Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 94 (1976)
Heft: 21

Artikel: Zur Entwässerung nordalpiner Weidezonen
Autor: Petraschek, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73101

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: 22.07.2025

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

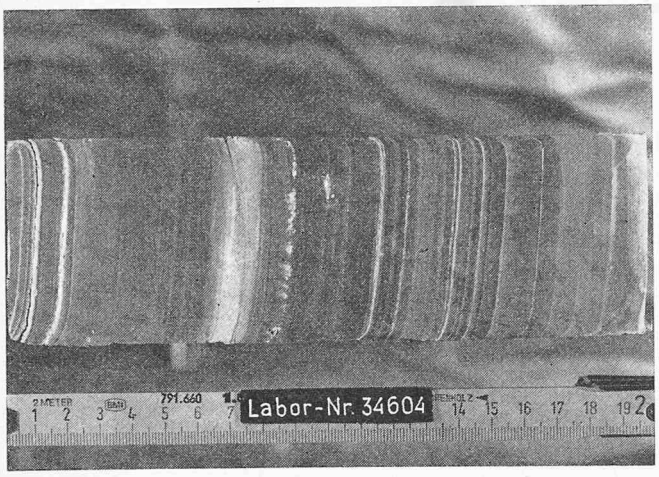

Bild 7. Aufgeschnittene und angetrocknete, ungestörte Probe des Seetons. Ausgesprochene Feinschichtung erkennbar

send am Institut für Grundbau und Bodenmechanik der ETH weitere Scherfestigkeitsuntersuchungen durchgeführt. Diese erfolgten zunächst mittels Ringscherversuch, welcher die Ermittlung des Winkels der Restscherfestigkeit nach einem frei zu wählenden Scherweg gestattet. Dieser Versuch wird von *F. Bucher* in seiner kürzlich erschienenen Dissertation «Die Restscherfestigkeit natürlicher Böden, ihre Einflussgrössen und Beziehungen als Ergebnis experimenteller Untersuchungen» (in: Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik ETH Zürich, 1975) ausführlich beschrieben und diskutiert. Als wesentlichster Punkt bei der Versuchsdurchführung sei lediglich erwähnt, dass die Proben in gestörtem, aufbereitetem Zustand untersucht werden müssen, was sich beim vorliegenden Seeton in der Zerstörung seiner Schichtstruktur auswirkte. Wie Bild 5 zeigt, liegt der mittels Ringscherversuch bestimmte Winkel der Scherfestigkeit Φ'_{rest} bei 21°, wobei kein nennenswerter Scherfestigkeitsabfall mit zunehmendem Scherweg erfolgte. Offenbar war durch das Vermischen der Materialsubstanz mit den vorhandenen aktiven Tonmineralien deren scherfestigkeitsvermindernder Einfluss erheblich verringert worden.

Als letzter Versuchstyp wurde der *Direktscherversuch* angewandt, wie er von F. Bucher in seiner vorerwähnten Arbeit auf Seite 30f beschrieben worden ist. Dieser Versuch ermöglichte nun den Einbau ungestörter Seetonproben und deren Abscheren parallel der Schichtflächen. Kornverteilung und Atterberggrenzen der dabei untersuchten Probe Nr. 34643 sind in den Bildern 3 und 4 speziell hervorgehoben. Wie aus Bild 6 ersichtlich ist, konnte der mittels Rückwärtsrechnung bei der Rutschung von 1966 errechnete und offenbar für den Seeton massgebende Winkel der Restscherfestigkeit nunmehr auch experimentell nachgewiesen werden und liegt bei $\Phi'_{rest} = 9°$. Durch diesen Versuch bzw. dessen Ergebnis wurde unsere Vermutung bestätigt, dass die massgebend scherfestigkeitsbestimmenden aktiven Tonmineralien innerhalb des Seeton-Komplexes in feinen Schichten angeordnet sind und erst bei Abscheren des Materials parallel bzw. innerhalb diesen Schichten ihre scherfestigkeitsvermindernde Wirkung voll zur Geltung zu bringen vermögen.

Folgerungen

Die in der Klus von Rondchâtel durchgeführten geotechnischen und bodenmechanischen Untersuchungen haben bestätigt, dass insbesondere bei schwierigen Böden allein technisch einwandfrei ausgeführte Kernbohrungen und ein problemorientierter Einsatz eines Erdbaulabors zu den erwarteten Ergebnissen führen kann. Dabei hat sich auch im vorliegenden Fall gezeigt, wie richtig interpretierte, wenig aufwendige Routineversuche im Erdbaulabor wie etwa die Bestimmung des Wassergehaltes, der Kornverteilung oder der Atterberggrenzen wertvolle Hinweise über das Scherfestigkeitsverhalten der Böden zu geben vermögen. Die Beschaffung geotechnischer Unterlagen für die Projektierung grösserer Bauvorhaben, wie sie im Gebiet der Klus von Rondchâtel in Auftrag gegebenworden sind, ist speziell beim Vorliegen schwierigen Baugrundes mit erheblichem finanziellem Aufwand verbunden. Dieser ist jedoch in Relation zum Baurisiko und zu den Baukosten zu beurteilen. Den Zementwerken Vigier AG, La Reuchenette, als Auftraggeber der vorliegenden Untersuchungen, sei an dieser Stelle für die Einwilligung zur Veröffentlichung der Versuchsdaten bestens gedankt.

Adresse der Verfasser: Dr. *U. Schär*, Geologe SIA, ASIC, und *H. Bruusgaard*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Geotechnisches Büro Dr. U. Schär, Zürich.

Zur Entwässerung nordalpiner Weidezonen

Von Dr. **A. Petrascheck**, Zürich[1])

DK 626.86

Die Notwendigkeit, allenthalben alte, unwirksam gewordene Entwässerungsanlagen auch in Grünlandzonen der nördlichen Voralpen der Schweiz wieder in Stand stellen oder neue Anlagen einrichten zu müssen, war Anlass einer Überprüfung der bisherigen Techniken, aber auch der Zielsetzung solcher Bodenverbesserungen. Gemäss einer Bestandesaufnahme von J. Gottesmann, 1972 [1], liegen in der nordalpinen Flyschzone der Schweiz rund 75000 Hektare meliorationsbedürftiges Grünland. Zudem führt der Wandel in der Struktur der Berglandwirtschaft und die Abwanderung einerseits sowie die enormen Kostensteigerungen auch bei Meliorationsbauten anderseits vermehrt zu Kosten-Nutzen-Überlegungen. Aus dieser umfassenden Bearbeitung in den Jahren 1964 bis 1973 sollen hiermit einige neue hydrologische und methodische Erkenntnisse vorgelegt werden, welche allgemeines Interesse finden könnten.

Zielsetzungen und Abgrenzungen

Der Zweck landwirtschaftlicher Entwässerungen wird heute zum einen in der *Ertragssteigerung*, zum anderen in der Erleichterung der Bewirtschaftung durch eine Verbesserung der *Befahrbarkeit* und der *Trittfestigkeit* gesehen. Sie ist damit eine wesentliche Grundlage für die Rationalisierung und Strukturverbesserung für gewisse Formen der Berglandwirtschaft. Es sei nur an die Bestrebungen erinnert, von gross-

[1]) Angesichts der Bedeutung dieser Frage veranlasste das Eidgenössische Meliorationsamt Bern das Institut für Kulturtechnik der ETH Zürich unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. *H. Grubinger* mit der Abklärung der meliorationstechnischen Grundlagen der sogenannten Flyschentwässerung zu betrauen. Dieser Forschungsauftrag wurde nun abgeschlossen [2, 3]. Dieses Manuskript wurde am 10. Dezember 1973 eingereicht.

flächig-extensiver Bewirtschaftung auf die intensive Nutzung kleinerer arrondierter Flächen überzugehen. Die Unterscheidung der Zielsetzung in eine Verbesserung des Ertrages und eine Erleichterung der Bewirtschaftung ist insofern von Bedeutung, als im ersten Falle die Ansprüche der Pflanzen an die Bodendurchlüftung, im zweiten Fall die mechanischen Eigenschaften des Bodens für das Ausmass des erforderlichen Eingriffes in den Bodenwasserhaushalt bestimmend sind.

Die Untersuchung wurde auf die Flyschzone beschränkt. Daraus ergeben sich folgende *allgemeine Randbedingungen:*

- Die Flächen liegen zwischen 800 und 1400 m ü. M. am Hang und sind geneigt
- Die mittleren Jahresniederschläge betragen zwischen 1200 und 2000 mm, wobei die Monate Juli und August meist ein Niederschlagsmaximum aufweisen
- Die Vegetationsperiode umfasst in der Regel den Zeitraum von Anfang Mai bis Ende September
- Die Böden sind schwer durchlässige Gleye und Pseudogleye, wobei ein hoher Tonanteil deren Eigenschaften weitgehend bestimmt
- Auf Grund der topographischen und klimatischen Gegebenheiten kommt als Kulturart praktisch nur Grünland (Mähwiesen, geregelte Weiden) in Frage.

Für die Beobachtungen und die hier vorgelegten Ergebnisse gelten zudem die *besonderen Randbedingungen* eines klar definierten Versuchsfeldes:

- Eigenvernässung aus den Niederschlägen (also kein ober- oder unterirdischer Zutritt von Fremdwasser)
- Hangneigung (20 %)
- schwer durchlässiger Boden (Felddurchlässigkeit $K_s \approx 5 \cdot 10^{-5}$ cm/s)
- Nutzung als Mähwiese.

Es sei daran erinnert, dass die Auswahl der verschiedenen Massnahmen zur Bodenentwässerung von den *Vernässungsursachen* abhängen muss. Die hierfür anzuwendenden Grundsätze und das besondere Vorgehen bei der Berghang-Entwässerung sind in [4] beschrieben.

Versuchsfragestellung

Man kann den zwischen zwei Drains liegenden Bodenkörper als Wasserspeicher betrachten, dessen Eigenschaften durch das Porensystem des Bodens bestimmt werden. Dieser Speicher wird durch die Niederschläge gefüllt. In der dem Regen folgenden Entwässerungsphase wirken Schwerkraft und Evapotranspiration wasserentziehend. Die Kapillarkräfte im Boden – charakterisiert durch die Desorptionskurven – verhindern eine rasche Wasserabgabe.

Ein mathematisches Modell zur Erfassung der Wasserbewegung zum Drain bei Berücksichtigung des Desorptionsverhaltens des Bodens wurde von *F. Richard* [5] veröffentlicht. Bei kleinen Durchlässigkeiten wird die Wasserbewegung zum Drain jedoch immer gering sein. Von einer praktisch bedeutsamen Drainwirkung kann daher nur gesprochen werden, wenn der Wasserentzug durch den Drain nicht wesentlich von dem Wasserentzug durch die Pflanzen übertroffen wird. Im Feldversuch sollte daher das Verhältnis zwischen «Biologischer Entwässerung» (Evapotranspiration) und «Gravitationsentwässerung» (Wasserbewegung zum Drain) quantifiziert werden.

Den entscheidenden Unterschied zur Entwässerung in der Ebene bildet das Auftreten des Oberflächenabflusses. Muss in der Ebene die gesamte Niederschlags*summe* im Boden versickern, so ist am Hang für die Infiltrationsmenge die Niederschlags*dauer* von grösserer Bedeutung, denn Infiltration findet nur während des Regens und unmittelbar danach statt, solange noch ein dünner Wasserfilm die Bodenoberfläche bedeckt. Langfristige Überstauungen des Geländes sind daher auch bei grossen Niederschlagsereignissen in Hanglagen nicht möglich. Eines der Hauptziele des Forschungsauftrages war es daher, die Bedeutung des Oberflächenabflusses für den Wasserhaushalt des Standortes zu erfassen.

Aus den Anforderungen der Pflanzen an den Standort ergibt sich noch die Frage nach dem notwendigen Ausmass des Eingriffes. Da die Pflanzenwurzeln kein Zuviel an Wasser, sondern nur ein Zuwenig an Bodenluft kennen, war zu untersuchen, bei welchen minimalen Luftgehalten noch ein gutes Wachstum möglich ist.

Versuchsdurchführung

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde in einem Feldversuch eine ursprünglich homogene und immer gleich genutzte Fläche in eine drainierte und eine nicht drainierte Hälfte geteilt. Die auf den Teilflächen festgestellten Ertragsunterschiede sind ein Mass für die Drainwirkung, da alle anderen Faktoren wie Nutzung, Witterung und Boden gleich sind. Die ausgewählte Versuchsfläche (Gurnigelbad im Kanton Bern, Landeskoordinaten 600750/178550) kann in bezug auf die Bodeneigenschaften zu den «günstigeren» Flächen der Flyschzone gezählt werden, so dass die Drainage gerade hier deutliche, gut messbare Unterschiede zeigen sollte. Mit 6 m wurde der engste wirtschaftlich vertretbare Drainabstand gewählt [1]. Die gemessenen Unterschiede dürften daher zu den grössten erzielbaren zählen.

Das Versuchsfeld liegt auf etwa 1200 m ü. M., ist nordwest exponiert und geneigt. Der mittlere Jahresniederschlag kann mit 1400 mm angenommen werden. Die Felddurchlässigkeit des Gleybodens wurde mit $5 \cdot 10^{-5}$ cm/s bestimmt. Die Korn-

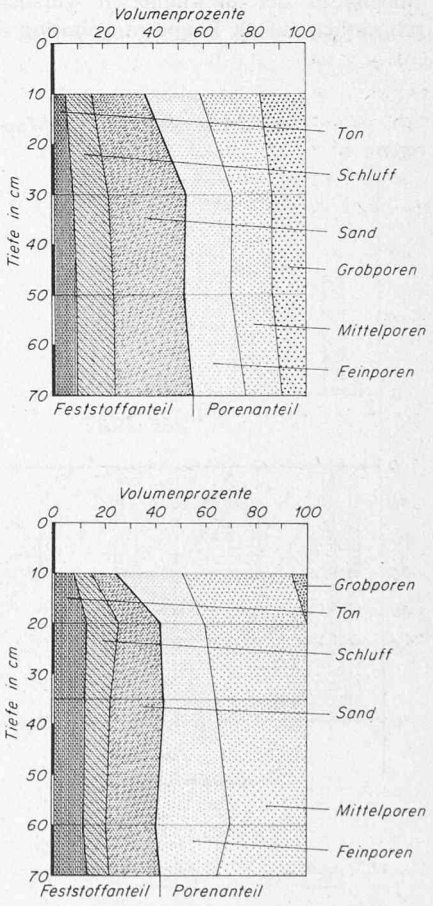

Bild 1. Bodenprofile Gurnigelbad

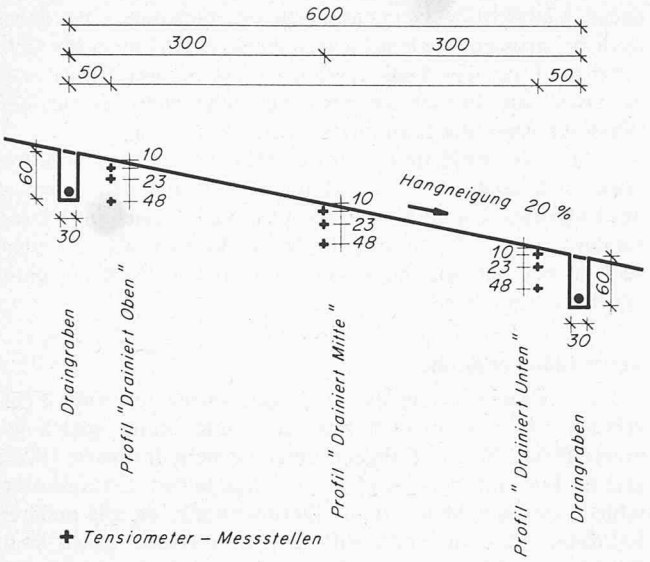

Bild 2. Anordnung der Messstellen im Querprofil (Tensiometer). Die Messungen der Bodendurchlässigkeit, der Grundwasserspiegellage sowie die Entnahme der ungestörten Bodenproben erfolgte nach derselben Anordnung (Masse in cm)

grössen- und Porenverteilung kann dem Bild 1 entnommen werden.

Laufend registriert wurden der Niederschlag, der Drainabfluss und der Oberflächenabfluss der nicht drainierten Flächen. Zur Bestimmung der Bodenfeuchte wurden Tensiometermessungen in 10, 23 und 48 cm Tiefe durchgeführt. Die räumliche Anordnung im Drainbeet ist aus Bild 2 ersichtlich. Da in rund 60 cm Tiefe eine undurchlässige Schicht ($K < 10^{-6}$ cm/s) angenommen werden kann, ist die Wasserabgabe des Bodens in der undrainierten Versuchsfläche nahezu ausschliesslich auf die Evapotranspiration zurückzuführen.

Versuchsergebnisse

Einen guten Einblick in das Feuchteregime des Standortes gewährt Bild 3. Darin erkennt man:

- Der Verlauf der Bodenfeuchte folgt sehr genau dem Verlauf der Niederschläge. Diese starke Dynamik wird bedingt durch das geringe Speichervermögen des Standortes
- Niederschläge von über 20 mm brachten ausser nach sehr langen Trockenperioden eine Sättigung des Bodenprofils
- Es lassen sich deutlich die sehr kurzen Phasen der Befeuchtung und die bis zum nächsten Regenfall dauernden Phasen der Entwässerung erkennen. Die Befeuchtung ist bald nach Regenende abgeschlossen
- In den Entwässerungsphasen zeigen die aufwärts gerichteten Gradienten ein Überwiegen der Evapotranspiration an.

Da Profilsättigungen im Verlauf einer Vegetationsperiode häufig erfolgen, wurde keine langfristige Beobachtungsreihe erstellt. Vielmehr wurden die Entwässerungsphasen nach dem Ende von Starkregenfällen möglichst intensiv untersucht, da gerade in diesen Perioden die Drainage ihre Wirkung zeigen sollte. Um vergleichbare Darstellungen zu erhalten, wurde in den Bildern 4 bis 6 der Zeitpunkt des Regenendes als Nullpunkt der Zeitabszisse gewählt. Ein Teil der Streuung der Messergebnisse ist darauf zurückzuführen, dass wegen kleinerer Nachregen dieser Zeitpunkt nicht immer klar zu definieren war und dass die Ausgangslage des Wasserspiegels zum gewählten Zeitpunkt etwas variierte.

Die wichtigste Grösse zur Charakterisierung der Bodenfeuchte ist die Lage des Grundwasserspiegels. Da das Hauptinteresse im Vergleich der verschiedenen Profile liegt, wurden in Bild 4 nicht die absoluten Tiefenlagen, sondern die Differenzen zwischen der undrainierten Fläche und den Profilen im Drainbeet dargestellt. Die Abszisse entspricht daher der Lage des Grundwasserspiegels im Undrainierten; auf der Ordinate wurden tiefere Lagen als positive Abweichungen aufgetragen, die die erwartete Drainwirkung aufzeigen. Aus Bild 4 ist ersichtlich:

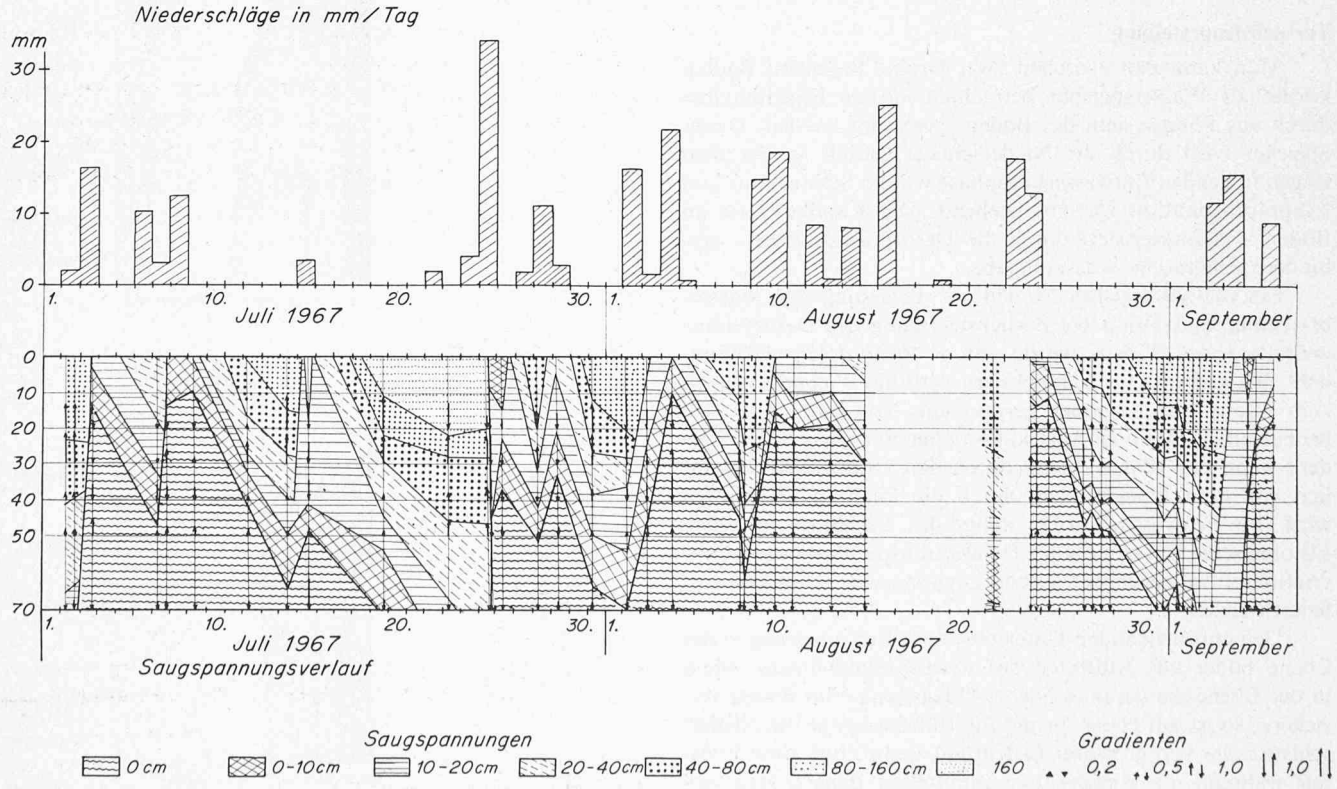

Bild 3. Saugspannungsverlauf in Drainbeetmitte

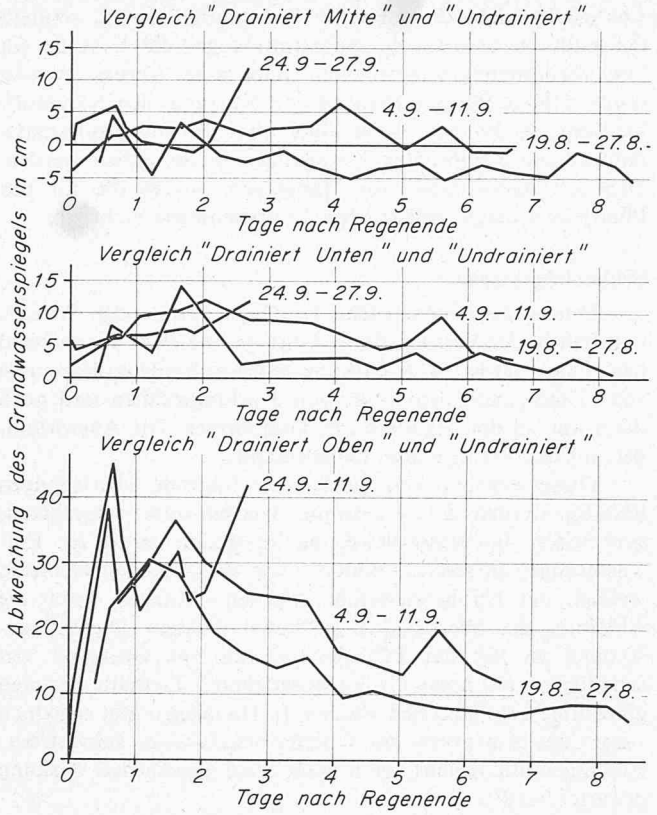

Bild 4. Vergleich der Grundwasserspiegellagen der Drainfläche mit der nicht drainierten Versuchsfläche. Die Abszisse entspricht der Lage des Grundwasserspiegels im undrainierten Vergleichsfeld. Positive Abweichungen bedeuten tiefere Grundwasserspiegellagen

- Die Messstelle «Drainiert Mitte» zeigt positive und negative Abweichungen in der Grössenordnung von 5 cm. Das bedeutet, dass kein Draineinfluss für diese Messstelle nachweisbar ist und der Drainabstand zu gross gewählt wurde
- Die Messstelle «Drainiert Unten» zeigt geringfügig, aber eindeutig immer tiefere Grundwasserspiegellagen. Es kann somit von einem schwachen Draineinfluss gesprochen werden
- Die Messstelle «Drainiert Oben» zeigt einen deutlichen Draineinfluss, der nach zwei Tagen sein Maximum erreicht. Zu diesem Zeitpunkt ist der Grundwasserspiegel auf etwa 45 bis 50 cm Tiefe – also auf die geodätische Höhe des naheliegenden oberen Drains – gefallen, die eigentliche Drainwirkung endet zu diesem Zeitpunkt.

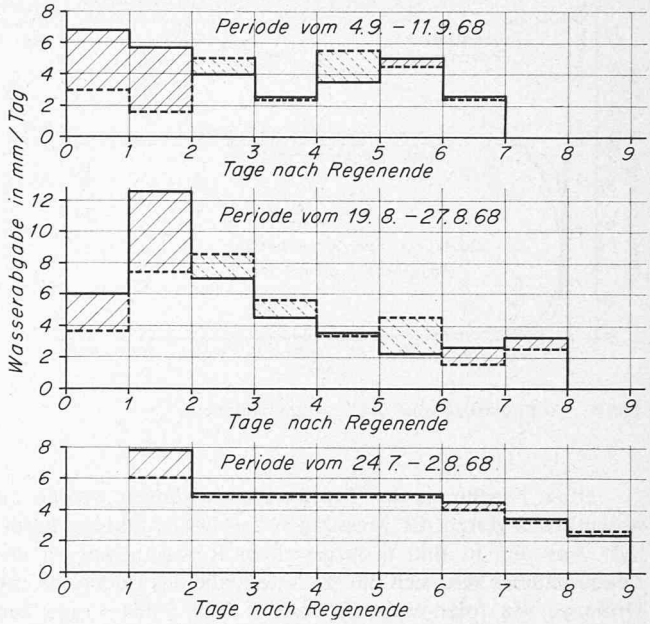

Bild 5. Tägliche Wasserabgaben der Drainfläche und der undrainierten Vergleichsfläche für drei typische Austrocknungsperioden. Ausgezogene Linie: Mittelwerte drainiert; gestrichelte Linie: Mittelwerte undrainiert

Aus den mit dem Tensiometer gemessenen Saugspannungen kann über die Desorptionskurve der Wassergehalt und somit die Wasserabgabe zwischen zwei Ablesungen berechnet werden. In Bild 5 wurden die aus den Tensiometermessungen berechneten täglichen Wasserabgaben der Drainfläche und der undrainierten Vergleichsfläche für drei typische Austrockungsperioden dargestellt. Es zeigt sich:

- Nur in den ersten zwei Tagen überwiegt die Wasserabgabe aus dem Drainbeet merkbar
- Die Evapotranspiration nimmt mit zunehmender Dauer der Trockenphase ab (Verknappung des Wasserangebotes)
- Die Evapotranspiration, ersichtlich aus dem Profil «Undrainiert», ist die dominierende Grösse im Bodenwasserhaushalt.

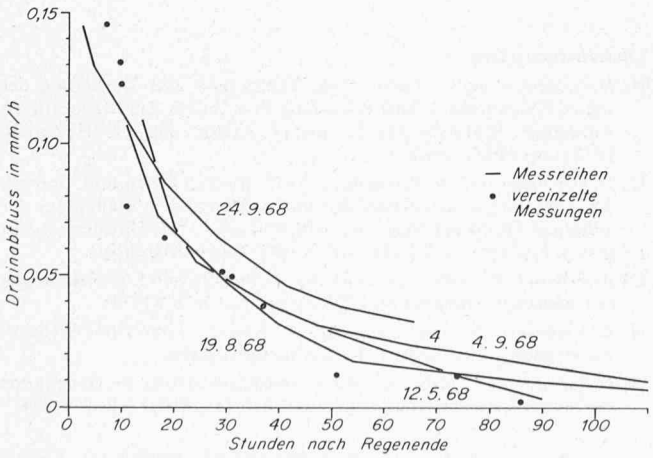

Bild 6. Drainabfluss Rezessionskurven für Gurnigelbad, Schacht S 5

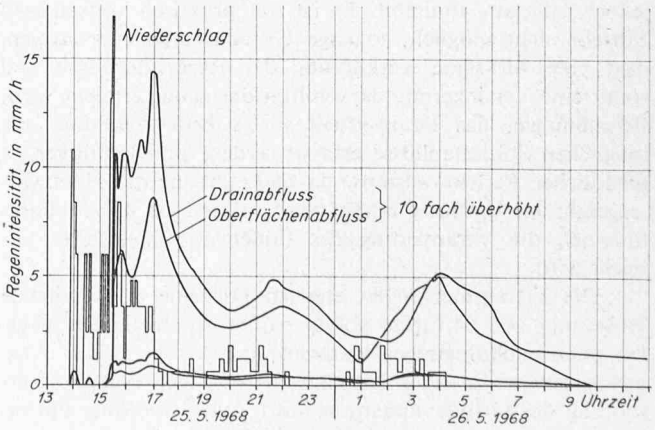

Bild 7. Abflussganglinien während eines natürlichen Regens. Die beiden unteren Ganglinien zeigen den Drain- und Oberflächenabfluss im gleichen Massstab wie den Regen

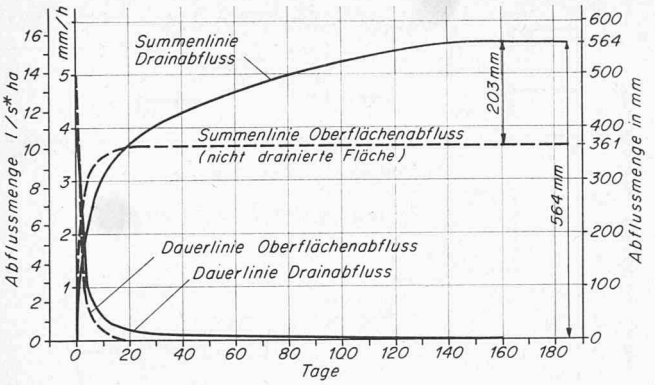

Bild 8. Abflussdauer- und Abflusssummenlinie

Diese Ergebnisse der Tensiometermessungen werden im wesentlichen durch die Messungen des Drainabflusses bestätigt. Aus den in Bild 6 dargestellten Rezessionskurven des Drainabflusses lässt sich die Wasserabgabe des Bodens an die Drainage wie folgt ermitteln: am 1. Tag 3 bis 4 mm; am 2. Tag 1,5 bis 2 mm; am 3. Tag rund 0,8 mm; am 4. Tag rund 0,2 mm.

Da die Evapotranspiration nach Bild 5 mit rund 4 mm/Tag angenommen werden kann, ist der Einfluss des Drainabflusses auf den Bodenwassergehalt ab dem 3. Tag nicht mehr nachweisbar.

Während des Regens besteht, wie Bild 7 zeigt, ein enger Zusammenhang zwischen Niederschlag, Oberflächenabfluss und Drainabfluss. Das bedeutet, dass der Drainabfluss vor allem durch direkt über dem Draingraben versickerndes Oberflächenwasser gebildet wird. Die Spitzen können sehr hoch sein (gemessene Höchstwerte über 7 mm/h) und treten fast gleichzeitig mit den Regenintensitätsspitzen auf. Ihre Bedeutung ist am besten aus Bild 8 ersichtlich. Die Abflussmenge von 1 mm/h (= 2,7 l/s · ha) wird nur während 2,3% der Zeit (Vegetationsperiode 1968) überschritten. In diesem kurzen Zeitraum fliessen jedoch 38% der Wasserfracht ab. Zur Hälfte der Zeit lagen die Drainabflüsse unter 0,05 mm/h, in dieser Hälfte sind jedoch nur noch 7,4% der Wasserfracht abgeflossen. Die Spitzenabflüsse sind daher von grosser hydrologischer Bedeutung für den Gesamtwasserhaushalt des Standortes, jedoch von äusserst geringer Bedeutung für den Bodenwasserhaushalt. Wie Bild 8 zeigt, fliessen ja rund 2/3 des Drainabflusses auch ohne jegliche Entwässerungsmassnahmen als Oberflächenabfluss ab und müssen in der Bodenwasserbilanz nicht berücksichtigt werden. Eine theoretische Untersuchung und die Feldversuche [3] zeigten, dass der Oberflächenabfluss nach Regenende, anfangs sehr rasch, später jedoch langsam abnimmt. Es ist mit praktisch vertretbaren Mitteln nicht möglich, so enge Grabenabstände anzulegen, dass eine wirksame Verkürzung der Rezessionsphase und somit eine Verringerung der Infiltrationsmenge erreicht wird. Bemühungen, das Drainsystem so zu bemessen, dass alle möglichen Spitzenabflüsse erfasst werden, sind unnötiger, ja schädlicher Perfektionismus, da dadurch nur die Hochwassergefahr im Vorfluter erhöht wird, ohne dass das Meliorationsziel, die Veränderung des Bodenwasserhaushaltes, erreicht wird.

Die Ertragsmessungen ergaben nur eine unbedeutende Steigerung von 64,1 q/ha auf 66,3 q/ha durch die Drainage. Die pflanzenökologischen Untersuchungen zeigten, dass Wasserüberschuss zu einer Verschlechterung der Nährstoffversorgung der Grünlandpflanzen führt. Viele wertvolle Futterpflanzen versorgen sich durch Ausbildung eines Luftleitgewebes, unabhängig von der Bodendurchlüftung selbst mit dem für das Wachstum der Wurzeln notwendigen Sauerstoff. Für sie ist nicht die schlechte Bodendurchlüftung, sondern der dadurch verursachte Nährstoffmangel die Ursache für ihre Verdrängung von feuchten Standorten. Verbessert man durch richtige Pflege (Düngung und Nutzung) den Nährstoffhaushalt, so können meist auch ohne Entwässerungsmassnahmen die erwünschten Ertragssteigerungen erzielt werden. Dies gilt insbesondere für Hanglagen, wo es die für das Pflanzenwachstum gefährlichen Überstauungen nicht gibt.

Schlussfolgerungen

Durch die systematische Drainage konnte der Wasserhaushalt in der Versuchsfläche Gurnigelbad nicht ausreichend beeinflusst werden. Die Wirkung zeigte sich nur in den ersten zwei Tagen nach dem Ende von Starkregenfällen und auch dann nur an den Rändern des Drainbeetes. Die Auswirkungen auf den Ertrag waren unbedeutend.

Dieses Ergebnis kann auch durch folgende Überlegungen bestätigt werden. Es ist bekannt, dass bei schwer durchlässigen Böden die Wasserbewegung im Boden gering ist. Entwässerungen in solchen Böden – wie sie in ebenen Gebieten vielfach mit Erfolg ausgeführt wurden – wirken durch die Ableitung des oberflächlich gestauten Wassers. Diese Überstauung ist für das Pflanzenwachstum im Grünland viel schädlicher als hohe Grundwasserstände. Deshalb konnten eindeutige Erfolge erzielt werden. In Hanglagen gibt es jedoch wegen des Auftretens des Oberflächenabflusses keine Überstauungen und es darf somit auch keine gleichartige Wirkung erwartet werden.

Voraussetzung für eine Wasserbewegung im Boden ist eine ausreichende Durchlässigkeit. Hänge mit guter Durchlässigkeit weisen jedoch keine Eigenvernässung auf. Das System der «systematischen Entwässerungen» wurde daher zu kritiklos in Hanglagen übertragen, ohne den Faktor Oberflächenabfluss zu berücksichtigen.

An meliorativen Massnahmen für diese Flächen am Hang sind nur folgende wirtschaftlich vertretbar: Man muss versuchen, durch richtige Düngung und Nutzung die Standorte so zu verbessern, dass ohne Entwässerungsmassnahmen hohe Grünlanderträge erzielt werden. Sollte zur Verbesserung der Befahrbarkeit und der Trittfestigkeit dennoch ein Eingriff in den Wasserhaushalt erforderlich sein, so können mit dem Maulwurfspflug Erddrains in den erforderlichen engen Abständen (1 bis 2 m) gezogen werden. Diesbezügliche Versuche zeigten in Gurnigelbad erfolgversprechende Ergebnisse [3].

Abschliessend sei, um keine Verwechslungen aufkommen zu lassen, wiederholt: Diese Aussagen beschränken sich auf Eigenvernässung bei schwer durchlässigen Böden in Hanglagen. Bei unterirdischen Fremdwasserzutritten sind Drainagen auch in geneigtem Gelände in ihrer Notwendigkeit und ihrer Wirkung unbestritten.

Literaturverzeichnis

[1] *H. Grubinger* und *J. Gottesmann:* Typisierung und Kartierung der sog. «Flyschböden» und Bewertung hinsichtlich der Meliorationswürdigkeit. Schlussbericht des Inst. f. Kulturtechnik ETH Zürich, 1972 (unveröffentlicht).

[2] *H. Grubinger* und *A. Petrascheck,* 1973, Möglichkeiten und Grenzen der Melioration von Nassböden unter Grünland in Hanglagen der Voralpen (Entwässerung sog. «Flyschböden») Schlussbericht des Inst. f. Kulturtechnik ETH Zürich, 1973 (unveröffentlicht).

[3] *A. Petrascheck:* Über die Wirkung systematischer Entwässerungen in Hanglagen. Dissertation ETH Zürich Nr. 5079, (1973).

[4] *K. Hunkeler, H. Grubinger* und *E. Tanner:* Landwirtschaftliches Meliorationswesen. Bern 1970. Verbandsdruckerei.

[5] *F. Richard:* Zur Frage der Wasserspiegelabsenkung in Hangböden Bayrisches Landwirtschaftliches Jahrbuch *44* (1967), 3, S. 274–278.

Adresse des Verfassers: Dr. *A. Petrascheck,* Institut für Kulturtechnik, ETHZ, 8093 Zürich-Hönggerberg.