenausdehnung kulturtechnischer Entwässerungen streuen die Bodenkennwerte innerhalb des Perimeters in weiten Grenzen. Zur Schaffung der notwendigen Projektgrundlagen ist daher eine spezifische Arbeitsmethode anzuwenden, welche neben einer Bodenaufnahme im Gelände und Laborversuchen den *Felddurchlässigkeitsversuch* erfordert. Alle diese Ergebnisse und besonderen hydrologischen Erscheinungen, wie Quellhorizonte und Druckwasser, werden in einer *kulturtechnischen Bodenkarte* mit Versuchsberichten und Erläuterungen zusammengestellt. Im Verein mit einer pflanzensoziologischen Aufnahme oder Ertragsermittlung bildet diese Bodenkarte die Grundlage einer *Beweissicherung* oder *Erfolgskontrolle* in späterer Zeit. Die Bestimmung des k_f -Wertes, der Felddurchlässigkeit, bringt für die Ermittlung der Drainabstände die wesentliche Grundlage. Professor *Diserens* hat sich schon vor etwa 30 Jahren an der ETH mit der Frage der Feldmethode für die Ermittlung des k_f -Wertes befaßt. Dies in der Erkenntnis, daß Laborbestimmungen der Durchlässigkeit an Zylinderproben aus dem

durchwurzelten Bodenraum unbrauchbar sind. Allerdings ist auch für die Verwendung des Feld- k_f -Wertes eine lokale Homogenität des Bodens Voraussetzung. *Donat* in Wien hat das Verfahren in gleichmäßigen Alluvionen weitergeführt, theoretisch untermauert und Bemessungstafeln für die Praxis entwickelt. Es blieb den Holländern *Hooghoudt-Ernst* vorbehalten, in den einheitlichen Sedimenten ihres Landes die Bestimmung der Felddurchlässigkeit mit der Bohrlochmethode in den Jahren 1940 bis 1954 zu einem gut brauchbaren Verfahren auszubauen, das die Theorie der Grundwasserströmung berücksichtigt. Um so bedauerlicher aber, daß die Drainanweisung DIN 1185 auch in der neuen Ausgabe von 1959 noch daran festhält, die Korngrößen heranzuziehen, wie dies *Kopecky* und *Fauser* vor 40 Jahren und früher, entsprechend dem damaligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis, in die Praxis eingeführt hatten.

Was der praktische Ingenieur aus all diesen Erkenntnissen für sich entnehmen kann, möge anhand von Ergebnissen dargestellt werden, die sich nach Auswertung langjähriger, nun abgeschlossener Drainageversuche in Fußach an der Mündung des Rheins in den Bodensee abzeichnen. *B. Ramsauer* hatte diese Versuche 1946 angeregt, die dann unter Leitung des Bundesversuchsinstitutes für Kulturtechnik in Petzenkirchen in Niederösterreich eingerichtet und von *E. Schwendinger*, Landeswasserbauamt Bregenz, betreut und ausgewertet worden sind*.

In mehreren Drainagesystemen wurden bei konstanter Saugertiefe von 1,20 m die Grabenabstände von 10 bis 16 m variiert, die Grundwasser- und Standrohrspiegel an vielen Stationen laufend bestimmt und die Abflußmengen und sonstigen Meßgrößen ermittelt. Die Auswertung der Drainabflußhöhen in Millimetern pro Tag in Verbindung mit den zugehörigen Grundwasserständen in Zentimetern unter Gelände erbrachte eine sehr straffe Korrelation. Bei allen Systemen zeigte sich bei Versuchsbeginn auch bei großen Abflußspenden noch ein sehr hoher Grundwasserstand in Beetmitte. Im Verlauf von 10 Jahren verminderte sich diese Aufwölbung beträchtlich, was zweifellos auf ein erhöhtes Abflußvermögen im Boden hinweist. In der Drainformel von *Hooghoudt-Ernst* sind Durchlässigkeit und Aufwölbung in Beetmitte enthalten, so daß eine Rückrechnung der k_f -Werte versucht werden konnte. Die Untersuchung ergab, daß die Veränderungen alle Horizonte erfaßt haben und für die tiefen Lagen der k_f -Wert um zwei Zehnerpotenzen anstieg. Er entspricht damit viel grobkörnigerem oder größer porigem Boden, als der tatsächlichen Korngrößenverteilung zukäme. Nach k_f von 1948 wäre die Drainentfernung im vorliegenden Fall 11 m, nach k_f von 1959 jedoch 40 m. Mit diesen Versuchen scheint erstmalig die Gefügeveränderung des Bodens nach der Drainage in ihrer Wirkung zahlenmäßig nachgewiesen. Die Gefügeumwandlung geht dabei bis in Beetmitte. Beim System mit $E = 16$ m erfolgte die Strukturverbesserung langsamer als bei $E = 10$ m; am Ende der Versuchsperiode war der Vorsprung aber bereits aufgeholt. Es

* Für die Zustimmung der österreichischen Fachleute und Dienststellen, diese noch nicht veröffentlichten Erfahrungen hier teilweise erörtern zu können, sei bestens gedankt.

wäre nun zu prüfen, ob bei weiter gewähltem Anfangsabstand nicht durch *ergänzende Maulwurfdrainage* die vorerst zögernd einsetzende Gefügeumwandlung und damit Entwässerungswirkung beschleunigt werden könnte. Diesbezügliche Versuche sollen in diesem Jahre im Rheindelta einsetzen.

Ob man eine Fläche von Anfang an mit 10, 16 oder 25 m Abstand drainiert, hat letztlich Auswirkungen auf die Baukosten und das Tempo der Ertragsverbesserungen, damit aber auch auf die Einstellung der Grundbesitzer zur Melioration. Zum groben Vergleich sei erwogen, daß 1 ha Volldrainung mit $E = 10$ m heute etwa 6000 bis 7000 Franken kosten würde; bei $E = 25$ m würde sich der Betrag auf ungefähr 2300 Franken zuzüglich der Kosten für die Maulwurfdrainung im Mineralboden von etwa 200 Fr./ha*, das sind insgesamt 2500 Fr./ha, ermäßigen. Bei gleicher meliorativer Wirkung würde sich somit eine ganz bedeutende Kostenverringerung ergeben.

Abschließend wäre zur klassischen Drainage zu sagen, daß deren Probleme von der hydraulischen wie von der bodenkundlichen Seite her weitgehend geklärt sind; Entwicklungsarbeit ist heute noch bei den Bauarbeiten selbst notwendig sowie bei der Kombination mit der Moledrainage. Auch über Art und Maß der Gefügeveränderungen bei Röhren- und Moledrainage gibt es noch offene Fragen. Übrig bleibt, diese Erkenntnisse der Praxis in handlicher Form verfügbar zu machen und danach zu trachten, daß allgemein eingesehen wird, die Drainage sei nur ein Teil der Maßnahmen, die zur Ertragssteigerung führen. Die *landwirtschaftlichen Folgemaßnahmen* sind die logische Fortsetzung dieser Bemühungen, gleich wie die Pflicht zur Erhaltung der Anlagen.

Entwässerung bei hoher Sorption

Es ist bekannt, daß bei den oft in mächtigen Lagen vorhandenen feinkörnigen Meeres- und Glazialsedimenten, aber auch bei den Verwitterungsdecken auf Flyschgesteinen alle üblichen Arten der Entwässerung versagen.

In ungestörter Lagerung kennt man solche Böden beispielsweise als Knick im Marschgebiet in Küstennähe. Es sind dies Grundwassergleye mit äußerst dichtem Einzelkorngefüge ohne Kalk. Im Sommer trocknen diese Böden oberflächlich unter Rissebildung aus. Ein kapillarer Grundwasseraufstieg ist infolge des dichten Gefüges nicht möglich. Der hohe Gehalt an Natrium bedingt eine starke Wasserbindung, so daß die tiefen Schichten sehr hohen Wassergehalt haben und dementsprechend plastisch sein können. Die hohe Sorption verhindert jedoch jede Wasserabgabe an Drainstränge.

Aber auch glaziale und sehr kalkreiche Seetone, wie solche im Molassegebiet zu finden sind, zeigen häufig eine außerordentlich dichte Lage-

* Nach einer freundlichen Mitteilung von Oberingenieur Zollikofer von der Rheintalmelioration.

rung, die aus dem Gefüge und einer Vorbelastung abzuleiten sein wird. Pflanzenwurzeln reagieren bekanntlich sehr empfindlich auf Bodenverdichtungen; es sei nur an die Wirkung einer Pflugsohle etwa auf Rüben erinnert. In einem konkreten Falle von Hangrutschungen in mächtigen Feinsedimenten zeigte sich beim Ortsbefund, daß weder die Wurzeln krautiger Gewächse noch solche der Busch- und Baumvegetation tiefer als etwa 20 cm in den Boden eindrangen. Alle Wurzelsysteme waren flächenhaft angeordnet. Versuche über die Sauerstoffdiffusion* in diesem Boden bestätigten den Ortsbefund hinsichtlich der Unzugänglichkeit des Bodens für Pflanzenwurzeln. Etwa 50 Gewichtsprozente des Bodenwassers sind den Sorptionsversuchen zufolge mit mehr als 15 atü sorptiv gebunden. Diese Horizonte erbrachten Durchlässigkeiten mit $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$ cm/s, die zu den anderen Ergebnissen gut passen. Bestehende Drainstränge sind bei diesen bodenphysikalischen Verhältnissen faktisch unwirksam. Neue Drains können, wenn sie als Quersauger verlegt sind, Ursache neuerlicher Rutschstaffeln werden, da sich zufolge der Auflockerung des Bodens durch die Grabarbeiten Wassersäcke in tieferen Horizonten bilden, welche Ausgangspunkt zusätzlicher Plastifizierung sind. Die hier beschriebenen Böden trocknen auch oberflächlich stark aus und bekommen polygonale Schwindrisse, welche bei neuerlicher Benetzung der Bodenoberfläche Wasser in die tieferen Schichten gelangen lassen, diese mit der Zeit aufweichend. Unter dem Gewicht des auflastenden Bodens und infolge der Hangneigung sind Massenbewegungen auf dem plastischen Horizont weit verbreitet.

Ganz ähnliche Vorgänge sind aus dem Flysch bekannt, wo zum Beispiel durch das Anschneiden von Hängen im Zuge von Straßenbauten die völlige Durchnässung und Plastifizierung der tonigen Verwitterungsböden eingeleitet wurde. Die Aushubmassen sind wegen ihres zu großen Wassergehaltes als Dammschüttmaterial häufig nicht mehr geeignet und müssen auf die Deponie gekippt werden, wo sie zu fließen beginnen. Die immer wiederholten Versuche, mittels Sickersträngen zu entwässern, mußten aus den schon oben angeführten Gründen der zu starken Wasserbindung ohne Erfolg bleiben. Auf das Verfahren der Elektroosmose sei hier nicht eingegangen.

In allen diesen Fällen führt nur die eingehende Kenntnis der bodenkundlichen und bodenphysikalischen Besonderheiten einzelner Bildungen zu einem technischen Konzept. Neben dem Schutz vor Fremdwasser und Ableitung der Niederschläge *vor dem Beginn* jeglicher Aushubarbeit muß gleichzeitig mit mechanischen und biologischen Bodenbindungsmaßnahmen eine Gefügeumwandlung eingeleitet werden, wie man dies beim Knick durch Gips und Sandzufuhr erreichen kann. In Böden wie etwa den glimmerhaltigen Schluffen aus metamorphen Gesteinen müssen andere Wege gesucht werden, wie man zu einer Gefügeänderung kommen

* Die Sauerstoffdiffusion wird in Gramm Sauerstoff je Quadratzentimeter und Minuten bestimmt. Es ergaben sich Werte um $5,10^{-8}$ g O₂/cm² · min. Die Bestimmungen erfolgten unter freundlicher Beratung durch Dozent Dr. Richard an der Forstlichen Versuchsanstalt in Birmensdorf.

kann, in deren Gefolge eine größere Wasserbeweglichkeit die Drainentwässerung überhaupt erst möglich macht.

Weiträumige Bewässerung und Bodenversalzung

Üblicherweise wird die Entwässerung nur für den humiden Klimabereich als notwendig erachtet. Einige kurze Hinweise mögen jedoch zeigen, daß die Entwässerung auch in warmen und da besonders in semiariden und ariden Zonen dann erforderlich werden kann, wenn mit Hilfe intensiver Bewässerung Ackerbau und dieser meist in Form von Monokulturen betrieben wird.

In Steppengebieten wiederholt sich in natürlichen Böden ein komplexer Rhythmus von auf- und absteigenden Salzlösungen. Die herbstlichen Niederschläge oder aber Bewässerungswasser waschen die leicht löslichen Erdalkalisalze aus der Krume in den Unterboden. In der heiß-trockenen Jahreszeit bringen die von der Verdunstung angeregten hochsteigenden Kapillarströme die Salze wiederum nach oben. Der wechselnde Kohlensäuregehalt im Bodenwasser, die verschiedene Löslichkeit der Salze und deren Reaktionen in Abhängigkeit von dissoziierten Bodensäuren bewirken, daß das strukturgünstige Kalzium in die Tiefe gewaschen wird. Vornehmlich Natrium- und Kalisalze bleiben aber an der Oberfläche und sind dort für den Strukturverfall verantwortlich. Die Folge dieser Entwicklung sind strukturolose, undurchlässige Schwarzzalkali- oder Solonetzböden mit Salzausblühungen. Auch zulaufendes Fremdwasser bringt Salze mit, welche diese Entwicklung bis zum Solontschak verstärken können.

Die Zufuhr von Bewässerungswasser verbessert anfangs die Erträge, jedoch wird infolge des großen Wasserumsatzes und der vervielfachten Verdunstung die Alkalisierung des Bodens beschleunigt, das Gefüge zerstört und in der Tiefe die undurchlässige Gipsschicht verstärkt. Der Grundwasserspiegel wird angehoben, wenn zu reichlich berieselst wird und auch aus den Zuleitern viel Wasser in den Untergrund geht. Die Steppenbewässerung ist an weite Ebenen mit minimalem Gefälle gebunden, wo die Vorflut sehr mangelhaft ist. Antike und moderne große Bewässerungsvorhaben im Vorderen Orient und im Mittelmeergebiet, aber auch im westlichen Zentralasien und in Übersee haben mangels Kenntnis oder Beachtung dieser Vorgänge im Boden bedeutende Mißerfolge gebracht und die Versalzungstendenzen auf weiten Flächen nachhaltig verstärkt. Die Empfindlichkeit der einzelnen Kulturpflanzen gegen Salz ist bedeutend, wie dies *Van den Berg* an holländischen Gemüse- und Blumenkulturen nachwies. Um es gar nicht so weit kommen zu lassen, muß der alte Grundsatz aus der Zeit der Furchenbewässerung in Mitteleuropa: «*Keine Bewässerung ohne gleichzeitige Entwässerung!*», auch für die moderne intensive Bewässerungskultur, sei es nun Furchenbewässerung oder künstliche Feldberegnung, angewendet werden. Die Entsalzung der Böden kann nur bei ausreichender Durchwaschung erreicht werden, wofür eine systematische Entwässerung unerlässlich ist. Im humiden Gebiet lie-

fern die Niederschläge das durchspülende Wasser; in ariden Gebieten wird das Wasser jedoch von weit herangeführt und ist oft selbst schon ziemlich stark mit Salzen angereichert. Es sei betont, daß Maßnahmen der Be- und Entwässerung allein nicht dazu ausreichen, in Trockenklimaten einen geregelten Bodenwasserhaushalt und in der Folge eine gesicherte Nutzung zu gewährleisten. Fragen der richtigen Düngung, für welche ja auch die Auswaschungsgefahr besteht, des Verdunstungs- und Windschutzes, geeigneter Deckfrüchte zwischen den Hauptfrüchten und der Humuswirtschaft sind in alle Überlegungen mit einzuschließen.

Alp- und Berghangentwässerung

Von einer geologischen Betrachtung der komplizierten Lagerungsverhältnisse des jungen alpinen Gebirges und der Entstehung der vielfältigen Lockersedimente sei hier abgesehen, wenngleich jedes hydrologische und Rutschproblem im Bergland nur auf der Grundlage sicherer geologischer und geomorphologischer Aufnahmen erfolgreich angegangen werden kann. Ganz besondere Beachtung ist dem Gewässerregime zuzuwenden. Infolge der im Bergland großen Reliefenergie ist das Wasser ja allgegenwärtiges Agens.

Am Beispiel eines Berghanges, wie er etwa im Bündner Schiefergebiet bestehen könnte, seien die wesentlichen Erscheinungen erörtert. Von den Niederschlägen fließt ein großer Teil oberirdisch ab, versickert weiter unten in Lockermassen, kommt als Folgequellen wieder zu Tage und fließt in ungeregeltem Laufe schließlich zu Tal. Ein anderer Teil der Meteorwässer versickert im Auffanggebiet; das unterirdische Einzugsgebiet deckt sich häufig nicht mit dem oberirdischen. An undurchlässigen Horizonten treten diese Wässer als Einzelquellen oder ganze Quellreihen wieder aus und nehmen dann den gleichen ungeregelten Lauf wie die Tagwässer. Die Vernässung der Lockergesteine erfolgt zum einen durch Quell-

Berghangvernässung und Rutschungen in Schiefer- und Flyschgebieten

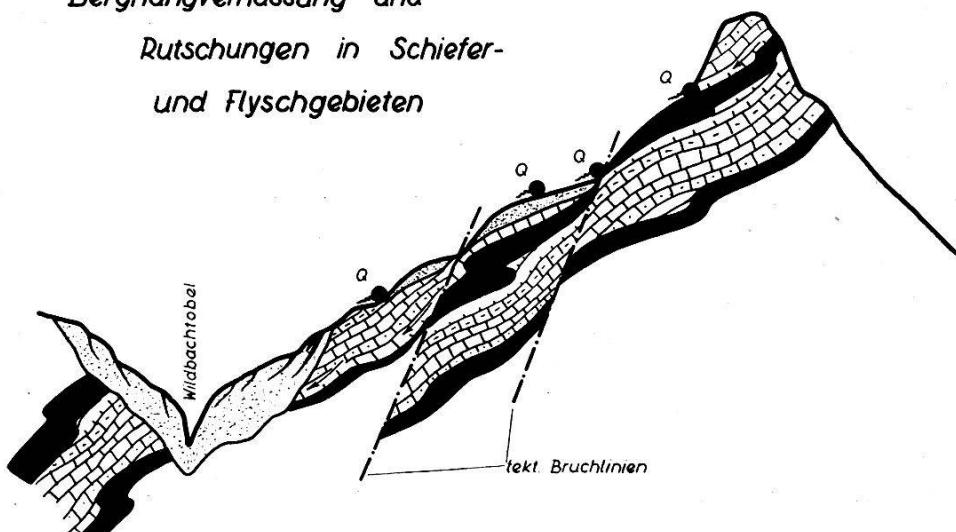


Abb. 5. Typenskizze

austritte direkt in diese, zum anderen durch Wasser, das in Bodenwunden, Trockenrissen und kleinen Mulden in die Tiefe dringt und langsam den Boden aufweicht. An bevorzugten Wasserbahnen werden einzelne Bodenhorizonte breitflächig fließplastisch. Bildet sich solch eine Gleitschicht zwischen Lagen des Festgestein, so kommt es zu Bergschlipfen und dem Absacken von ganzen Gesteinspartien, im anderen Falle zu Bodenfließen und allen Arten von Rutschungen. Nach neuesten Erfahrungen sind der Porenwasserdruck und das thixotrope Verhalten gewisser Feinböden für das Auslösen und die Weiträumigkeit von Bodenbewegungen mitentscheidend. In der Felsmechanik hält man die eingeschwemmten Schluff- und Tonpasten auf den Kluft- und Bankungs- oder Störungsfächen im Verein mit dem Kluftwasserdruck für die Ursache vieler Bewegungen.

Somit gilt im Bergland der Grundsatz ganz besonders, daß man die Ursachen einer Hangvernässung kennen und die Ansatzpunkte derselben finden muß. Angesichts der Aufgabenstellung und der von der üblichen Flächenentwässerung stark abweichenden Gegebenheiten muß auch der planende Ingenieur seine Arbeitsmethode weitgehend umstellen. Es beginnt damit, daß für oft große Gebiete nur bescheidenste Planunterlagen vorhanden sind. Das sonst übliche Erfordernis genauer Lage- und Höhenvermessung muß und kann auf einfache Tachymeterzüge reduziert werden; Luftbilder sind meist vorhanden. Die Vorarbeiten sind sehr umfangreich, oft auch zeitraubend und wären etwa in folgender Art zu gliedern:

- Kenntnis geologischer und morphologischer Verhältnisse; weiter das
- Studium der Wetterlagen und Gewässer zu allen Jahreszeiten;
- die Kartierung aller temporären und dauernden Wasseraustritte sowie der Gerinne;
- Messung und Schätzung der Abflußmengen;
- Aufnahme aller Bodenwunden und Symptome für Bodenbewegungen.

Da bei dieser Art der Melioration die eigentliche Alpfläche und der angrenzende Berghang vielfach als Einheit zu betrachten sind, wäre die Vorarbeit durch

- bodenkundliche und pflanzensoziologische Aufnahmen
- zu ergänzen.

Während im Flachland mit gewissen Einschränkungen die *systematische Anordnung von Saugern und Sammlern** den optimalen Entwässerungseffekt erwarten läßt, ist infolge der großen Veränderlichkeit aller wichtigen Faktoren im Bergland und dem Überwiegen geomorphologischer Einflüsse die rechnerische Projektierung praktisch unmöglich. Unter Beachtung, daß für solche Gebirgsbaustellen auch von der Seite der Bauorganisation und den Kosten besondere Erschwernisse einzukalkulieren

* Man vergleiche hiezu Bild 3 (Drainagegebiet Annamad) im Beitrag von H. Braschler, «Die große Melioration der Rheinebene ist abgeschlossen», in Heft 1/1962 dieser Zeitschrift.

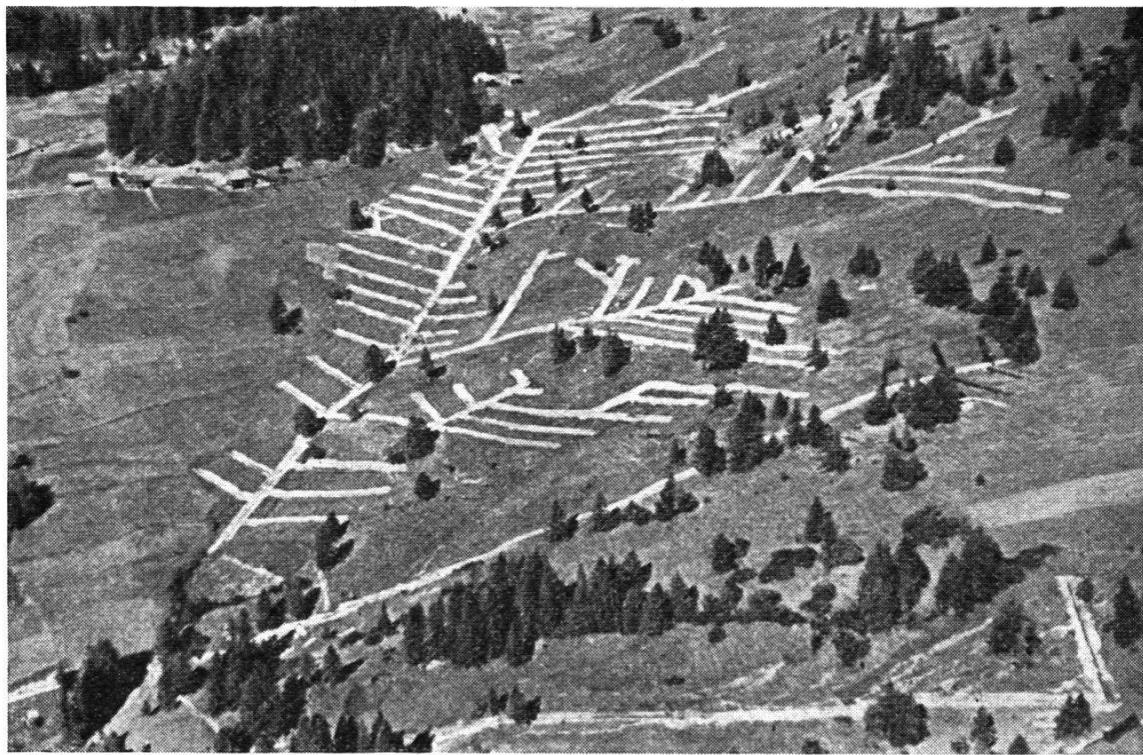


Abb. 6. Selektive Berghangentwässerung in Feldis/GR in 1800 m Höhe
(nach einem Dia von Dipl.-Ing. Schibli, Chur)

sind, kann der Konsolidierungseffekt nur in einer wohl systematischen, dabei aber *selektiven Entwässerungstechnik* liegen, die in wenigen Punkten zu umreißen ist:

- Schadlose Ableitung des Oberflächenwassers, in einfachen Gräben zusammengefaßt.
- Fassen aller Quellaustritte, die man für primär erachtet, und Ableitung in gesicherten offenen Gräben oder Drainleitungen.
- Bodenwunden und beginnende Rutschungen sind, wo immer möglich, einzuzäunen und vor Tagwasser durch Fanggräben zu sichern.
- Förderung der Pionierpflanzen bis zu einer geschlossenen Decke.
- Die größeren Gerinne sind mit den je nach Gefälle geeigneten Maßnahmen der Wildbachverbauung zu sichern. Auch hier ist nicht orthodox vorzugehen; der Erfolg wird in der Kombination technischer und biologischer Maßnahmen zu suchen sein.

Es würde sich nun empfehlen, den Erfolg dieser ersten Maßnahmen abzuwarten, da jetzt ja verschiedene noch nicht gefaßte Wasseraustritte versiegen und so erst die primären Quellen von den Folge- und Schuttquellen unterschieden werden können.

- In einer zweiten Etappe sind alle verbliebenen Naßstellen zu sanieren.
- Da auch die ursprünglich entwässerungsbedürftigen Alpflächen meist von dem eingeleiteten Wasserentzug betroffen werden, ist das Maß der Detaillentwässerung erst in der zweiten Etappe festzulegen.

Der *Staubersche Plan*, im Berggebiet nur zu «grabnen», wie dies die Bergbauern schon immer und erfolgreich machten, wird allein nicht zum Ziele führen, jedoch in vielen Fällen im Verhältnis zu den Aufwendungen große Erfolge bringen können. In großen Rutschgebieten nur einzelne alpwirtschaftlich interessante Flächen zur Melioration herauszugreifen, ist kaum zu verantworten. Der ganze Berghang ist als hydrologische Einheit zu betrachten, dann erst ist der Einsatz größerer Mittel gerechtfertigt. Für die Durchführung dieser Arbeiten wären einige Punkte anzumerken:

- Der Ingenieur darf nicht vom «grünen Tisch» aus projektieren. In ständigem Kontakt mit dem Gelände ist in den einzelnen Abschnitten über die jeweils besten Maßnahmen zu entscheiden.
- Nach alter Erfahrung werden Draingräben gegen das Wasser gegraben; bei starkem Wasserandrang und großem Gefälle wird man im steilen Gelände Quellen oft jedoch vorher fassen und provisorisch seitlich ableiten müssen.
- Für die Konsolidierung eines ganzen Berghanges sind Wasserfassungen im ganzen Bereich, Abflußregelungen in der Mittelzone und Stabilisierungen des Talbaches längs des Böschungsfußes vorzunehmen. Bei der Frage Arbeitsbeginn «oben» oder «unten» kann es nun wohl kein Entweder-Oder geben, sondern nur einen abgestimmten Plan sich gegenseitig unterstützender Maßnahmen.
- Das Bauen an extremen Standorten erfordert eine Modifizierung der Baumethoden, leichte und zweckmäßige Baumaschinen sowie leichte Baustoffe, wie sie zum Beispiel *Ziegler*, *Malans*, und andere in Form der Kunststoffrohre für die Drainung mit Erfolg anwenden.

Retention und Vorflut

Wer die Entwässerung vom Tiefland bis in die Gebirgsregion betreibt und zur Erreichung seines Ziels den oberirdischen Abfluß strafft und den Abzug des Bodenwassers beschleunigt, greift auf weiten Flächen und damit massiv in den natürlichen Wasserhaushalt ein. Werden Geschiebeherde in einem Einzugsgebiet beruhigt, gibt das Erleichterungen im Geschiebehaushalt des Flusses. Werden alle Niederschläge rasch zu Tal gebracht, vergrößert man die Hochwasserspitzen. Zum dritten aber verändern sich durch die Austrocknung weiter Flächen Mikro- und Lokalklima. Die Standortsfaktoren für die Vegetation, die oft in der Kampfzone liegt, werden radikalisiert.

Die Entwässerung läuft somit grundsätzlich den Forderungen nach Wasserrückhalt zuwider. Die natürliche Retention verringert den Hochwasserabfluß in mehrfacher Weise durch Wasserspeicherung im Boden, in der Pflanzendecke und den ausgedehnten Mooren; aber auch die porösen Locker- und Festgesteine speichern vorübergehend. Es ergäbe sich aus dieser Situation die bündige Forderung, daß mit jeder entwässernden und damit die Hochwässer verstärkenden auch eine die Retention begün-

stigende Maßnahme auszuführen wäre. Der wirtschaftende Mensch kennt aber nur eine «schädliche Bodennässe» und das Hochwasser als Unheil. Der Kulturingenieur hat jedoch nicht allein den Forderungen nach Entwässerung Rechnung zu tragen, sondern auch die Belange der Wasserwirtschaft im ganzen Flußgebiet zu beachten. Der Begriff «Wasserwirtschaft» muß dabei umfassend verstanden werden und geht weit über Kraftnutzungspläne hinaus; Wasserwirtschaft ist der Versuch, die vielfältigen Nutzungs- und Schutzwünsche in einem Flußgebiet auf die natürlichen Gegebenheiten abzustimmen.

Folgerungen

Die Bodenentwässerung ist heute nicht mehr allein eine technische Aufgabe im Sinne einer agrikulturtechnischen Melioration. Ihre differenzierten Methoden, aus der wissenschaftlichen Erkenntnis technischer und naturwissenschaftlicher Disziplinen und der praktischen Erfahrung entwickelt, kommen besonders im Bergland allen Bau- und Konsolidierungsmaßnahmen zugute. Damit aber fördert die Bodenentwässerung auch indirekt alle Bestrebungen nach Besitzfestigung und verbesserter Bodennutzung dortselbst. Wenn sich infolge der wirtschaftspolitischen Veränderungen der Schwerpunkt der Arbeiten in den Bodenentwässerungen derzeit von den großen Flächenentwässerungen ins Bergland verlagert, kommt der Forderung nach geeigneten Untersuchungs- und Konsolidierungsverfahren für den gesamten Aufgabenkreis größte Bedeutung zu.

So betrachtet, sieht sich der Kulturingenieur allein schon auf dem Gebiet der Bodenentwässerung mit der Verpflichtung belastet, immer das öffentliche Interesse, die wasserwirtschaftlichen Erfordernisse und den volkswirtschaftlichen Nutzen sowie auch die Pflege der Landschaft zur Richtschnur zu nehmen und dabei noch äußerst sparsam arbeiten zu müssen. Es ist aber nie zu vergessen, daß er *gegen* die Natur nichts vermag, *mit* der Natur aber in Kenntnis ihrer Gesetzmäßigkeiten bedeutende, wenn auch vielleicht keine in die Augen springenden Werke zum Nutzen aller vollbringen kann.

Literaturverzeichnis

- Blümel, F.*, «Bodenstrukturveränderungen durch Maulwurfdränung». Österreichische Wasserwirtschaft, Heft 11, 1956.
- Breitenöder und Zanker*, «Der Entzug des in Mineralböden eingedrungenen Niederschlagswassers durch die Drainung». Schriftenreihe des Kuratoriums für Kulturbauwesen, Heft 8, 1960.
- Diserens, E.*, «Beitrag zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens in natürlicher Lagerung». Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte, Nr. 7/8, 1934.
- Donat, J.*, «Die Saugstrangentfernung bei Dränungen in Mineralböden». Wasserwirtschaft und Technik 2 (28), Wien 1935.
- Ernst, L. F.*, «En nieuwe formule voor de berekening van de doorlaatfactor met de boorgatenmethode». Landbouwproefst. en Bodemkundig Inst. TNO, Groningen 1950.

- Grubinger, H.*, «Hydrologie des Gailtales». Unveröffentlichte Berichte für die Kärntner Baudirektion, Klagenfurt 1956/61.
- Gustavson, Y.*, «Die Strömungsverhältnisse im gedränten Boden». *Acta Agric. Suecana* II: 1, Stockholm 1946.
- Pallmann, H.*, «Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie». Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 128, 1948.
- Platzl, M.*, «Die Grundwasserverhältnisse im mittleren Ennstal». *Festschrift «100 Jahre Ennsregulierung»*, Verlag Natur und Technik, Wien 1960.
- Ramser, E.*, «Das neue Schema zur Klassifizierung der Böden auf den Dispersitätsklassen von Atterberg und neue kulturtechnische Untersuchungsmethoden». *Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie*, Heft 7, 1953.
- Schwendiger, E.*, «Der abgeschlossene Dränversuch in der Polderversuchsanlage Fußbach und die geplanten Versuche in Höchst im Vorarlberger Rheindelta». Unveröffentlichter Bericht für die 12. Kulturbauämtertagung in Linz 1961.
- Stauber, H.*, und *Kollbrunner, C. F.*, «Die Berghangentwässerung». *Technische Mitteilungen für Sappeur-Pontoniere und Mineure*, Heft 4, Zürich 1944.

Was heißt Spekulation mit bäuerlichem Grundbesitz?

Bn. Ein in der bernischen Gemeinde Aarwangen wohnhafter Landwirt, der Eigentümer eines Bauerngutes von 11,13 ha Fläche ist, verkaufte im Jahre 1960 den Hof zum Preise von 350 000 Franken an eine Immobilien-AG. Die amtliche Schätzung betrug 104 470 Franken. Im Kaufvertrag wird festgehalten, daß die Käuferin die Liegenschaft erwirbt, einerseits zum Zwecke der Überbauung derjenigen Grundstücke, die sich dazu eignen, und als Kapitalanlage bezüglich desjenigen Teiles, der weiterhin landwirtschaftlich genutzt wird.

Gegen den Kaufvertrag hat der Grundbuchverwalter von Aarwangen, gestützt auf Artikel 19 des Bundesgesetzes über die Erhaltung des bäuerlichen Grundbesitzes (EGG), Einspruch erhoben. Die Immobilien-AG bezwecke den gewerblichen An- und Verkauf von Liegenschaften, und es scheine, daß hier ein Güteraufkauf mit spekulativem Einschlag vorliege. Der Regierungsstatthalter von Aarwangen wies die Einsprache ab; doch wurde sie in der Folge im Gegensatz dazu vom Regierungsrat des Kantons Bern gutgeheißen. Der Regierungsrat nahm an, daß man es hier mit einem Spekulationskauf zu tun habe. Die Immobilien-AG rechne damit, auf einem Teil des Landes Bauten erstellen zu können und diese mit Gewinn weiter zu veräußern. Der vereinbarte hohe Kaufpreis könne nicht aus dem Bodenertrag verzinst werden, und er sei daher offensichtlich in spekulativer Weise auf eine künftige nichtlandwirtschaftliche Nutzung des Bodens abgestimmt.

Die Immobilien-AG wandte sich mit einer Verwaltungsgerichtsbeschwerde an das Bundesgericht mit dem Antrag, der Regierungentscheid sei aufzuheben und der Einspruch gegen den Kaufvertrag abzuweisen. Das Bundesgericht ließ sich bei der Urteilsberatung von folgenden Erwägungen leiten: