

**Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden
unter besonderer Berücksichtigung
der Pseudogleye**

Von

Heinrich Zakosek

Wiesbaden

Mit 2 Tafeln, 12 Abbildungen, 1 Tabelle

Herausgabe und Vertrieb durch das

Hessische Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Mainzer Str. 25

Wiesbaden 1960

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Herausgegeben vom
Hessischen Landesamt für Bodenforschung

Heft 32

Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye

Von

Heinrich Zakosek

Wiesbaden

Mit 2 Tafeln, 12 Abbildungen, 1 Tabelle

Herausgabe und Vertrieb durch das

Hessische Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Mainzer Str. 25

Wiesbaden 1960

Abb. hess. L.-Amt Bodenforsch.	32	63 S.	12 Abb.	2 Taf.	1 Tab.	Wiesbaden, 25. 3. 1960
--------------------------------	----	-------	---------	--------	--------	------------------------

Inhalt

A. Allgemeiner Teil

I. Einleitung	7
II. Pseudogleye	7
a. Entstehungsfaktoren	8
1. <i>Klima</i>	8
2. <i>Vegetation und Kulturarten</i>	9
3. <i>Relief</i>	10
4. <i>Bodenart</i>	10
5. <i>Bodenentwicklung</i>	11
6. <i>Mensch</i>	12
b. <i>Phänologie</i>	12
1. <i>Pseudogleye mit ausgeprägter Trockenphase</i>	12
2. <i>Pseudogleye ohne ausgeprägte Trockenphase</i>	13
c. <i>Dynamik</i>	14
d. <i>Genese</i>	17
e. <i>Morphologie</i>	18
f. <i>Gliederung</i>	19
III. <i>Angewandte Untersuchungsmethoden</i>	21
a. <i>Über die Durchlässigkeit und deren zweckmäßige Bestimmung bei Pseudogleyen</i>	21
1. <i>Allgemeines</i>	21
2. <i>Angewandte Methoden</i>	24
3. <i>Fehlerbesprechung</i>	27
b. <i>Bestimmung des Porenvolumens</i>	29
c. <i>Ermittlung der Korngrößenverteilung</i>	29
d. <i>pH-Bestimmung</i>	29

B. Spezieller Teil

I. <i>Untersuchungsergebnisse von Böden, die nicht durch Staunässe verändert sind</i>	31
a) <i>Tschernosem-Braunerde aus Lößlehm</i>	31
b) <i>Parabraunerden aus Lößlehm</i>	31
c) <i>Podsol-Parabraunerde aus umgelagertem Sandlößlehm</i>	32

d. Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm	33
e. Auenboden aus holozänem Schwemmlehm	33
II. Untersuchungsergebnisse von Pseudogleyen schwächerer Ausprägung	36
a. Pseudogley-Mergelrendzina aus Wiesenmergel	36
b. Pseudogley-Parabraunerde aus Lößlehm	37
c. Pseudogley-Parabraunerde aus Sandlößlehm	37
d. Pseudogley-Parabraunerde aus umgelagertem Sandlößlehm	37
e. Schwach pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm	38
f. Pseudogley-Pelosol aus Basalt.	38
g. Pseudogley-Pelosol aus roten Schiefern	40
III. Untersuchungsergebnisse von Pseudogleyen stärkerer Ausprägung	42
a. Pseudogleye aus Lößlehm	42
b. Pseudogley aus Sandlößlehm.	43
c. Pseudogley aus umgelagertem Sandlößlehm.	44
d. Stark pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm	44
e. Braunlehm-Pseudogley aus Geschiebelehm	45
f. Grauplastosol-Pseudogley aus fossiler Verwitterungsdecke	45
g. Gley-Pseudogley aus holozänem Schwemmlehm	46
IV. Untersuchungsergebnisse von fossilen Pseudogleyen	49
Fossile Pseudogleye aus Lößlehm	49
V. Untersuchungsergebnisse von regressiven Pseudogleyen	52
a. Regressiver Pseudogley aus Lößlehm	52
b. Regressive, stark pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm	53
VI. Zusammenfassung	55
Schriftenverzeichnis	57

A. Allgemeiner Teil

I. Einleitung

Die Beurteilung der Böden im Gelände wird im allgemeinen nach bestimmten Merkmalen des Bodenprofils vorgenommen, da einige Profilverkmale die Ursachen, den Ablauf und das Ergebnis der bodengestaltenden Kräfte erkennen lassen und somit eine für praktische Zwecke hinreichend genaue Beurteilung der Böden gestatten.

Bei der Beurteilung der Pseudogleye spielt das buntgefleckte Profil dieser Böden eine hervorragende Rolle (ZAKOSEK 1952, 1954a). So werden z. B. bei der Bodenkartierung die Pseudogleye hauptsächlich nach dem Grad der Buntfleckigkeit und der Lage der buntgefleckten Horizonte im Profil eingestuft und ausgegrenzt. Nun hat sich bei der Kartierung mehr und mehr herausgestellt, daß Pseudogleye mit ähnlichen Profilen nicht immer ähnliche Eigenschaften besitzen (MÜCKENHAUSEN 1950, ZAKOSEK 1952, 1954a); sie haben oft sogar völlig andere Eigenschaften. Andererseits können aber auch Pseudogleye mit sehr verschiedenen Profilen ähnliche Eigenschaften besitzen. MÜCKENHAUSEN (1950) machte als erster auf diese Unterschiede bei Pseudogleyen aufmerksam. Nach seiner Ansicht hat neben der Staunässe vor allem die Zusammensetzung des Ausgangsgesteins großen Einfluß auf die Gestaltung der Profile von Pseudogleyen.

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, welche Bedeutung die Profilverkmale der Pseudogleye haben. Zur Klärung dieser Frage erwiesen sich Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden als besonders geeignet.

Herr Privatdozent und Oberregierungsgeologe Dr. F. KUTSCHER beriet und unterstützte mich bei der Ausstattung dieser Arbeit, wofür ich ihm sehr dankbar bin. Herrn Kartographen-Oberinspektor J. MATHEIS gilt mein besonderer Dank für das Zeichnen der farbigen Tafeln. Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Dr. E. MÜCKENHAUSEN, bin ich für vielseitige Unterstützung und grundlegende Hinweise zu großem Dank verpflichtet.

II. Pseudogleye

Vor fast 100 Jahren wies LAUBMANN (1866) auf „mitunter an Nässe leidende Böden“ auf den Plateaus der Südpfälzischen Hochebene hin, womit er die Pseudogleye auf dem Voltziensandstein und den sog. Zwischenschichten meinte (ZAKOSEK 1954 b). Wie KRAUSS (1939) mitteilt, hat TREITZ 1912 als erster auf „buntgescheckte und gestreifte“ Profile aufmerksam gemacht, wobei es sich nach MÜCKENHAUSEN (1950) wenigstens z. T. um Pseudogleye gehandelt haben muß. Einige Jahre später wurden die Pseudogleye in

einigen Erläuterungen der geologischen Karten 1:25000 als „weiß- und grauerdige Verwitterungen“ erwähnt (u. a. RAUFF 1923). STREMMER (1926) faßte ursprünglich alle wasserbeeinflussten Mineralböden als „mineralische Naßböden“ zusammen, doch grenzte er später die Pseudogleye als selbständige Bodenform („nasse Waldböden“) aus (1936). Die erste klare Darstellung über die Pseudogleye verdanken wir KRAUSS (1928). In Anlehnung an den russischen Ausdruck „Gley“ oder „Glei“ schlug er als Bezeichnung für die stau-nassen Böden den Namen „gleiartige Böden“ vor und kennzeichnete stauwasserbeeinflusste Horizonte aller Böden zusätzlich mit dem Buchstaben „g“. Einige Jahre später gaben LAATSCH (1938) und KRAUSS (1939) umfassende Darstellungen über diese Böden, die vor allem von MÜCKENHAUSEN (1950, 1954a, 1954b, 1954c, 1956, 1958a, 1958b), SCHNEIDER (1950), ZAKOSEK (1952, 1954a, 1954b, 1955, 1956a), HABIG (1953), KUBIĚNA (1953, 1956), STRELETZKI (1955), ZIMMERMANN (1955), KRÄMER (1956), LANGNER (1956) und SCHMEDEL (1959) weiter ausgebaut wurden. Die frühere Bezeichnung „gleiartige Böden“ hat KUBIĚNA (1953) durch den Namen „Pseudogley“ ersetzt.

Pseudogleye sind Böden, die unter Staunässeinfluß entstanden sind. Die Staunässe bildet sich im Boden, wenn das aus den Niederschlägen stammende Sickerwasser durch eine wasserundurchlässige Sohle am vertikalen Abzug gehindert wird. Die Staunässesohle kann verschiedener Natur sein (vgl. S. 10), hat aber stets die gleiche Wirkung wie die Sohlschicht eines Grundwasserleiters. Die Staunässe verhält sich auch physikalisch wie das Grundwasser; aus diesem Grunde wurde für sie folgende Definition vorgeschlagen (ZAKOSEK 1956a): „Staunässe ist ein oberflächennahes, geringmächtiges Grundwasser, das in der Regel während der Vegetationszeit ganz oder teilweise verschwindet.“ Bei der hydrologischen Kennzeichnung der Pseudogleye sollte man daher auch Begriffe der Grundwasserkunde verwenden. Die zeitweilig mit Staunässe gefüllte Bodenzone oberhalb der Staunässesohle ist daher ein Staunässeleiter (ZAKOSEK 1956a). PLAISANCE (1957) nennt die Staunässe der Pseudogleye „zeitweise vorhandenes Grundwasser“, RODE (1959) „gestütztes oder getragenes Gravitationswasser“, das hydraulisch geschlossen ist (vgl. hierzu auch SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1960). Die erwähnten Auffassungen decken sich mit der vorgeschlagenen Definition. Es empfiehlt sich aber trotzdem, den eingeführten und kurzen Begriff Staunässe beizubehalten.

a. Entstehungsfaktoren

Für die Entstehung der Pseudogleye sind letztlich die Menge des Sickerwassers sowie die Durchlässigkeit und die Lage der Staunässesohle im Boden maßgebend. Diese Gegebenheiten wiederum werden von zahlreichen, eng miteinander verknüpften Einzelfaktoren bestimmt, auf die im folgenden eingegangen wird.

1. Klima

Für die Dynamik eines Bodens und damit auch für die Ausgestaltung seines Profils spielen Niederschlagsmenge und Temperatur darum eine so entscheidende Rolle, weil von diesen Klimatelementen bekanntlich die Menge und die vertikale Bewegungsrichtung des Wassers im Boden abhängen.

Im ariden Klimabereich kann wegen der geringen Niederschläge, der relativ hohen Temperaturen und der dadurch bedingten vorherrschend azendenten Wasserbewegung im Boden keine Staunässe entstehen. Darum gibt es hier auch keine Pseudogleye. Im humiden und nivalen Klimabereich hingegen, wo sich eine \pm große Sickerwassermenge im Boden bilden kann, sind fast allerorts die klimatischen Voraussetzungen für die Entstehung von Staunässe gegeben. Pseudogleye trifft man daher naturgemäß nicht nur in der gemäßigten, sondern auch in der periglazialen (SCHENK 1960) und der tropischen Zone (POLINOW 1936, BOGATIREW 1953, KUBI \ddot{N} A 1958) unserer Erde an.

Nach den bisherigen Untersuchungen kann man im gemäßigt-humiden Teil Europas jedoch nur dann Pseudogleye in geschlossener Verbreitung beobachten, wenn der Regenfaktor (LANG 1920) größer als 60 ist (ZAKOSEK 1952, 1954b, WACKER 1955, SCHMIEDEL 1959).

Neben der regionalen Betrachtung des heutigen Klimas ist aber auch die Klimaentwicklung in einer Landschaft bei der Beurteilung von Pseudogleyen wesentlich, weil viele Pseudogleye einen Teil ihrer Ausprägung in früheren Zeiten erhalten haben (vgl. S. 18 ff.).

2. *Vegetation und Kulturarten*

Wie WIEDEMANN (1923) schreibt, hat BÜHLER schon 1918 die bodenverschlechternde Wirkung des Kahlschlages infolge zunehmender Vernässung dargelegt. Auch WIEDEMANN (1923) hat die Phänologie der Pseudogleye erkannt und Zuwachsrückgänge der Fichte teilweise damit erklärt. Die erste umfassende, bodenkundlich ausgerichtete waldbauliche Betrachtung der Pseudogleye verdanken wir jedoch KRAUSS und seinen Mitarbeitern (1939). LAATSCH (1938) hat als erster auf die Wirkung von Gerbsäureausscheidungen aus Pflanzenwurzeln im Boden aufmerksam gemacht, die auch HABIG (1953) bestätigt hat. v. CHRISTEN (1951) versuchte mittels Bodenfeuchte- und Zuwachsmessungen die Wechselbeziehungen zwischen dem Staunässegrad der Molkenböden und dem Fichtenwachstum aufzuklären. Nach STRELETZKI (1955) kam er jedoch zu keinem eindeutigen Ergebnis, weil das Untersuchungsmaterial zu gering war, und der Einfluß der Niederschläge unberücksichtigt blieb. STRELETZKI (1955) hat umfangreiche Untersuchungen im Gebiet der Schnee-Eifel durchgeführt, die hauptsächlich den Wasserhaushalt der Pseudogleye und seine Bedeutung für das Fichtenwachstum erfaßt haben. Diese Untersuchungen bewiesen u. a. die ökologische Überlegenheit pseudovergleyter Standorte gegenüber weniger degradierten Bodenentwicklungsstadien (z. B. Braunerden). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch JÄGER & JACOB (1958) in Thüringen. Den waldbaulichen Wert der Pseudogleye mit umfassender Literaturzusammenstellung hat neuerdings SCHMIEDEL (1959) behandelt. Auch auf landwirtschaftlichem (KRÄMER 1956, LANGNER 1956, ARENS, KRÄMER & LANGNER 1958, RID 1958) und weinbaulichem Gebiet (ZAKOSEK 1958, 1959, BIRK & ZAKOSEK 1960) sind in neuerer Zeit Untersuchungen durchgeführt worden, die Beziehungen zwischen Kulturarten, Pflanzenertrag und Pseudogleyen zum Gegenstand hatten.

Durch die erwähnten Arbeiten, vor allem aber durch die Praxis der Kartierung in der Forst- und Landwirtschaft, haben sich die Vorstellungen von den Wechselbe-

ziehungen zwischen Vegetation und Pseudogleyen in den letzten Jahrzehnten gewandelt. Wohl bei keinem terrestrischen Bodentyp in Europa divergieren die ökologischen Eigenschaften so stark mit dem Entwicklungsgrad wie beim Pseudogley. Ein starker Pseudogley z. B. ist nicht selten ein guter Wiesen- oder Fichtenstandort. Ackerbaulich dagegen ist er fast immer geringwertig, für den Weinbau sogar kaum brauchbar. Diese bemerkenswerten Abweichungen hängen hauptsächlich von dem unterschiedlichen Anpassungsvermögen der Pflanzen an den Wasserhaushalt der Pseudogleye ab. KRAUSS (1939) und MÜCKENHAUSEN (1950, 1956, 1958b) haben in diesem Zusammenhang die Bedeutung der Dauer von Vernässung und Austrocknung für die Pflanze hervorgehoben. Da aber häufig während der Vegetationszeit höhere Feuchtigkeitsgehalte in den Staunässeleitern stärker ausgeprägter Pseudogleye vorhanden sind (vgl. S. 13ff.), ist offenbar auch der Sauerstoffmangel im Boden ein Hemmnis für die Wurzeln. Darauf weisen u. a. die natürlichen Pflanzengesellschaften der Pseudogleye sowie die guten Erträge bodenlufthungriger Pflanzen (z. B. Kartoffeln und Wein) in Trockenjahren hin.

3. Relief

Das Relief wirkt durch die Exposition und Inklination vor allem auf das Kleinklima und die seitliche Wasserbewegung.

Durch kleinklimatische Ursachen können auf einer bestimmten geographischen Breite erhebliche Unterschiede in der Durchfeuchtung auftreten, wie die Ergebnisse der Boden- und Kleinklimakartierung im Rheingau gezeigt haben (ZAKOSEK 1958). Rein kleinklimatisch bedingt treten hier nämlich auf dem gleichen Löß Parabraunerden mit hohem Basengehalt neben sauren Pseudogleyen auf. Diese Unterschiede sind örtlich durch die Erosion noch so verschärft, daß sogar Mullpararendzinen mit Pseudogleyen vergesellschaftet sind.

Die seitliche Wasserbewegung kann an der Oberfläche als Zufluß oder Abfluß sowie im Boden als Nachschub oder Abzug erfolgen (KRAUSS 1939). Kuppen und Rücken unterliegen meist dem Abfluß und Abzug, desgleichen Oberhänge. In Mittelhängen gleichen sich häufig Zufluß und Nachschub von oben gegenüber dem Abfluß und Abzug nach unten aus. Im Zuge eines längeren Hanges kann auf schwach geneigten Mittelhängen, besonders aber in Hangzwischenstücken, Staunässe auftreten. Unterhänge haben vielfach Feuchtigkeitsüberschuß, so daß wir auf ihnen selbst in trockenen Gebieten Pseudogleye mit Hangnässe antreffen (ZAKOSEK 1954b, 1958). In kurzwellig-ebener und einförmig-ebener Lage besteht keine nennenswerte seitliche Wasserbewegung und daher stets Neigung zur Staunässebildung. Diese tritt in Mulden mit mangelndem Abzug meist am stärksten in Erscheinung.

4. Bodenart

Unter vergleichbaren Bedingungen wird mit zunehmendem Ton- und Schluffgehalt die Durchlässigkeit eines Bodens geringer, wie aus Tabelle I zu entnehmen ist.

Tabelle 1. Böden geordnet nach Tongehalt (nach VAGELER & ALTEN 1932).

Boden	Tongehalt in %	Steighöhe in mm (Wasserbeweglichkeit)	Durchlässigkeit cm ³ je Stunde
Seesand	—	128	5 143
B 2	4,2	256	400
B 7	10,1	526	105
G 66	39,4	500	30
G 33	52,1	833	18
G 63	55,0	500	62
G 13	64,2	74	8
G 16	68,0	27	2,6

Alle von der Bodenart ausgehenden Einflüsse bedingen maßgeblich die Größe des wirksamen (spannungsfreien) Porenvolumens und die Art der Hohlraumverteilung. Neben der Korngrößenverteilung eines Bodens haben aber auch sein Mineralgehalt sowie die Menge und Art der Ionen am Komplex und in der Bodenlösung Einfluß auf die Durchlässigkeit. Hand in Hand damit gehen mittelbare Einflüsse, wie z. B. Gefügebildung und Wurzeldurchlässigkeit.

Die Querschnitte der Einzelporen in schweren, ungeflockten Böden sind zu klein, um viel Sickerwasser aufzunehmen und daraus Staunässe entstehen zu lassen. Auch die Wasserbeweglichkeit ist gering (vgl. Tab. 1), weil ein großer Teil des Haftwassers adsorptiv gebunden ist. Die „Nässe“ und „Kälte“ schwerer Böden beruht hauptsächlich auf oberflächennahem, wenig beweglichem Haftwasser. Da diesen Böden ein zumindest zeitweilig mit Staunässe erfüllter Staunässeleiter fehlt, sind sie auch keine Pseudogleye. Wie DIEZ (1959) nachweisen konnte, erfolgt in den Pelosolen erst bei fortgeschrittener Bodenentwicklung eine Tonverlagerung aus dem Oberboden in den Unterboden; erst danach kann sich Staunässe bilden.

Gleichmäßig aufgebaute leichte Böden sind bekanntlich gut durchlässig. Hier kommt es daher zu keiner Staunässebildung.

Die günstigsten physikalischen Voraussetzungen für die Bildung der Staunässe und ihr zeitweiliges Verschwinden sind auf den mittelschweren Böden gegeben. Diese Böden haben einerseits eine der Schwerkraft unterliegende langsame Sickerwasserbewegung und andererseits die größte Wasserbeweglichkeit (vgl. Tab. 1).

Bei schichtig aufgebauten Bodenartenprofilen ist die undurchlässigste Schicht, selbst wenn sie nur dünn ist, für den Wasserdurchfluß des Gesamtbodens maßgebend. Die Mehrschichtigkeit kann geologisch oder bodengenetisch bedingt sein und ist eine Voraussetzung für die Entstehung von Pseudogleyen.

5. Bodenentwicklung

Bodengenetisch bedingte Staunässesohlen sind häufig. Auf solche Staunässesohlen innerhalb eines Bodens und auf ihre Genese hat MÜCKENHAUSEN (1936) erstmalig aufmerksam gemacht. Ein durch Podsolierung oder Tondurchschlammung entstan-

dener B-Horizont kann als Staunässesohle wirken, ebenso auch ein fossiler G-Horizont (MÜCKENHAUSEN 1950). Zweifellos sind die meisten Pseudogleye Endglieder pedogenetischer Reihen (vgl. hierzu auch S. 17).

6. Mensch

Wie maßgeblich auch der Mensch die Pseudogleye beeinflussen kann, sollen einige Beispiele veranschaulichen. Nach Berichten von KRAUSS (1939) sind im nordwestsächsischen Niederland schwache Pseudogleye in stärkere übergeführt worden. Diese Umwandlung ist nach seiner Auffassung eine Folge der Stockrodung von tiefwurzelnden Arten und Aufforstung dieser Flächen mit flachwurzelnden Fichten. Wie SCHNEIDER (1950) mitteilt, wurde in den Jahren von 1906 bis 1914 die Emscher zwischen dem Rhein und Dortmund reguliert. Dadurch wurde das Grundwasser im Emschertal abgesenkt. Die Grundwasserabsenkung führte an vielen Stellen im Emschertal zur Ausbildung „zeitlicher Übergänge von Grundwasserböden zu gleyartigen Böden“. Ähnliche Beobachtungen machte SCHNEIDER (1950) auch auf der Niederterrasse des Rheines. Hier hat die Entnahme durch die Wasserwerke der Städte und Industrie in den letzten fünfzig Jahren flächenweise Grundwasserabsenkungen bis zu 4 m und tiefer verursacht. Auch auf diesen Flächen beobachtete SCHNEIDER (1950) „zeitliche Übergänge“ von Grundwasserböden zu Pseudogleyen. Umgekehrt sind aber auch zahlreiche Beispiele bekannt, wo durch menschliche Kulturarbeiten Pseudogleye regradiert worden sind (MÜCKENHAUSEN 1950, ZAKOSEK 1952, 1955, BLÜMEL 1956).

b. Phänologie

Die Phänologie der Pseudogleye wird im wesentlichen durch das Verhalten der Staunässe bestimmt.

In Zeiten starker Sickerwasserbildung sammelt sich im Staunässeleiter die Staunässe an. Sie kann während der Vegetationszeit völlig verschwinden oder aber auch in \pm normale Bodendurchfeuchtung übergehen (vgl. auch LAATSCH 1954 und MÜCKENHAUSEN 1958 b). Nach diesem Verhalten der Staunässe lassen sich zwei ökologisch wichtige Formen von Pseudogleyen unterscheiden.

1. Pseudogleye mit ausgeprägter Trockenphase

Diese Pseudogleye sind in Jahren mit normalem Witterungsablauf während der Vegetationszeit \pm lange trocken. Sie stellen die klassische Form des Pseudogleyes dar, die bereits von KRAUSS (1939) und MÜCKENHAUSEN (1950) ausführlich beschrieben wurde. Danach ist für die Vegetation auf diesen Pseudogleyen die Dauer der Ver-nässung und Austrocknung maßgebend. Pseudogleye mit scharfem Phasenwechsel sind überwiegend auf geologischen Schichtprofilen ausgebildet. Dabei handelt es sich meist um Plastosole, die von geringmächtigen quartären Sedimenten bedeckt sind.

Nach KRAUSS (1939) hat LOMMATZSCH schon 1902 erkannt, daß „schluffreiche kaolinitische Unterlagen die Ursache von zeitweise örtlichen Vernässungen sein können, während sie andererseits zur Austrocknung in heißen Sommern beitragen“. Grundlegende Untersuchungen auf diesen Böden verdanken wir neben KRAUSS (1939) und MÜCKENHAUSEN (1950, 1951, 1953, 1958a, 1959) auch KRÄMER (1956), LANGNER (1956) und SCHMIEDEL (1959).

Charakteristisch für Pseudogleye mit scharfem Phasenwechsel sind ein oberflächennaher geringmächtiger Staunässeleiter (Mächtigkeit meist < 40 cm), eine dichte Staunässesohle (Durchlässigkeit in k_f cm/s $< 10^{-7}$) sowie eine schlechte Ausnutzung der Sommerniederschläge. Während der Vegetationszeit wird die Staunässe der oberflächennahen feinporigen Staunässeleiter schnell verdunstet. Die Staunässesohlen der Pseudogleye mit ausgeprägter Naß- und Trockenphase sind praktisch wasser- und wurzelundurchlässig. Nach Berechnungen von KRÄMER (1956) und LANGNER (1956) besitzen sie offenbar auch kein spannungsfreies Porenvolumen. Die Staunässesohlen und alle tiefer liegenden Horizonte und Schichten können daher nur wenig Wasser für die Pflanzen zur Verfügung stellen. Wenn dann außerdem noch die Sommerniederschläge nur zum Teil von der Vegetation genutzt werden können, weil Benetzungswiderstände das Eindringen der Niederschläge in den Boden erschweren, dann liegt die Form des Pseudogleyes vor, die am stärksten austrocknen kann. Auf solchen Pseudogleyen kann man nach stärkeren Regenfällen Wasserlachen beobachten, die fast ungenutzt verdunsten. Nach KRAUSS (1939) verhindern die mit dispergierten sauren Humusstoffen verstopften Poren das Eindringen des Oberflächenwassers. Andere Autoren (WITTICH 1952, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1956) hingegen nehmen eine unter anaeroben Verhältnissen erfolgte Anreicherung von Harzen, Fetten und Wachsen an, die die Humusteilchen überziehen und so den Benetzungswiderstand gegen Wasser erhöhen. Aber auch der Teil der Niederschläge, der in die geringmächtigen Staunässeleiter eindringt, unterliegt hier alsbald der Verdunstung durch das feinkapillare System (KRAUSS 1939). Da sich die Trockenphase mit der Vegetationsperiode deckt, sind diese Pseudogleye ökologisch trocken. In der Trockenphase ist ihr Oberboden „steinhart“ (KRAUSS 1939), „zementartig“ (MÜCKENHAUSEN 1950). Die Verhärtung führt HABIG (1953) auf Humushüllen zurück, die die Bodenteilchen umgeben und als Bindemittel wirken.

2. Pseudogleye ohne ausgeprägte Trockenphase

Der Verfasser hat ab 1950 auf stärker ausgeprägten Pseudogleyen die Bodenfeuchtigkeit beobachtet. Dabei zeigte sich, daß ein großer Teil der Pseudogleye viel weniger austrocknet als man bisher angenommen hat. Messungen von HABIG (1953), STRELETZKI (1955) und LANGNER (1956) stimmen damit überein. Auf diesen Pseudogleyen unterbleibt die scharfe Austrocknung, ihr Wasserhaushalt während der Vegetationszeit kommt vielmehr dem der Parabraunerden nahe. Bei diesen Pseudogleyen wechseln die Naß- und Trockenphase nicht schroff, „sondern zwischen diesen Phasen ist eine mehr oder weniger lange Feuchtphase eingeschaltet“ (MÜCKENHAUSEN 1958 b). Ökologisch sind diese Pseudogleye naturgemäß viel wertvoller als die mit langer Trockenphase. Pseudogleye ohne Trockenphase sind meist bodengenetisch entstanden. Die

Stauanässesohlen sind hier hauptsächlich durch Tonverlagerung und — auf leichten Bodenarten — durch Podsolierung zustande gekommen. Nicht selten hat eine Sekundärpodsolierung auf tondurchschlämmten Böden zur Verdichtung des Unterbodens beigetragen. In Europa sind Pseudogleye ohne Trockenphase besonders auf Löß, Geschiebemergel und deren Derivaten verbreitet. Aber auch auf geologischen Schichtprofilen mit durchlässigem Liegenden (z. B. Löß über Quarzit oder Terrasse) haben sie eine bemerkenswerte Verbreitung. Hier befindet sich der Bg-Horizont in der Unterlage und hemmt die natürliche Durchlässigkeit des Liegenden (ZAKOSEK 1958).

Pseudogleye ohne ausgeprägte Trockenphase haben einen mächtigen Staunässeleiter (Mächtigkeit meist >40 cm) und eine weniger verdichtete Staunässesohle (Durchlässigkeit in $k_f \text{ cm/s} > 10^{-6}$). Ihr Oberboden (hier fast immer Staunässeleiter) ist gut durchlässig. Die Niederschläge können mithin leicht eindringen und schnell versickern. Selbst der Unterboden (= Staunässesohle) besitzt bei völlig wassererfülltem Porenraum noch ein Versickerungsvermögen von mehreren Zentimetern pro Tag (ZAKOSEK 1955). Auf diesen Böden kommt es daher nur selten zu einer vollständigen Auffüllung des Staunässeleiters, andererseits aber zu einer tiefreichenden Wasserspeicherung im Bg-Horizont. Von diesem Wasser ist ein großer Teil pflanzenverfügbar. Auch KRÄMER (1956) und MÜCKENHAUSEN (1958 b) ermittelten bei Pseudogleyen ohne Trockenphase einen großen Sickerraum.

Die Stauneigung des Unterbodens ist auf leichten Böden und in niederschlagsarmen Gebieten ökologisch sogar nützlich. Die Staunässesohle macht den Boden unter solchen Voraussetzungen gewissermaßen zu einer Topfkultur, was den Pflanzen eine weitgehende Ausnutzung des Sickerwassers und der Nährstoffe ermöglicht (MÜCKENHAUSEN 1950, ZAKOSEK 1952).

c. Dynamik

Die Dynamik der Pseudogleye wird ebenfalls hauptsächlich durch die Staunässe beeinflusst, weil die Staunässe der Pseudogleye auch die chemischen und biologischen Prozesse maßgeblich mitbestimmt.

Zur Versauerung der Böden tragen im allgemeinen schon die Niederschläge bei. ERNST (zit. in: HARRASSOWITZ 1953) hat aus 127 Regenbeobachtungen pH-Häufigkeitskurven aufgestellt; danach schwankt das pH der Niederschläge zwischen 3,5–6,0, die meisten Werte lagen um pH 4,0. Das aus den Niederschlägen stammende Sickerwasser füllt den Staunässeleiter allmählich und unregelmäßig auf (VETTERLEIN 1959, RODE 1959). Dabei wird die Bodenluft ziemlich vollständig aus dem Staunässeleiter verdrängt. Zahlreiche Pyknometerbestimmungen, die der Verfasser in den Monaten November und Dezember 1950 in Staunässeleitern stärkerer Pseudogleye vorgenommen hat, ergaben schon zu dieser Zeit einen Wasseranteil im Porenvolumen zwischen 98–100%. Ähnliche Ergebnisse erhielt auch HABIG (1953) mit einer anderen Methode.

Bei der Stagnation des Wassers im Staunässeleiter entweicht nach und nach alle im Wasser gelöste Luft. Außerdem entnehmen die Kleinlebewesen Sauerstoff aus der

Stauanässe. Im Staunässeleiter und in der Staunässesohle entwickelt sich also während der Nässephase mehr und mehr ein anaerobes saures Medium. Besonders in den Winter- und Vorfrühlingsmonaten reichern anaerobe Bakterien die Staunässe erheblich mit organischen Säuren an (LAATSCH 1944). Durch die ursächlich mit der Staunässe in Zusammenhang stehenden Einflüsse neigen alle Pseudogleye unabhängig vom Substrat zur Versauerung (ZAKOSEK 1952).

Humusuntersuchungen auf Pseudogleyen unterschiedlicher Ausprägung und auf verschiedenen Ausgangsgesteinen haben WITTICH (1952), HABIG (1953) und BARGON (1955) durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse zeigten übereinstimmend, daß mit zunehmendem Staunässegrad auch der Humusvorstufenstau zunimmt. Die so entstandenen Humusvorstufen besitzen hohe Säuregrade und eine große Beweglichkeit, die sogar größer als auf Podsolen sein kann (SAWALLISCH 1928). Ein großer Teil dieser niedrigmolekularen, hochdispersen Huminstoffe befindet sich in der Bodenlösung, wie HABIG (1953) nachgewiesen hat. Ihre lösende und zerstörende Wirkung ist dadurch besonders intensiv. Die nahe bei 1 gelegenen $\frac{S+L}{T}$ -Quotienten stärkerer Pseudogleye deuten nach BARGON (1955) sogar darauf hin, daß die Huminvorstufen mit Al- und Fe-Ionen Verbindungen eingehen.

Eine Basenverarmung durch tiefgründige Auswaschung tritt auf Pseudogleyen naturgemäß zurück. Sie kann aber in hängigen Lagen bei seitlich gerichteter Perkolations durchaus eine Rolle spielen. Eine starke Oberbodenverarmung tritt jedoch im Stadium der Tondurchschlammung ein. Da sich Pseudogleye bevorzugt auf basenarmen oder entbasten Substraten bilden, ist der Boden im allgemeinen schon sauer, bevor der Pseudogley entsteht. Bei Podsol-Pseudogleyen geht auch im Pseudogleystadium die Säureausscheidung aus der Rohhumusdecke weiter. Pseudogleye können sich aber auch aus basenreichen Ausgangsgesteinen entwickeln und im Pseudogleystadium durchaus noch karbonathaltig sein.

Die Wasserstoffionen und organischen Säuren der Staunässe wirken dispergierend auf die Bodenstoffe, sie ionisieren Metalle und Nichtmetalle und überführen sie in ihren chemisch aktiven Zustand. Die Ionen verbinden sich teilweise sogar mit den Humusvorstufen. Ein Teil der Bodenzerfallsprodukte und Ionen dürfte aber auch unter der Schutzkolloidwirkung der solförmigen Vorstufen verlagert werden.

Die Verlagerungsprodukte werden hauptsächlich oberhalb der Staunässesohle diffus abgelagert (v. CHRISTEN 1951, ZAKOSEK 1952). Damit wird gleichzeitig die Oberkante der Staunässesohle langsam nach oben verlagert (ZAKOSEK 1952, SCHMIEDEL 1959). Durch die Stoffverlagerung wird der Staunässeleiter immer heller und sandiger und der Rohtongehalt in der Staunässesohle nimmt zu. Nicht selten ist er um 100% höher als im Staunässeleiter (HABIG 1953). Schon KRAUSS (1939) hat auf die Oberbodenveränderung bei Pseudogleyen hingewiesen. Die chemischen Untersuchungen auf Pseudogleyen weisen ebenfalls auf eine Stoffanreicherung in der Staunässesohle hin. Kolloidale Kieselsäure, Aluminium, Eisen und Mangan sind hier meist angereichert (HABIG 1953). Auch die pH-, T-, S- und V-Werte werden im allgemeinen zur Staunässesohle hin größer (ZAKOSEK 1955).

Wie weit mit der Tonverlagerung in Pseudogleyen eine Tonzerstörung und Tonumbildung Hand in Hand gehen, ist noch nicht ausreichend geklärt. Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang röntgenologische Tonuntersuchungen, die HOFFMANN (zit. in: HABIG 1953) an einer Entwicklungsreihe aus Löß vorgenommen hat. Im Braunerdenstadium wies HOFFMANN vorwiegend Montmorillonit nach. Mit zunehmendem Staunässegrad nahm der Montmorillonitanteil deutlich zugunsten des Kaolinit ab. HABIG (1953) vermutet auf Grund dieser Ergebnisse, daß die Tonzerstörung vorwiegend den Montmorillonit erfaßt hat und aus den Zerfallsprodukten Kaolinit aufgebaut wurde. Auch hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Kaolinitzunahme nicht immer gleichbedeutend mit einer Kaolinitneubildung ist. Eine Anreicherung von Kaolinit kann auch z. B. dadurch erfolgen, weil er beständiger gegen den Säureangriff als die anderen Tonminerale ist (vgl. hierzu auch SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1956).

Offenbar sind im Oberboden basenarmer saurer Pseudogleye nur wenig Montmorillonminerale sowie Grauhuminsäuren vorhanden. Aus diesem Grunde können sich hier auch keine stabilen und reaktionsfähigen Ton-Humus-Komplexe bilden. Das dürfte auch die Ursache der schlechten Struktur vieler Pseudogleye sein. Nach ZIMMERMANN (1955) und KUBIĚNA (1956) besitzen die basenarmen Pseudogleye meist ein Braunlehm-Braunerde-Mischgefüge, in dem der Braunlehm-Plasmaanteil auf Leitbahnen und fleckenhaft im Grundgefüge zu beobachten ist.

Am deutlichsten geben sich die Umlagerungsprozesse in Pseudogleyen durch die grauen und rostbraunen Flecken am Profil zu erkennen. Im allgemeinen nehmen die Rostflecken von oben nach unten zu. Oberhalb der Staunässesole befinden sich häufig die meisten Rostflecken. Da gerade die grauen und rostbraunen Flecken bei der Beurteilung der Pseudogleyprofile eine so hervorragende Rolle spielen, werden nachfolgend ihre Entstehungsmöglichkeiten diskutiert.

KRAUSS (1939), MÜCKENHAUSEN (1950), ZAKOSEK (1952), BROWN (1953), HABIG (1953), LUDWIG (1956), SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1956, 1960), BABEL (1958), SCHWERTMANN (1959 a, 1959 b) u. a. haben bei Pseudogleyen auf die Verlagerung des Eisens hauptsächlich in Ferroform aufmerksam gemacht. WERIGINA (1953) ermittelte sogar bei vergleichenden Untersuchungen erhebliche Mengen zweiwertiges Eisen in podsolierten und tschernosemartigen Böden. HABIG (1953) wies in Bodenlösungen von Pseudogleyen während der Nässephase fast ausschließlich Ferroeisen nach.

Vermutlich wird das Eisen im Staunässeleiter hauptsächlich durch Mikroorganismen reduziert und dadurch beweglich. Ein Teil des zweiwertigen Eisens dürfte aber auch in Komplexverbindungen mit organischen Säuren oder unter deren Schutzkolloidwirkung wandern. Nur kleine Eisenmengen werden vermutlich als Fe^{3+} unter Schutzkolloidwirkung oder in einer organischen Komplexverbindung transportiert. Nach LAATSCH (1937) kann das Eisen z. B. mit der Gerbsäure wanderungsfähige Komplexverbindungen (Ferritannate) eingehen.

Zum Niederschlag des Eisens kommt es vermutlich nach Verdunstung der Staunässe. Dabei geht das Eisen offenbar über amorphe Hydroxyde zu Goethit oder Lepidokrokit über. SCHWERTMANN (1959 a, 1959 b) sieht in der Anwesenheit des Lepidokrokits einen Beweis für das primäre Vorkommen von Fe^{2+} , da Lepidokrokit nur durch

die Oxydation von Eisen (II)-Verbindungen entstehen kann. Auch in tropischen Pseudogleyen wies KUBIĚNA (1958) Goethit und Lepidokrokit nach. Insgesamt sind die Lösungs- und Ausfällungsvorgänge des Eisens in Pseudogleyen offenbar sehr ähnlich den Verlagerungsprozessen, wie sie u. a. ROESCHMANN (1954) bei Grundwasserböden für den Bereich zeitweiliger Wassersättigung beschrieben hat.

An der Basis des Staunässeleiters vieler Pseudogleye kann man häufig bräunlich-schwärzliche Konkretionen beobachten. Meist sind sie verhärtet und rundlich geformt. Ihre Oberfläche ist rau und ziemlich porös, ihr Durchmesser schwankt zwischen wenigen Millimetern und mehreren Zentimetern. PFEFFER (zit. in: SCHÖNHALS 1952) fand in den Konkretionen vor allem Al_2O_3 und Fe_2O_3 und nur wenig MnO . SCHROEDER & SCHWERTMANN (1955) wiesen statt des überwiegenden Al_2O_3 mehr SiO_2 nach. Voraussetzung für die Bildung der Konkretionen ist nach KRAUSS (1939) das Bodenwechsellklima der Pseudogleye. Nach BLOOMFIELD (1952) erfolgt das Wachsen der Konkretionen durch Fe^{2+} -Sorption an ausgeschiedene Hydroxyde auch während der Nässephase. SCHROEDER & SCHWERTMANN (1955) befaßten sich mit Konkretionen um Wurzeln und konnten ihre Abhängigkeit von der Lebenstätigkeit der Wurzeln nachweisen.

d. Genese

Die Genese der Pseudogleye ist vielseitig. Der Pseudogley kann sich, wie die neueren Kartierungen gezeigt haben, aus vielen Ausgangsgesteinen entwickeln. So trifft man ihn auf Sandsteinen, Schiefen und Kalkgesteinen ebenso wie auf Magmatiten an (SCHÖNHALS 1951, MÜCKENHAUSEN & WORTMANN 1953, ZAKOSEK 1954b, STREMMER 1955, VOGEL 1955, WACKER 1955). Er ist aber hauptsächlich auf lehmigen Sedimenten (Löß, Geschiebelehm) zu beobachten. Diese Tatsache hängt mit der großen Verbreitung dieser Ablagerungen und ihrer Derivate sowie mit der natürlichen Staunässeneigung lehmiger Bodenarten (vgl. S. 11) zusammen.

Eine primäre Pseudogleyentstehung aus tiefgründigen, homogenen, leichten oder sehr schweren Bodenarten (oder entsprechend texturierten Gesteinen) ist selten (vgl. S. 11). Auf diesen Bodenarten bzw. Gesteinen können sich daher nur Pseudogleye entwickeln, wenn eine geologische (z. B. geringmächtiger Flugsand über tertiärem Ton) oder pedogenetische Mehrschichtigkeit (z. B. Podsol-Pseudogley aus Sand, Terra rossa-Pseudogley aus Kalkstein oder Pelosol-Pseudogley aus Ton) vorliegt.

Bei einigen geologischen Schichtkombinationen kann der Pseudogley Anfangsstadium der Bodenentwicklung sein (z. B. Sand über Ton). Er kann aber auch als Übergangsstadium auftreten (z. B. zwischen Parabraunerde und Stagnogley). Unter gemäßigt-humiden Klimaverhältnissen auf lehmigen Ausgangsgesteinen ist er jedoch meist das Endglied einer pedogenetischen Reihe. Dabei spielen Parabraunerden im Sinne von MÜCKENHAUSEN als Vorläufer eine hervorragende Rolle (vgl. auch KUBIĚNA 1953, LAATSCH 1954).

Nun haben sich die Bodenbildungsbedingungen bekanntlich während des Quartärs¹⁾ wiederholt geändert. Fossile (begrabene) Pseudogleye wurden inzwischen von vielen Stellen beschrieben (u. a. FREISING 1949, SCHÖNHALS 1951, BRUNNACKER 1953, MÜCKENHAUSEN 1954 b). Im Riß-Würm-Interglazial entstandene Pseudogleye haben z. B. auf dem Rißgeschiebemergel in N-Europa eine bemerkenswerte Oberflächenverbreitung. Solche Pseudogleye hat in neuerer Zeit insbesondere MÜCKENHAUSEN (1954 b, 1957) genetisch gedeutet. In diesem Zusammenhang weist MÜCKENHAUSEN (1954 b) auf die Möglichkeit einer Pseudogleyausprägung in der Tundrenzeit des letzten Glazials hin (1954 b).

In jüngster Zeit hat auch BRUNNACKER (1957, 1959) mit MÜCKENHAUSEN übereinstimmend mitgeteilt, daß die Parabraunerde — die Vorstufe des Pseudogleyes — auf den Lössen des Trockengebietes im niederbayerischen Donautal sowie auf Bl. Würzburg Nord bereits im kalten bis kühlen Klima des letzten Spätglazials und evtl. auch des frühen Postglazials entstand. Auch SCHÖNHALS (1959) fand auf (vermutlich) jüngstem Würmlöß eine sehr entwickelte Parabraunerde unter Laachersee-Bims, was ihre Entstehung im Präalleröd wahrscheinlich macht.

Diese Untersuchungen bestätigen — wie schon länger allgemein vermutet wurde — das teilweise recht hohe Alter der Pseudogleye. In vielen Fällen ist diese Tatsache eine Erklärung für die Diskrepanz zwischen dem rezenten Wasserhaushalt und dem Profilgepräde der Pseudogleye.

e. Morphologie

Pseudogleyprofile haben vor allem KRAUSS (1939), MÜCKENHAUSEN (1950), SCHNEIDER (1950), ZAKOSEK (1952), STRELETZKI (1955) und SCHMIEDEL (1959) ausführlich beschrieben.

Stärkere Austrocknung (lange Trockenphase) bei Pseudogleyen gibt sich häufig durch einen ausgeprägten Konkretionshorizont, eine lange Naßphase dagegen durch einen grauen Staunässeleiter zu erkennen (KRAUSS 1939, MÜCKENHAUSEN 1950, 1958 b). LAATSCH (1938, 1954) hebt bei Pseudogleyen als morphologisches Kennzeichen insbesondere die Marmorierung hervor. KUBIŘENA (1953), der die Subtypen „Marmorierter“ und „KRAUSS'scher Pseudogley“ unterscheidet, betont diese Ausgestaltung nur beim „Marmorierten Pseudogley“. Beim „KRAUSS'schen Pseudogley“ hingegen sieht er eine helle Zone unter dem humosen A und einen braunen bis ockerfarbigen Unterboden als typisch an.

Die Morphologie der Pseudogleye ist mannigfaltig und läßt auch keine allgemeingültigen Beziehungen zur Dynamik erkennen (MÜCKENHAUSEN 1950, ZAKOSEK 1952, 1954 a). So können bei geringer Staunässe starke und schwache Ausprägungsgrade beobachtet werden. Auch die Form und Anordnung der grauen und rostbraunen Flecken wechselt stark. Bei starken Staunässegraden kann z. B. die Graufleckung

¹⁾ Nur in diesem geologischen Zeitabschnitt sind bisher mit Sicherheit Pseudogleye nachgewiesen.

schwach sein oder fast völlig fehlen. Umgekehrt kann aber bei geringem rezemtem Staunässeeinfluß die Graufärbung überwiegen usf. Die Anzahl und die Größe der Konkretionen entspricht ebenfalls nicht den Staunässegraden (ZAKOSEK 1952, 1954a, SCHMIEDEL 1959). Im allgemeinen herrschen bei stark ausgeprägten Pseudogleyen im Staunässeleiter (meist Oberboden) graue Farben (Farbwerte nach MUNSELL [1954] um 10 YR 8/2), an der Basis des Staunässeleiters und im oberen Teil der Staunässe-sole (meist oberer Unterboden) rostbraune Flecken (Farbwerte nach MUNSELL um 7,5 YR 5/8) vor (vgl. auch MÜCKENHAUSEN 1958b). Auch die Konkretionen treten bevorzugt in dieser Zone auf.

Die Morphologie der Pseudogleye ist als systematisches Kriterium wenig geeignet. Nur bei Pseudogleyen mit verwandter Genese auf ähnlichen Ausgangsgesteinen kann man nach Untersuchungen von STRELETZKI (1955) Beziehungen zwischen Staunässe und Ausprägung erkennen.

f. Gliederung

Der Pseudogley ist in seiner systematischen Stellung und im internationalen Sprachgebrauch darum so schwierig, weil er noch keine allgemein anerkannte eindeutige und gleichzeitig umfassende Definition besitzt. Das Podsol oder der Tschernosem z. B. bereiten bei internationalen Diskussionen keine grundsätzlichen Schwierigkeiten, weil sie verhältnismäßig gut definiert sind. Selbst in wesensmäßig verschiedenen — wie z. B. die amerikanischen, sowjetischen und deutschen — Bodensystematiken ist die Stellung dieser Böden eindeutig. Anders beim Pseudogley, obwohl er weit verbreitet (vgl. S. 9) und in der internationalen Literatur bekannt ist und die Vorstellungen über seine Genetik, Dynamik und über seinen ökologischen Wert nicht einmal prinzipiell voneinander abweichen. In der amerikanischen Literatur finden wir den stark ausgeprägten Pseudogley meist (aber nicht ausschließlich!) unter den „Planosols“ (G. SMITH 1941, WINTERS 1943, NIKIFOROFF 1948 zit. in: PLAISANCE 1957). Auch die russischen Pedologen haben wiederholt „gleyartige“ sowie Böden mit „hochliegendem Gleyhorizont“ (SAWALLISCH 1928, WERIGINA 1953 u. a.) und „Rasenpodsole“ (MÜCKENHAUSEN 1960) beschrieben, wobei es sich vermutlich z. T. um Pseudogleye handelt. Aber auch hier konnte man sich bisher noch nicht für eine Herausstellung des Pseudogleyes entschließen (TUIRIN 1959). In Polen (FLEGEL 1954) und Jugoslawien finden wir den Pseudogley in der Kategorie der Podsole, in Frankreich unter „sol lessive“ (AUBERT 1951), in Ungarn und teilweise auch in Ostdeutschland nennt man ihn heute noch „nassen Waldboden“ (FLEGEL 1954, KASCH u. a. 1954). Aus Frankreich ist aber auch ein Vorschlag bekannt geworden, den Pseudogley als selbständige Kategorie mit dem Namen „Similigley“ herauszustellen (PLAISANCE 1957). Ansonsten wird der Pseudogley bisher nur in der deutschsprachigen Literatur als selbständige systematische Kategorie herausgestellt.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung der Systematik der Pseudogleye in Deutschland. LAATSCH (1938) hat die Staunäseeböden ursprünglich nach der überwiegenden Art der Eisenwanderung in „marmorierte Böden“ und

„Gleypodsole“ gegliedert. KRAUSS (1939) ging bei der Gliederung der Staunässeböden von der Länge der Nässephase aus und unterschied:

„Gleypodsole mit Übergängen bis zum regionalen Hochmoor;
Übergang von Gleypodsol zu gleiartig;
ausgeprägt gleiartig;
beginnend gleiartig (gleifleckig im Unterboden).“

LAATSCH und KRAUSS unterschieden mithin ursprünglich zwei Formen von Staunässeböden, nämlich die „Gleypodsole“ und die „gleiartigen Böden“ bzw. die „marmorierten Böden“. Synonym mit dem „gleiartigen Boden“ von KRAUSS und dem „marmorierten Boden“ von LAATSCH führte STREMMER (1936) die Bezeichnung „nasser Waldboden“ ein. MÜCKENHAUSEN (1936) machte dann noch auf eine dritte Form der Staunässeböden aufmerksam, nämlich auf die podsolierten staunassen Böden. In Anlehnung an diese drei Autoren untergliederte SCHNEIDER (1950) die Staunässeböden in „eigentliche gleyartige Böden“, „podsolierte gleyartige Böden“ und „Gleypodsole“.

Neuerdings haben KUBIĚNA (1953), LAATSCH (1954) und MÜCKENHAUSEN (1955, 1960) die Gleypodsole zu den Podsolen gestellt und die Staunässeböden als selbständige Kategorie innerhalb der terrestrischen Abteilung ausgeschieden. KUBIĚNA (1953) unterscheidet beim Pseudogley die Subtypen „KRAUSS'scher Pseudogley“ und „Marmorierter Pseudogley“, LAATSCH (1954) die Typen „Pseudogley“ und „Stagnogley“. MÜCKENHAUSEN (1955, 1960) hat im Einvernehmen mit der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft einen Entwurf der Systematik der Böden Deutschlands vorgelegt, in dem die Pseudogleye in folgende Typen und Subtypen gegliedert sind:

1. Pseudogley (Staunässegley)
 - aa) Typischer Pseudogley
 - bb) Podsol-Pseudogley
 - cc) Braunerde-Pseudogley
 - dd) Pelosol-Pseudogley
 - ee) Graulehm-Pseudogley
 - ff) Braunlehm-Pseudogley
 - gg) Gley-Pseudogley
2. Stagnogley
 - aa) Typischer Stagnogley
 - bb) Molkenstagnogley

KUBIĚNA (1953) geht bei seinem Gliederungsvorschlag der Pseudogleye von der vorherrschenden Art der Eisenwanderung aus, LAATSCH (1954) und MÜCKENHAUSEN (1955, 1960) hingegen von dem Verhalten der Staunässe, ähnlich wie es bereits KRAUSS (1939) vorgeschlagen hat. Hiernach zeichnet den Pseudogley und seine Subtypen ein Wechsel von Staunässe mit Trockenheit bzw. von Staunässe mit normaler Bodendurchfeuchtung aus. Der Stagnogley unterscheidet sich vom Pseudogley durch seine ganzjährige nasse Phase.

Der Pseudogley ist in fast allen Klimaten verbreitet. Er kann abweichende Entstehungsursachen und eine sehr unterschiedliche Genese haben. Auch sein pflanzenbaulicher Wert ist verschieden. Eine klare Definition und Abgrenzung des Pseudogleyes nach bodenunabhängigen Kriterien ist daher praktisch kaum möglich. Aber auch die meisten bodeneigenen Merkmale des Pseudogleyes eignen sich kaum zu seiner Abgrenzung und umfassenden Definition. Die Morphologie ist unterschiedlich und der Chemismus uneinheitlich. Gemeinsam ist allen Pseudogleyen aber die Staunässe sowie bodeneigene Merkmale, die ursächlich mit ihr zusammenhängen. Die Definition und die Grundgliederung der Pseudogleye soll darum auch von der Staunässe ausgehen. Da diese als Grundwasser angesprochen werden muß, ist eine grundsätzliche Trennung der Pseudogleye von den Grundwasserböden problematisch. Eine Abgrenzung der Pseudogleye von den terrestrischen Kategorien hingegen ist nicht schwer.

Die Ausprägung der Pseudogleye — die sog. Pseudovergleyung — stimmt meistens nicht mit dem Staunässegrad überein. Eine starke Ausprägung kann z. B. noch vorhanden sein, wenn der Boden nicht mehr unter Staunässeeinfluß steht. Der Wasserhaushalt eines Pseudogleyes muß daher stets getrennt von der Morphologie betrachtet werden (MÜCKENHAUSEN 1950, ZAKOSEK 1952, 1954 a). Eine begriffliche Verknüpfung von Staunässe mit Pseudovergleyung (resp. staunaß mit pseudovergleyt) ist ebenfalls zu vermeiden.

III. Angewandte Untersuchungsmethoden

a. Über die Durchlässigkeit und deren zweckmäßige Bestimmung bei Pseudogleyen

1. Allgemeines

Die Wasserdurchlässigkeit eines Bodens hängt von zahlreichen Faktoren (Korngrößenverteilung, Struktur usw.) ab, die in vielfachen Wechselbeziehungen zueinander stehen. Die Wirkung dieser mannigfaltig ineinander greifenden Faktoren ist aber in der Durchlässigkeitsziffer (k_f) vereinigt. Diese kennzeichnet den Boden daher in physikalischer Hinsicht umfassender als jede andere Größe (ZUNKER 1932).

Die Durchlässigkeitsziffer wurde vom Verfasser nach der Formel von DARCY (1856) errechnet, die wie folgt lautet:

$$v = k_f \cdot \frac{h}{l} = k_f \quad \text{I cm/s.}$$

Hierbei kennzeichnet „ v “ die scheinbare²⁾, auf den Bodenquerschnitt bezogene Geschwindigkeit des durch den Boden strömenden Wassers. „ k_f “ ist die Durchlässig-

²⁾ Man spricht deshalb von scheinbarer Geschwindigkeit des durch den Boden (oder das Filter) strömenden Wassers, „weil das einzelne Wasserteilchen sich nicht gradlinig, sondern in gewundener Bahn um die Bodenteilchen herum bewegt, und weil der wasserführende Querschnitt kleiner als F ist“ (SCHROEDER 1950). Die wirkliche Geschwindigkeit muß daher größer sein.

keitsziffer, der Durchlässigkeitsbeiwert oder die Durchlässigkeit des Bodens in cm/s. „h“ ist der Druckhöhenunterschied an den Enden der Filterlänge I in cm Wassersäule³⁾ von 4° C und „I“ ist das Gefälle (ZUNKER 1930). Die Wassermenge „Q“, die in der Zeiteinheit senkrecht durch den Querschnitt „F“ cm² hindurchtritt ist:

$$Q = v \cdot F = k_f \cdot I \cdot F \cdot \text{cm}^3/\text{s}$$

nach k_f aufgelöst:

$$k_f = \frac{Q}{I \cdot F} \text{ cm/s.}$$

k_f gibt demnach die Höhe der Wassersäule an, die bei einem Gefälle von $I = 1$ in der Zeiteinheit durch einen senkrecht zur Strömungsrichtung gelegenen Querschnitt hindurchtritt. Die von DARCY festgelegten Beziehungen zwischen der in der Zeiteinheit hindurchgetretenen Wassermenge Q, dem Gefälle I, der Querschnittsfläche F und der Durchlässigkeitsziffer k_f lassen erkennen, daß k_f eine Konstante und die hindurchgetretene Wassermenge Q (bei $F = 1$) proportional dem Gefälle I bzw. (bei $I = 1$) proportional der Querschnittsfläche F ist. Der k_f -Wert ist demnach für einen bestimmten Boden konstant.

Die DARCY'sche Formel ist von zahlreichen Forschern nachgeprüft und bestätigt worden. Die heutige Auffassung neigt dahin, daß das Filtergesetz von DARCY für kleinere und mittlere Gefälle zutrifft (u. a. TERZAGHI 1925, ZUNKER 1930, SCHMIDBAUER 1950, SIMON 1953). Das Gesetz gilt für den Bereich der laminaren Strömung (TERZAGHI 1925, KOEHNE 1948). Selbst innerhalb der laminaren Strömung ist nach ZUNKER (1930) mit wachsendem Gefälle zunächst eine allmähliche Vergrößerung von k_f festzustellen, die offenbar darauf beruht, daß der Wasserstrom die hygroskopischen Hüllen abreibt und so das spannungsfreie Porenvolumen vergrößert. Bei größerem Gefälle sowie bei Kiesböden tritt jedoch eine turbulente Strömung auf. Die Bahnen der einzelnen Flüssigkeitsteilchen mischen sich dabei offenbar und k_f wird sprunghaft kleiner. Wird das Gefälle oberhalb des „kritischen Punktes“ weiter erhöht, dann verändert sich der k_f -Wert nur noch wenig; k_f folgt vermutlich dann wieder dem DARCY'schen Gesetz (ZUNKER 1930).

Den k_f -Wert eines Bodens kann man auf verschiedenen Wegen ermitteln. So hat u. a. HAZEN (1895) eine Formel für die Beziehung zwischen den Korngrößen und der Durchlässigkeit abgeleitet. Nach KRÜGER (1918) ist die Durchlässigkeit von der Oberfläche der Bodenteilchen abhängig. ZUNKER (1932), der auf KRÜGER aufbaut, fand, daß die Durchlässigkeit entgegengesetzt proportional dem Quadrat der spezifisch wirksamen Oberfläche ist. KOZENY (1933) hingegen, der sich auf Versuche von DONAT (1929) stützt, hält den Dispersitätsgrad für wichtiger. Ferner ist nach seiner Meinung die Durchlässigkeit vom wirksamen Porenvolumen abhängig. Sie ist nach KOZENY proportional der dritten Potenz und nach ZUNKER proportional dem Quadrat des wirksamen Porenvolumens. Die Gleichungen von ZUNKER und KOZENY gehen von der Korngrößenverteilung und der Hygroskopizität aus. Nach ALTEN & KURMIES haben beide Gleichungen jedoch nur eine bedingte praktische Bedeutung, da nach TRÈNEL (1935) die Frage noch offen steht, wieweit Korngrößengemenge die kapillaren Eigenschaften eines Bodens beeinflussen. Ferner verändert sich der spannungsfreie Porenraum während des Fließvorganges (VAGELER 1932). Nach SCHMIDBAUER (1950) ist die Durchlässigkeit bei Sanden vom Durchmesser der kleinsten Körner (d_0 bis d_3) abhängig. Bei Tonen ist außer diesen Korngrößen noch das Tonmineral entscheidend.

³⁾ Bei den geringen Dichteunterschieden des Wassers zwischen 0 bis 20°C ist es zulässig, die Abweichungen von 4° C in diesem Bereich unberücksichtigt zu lassen (vgl. ZUNKER 1930).

Im Boden sind rechnerisch nicht faßbare Faktoren für die Durchlässigkeit maßgebend. KOZENY (1932) und ZUNKER (1932) betonen daher, daß die Abweichungen in den Durchlässigkeitsziffern, die durch ihre unterschiedlichen Berechnungsweisen zustande kommen, gering sind gegenüber dem Einfluß, den die Bodenstruktur (Risse, Krümelbildung usw.) auf die Durchlässigkeit ausübt. „Man möchte wohl meinen, daß es keinem Bodenkundler einfallen sollte, die aus der Einzelstruktur sich ergebende Durchlässigkeit auch für die landwirtschaftlich bearbeitete, in Schollen- oder Krümelstruktur befindliche Oberkrume gelten zu lassen“ (KOZENY 1932). Neben der rechnerischen Durchlässigkeit seien noch die Versuchsanordnungen von DARCY (1856), HAZEN (1895), TERZAGHI (1925), ZUNKER (1930) und HAEFELI (1938) genannt. Hierbei werden gestörte Proben bei bekanntem Gefälle vom Wasser durchströmt. Aus den Meßergebnissen wird anschließend die Durchlässigkeitsziffer nach der Formel von DARCY errechnet. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen kann man nicht auf gewachsene Böden übertragen (vgl. auch SCHROEDER 1950). So war z. B. der (B)-Horizont einer Parabraunerde aus Lößlehm in ungestörter Lagerung um 2 Potenzen durchlässiger als ein gestörter. Umgekehrt erwies sich der B-Horizont einer Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm ungestört um 3 Potenzen undurchlässiger als gestört.

Bei den Durchlässigkeitsbestimmungen an ungestört gelagerten (gewachsenen) Böden kann man zwei Verfahrensgruppen unterscheiden:

Sickerwasserbestimmungen i. w. S.,
Durchlässigkeitsmessungen im Grundwasserbereich.

Sickerwasserbestimmungen an gewachsenen Böden haben u. a. BERKMANN (1913), BURGER (1922) und OSTENDORF (1953) vorgenommen. Bei diesen Versuchsanordnungen muß man auf eine Bodenprobe, die sich in einem Stahlzylinder befindet, Wasser gießen und beobachten, in welcher Zeit sich der Wasserspiegel um ein bestimmtes Maß senkt. Diese Verfahren ermitteln nach ZUNKER (1930) nicht die Durchlässigkeit eines Bodens, weil das Einsickern des Wassers in den Boden hauptsächlich von seiner Saugkraft abhängt (vgl. auch SCHROEDER 1950).

Da die Staunässe der Pseudogleye Grundwasser ist, können auch im Grundwasserbereich erprobte Methoden über das Verhalten der Staunässe Aufschluß geben. Solche Methoden sind z. B. die „Kochsalzmethode“ von A. THIEM (1887), das von SLICHTER (1906) entwickelte „elektrische Verfahren“, die Bestimmung der Durchlässigkeitsziffer aus „Pumpversuchen“ (u. a. G. THIEM 1906, RIECHERT 1911, FORCHHEIMER 1914, KOSCHMIEDER 1923, SCHULTZE 1924) und die Ermittlung der Durchlässigkeit aus der „Steiggeschwindigkeit“ in Bohrlöchern (FORCHHEIMER 1914). Diese Verfahren waren bei den im Rahmen dieser Arbeit erforderlichen Serienuntersuchungen in den geringmächtigen Staunässeleitern und Staunässesohlen nicht zweckmäßig. Es konnte deshalb nur ein Gerät angewandt werden, das eine Bestimmung der Durchlässigkeit an gewachsenen Böden gestattete. Solche Geräte haben u. a. POWELL (1926), SZILY (1937), HAEFELI (1938), SCHIRMER und das FRANZIUS-Institut der Technischen Hochschule Hannover entwickelt. Bei diesen Verfahren wird mittels Stahlzylinder eine Bodenprobe in natürlicher Lagerung entnommen, die Durchlässigkeit im Laboratorium gemessen und aus den Meßergebnissen die Durchlässigkeitsziffer k_f nach der Formel von DARCY errechnet.

2. Angewandte Methoden

Im Rahmen dieser Arbeiten wurden die Durchlässigkeitsbestimmungen mit den vom FRANZIUS-Institut der Technischen Hochschule Hannover herausgebrachten Geräten und mit dem von SCHIRMER veränderten TERZAGHI-Apparat vorgenommen. Die Geräte aus dem FRANZIUS-Institut sind von SCHMIDBAUER und BLINDE entwickelt und jahrelang erprobt worden. Da es bekanntlich keine Apparatur gibt, die für alle Böden geeignet ist, sind vom FRANZIUS-Institut zwei Geräte herausgebracht worden. Beide Geräte wurden vom Verfasser benutzt.

Gerät I (Abb. 1) eignet sich für Böden, deren k_f -Werte zwischen 10^{-0} bis 10^{-6} cm/s liegen. Bei diesem Gerät sind zwei Versuchsanordnungen möglich.

Bei der Versuchsanordnung 1 (Abb. 1) wird die Probe von unten nach oben durchströmt. Die Bodenprobe befindet sich in einem Stechzylinder, der auch gleichzeitig zur Probeentnahme dient. Der Stechzylinder befindet sich in einem verschraubbaren Durchlässigkeitsgefäß (a), das auf einem Stativ steht. Die gewünschte Druckhöhe wird erreicht, in dem man das Überlaufgefäß (b) oder das Durchlässigkeitsgefäß (a) vertikal verschiebt. Die Wasserstandsröhren (c) und das Überlaufgefäß (b) sind ebenfalls an einem Stativ befestigt. Von einem Hochbehälter gelangt ein mittels Schraubklemme regulierbarer Wasserstrom in das Überlaufgefäß (b). Der Überlauf (b) gewährleistet einen konstanten Wasserspiegel. Vom Überlauf (b) gelangt das Wasser in das Durchlässigkeitsgefäß (a), durchströmt die Probe und wird von einem Überlauf am Durchlässigkeitsgefäß in einen Meßzylinder (d) geleitet. Der Druckhöhenverlust (h) ist an den Wasserstandsröhren (c) abzulesen, die mit dem Überlaufgefäß (b) und dem Durchlässigkeitsgefäß (a) verbunden sind. Die Versuchsanordnung 1 ist für durchlässige Böden geeignet, da bei solchen kleine Druckhöhen ausreichen, um meßbare Wassermengen (Q) zu erhalten. Bei der Versuchsanordnung 2 von Gerät I wird das Durchlässigkeitsgefäß (a) auf den Tisch gestellt und das Wasser vom Hochbehälter direkt in das Durchlässigkeitsgefäß (a) geleitet. Für einen konstanten Wasserspiegel sorgt in diesem Fall der Überlauf am Durchlässigkeitsgefäß (a). Das Wasser durchströmt die Probe mittels Saugdruck, der von dem auf den Fußboden aufgestellten Überlaufgefäß (b) erzeugt wird. Die Durchflußmenge (Q) wird in diesem Fall in einem Meßzylinder am Überlaufgefäß (b) aufgefangen. Der Spiegelabstand des Wassers im Durchlässigkeitsgefäß (a) und im Überlaufgefäß (b) ist auch bei dieser Versuchsanordnung der Druckhöhenverlust (h). Mit der Versuchsanordnung 2 lassen sich Böden mit k_f -Werten zwischen 10^{-3} bis 10^{-6} cm/s messen.

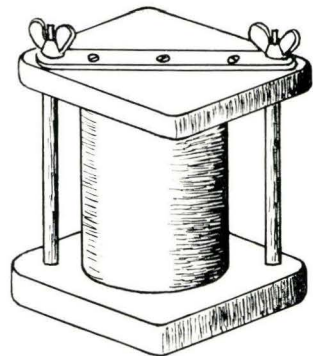
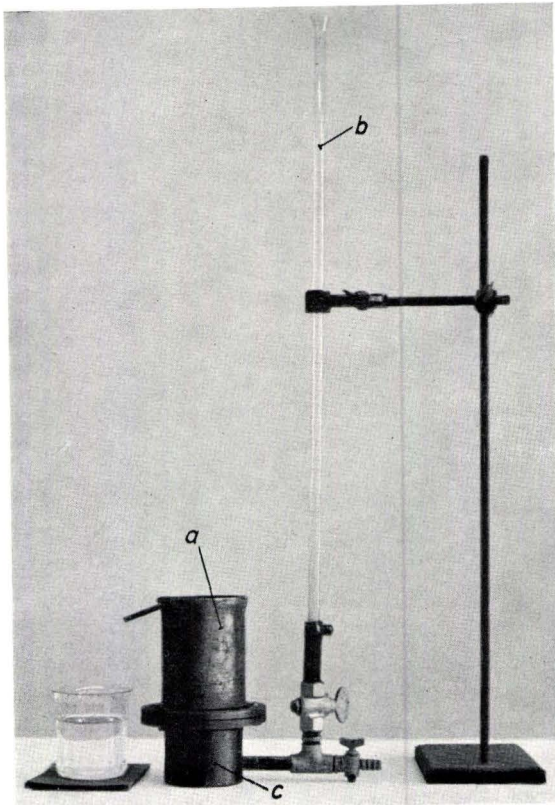
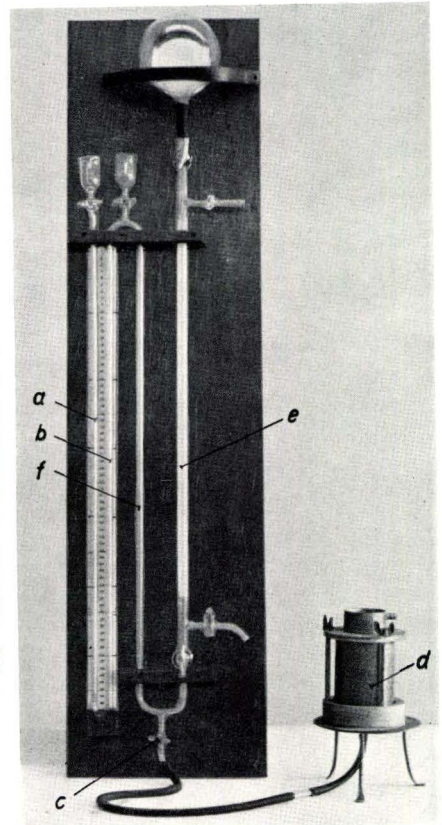
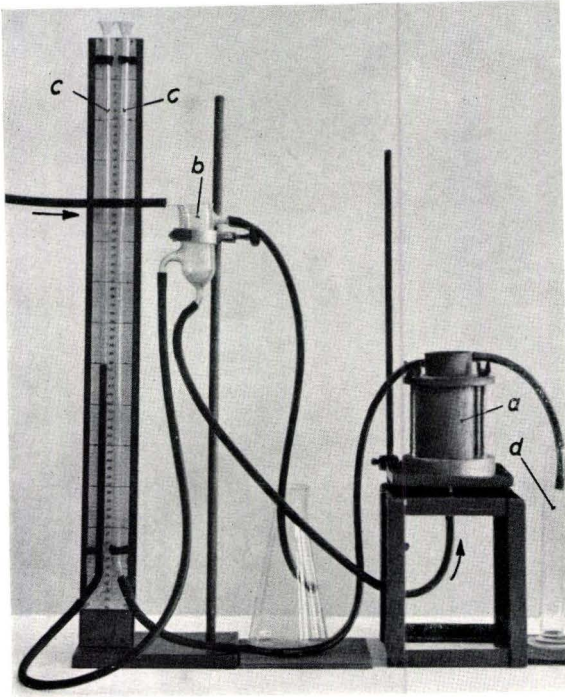
Gerät II (Unterdruckapparatur) eignet sich für Böden mit k_f -Werten unter 10^{-6} cm/s. Gerät II (Abb. 2) besteht aus 4 senkrecht nebeneinander angeordneten, U-förmig verbundenen, druckfesten Glasröhren. Die Röhren (a) und (b) sind auf einer Skala angebracht und können mit Quecksilber gefüllt werden. Durch Ansaugen am Anschluß (c) wird in den Röhren (a), (b) und (f) Unterdruck erzeugt. Danach wird das Durchlässigkeitsgefäß (d) wie bei der Versuchsanordnung 2 bei Gerät I angeschlossen. Der Druckhöhenverlust (h) kann bei diesem Gerät an der Skala und die Durchflußmenge (Q) an der mit einer Skala versehenen Röhre (e) abgelesen werden.

Abb. 1. Gerät I in Versuchsanordnung 1.

Abb. 2. Gerät II (Unterdruckapparatur).

Abb. 3: Gerät III (veränderter TERZAGHI-Apparat).

Abb. 4: Im Transportrahmen verschraubter Probestützen.



Gerät III (Abb. 3) ist der von SCHIRMER veränderte TERZAGHI-Apparat. Auch hierbei wird in das Durchlaufgefäß (a) ein Stechzylinder mit einer ungestörten Probe eingebracht. Die Arbeitsweise ist dieselbe wie beim TERZAGHI-Apparat. Das in das Standrohr (b) eingefüllte Wasser durchströmt den zylindrischen Eisenfuß (c) und die Probe im Durchlaufgefäß. Die Druckdifferenz (h) und die durchgeströmte Wassermenge (Q) kann man am Standrohr ablesen. Das Gerät III eignet sich nur für Messungen im Bereich von $k_f 10^{-6}$ bis etwa 10^{-7} cm/s.

3. Fehlerbesprechung

Bei Durchlässigkeitsuntersuchungen an ungestörten Bodenproben sind zwei Fehlerquellen besonders zu beachten, nämlich Fehler bei der Probeentnahme sowie Untersuchungsfehler.

Die Entnahme von ungestörten Bodenproben ist in der Literatur schon häufig besprochen worden. Es gibt mehrere Methoden, die eine ungestörte Probenentnahme gestatten. In den meisten Fällen wird bei der Entnahme ein Metallzylinder in den Boden eingetrieben. Dabei treten leicht große Fehler durch Verkanten während des Eintreibens, unregelmäßiges Schlagen u. a. auf (Lockerung der Probe, Rißbildung, Kantenpressung usw.). Der Durchlässigkeitsversuch ist hierfür die beste Kontrolle, denn unsachgemäß entnommene Proben kann man sofort an ihrem großen Streubereich erkennen. Der Entnahmevergang im Rahmen dieser Arbeit war wie folgt: Die Probestutzen wurden auf den geplanten, erdfeuchten Horizont gestellt und mit einem Schlagholz mit Führungsring versehen. Sodann wurde der Probestutzen mit einem 1 kg schweren Hammer durch langsame, gleichmäßige Schläge eingetrieben. Danach wurden die Probestutzen ausgegraben und die Enden mit einem scharfen Messer glatt abgeschnitten. Anschließend wurden die Zylinder luftdicht verschraubt (Abb. 4) und in einer gepolsterten Kiste zum Laboratorium transportiert.

Zur Zylindergröße und -form sei noch folgendes bemerkt. Der Fehler in der Einzelprobe ist naturgemäß um so kleiner, je größer der Zylinder ist. Zu große Proben stellen aber auch eine große gewichtsmäßige Belastung dar. Dieser Nachteil hat schließlich zur Verwendung von Zylindern mit 100 cm^3 Inhalt geführt, bei denen man den größeren Fehler der Einzelprobe durch mehrere Proben auszugleichen versuchte (v. NITZSCH 1926). Nach POZDENA (1941) soll das Fehlermittel aus 10 Parallelproben zu je 100 cm^3 Zylinderinhalt bedeutend geringer sein als der Fehler eines 1000 cm^3 -Zylinders. Neuerdings hat man einen Mittelweg beschritten. Das FRANZIUS-Institut der Technischen Hochschule Hannover und SCHIRMER haben unabhängig voneinander Zylinder von annähernd 500 cm^3 Inhalt konstruiert, die der Verf. auch benutzt hat. Erstere sind 10 cm hoch, haben eine lichte Weite von 8,1 cm und ein Volumen von etwa 515 cm^3 . Ihre Unterkante ist von außen angeschliffen. Der von SCHIRMER konstruierte Zylinder hat eine Höhe von 9 cm, einen mittleren inneren Durchmesser von 7,97 cm und ein Volumen von 450 cm^3 . Er läuft zur Unterkante schwach konisch zu und ist ebenfalls von außen angeschliffen. Die Wandstärke bei beiden Typen beträgt 2 mm. Beide Zylindertypen wurden in homogenem Material geprüft und hatten annähernd den gleichen mittleren Fehler. Abweichungen traten nur auf, wenn mit stumpfen Schnittkanten gearbeitet wurde. Offenbar wird die umstrittene „Bodenpressung“ bei zylindrischen Probestutzen (DENSCH 1930) nicht durch die Zylinderform, sondern durch stumpfe Schnittkanten erzeugt. Zylinder der benutzten Größe haben bereits KRAUSS (1923) und BLOHM (1927) empfohlen.

Bei den durchgeführten Durchlässigkeitsmessungen kam es nicht auf eine wissenschaftliche Prüfung der Einzelproben an, sondern vielmehr auf die Bildung eines

brauchbaren Mittelwertes. Auf gewachsenen Böden sind Streuungen der k_f -Werte über 2 Potenzen keine Seltenheit. Es ist daher nicht angängig, zu große Anforderungen an die Geräte und an die Versuchsbedingungen zu stellen. Die benutzten Geräte sind vom FRANZIUS-Institut und von HENEL (1949) eingehend geprüft worden. HENEL (1949) hat beim veränderten TERZAGHI-Apparat eine maximale Fehlergrenze von $\pm 10\%$ ermittelt, die aber in den meisten Fällen weit unterschritten wurde. Zu einer ähnlichen Streuung kam auch das FRANZIUS-Institut. Zahlreiche vergleichende Untersuchungen des Verfassers mit allen drei Geräten ergaben übereinstimmende Ergebnisse. Das FRANZIUS-Institut hat die Geräte I und II außerdem durch Pumpversuche überprüft und dabei eine befriedigende Übereinstimmung ermittelt (BLINDE 1950). Alle drei benutzten Geräte arbeiten mithin für praktische Zwecke hinreichend genau.

Um Untersuchungsfehler zu vermeiden, die mit den Versuchsbedingungen selbst zusammenhängen, wurde bei der Versuchsdurchführung nach folgenden bewährten Richtlinien verfahren (vgl. u. a. TERZAGHI 1925, ZUNKER 1930, HENEL 1949, BLINDE 1950):

1. Das Gerät sowie sämtliche Zuführungen, Siebe und Filter wurden vor dem Einbringen der Probe entlüftet. Erst danach wurde die an der Unterkante angefeuchtete Probe schräg auf das Durchlaufgefäß aufgesetzt und langsam in die endgültige Lage gekippt. Bei den Messungen mit Saugdruck erfolgte das Einbringen der Probe unter Wasser. Die Proben selbst brauchten in den meisten Fällen nicht entlüftet zu werden, weil das aus der Staunässesohle und dem Staunässeleiter stammende Material während der Nässephase entnommen worden ist. Eine Wasserabgabe der Proben während des Transportes verhinderte der luftdichte Transportrahmen. Trotzdem wurde stets eine Kontrollbestimmung mit der Unterdruckapparatur vorgenommen und, wenn es notwendig war, mit geringem Gefälle vorsichtig entlüftet.
2. Zum Versuch wurde luft- und elektrolytarmes Wasser benutzt. Die Luftausscheidung wurde durch Abkochen und längeres Stehenlassen erzielt. Destilliertes Wasser wurde nicht benutzt, weil es die Durchlässigkeit herabsetzt (vgl. auch MITSCHERLICH 1950).
3. Sämtliche Versuche wurden bei einer Temperatur von etwa 20°C durchgeführt. Zur Temperaturkontrolle war am Hochbehälter und am Überlaufgefäß ein Thermometer angebracht. Es konnte daher bei der Berechnung des k_f -Wertes auf den Zähigkeitsfaktor verzichtet werden (ZUNKER 1932).
4. Der Filterwiderstand war in allen Fällen weniger als $1/10$ des Bodenwiderstandes. Die Filtersteine wurden vor jedem Durchlässigkeitsversuch gemessen. Der Einfluß des Filters lag meist unter 1% und konnte vernachlässigt werden.
5. Bei allen Versuchen ist mit dem kleinsten Gefälle gearbeitet worden, um im Gültigkeitsbereich der DARCY'schen Formel zu bleiben. Über das zu wählende Gefälle gibt in jedem Falle der Versuch selbst die beste Auskunft. Die Druckhöhe wurde so gewählt, daß noch meßbare Durchflußmengen erzielt wurden und die Verdunstung vernachlässigt werden konnte.
6. Die Versuche wurden so lange fortgesetzt, bis die Durchflußmenge konstant blieb. In fast allen Versuchen konnte bei unverändertem Gefälle festgestellt werden, daß die Durchflußmenge nach Versuchsbeginn am größten ist, dann langsam abnimmt, um sich danach auf einen konstanten Wert einzustellen.
7. Wenn sich die Durchflußmenge auf einen konstanten Wert eingestellt hatte, konnte bei Gefälleänderungen in den meisten Fällen eine Proportionalität zwischen der hindurchgetretenen Wassermenge und dem Gefälle festgestellt werden. Demnach gilt das Gesetz von DARCY auch für gewachsene Böden in natürlicher Lagerung.
8. In jedem Horizont wurden, je nach Streuung, 5 bis 20 Parallelbestimmungen vorgenommen und daraus der Mittelwert errechnet.

b. Bestimmung des Porenvolumens

Neben der Durchlässigkeit wurde von fast jeder Probe auch das Porenvolumen bestimmt. Die Ermittlung erfolgte nach der Formel (THUN & HERMANN 1949):

$$p = \left(1 - \frac{rt}{s}\right) 100 .$$

Das spezifische Gewicht jedes untersuchten Horizontes wurde nach der Methode von ALBERT & BOGS (zit. in: TERZAGHI 1930) bestimmt. Aus den Einzelbestimmungen wurde ebenfalls der statistische Mittelwert für die betreffenden Horizonte errechnet. Vergleichende Porenvolumenbestimmungen mit dem Luftpyknometer nach v. NITZSCH ergaben eine befriedigende Übereinstimmung der Mittelwerte. Die Streuungen der Einzelproben bei den Pyknometerbestimmungen nach v. NITZSCH waren jedoch größer, was vermutlich auf die unterschiedlichen Zylindergrößen zurückzuführen ist.

c. Ermittlung der Korngrößenverteilung

Die Korngrößen wurden lediglich zur Bestimmung der Bodenarten ermittelt, und zwar nach der Aräometermethode von CASAGRANDE (1934). Die Abgrenzung der Bodenarten wurde nach dem bekannten Schema der Reichsbodenschätzung vorgenommen:

	Gehalt an abschlämmbaren Teilchen (< 0,01 mm) in % vom Feinboden
Sandböden	
Sand	< 10
anlehmiger Sand	10—13
ehmiger Sand	14—18
Lehmböden	
stark lehmiger Sand	19—23
sandiger Lehm	24—29
Lehm	30—44
Tonböden	
lehmiger Ton	45—60
Ton	> 60

Die Bodenarten sind jeweils bei der Profilbeschreibung angegeben.

d. pH-Bestimmung

Die pH-Zahlen wurden in wässriger Lösung mit dem WULF'schen Folienkolorimeter von LAUTENSCHLÄGER ermittelt. Die Werte des benutzten Folienkolorimeters liegen um etwa 0,2 pH tiefer als die üblichen KCl-Werte.

B. Spezieller Teil

Wenn für den Grad der Ausprägung des Profils eines Pseudogleyes der Grad der Staunässe maßgebend wäre, dann müßten die Veränderungen im Profil eines Pseudogleyes um so größer sein, je stärker der Staunässeeinfluß ist.

Der Staunässegrad eines Pseudogleyes ist im wesentlichen von der Durchlässigkeit der Staunässesohle, von ihrer Lage im Boden (cm unter Flur) und vom Sickerwasseranfall abhängig. Die Durchlässigkeit der einzelnen Horizonte wurde gemessen und in k_f cm/s sowie Millionen k_f cm/s angegeben. Ein Stauvermögen liegt nach den bisherigen Ermittlungen dann vor, wenn die Millionen k_f -Werte < 100 sind. Graduell läßt sich das Stauvermögen wie folgt abstufen:

Schwaches Stauvermögen	=	Mill. k_f -Werte von 100 bis 10,
mäßiges Stauvermögen	=	Mill. k_f -Werte von 9 bis 1,
starkes Stauvermögen	=	Mill. k_f -Werte < 1 .

Für die Lage der Staunässesohle unter Flur werden folgende Abstufungen gegeben:

Flach	=	0 bis 30 cm unter Flur,
mittel	=	31 bis 60 cm unter Flur,
tief	=	> 60 cm unter Flur.

Von den Probeentnahmestellen lagen keine klimatischen Bestimmungen vor. Der Verf. hat daher auf die Werte der „Klimakunde des Deutschen Reiches“ (Berlin 1939) zurückgegriffen. Da die theoretische Ermittlung des Sickerwasseranfalles in einem Boden zu große Mängel hat, ist die klimatische Durchfeuchtung durch den LANG'schen Regenfaktor ausgedrückt worden. Die Werte wurden durch Interpolation der 50jährigen Mittel gewonnen. Es gelten als:

Schwache Durchfeuchtung	=	Regenfaktoren von 60 bis 80,
mäßige Durchfeuchtung	=	Regenfaktoren von 81 bis 100,
starke Durchfeuchtung	=	Regenfaktoren > 100 .

Die Durchlässigkeit der Staunässesohle (in k_f -Werten), ihre Tiefenlage im Boden (in cm unter Flur) und die klimatische Durchfeuchtung (ausgedrückt durch den Regenfaktor nach LANG) kennzeichnen in etwa den Staunässegrad eines Pseudogleyes und ermöglichen Vergleiche mit dem Profil. Nachfolgend werden Staunässegrade von Pseudogleyes mit ihren Ausprägungsgraden verglichen. Die Einstufung der Böden wurde nach der farblichen Ausgestaltung der Profile vorgenommen. Bei den Profilbeschreibungen ist nur der statistische Mittelwert der Durchlässigkeit in Millionen k_f -Werten angegeben. Der mittlere Durchlässigkeitswert sowie das mittlere Porenvolumen aller Böden sind außerdem in Kurven zusammengestellt.

I. Untersuchungsergebnisse von Böden, die nicht durch Staunässe verändert sind

Aus Gründen der Vergleichbarkeit sollen zunächst Untersuchungsergebnisse von Böden (P 1 bis P 7) mitgeteilt werden, die nicht von der Staunässe beeinflusst sind.

a. Tschernosem-Braunerde aus Lößlehm

P 1

Lage: 500 m nordöstlich Erp/Rheinland (Kiesgrube Erp).
 Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 58–62).
 Nutzung: Wegen Kiesabbau ungenutzt, vormals Acker.
 Boden: Tschernosem-Braunerde aus Lößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	35 cm kaffeebrauner Lößlehm, humos, sehr locker, porös, sehr stark durchwurzelt und gut gekrümelt, neutral bis alkalisch, mit allmählichem Übergang in	33022
(B)	25 cm sepiabrauner Lößlehm, schwach humos, mit kantig-krümeligen und polyedrischen Strukturelementen, stark durchwurzelt und von Tiergängen durchzogen. Auf den Schwund- und Bruchflächen sind Kalküberzüge (Pseudomyzelien) vorhanden, alkalische Reaktion, allmählich übergehend in	9548
C	150 cm + hellgelber, unverwitterter Löß in natürlicher Lagerung.	76

b. Parabraunerden aus Lößlehm

P 2

Lage: 20 m östlich des Melbtals in Bonn-Poppelsdorf, ca. 300 m vom Klemens-August-Platz.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 58–62).
 Nutzung: Acker (Weizen, Zuckerrüben, Gemüse).
 Boden: Parabraunerde mit hohem Basengehalt aus Lößlehm (vgl. Taf. I Fig. 1).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	35 cm dunkelbrauner Lößlehm, humos, körnigkrümelig, pH 7,1.	10670
B	100 cm sepiabrauner Lößlehm, Struktur schwach klumpig bis stumpf polyedrisch, mit vereinzelt größeren Wurzel- und Tiergängen, mäßig bis stark durchwurzelt, pH 7,7.	7100
C	100 cm + hellgelber, unverwitterter Löß in natürlicher Lagerung.	96

P 3

Lage: Schlag Hubbelrath I in der Saatzuchtwirtschaft KRAFT in Buir bei Düren.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 62–68).

Nutzung: Acker (Zuckerrüben, Weizen, Gemüse).

Boden: Parabraunerde mit hohem Basengehalt aus Lößlehm.

		Mittlere Durchlässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	30 cm dunkelsepiabrauner, gut humoser Lößlehm in guter Krümelstruktur, pH 7,1.	~ 10000
B	50 cm sepiabrauner, schwach humoser Lößlehm, klumpig bis krümelig, porig, locker, sehr stark von Wurzel- und Tiergängen durchzogen, pH 6,9.	7205

P 4

Lage: 1,5 km nordöstlich Erp/Rheinland, 50 m westlich der Straße Lechenich-Erp.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 60–64).

Nutzung: Acker (Zuckerrüben, Weizen).

Boden: Parabraunerde mit mittlerem Basengehalt aus Lößlehm.

		Mittlere Durchlässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	30 cm dunkelsepiabrauner, schwach humoser Lößlehm, locker und mäßig gekrümelt, pH 5,7.	> 5000
B ₁	5–7 cm. Der Übergang vom A- zum B-Horizont ist sehr scharf und die oberen 5–7 cm des B-Horizontes haben eine deutliche plattig-blättrige Struktur (Pflugsohle), pH 5,1.	82
B ₂	40 cm + sepiabrauner Lößlehm, kantig-krümelig, mäßig bis stark durchwurzelt und von Tiergängen durchzogen, pH 5,4.	4997

c. Podsol-Parabraunerde aus umgelagertem Sandlößlehm

P 5

Lage: An der Straße Hangelar-Großenbusch (Rheinland), 500 m nordwestlich Hof Größenbusch.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 58–60).

Nutzung: Stockausschlag aus Eichen und Birken, ferner Ginster und Adlerfarn.

Boden: Podsol-Parabraunerde aus umgelagertem Sandlößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A ₀	4 cm schwarzbrauner, modriger Rohhumus.	} 2000–5000
A ₁ /A ₂	10–12 cm mit Auflagehumus durchsetzter anlehmiger Sand, bräunlich bis schwarz, zahlreiche gebleichte Quarzkörner, locker, pH 4,2.	
B	50 cm + sepiabrauner Sandlößlehm, locker, sehr gut durchwurzelt, keine eindeutigen Strukturelemente, pH 4,6.	713

d. Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm

P 6

Lage: 1,5 km nördlich Asperberg, an der Triftstraße (Reichswald bei Kleve).

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 83–85).

Nutzung: Wald (Kiefer, Eiche, Adlerfarn).

Boden: Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm über kiesigem Sand der Hauptterrasse des Rheines (vgl. Taf. I Fig. 2).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A ₀	5–8 cm bräunlich-schwarze, mäßig zersetzte Rohhumusauflage von Kiefernadeln.	} 12500
A ₂	3–5 cm grauer, violettstichiger lehmiger Feinsand, humos, porös, strukturlos, pH 3,8.	
A ₃	50 cm bräunlich-gelber Sandlößlehm, sehr gut durchwurzelt, keine eindeutigen Strukturelemente, pH 3,7.	3380
B	30 cm rotbrauner, schwach kiesiger schwerer Sandlößlehm, plattig, dicht, schwach durchwurzelt, pH 3,9.	3

e. Auenboden aus holozänem Schwemmlehm

P 7

Lage: Ziegeleiaufschluß Warbeyen (Niederrhein).

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 84).

Nutzung: Weide.

Boden: Kalkhaltiger Auenboden aus holozänem Schwemmlehm, smonitzaartig, über subfossilem Braungley.

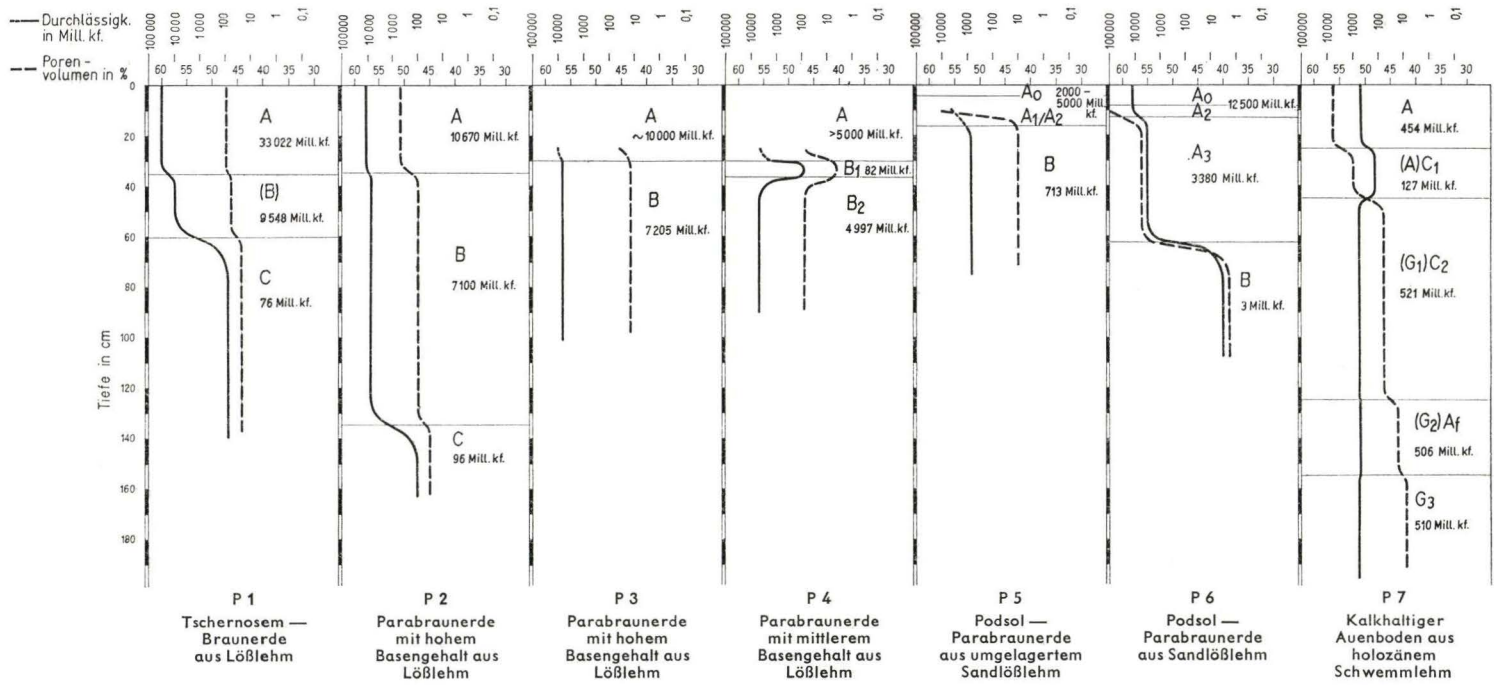


Abb. 5. Physikalische Analysendaten von Böden, die nicht durch Staunässe verändert sind⁴).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	25 cm dunkelsepiabrauner lehmiger Ton, humos, sehr gut durchwurzelt, mit allmählichem Übergang in den C-Horizont, alkalisch.	454
(A)C ₁	20 cm sepiabrauner lehmiger Ton, schwach humos, in guter Struktur, sehr gut durchwurzelt, von Tiergängen durchzogen, alkalisch.	127
(G ₁)C ₂	80 cm sepiabrauner, schwach rostgefleckter lehmiger Ton, in den unteren 40 cm schwach marmoriert, gute Struktur, sehr gut durchwurzelt und von Tiergängen durchzogen, alkalisch.	521
(G ₂)A _f	30 cm dunkelsepiabrauner, schwach marmorierter lehmiger Ton, mäßig humos, in guter Struktur, sehr gut durchwurzelt und von Tiergängen durchzogen, alkalisch.	506
G ₃	40 cm + bräunlichgrauer lehmiger Ton, kantig-polyedrische Strukturelemente, mit zahlreichen Wurzel- und Tiergängen, alkalisch.	510

Die Braunerde (P 1) und die Parabraunerden (P 2, P 3 und P 4) aus Löß sind verhältnismäßig gut durchlässig. Die Durchlässigkeitswerte der Tschernosem-Braunerde (P 1) schwanken zwischen 32 000 und 9 500 Mill. k_f cm/s. Die Durchlässigkeit dieses Bodens liegt mithin in einer Größenordnung, wie sie von Sanden bekannt ist. In der Tschernosem-Braunerde könnten bei völlig wassererfülltem Porenraum und einem Gefälle von $I = 1$ pro Tag etwa 8 bis 9 m Wasser versickern (vgl. auch ZAKOSEK 1955).

Der B-Horizont der Parabraunerden hoher Sättigung (P 2 und P 3) ist rund 30% weniger durchlässig als der entsprechende Horizont der Tschernosem-Braunerde. Eine ähnliche Abnahme der Durchlässigkeit bei denselben Bodentypen fand auch OSTENDORFF (1953) nach einer anderen Methode.

Die Durchlässigkeitsziffer im B-Horizont der Parabraunerde mittlerer Sättigung (P 4) liegt bei etwa 5000 Mill. k_f cm/s. Das entspricht einer Abnahme der Durchlässigkeit von 50% gegenüber der Tschernosem-Braunerde. Der B₁-Horizont (Pflugsohle) von P 4 besitzt sogar ein schwaches Stauvermögen. Er ist also um 1 bis 2 Potenzen undurchlässiger als der Unterboden der Parabraunerden.

Bemerkenswert ist ferner die Feststellung, daß der unverwitterte Löß selbst bei zusammenhängend wassererfülltem Porenraum schwache Stau Eigenschaften besitzt. Diese Tatsache ist sowohl für die Bodenkultur als auch für die Grundwassererneuerung von Bedeutung (ZAKOSEK 1955).

⁴) Auf der Ordinate ist die Mächtigkeit der Böden in cm angegeben. Die Horizontsymbole sind neben den Kurven eingetragen. In jedem Bodenhorizont wurden, je nach der Streuung, 5 bis 20 Parallelbestimmungen vorgenommen. Die Mittelwerte dieser Bestimmungen gehen aus den Kurven hervor, die k_f -Werte sind logarithmisch dargestellt. Aus den Proben, die zur Ermittlung der Durchlässigkeit dienten, wurde auch das Porenvolumen errechnet. Die Mittelwerte des Porenvolumens sind ebenfalls in Kurven dargestellt.

Die B-Horizonte der Podsol-Parabraunerden aus Sandlößlehm (P 5 und P 6) sind wesentlich dichter als die der Parabraunerden aus Löß. P 6 ist z. B. mit einer Durchlässigkeit von 3 Mill. k_f cm/s im Unterboden um mehr als 3 Potenzen weniger durchlässig als die B-Horizonte der Parabraunerden (P 2 bis P 4).

Die Analysendaten dieser 6 Böden zeigen deutlich, daß mit zunehmender Basenverarmung eine beträchtliche Gefügeverschlechterung eintritt. Da das Porenvolumen nur unbedeutend und nicht gesetzmäßig zurückgeht, scheint es vor allem die Art der Hohlraumverteilung (Verkleinerung der Durchflußquerschnitte) zu sein, die offenbar immer ungünstiger wird.

Die k_f -Werte bei P 7 liegen zwar eine Potenz tiefer als bei den Parabraunerden (P 2, P 3, P 4), sie sind aber mehr als 2 Potenzen größer als bei P 6. Die Durchlässigkeit dieses schweren, schluffreichen Bodens liegt in einer Größenordnung, wie man sie im allgemeinen bei lehmigsandigen Lockersedimenten antrifft. Auch der Auenboden zeigt, wie entscheidend der Entwicklungszustand für die Wasserführung eines Bodens ist.

II. Untersuchungsergebnisse von Pseudogleyen schwächerer Ausprägung

In diesem Abschnitt werden Untersuchungsergebnisse von Pseudogleyen mitgeteilt, deren Profilgepräge farblich nur wenig von den Bodentypen abweichen, aus denen sich diese Pseudogleye entwickelt haben. Nach dem Ausprägungsgrad müßte man diese Böden (P 8 bis P 14) als schwache Pseudogleye auffassen.

a. Pseudogley-Mergelrendzina aus Wiesenmergel

P 8

Lage: An der Straße Freckenhorst—Everswinkel, 2 km östlich von Freckenhorst (Westfalen).

Durchfeuchtung: Schwach bis mäßig (Regenfaktor: 77–81).

Nutzung: Weide (Kammgras, Moose, Hahnenfußarten, Gänseblümchen, Spitzwegrich).

Boden: Pseudogley-Mergelrendzina aus Wiesenmergel.

		Mittlere Durchlässigkeit in Mill. k_f cm/s
(g ₁) A	15 cm graubrauner, schwach humoser, lehmiger Ton, ganz schwach rostfleckig, dicht, alkalisch.	< 0,01
g ₂ C	60 cm + grauweißer, schwach rostgefleckter lehmiger Ton bis Ton, ganz schwach durchwurzelt, dicht, keine eindeutigen Strukturelemente, alkalisch.	< 0,01

b. Pseudogley-Parabraunerde aus Lößlehm

P 9

Lage: 500 m nordöstlich Kaserne Duisdorf bei Bonn.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 60–64).

Nutzung: Acker (Zuckerrüben, Weizen, Gemüse).

Boden: Pseudogley-Parabraunerde aus Lößlehm (vgl. Tafel 1 Fig. 3).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	28 cm dunkelbrauner Lößlehm, humos und gut gekrümelt, pH 6,2.	> 5000
B ₁	30 cm sepiabrauner Lößlehm, porig, locker, kantig-krümelig, stark von Wurzeln und Tierröhren durchzogen, pH 5,7.	> 5000
	Die oberen 4–5 cm sind schwach plattig (schwache Pflugsohle).	~ 100
g B ₂	70 cm + sepiabrauner, schwach fahlgrau- und rostgefleckter Lößlehm, schwach blättrig-polyedrische Strukturelemente, stark durchwurzelt und von Tiergängen (Regenwurmröhren) durchzogen, pH 5,5.	5057

c. Pseudogley-Parabraunerde aus Sandlößlehm

P 10

Lage: Altenessen, Mevissenplatz (Bauplatz Schule).

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 90–94).

Nutzung: Gartenland (Schrebergarten).

Boden: Pseudogley-Parabraunerde aus Sandlößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	40–45 cm dunkelbrauner (etwas graustichiger) Sandlößlehm, humos, locker und gut gekrümelt.	> 5000
	In den unteren 10 cm etwas heller und fester, pH 6,7.	~ 1000
B _g	80 cm graubrauner, stark fahlgrau- und rostbraungefleckter Sandlößlehm, plattige, scharfkantige Strukturelemente, vereinzelte Tier- und Wurzelgänge, pH 5,3.	oben 40 unten 32

d. Pseudogley-Parabraunerde aus umgelagertem Sandlößlehm

P 11

Lage: An der Straße Hangelar–Großenbusch, 500 m nordwestlich Hof Großenbusch (Rheinland).

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 58–60).

Nutzung: Acker (Runkeln, Hafer, Wintergerste, Weizen).

Boden: Pseudogley-Parabraunerde aus umgelagertem Sandlößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	30 cm sepiabrauner Sandlößlehm, humos, in guter Struktur, pH 6,6.	> 5000
B _{g1}	40 cm + hellsepiabrauner Sandlößlehm, mit kleinen fahlgrauen und rostbraunen Flecken, kantig-krümelig, sehr gut durchwurzelt, pH 6,4.	482

e. Schwach pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm

P 12

Lage: Straße Kleve-Goch in Höhe von TP 36,2, 100 m westlich der Straße (am Klosterhof).

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 83–85).

Nutzung: Frische Rodung, vormals Mischwald von Eichen und Kiefern.

Boden: Schwach pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm über kiesigem Sand der Hauptterrasse des Rheines (vgl. Tafel I Fig. 4).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A ₀	6–8 cm schwarzer, modriger Rohhumus.	} > 10000
A ₂	4 cm grauvioletter, lehmiger Feinsand, humos, porös, strukturlos, pH 3,8.	
A ₃	45 cm bräunlich-gelber Sandlößlehm, mäßig durchwurzelt, in der unteren Hälfte schwach plattig.	1046 29
g ₁	60 cm + rötlich-graubrauner, schwach fahlgrau- und rostgefleckter schwerer Sandlößlehm, mit vereinzelt kleinen schwarzen Eisenkonkretionen, polyedrisch, ganz schwach durchwurzelt, pH 4,0.	2
g ₂ D	35 cm + gelber, kiesiger Sand, schichtig, pH 3,9.	oben 750 unten 3060

f. Pseudogley-Pelosol aus Basalt

P 13

Lage: 500 m östlich von Pfuhl (Oberwesterwald), an der Leipzigerstraße.

Durchfeuchtung: Stark (Regenfaktor: etwa 145–155).

Nutzung: Gemeindeweide Pfuhl.

Boden: Pseudogley-Pelosol aus Plastosol- sowie quartärem Verwitterungsmaterial des Basalts.

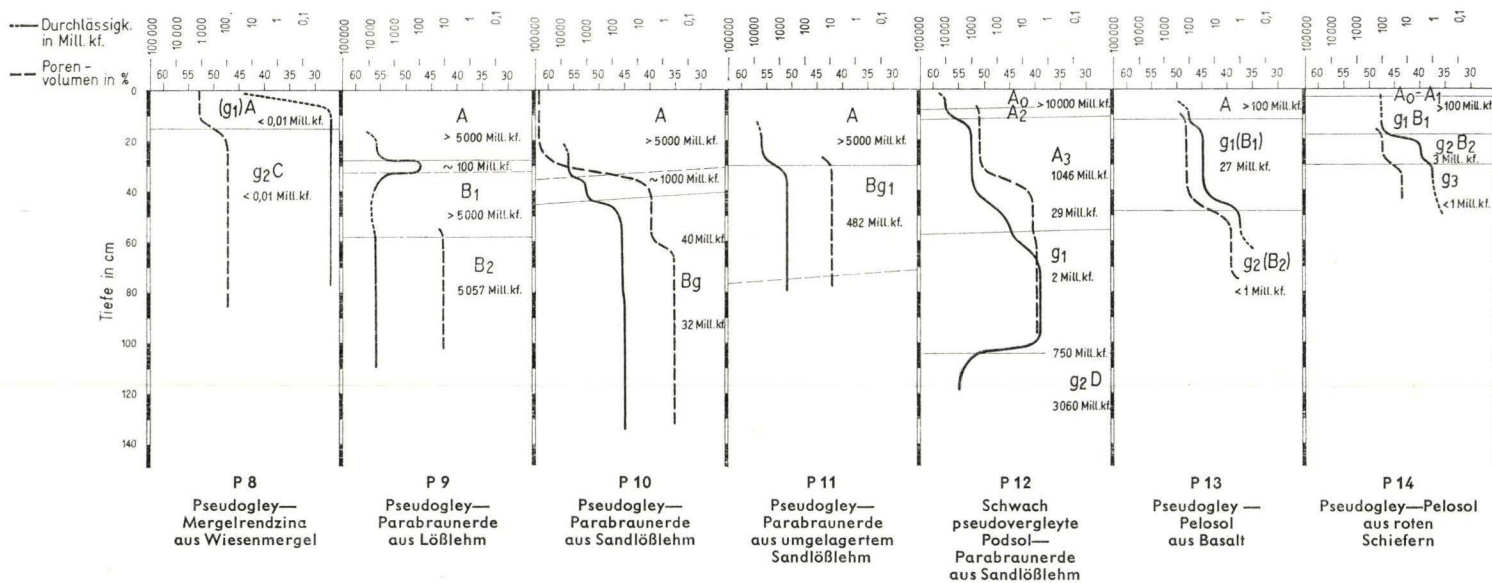


Abb. 6. Physikalische Analysendaten von Pseudogleyen schwächerer Ausprägung.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k _f cm/s
A	12 cm rötlich-brauner, humoser, toniger Lehm, gut durchwurzelt, kantig-krümelige bis plattige Strukturelemente, pH 4,7.	> 100
g ₁ (B ₁)	36 cm rötlich-brauner, schwach rostgefleckter, lehmiger Ton, schwach bis mäßig durchwurzelt, keine eindeutige Struktur, pH 5,1.	27
g ₂ (B ₂)	40 cm rotbrauner, ganz schwach fahlgrau- und mäßig rostbraun-gefleckter, lehmiger Ton, sehr dicht, ganz schwach durchwurzelt, mit vereinzelt Basaltstücken und Eisenkonkretionen, pH 6,8.	< 1

g. Pseudogley-Pelosol aus roten Schiefen

P 14

Lage: 250 m östlich Milzenhäuschen bei Schmidtheim (Eifel).

Durchfeuchtung: Stark (Regenfaktor: 125–130).

Nutzung: Wald (Fichten, Grauweiden, Binsen, rotes Straußgras, Rasenschmiele, Blaubeere, Himbeere).

Boden: Pseudogley-Pelosol aus roten Schiefen der Unterems-Schichten, die vermutlich präpleistozän verwittert sind.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k _f cm/s
A ₀ -A ₁	3 cm schwarzbrauner, stark humoser, schluffiger Ton, stark durchwurzelt.	} > 100
g ₁ B	15 cm rötlich-brauner, schluffiger Ton, schwach rostgefleckt, stark durchwurzelt und gekrümelt.	
g ₂ B	12 cm rotbrauner, schluffiger Ton, mäßig rostfleckig, vereinzelt kleine Konkretionen, scharfkantige Strukturelemente, schwach durchwurzelt, pH 5,1.	3
g ₃	20 cm + rotbrauner, schluffiger Ton mit zahlreichen rost- und schwarzbraunen Flecken und Konkretionen, einige kleine fahlgraue Flecke, dicht, ganz schwach durchwurzelt, pH 5,1.	< 1

Bemerkenswert ist der geringe Staunässegrad der Pseudogley-Parabraunerde aus Lößlehm (P 9). Die Durchlässigkeit von P 9 ist durchaus mit P 2, P 3, und P 4 vergleichbar, wie Abb. 7 zeigt.

Ähnliches gilt auch für die schwachen Pseudogleye aus Sandlößlehm (vgl. Abb. 8).

Die Böden aus äolischen Sedimenten haben demnach schon bei geringem Staunässeeinfluß buntfleckige Profilgepräge, sie sind gute Zeichner (ZAKOSEK 1952). Das Gegenteil ist bei den Profilen 8, 13 und 14 der Fall. Hier ist die farbliche Veränderung

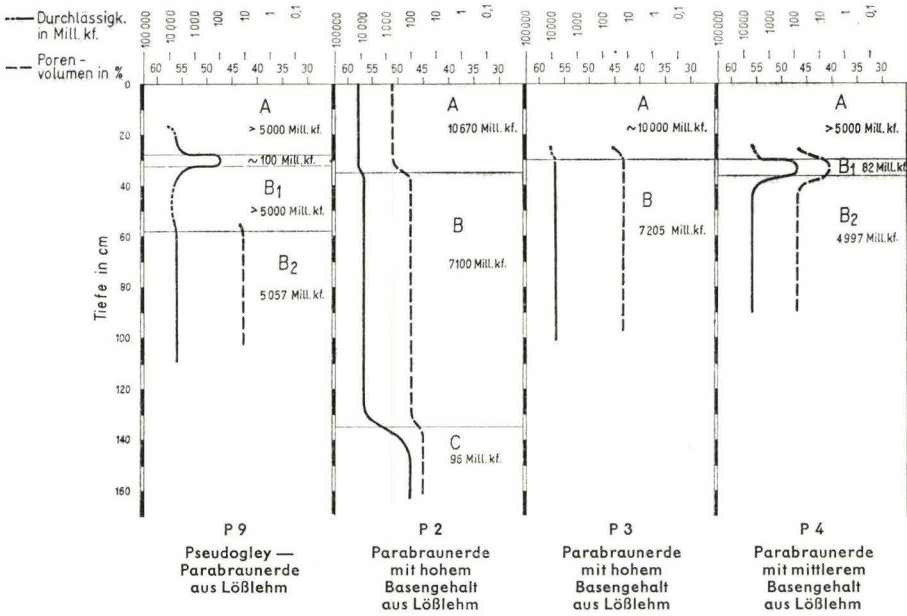


Abb. 7. Physikalische Analysendaten von 4 Subtypen aus Lößlehm

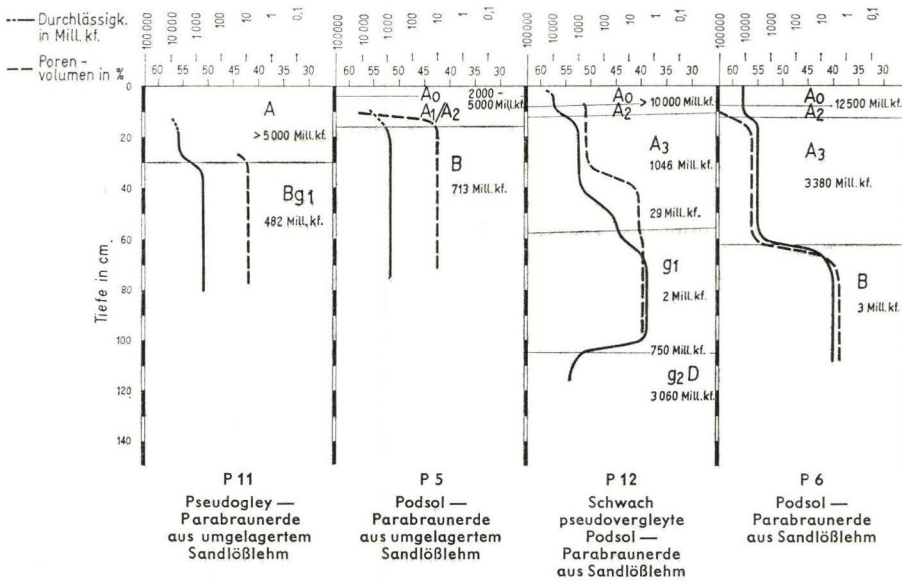


Abb. 8. Physikalische Analysendaten von 4 Subtypen aus Sandlößlehm.

der Profile trotz starker Staunässegrade verhältnismäßig gering. Die geringe Auswirkung der Staunässe bei diesen Profilen hängt mit dem Ausgangsgestein zusammen. Bei P 8 hemmen die Eisenarmut und der hohe Karbonatgehalt des Gesteines die Ausprägung. In P 13 und P 14 ist es vermutlich das gegen Redoxeinflüsse sehr stabile Hämatit dieser Gesteine (v. STEINWEHR 1954). Fahlgraue — von Eisenlösung und -verlagerung zeugende — Flecken treten daher im Profilbild dieser Pseudogleye zurück. P 8, P 13 und P 14 sind schlechte Zeichner (ZAKOSEK 1952).

III. Untersuchungsergebnisse von Pseudogleyen stärkerer Ausprägung

Nachfolgend werden 9 Pseudogleye besprochen, deren Profile stark durch die Staunässe verändert worden sind. Nach der morphologischen Ausgestaltung muß man diese Böden als starke Pseudogleye einstufen, wie es auch bei der nachfolgenden Beschreibung erfolgt ist.

a. Pseudogleye aus Lößlehm

P 15

Lage: Ziegeleigrube Huckelsmay am Südpark in Krefeld.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 65–70).

Nutzung: Wegen Abbau für Ziegeleizwecke z. Zt. Brache, vormals Acker.

Boden: Starker Pseudogley aus Lößlehm (vgl. Taf. 2 Fig. 5).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
Ag ₁	25 cm graubrauner, schwach humoser Lößlehm, keine eindeutigen Strukturelemente, pH 5,8.	> 100
g ₂	40 cm Lößlehm, der in den oberen 15 cm mäßig marmoriert und unten fast homogen rostbraun ist, z. T. sind die rostbraunen Partien in etwa 2–3 cm breiten, horizontal verlaufenden Bändern angeordnet, in denen sich zahlreiche stecknadelkopfgroße Eisenkonkretionen befinden, schwache Durchwurzelung (teilweise horizontal verlaufend), dicht, oben plattig, pH 5,5.	19
D _{1g3}	30 cm rostbrauner Sand (Terrasse).	27
D ₂	20 cm + gelbbrauner, schwach kiesiger Sand (Terrasse), unregelmäßig rostbraun gebändert.	86

P 16

Lage: Im Kottenforst bei Bonn, an der Straße zwischen Duisdorf und Miel, 200 m rechts von der Straße.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 58–62).

Nutzung: Wald (Eichen, Hainbuchen, vereinzelt Binsen, Brombeeren und Drahtschmiele).

Boden: Starker Pseudogley aus Lößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
Ag_1	15 cm graubrauner, schwach rostgefleckter Lößlehm, humos, keine eindeutigen Strukturelemente, stark durchwurzelt, pH 4,5.	> 100
g_2	50 cm weißlichgrauer, schwach kiesiger Lößlehm, stark rostgefleckt mit vereinzelt kleinen, porösen, schwärzlichen Eisenkonkretionen, mäßig dicht, oben plattig, schwach durchwurzelt, pH 5,6.	10
<p>Der Steinanteil und die Intensität der Rostfleckung nimmt nach unten zu. Die untere Partie ist fast homogen rostbraun gefärbt. Ab 80 cm folgt ein relativ gut durchlässiger kiesiger Sand (Terrasse).</p>		

P 17

Lage: 2,5 km südwestlich Weiler in der Ebene (Rheinland), an der Straße zwischen Weiler und Zülpich (im Marienwald).

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 60–64).

Nutzung: Wald (Eichenstockausschlag, vereinzelt Brombeeren, Binsen und Erlen).

Boden: Starker Pseudogley aus Lößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A_0	8 cm modriger Rohhumus.	< 5000
Ag_1	15 cm schwach mit Rohhumus durchsetzter, mäßig rostgefleckter, fahlgrauer Lößlehm, unten schwach plattig, mäßig durchwurzelt, pH 4,0.	3153
g_2	40 cm + hell- bis fahlgrauer, stark rostgefleckter, schwach kiesiger Lößlehm mit vereinzelt (bis haselnußgroßen) schwärzlichen Konkretionen, oben deutlich plattig, dicht, schwach bis mäßig durchwurzelt, pH 5,7.	29

b. Pseudogley aus Sandlößlehm

P 18

Lage: Altenessen, am Rande der Bermeniederung.

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 90–94).

Nutzung: Garten.

Boden: Starker Pseudogley aus Sandlößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
Ag_1	25–30 cm humoser, bräunlich-grauer Sandlößlehm, locker, schwach gekrümelt, pH 5,8.	> 5000
g_2	20 cm mäßig rostfleckiger, grauer Sandlößlehm, mäßig plattige Struktur und mäßige Durchwurzelung, pH 5,3.	102
g_3	50 cm + hellgrauer, intensiv rostbraungefleckter Sandlößlehm, deutlich plattige Struktur, schwache Durchwurzelung, pH 5,4.	36

c. Pseudogley aus umgelagertem Sandlößlehm

P 19

Lage: An der Straße Hangelar-Großenbusch, etwa 500 m nordwestlich Hof Großenbusch.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 58–60).

Nutzung: Acker (Roggen, Kartoffeln).

Boden: Starker Pseudogley aus umgelagertem Sandlößlehm.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
(A) g_1	25 cm graubrauner, mäßig rostgefleckter Sandlößlehm, ganz schwach humos, keine eindeutigen Strukturelemente, pH 6,2.	> 5000
g_2	80 cm bräunlich-grauer, stark rostgefleckter Sandlößlehm, oben mäßig plattig, mäßig durchwurzelt, pH 5,9.	492

d. Stark pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm

P 20

Lage: An der Straße Kleve-Goch in Höhe von TP 39, 50 m westlich der Straße.

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 83–85).

Nutzung: Acker (Roggen, Kartoffeln).

Boden: Stark pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm über kiesigem Sand der Hauptterrasse des Rheines (vgl. Taf. 2 Fig. 6).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A_0	5 cm modriger Rohhumus.	} > 10000
g_1A_2	4 cm grauvioletter, lehmiger Feinsand.	
A_3g_2	45 cm graugelber, mäßig fahlgrau- und schwach rostgefleckter Sandlößlehm mit vereinzelt kleinen Brauneisenkonkretionen, mäßig durchwurzelt, schwach plattige Strukturelemente, pH 3,9.	330

		Mittlere Durchlässigkeit in Mill. k _f cm/s
g ₃	25 cm rötlich-brauner, stark fahlgrau- und rostgefleckter Sandlößlehm mit vereinzelt Brauneisenkonkretionen, plattig, schwach durchwurzelt, pH 3,8.	3
g ₄	30 cm + rotbrauner, stark fahlgrau- und mäßig rostgefleckter Sandlößlehm mit kleinen, schwarzbraunen Eisenkonkretionen, deutlich plattig, keine Durchwurzlung. An den Schichtflächen der plattigen Strukturelemente sind deutliche Eisenhydroxydüberzüge zu erkennen, pH 3,8.	3

e. Braunlehm-Pseudogley aus Geschiebelehm

P 21

Lage: An der Straße Stadtlohn-Ahaus, 1 km nördlich Stadtrand Stadtlohn (Westfalen).

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 85–90).

Nutzung: Weide (Kammgras, Hahnenfußarten).

Boden: Braunlehm-Pseudogley aus Geschiebelehm der Altmoräne.

		Mittlere Durchlässigkeit in Mill. k _f cm/s
Ag ₁	10 cm dunkelgraubrauner, schwach steiniger, anlehmiger Sand, schwach rostfleckig, schwach humos, strukturlos, pH 5,1.	> 100
g ₂	30 cm braun-grauer, gebleichter, schwach steiniger, anlehmiger Sand mit vereinzelt kleinen Rostflecken, schwach bis mäßig durchwurzelt, schichtig (weißgraue, 3–4 cm mächtige Quarzsandlagen), pH 5,3.	22
g ₃	40 cm + fahlgrauer, schwach steiniger, lehmiger Sand mit großen rostbraunen Flecken, dicht, pH 3,6.	4

f. Grauplastosol-Pseudogley aus fossiler Verwitterungsdecke

P 22

Lage: Universitätsversuchsgut Rengen (Eifel), Koppel H 2 alt.

Durchfeuchtung: Mäßig bis stark (Regenfaktor: etwa 95–100).

Nutzung: Weide.

Boden: Grauplastosol-Pseudogley aus fossil verwitterten glimmerigen Schiefen der Unterems-Schichten.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
Ag ₁	16 cm braungrauer, mäßig rostgefleckter, feinsandiger, schluffiger Lehm, schwach humos, in mäßiger Struktur, pH 5,8.	> 10
g ₂	40 cm + fahlgrauer, mäßig rostgefleckter, schwach feinsandiger, schluffiger, toniger Lehm, schwach durchwurzelt, keine eindeutige Struktur, pH 4,6.	< 1

g. Gley-Pseudogley aus holozänem Schwemmlehm

P 23

Lage: Universitätsversuchsgut Rengen (Eifel).

Durchfeuchtung: Mäßig bis stark (Regenfaktor: 95–100).

Nutzung: Wiese.

Boden: Gley-Pseudogley aus holozänen, fluviatilen Ablagerungen. Durch künstliche Grundwasserabsenkung entstandener „zeitlicher Übergang“ vom Gley zum Pseudogley.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	14 cm hellsepiabrauner, feinsandiger, schluffiger Lehm, humos, in guter Struktur, pH 5,9.	686
(B)G ₁ g ₁	23 cm hellbrauner, feinsandiger, schluffiger Lehm, stark weißgrau- und rostbraungefleckt (großfleckig), kantige Strukturelemente, schwach durchwurzelt, pH 5,4.	3
g ₂ G ₂	100 cm + hellgraubrauner, feinsandiger, schluffiger Lehm, stark weiß- und rostfleckig (streifig), keine eindeutigen Strukturen, schwach durchwurzelt, pH 5,5.	2

Die Durchlässigkeitswerte der stark ausgeprägten Pseudogleye (P 15 bis P 23) sind sehr unterschiedlich. Der g₂ (= Staunässesole) der Pseudogleye aus Lößlehm (P 15, P 16, P 17) ist nur 50- bis 350mal weniger durchlässig als der B-Horizont der Parabraunerden aus Lößlehm (P 2, P 3, P 4). Die schwach ausgeprägten Pseudogleye aus Wiesenmergel (P 8), Basalt (P 13) und Schiefer (P 14) hingegen sind um Potenzen undurchlässiger. Die Staunässesole von P 15, P 16 und P 17 besitzt sogar nur ein schwaches Stauvermögen. Außerdem werden diese Böden auch nur schwach durchfeuchtet. P 15, P 16 und P 17 haben demnach bei einem schwachen Staunässegrad eine starke Ausprägung. Ähnliches gilt für die starken Pseudogleye aus Sandlößlehm (P 18, P 19, P 20). Die Durchlässigkeitswerte weichen auch hier nur wenig von den durch Staunässe unbeeinflussten (P 5 und P 6) und schwach beeinflussten (P 10, P 11, P 12) Böden der gleichen Entwicklungsreihe ab, wie Abb. 10 zeigt.

Der starken Ausprägung der Profile P 15 bis P 20 stehen nur eine schwache (P 15, P 16, P 17, P 19) und mäßige Durchfeuchtung (P 18, P 20) sowie ein schwaches (P 15,

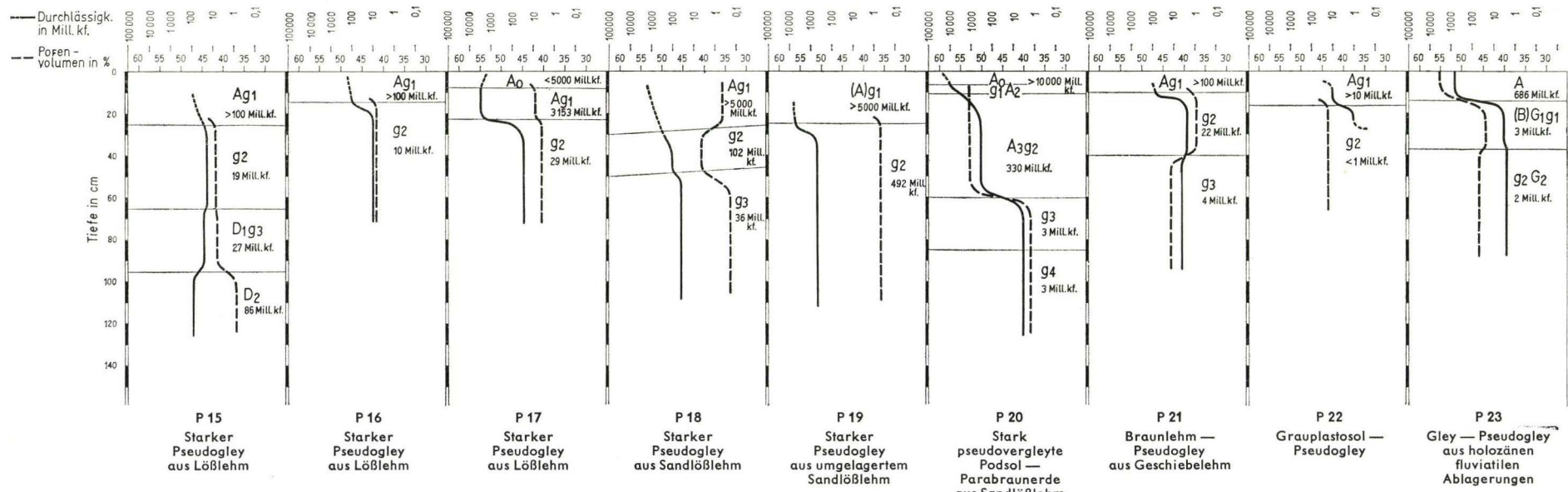


Abb. 9. Physikalische Analysendaten von Pseudogleyen stärkerer Ausprägung.

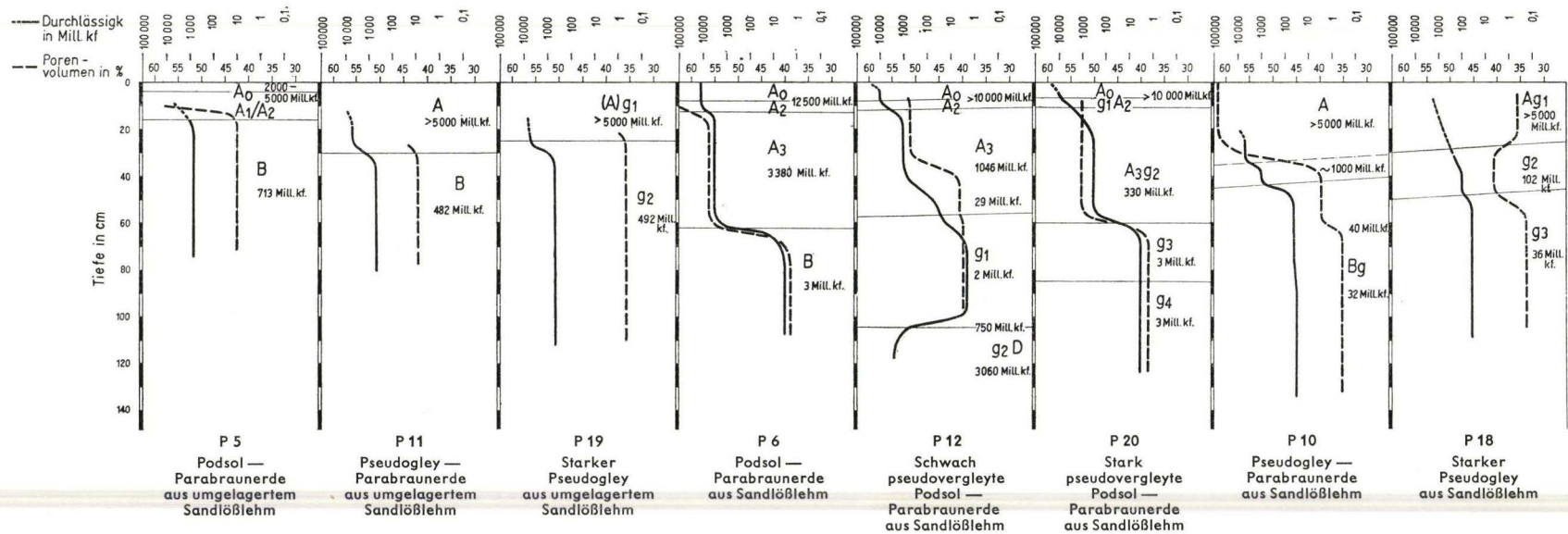


Abb. 10. Physikalische Analysendaten von 8 Subtypen aus Sandlößlehm.

P 16, P 17, P 18, P 19) und mäßiges (P 20) Stauvermögen gegenüber. Das Profilgepräge und der ermittelte Staunässegrad stimmen auch hier mithin nicht überein. Nach der Ausprägung vermutet man eine starke Staunässeeeinwirkung. Offenbar neigen alle Pseudogleye aus äolischen Sedimenten zu Veränderungen im Profilgepräge, welche Staunässegrade vortäuschen, die in Wirklichkeit aber nicht vorliegen (vgl. Abb. 10).

Die Böden P 21, P 22 und P 23 haben ähnliche Profile wie die stark ausgeprägten Pseudogleye aus den äolischen Sedimenten, doch stimmen bei ihnen Staunässegrad und Ausprägungsgrad ziemlich überein. Das ganze Profil von P 21 ist grau und die Rostflecken nehmen von oben nach unten zu. P 21 verdankt aber nicht nur der Staunässe seine starke Ausprägung, sondern er ist außerdem noch tondurchschlemmt und hat in der Tundrenzeit der letzten Eiszeit bereits eine Ausprägung erfahren (vgl. auch MÜCKENHAUSEN 1957).

Die Eisenverlagerung vom Oberboden (jetzt Ag_1 und g_2) in den Unterboden (jetzt g_3) dürfte im wesentlichen durch diese Prozesse erfolgt sein. Zur Staunässebildung ist es auf P 21 vermutlich erst gekommen, als ein dichter B-Horizont vorlag. Mithin haben bei der Ausprägung dieses Pseudogleyes neben der Staunässe auch noch andere Vorgänge mitgewirkt. Das Farbbild spiegelt daher nur zufällig den vorliegenden Staunässegrad wider (ZAKOSEK 1952). Ganz ähnlich sind auch die Verhältnisse bei P 22. Das in den präpleistozänen Warmzeiten entstandene Plastosolmaterial besaß schon vor dem Staunässeeeinfluß eine graue Farbe. Die Graufärbung ist daher neben der rezenten Staunässe maßgeblich an der Ausprägung mitbeteiligt (ZAKOSEK 1952). Auch bei P 23 stimmen — wenn auch hier nur zufällig — Staunässe- und Ausprägungsgrad recht gut überein. Hier wurde durch Binnenentwässerung das Grundwasser um mindestens 1,20 m abgesenkt. Der alte G/B-Horizont ist die rezente Staunässesohle. P 23 ist mithin ein zeitlicher Übergang von einem Gley zum Pseudogley und die Ausprägung des Profils ist im wesentlichen schon durch das Grundwasser erfolgt.

IV. Untersuchungsergebnisse von fossilen Pseudogleyen

Im Rahmen dieser Untersuchungen seien auch Meßergebnisse von zwei fossilen Pseudogleyen mitgeteilt. Nach MÜCKENHAUSEN (1954b) handelt es sich bei diesen fossilen Pseudogleyen vermutlich um Tundrenböden eines Würminterstadials, die von jüngerem Würmlöß bedeckt sind. Die interstadialen Pseudogleye weichen in der Ausprägung etwas von den rezenten ab (vgl. Taf. 2 Fig. 7).

Fossile Pseudogleye aus Lößlehm

P 24

Lage: Ziegeleigrube an der Bahnhofstraße in Holzheim bei Neuß/Rhein.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 71–75).

Nutzung: Acker (Weizen, Zuckerrüben, Rotklee).

Boden: Starker fossiler Pseudogley eines Interstadials aus älterem Würmlöß unter Parabraunerde mit mittlerem Basengehalt aus jüngerem Würmlöß über Mittelterrasse des Rheines (vgl. Taf. 2 Fig. 7).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	30 cm dunkelsepiabrauner, stark humoser Lößlehm in guter Struktur, pH 6,5.	> 5000
B	40 cm sepiabrauner Lößlehm, kantig-krümelig, sehr stark durchwurzelt, von zahlreichen Wurmröhren durchzogen, pH 5,9. Der Übergang von B- zum fg_1 -Horizont ist die Schichtgrenze vom jüngeren zum älteren Würmlöß.	> 5000
fg_1	20 cm grauer Lößlehm mit wenigen aderförmigen, fahlgrauen, rostbraun umränderten Flecken und vereinzelt, stecknadelkopfgroßen Eisenkonkretionen, kantig-plattige Strukturelemente, schwach bis mäßig durchwurzelt, mäßig von Tiergängen durchzogen, pH 5,6.	> 100
fg_2	100 cm rostig-brauner Lößlehm, der mäßig mit rundlichen, ader- und lanzettförmigen fahlgrauen Flecken durchsetzt ist, die scharf rostbraun umgrenzt sind, mäßiger Besatz von stecknadelkopfgroßen Eisenkonkretionen, keine eindeutige Struktur, schwach mit Wurzel- und Tiergängen durchsetzt, pH 5,2.	22
D	40 cm kiesiger Sand, der unregelmäßig von rostbraunen Bändern durchzogen ist. Das Terrassenmaterial ist sehr dicht, ortstein-ähnlich und selbst im nassen Zustand zementartig fest.	< 10

P 25

Lage: Ziegeleigrube der Neußer Dampfziegelei THELEN, an der Straße Neuß-Jülich bei Neuß/Rhein.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 71-75).

Nutzung: Acker (Zuckerrüben, Weizen, Rotklee).

Boden: Starker fossiler Pseudogley eines Interstadials aus älterem Würmlöß unter pseudovergleyter Parabraunerde aus jüngerem Würmlöß über Mittelterrasse des Rheines.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
A	30 cm dunkelsepiabrauner Lößlehm, stark humos, gut gekrümelt, pH 6,7.	> 5000
A_3	15 cm sepiabrauner Lößlehm, porös, kantig-krümelig und stark von Wurzel- und Tiergängen durchzogen, pH 6,3, allmählich zum g_1B_1 übergehend.	> 5000
g_1B_1	30 cm braungrauer, schwach rostgefleckter Lößlehm mit zahlreichen stecknadelkopfgroßen Eisenkonkretionen, mäßig von Tier- und Wurzelröhren durchzogen, keine eindeutigen Strukturelemente, pH 5,9.	> 100

Mittlere Durchlässigkeitswert
in Mill. k_{fcm}/s

- g_2B_2 60 cm brauner Lößlehm mit mäßigem Besatz an aderförmigen, rund- und lanzettlichen, fahlgrauen Flecken (alte Wurzelröhren), die scharf rostbraun umgrenzt sind und einen mäßigen Gehalt an stecknadelkopfgroßen Eisenkonkretionen aufweisen, schwach durchwurzelt und von Tiergängen durchzogen, dicht, kantig-plattige Struktur, pH 5,3. Der Übergang vom g_2B_2 - zum fg_1 -Horizont ist die Schichtgrenze vom jüngeren zum älteren Würmlöß.

17
- fg_1 40 cm fahlgrauer Lößlehm, schwach fahlgrau (aderförmig) gefleckt, vereinzelte stecknadelkopfgroße Eisenkonkretionen. Die grauen Flecken sind unscharf von schwach rostbraunen Rändern umgeben. Keine Durchwurzlung, dicht, pH 5,3.

12

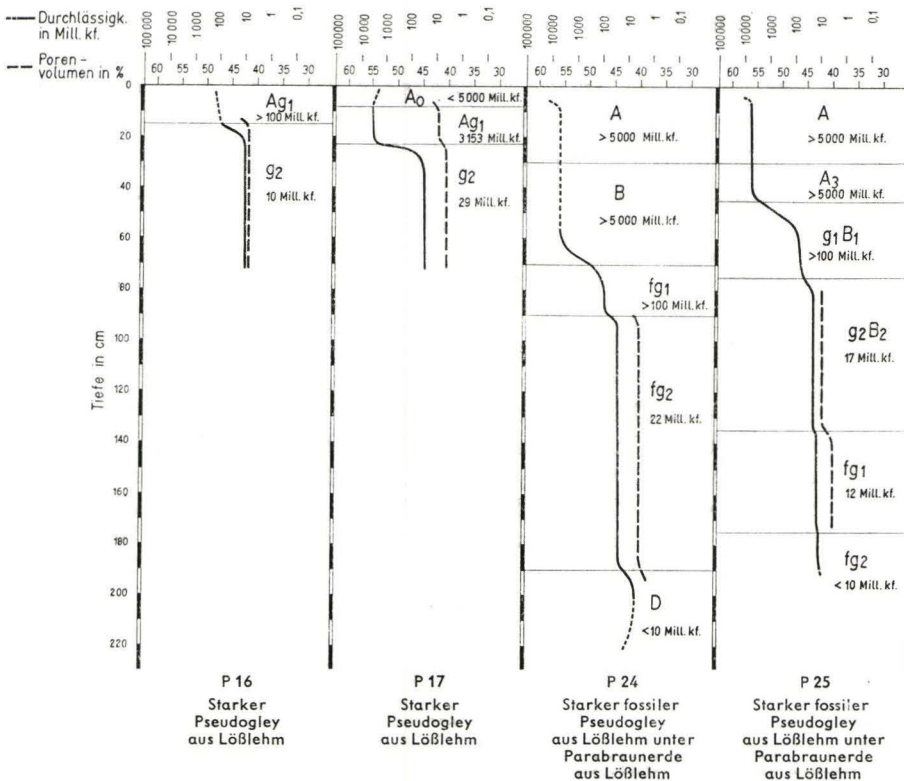


Abb. 11. Physikalische Analysendaten von rezenten und fossilen Pseudogleyen stärkerer Ausprägung aus Lößlehm.

Mittlere Durch-
lässigkeit
in Mill. k_f cm/s

fg_2	50 cm rötlichbrauner Lößlehm mit vereinzelt stecknadelkopfgroßen Eisenkonkretionen, keine Durchwurzelung, sehr dicht, plattig.	< 10
D_1	60–70 cm mäßig kiesiger Sand, der unregelmäßig rostbraun gebändert ist. Das Terrassenmaterial ist sehr dicht, fest verbacken, zementartig hart und undurchlässig.	
D_2	50 cm + kiesiger Sand (Terrasse), locker und durchlässig.	

Die physikalischen Kennwerte der vergleichbaren Horizonte (vgl. die g_2 -Horizonte von P 16 und P 17 mit den fg_2 -Horizonten von P 24 und P 25) der rezenten und fossilen starken Pseudogleye stimmen recht gut überein.

V. Untersuchungsergebnisse von regressiven Pseudogleyen

Bei den regressiven Pseudogleyen handelt es sich um Pseudogleye, die durch Kulturmaßnahmen verändert worden sind.

Der Schlag Hubbelrath III, auf dem P 26 liegt, ist vor etwa 40 Jahren gedränt worden. Auch der Nährstoffhaushalt (34 mg K_2O und 33 mg P_2O_5 in 100 g Boden in der Krume) und die Reaktion dieses Bodens sind durch planmäßige Düngung in Ordnung gebracht worden. In der Leistung (Fruchtfolge und Ertrag) ist P 26 mit der Parabraunerde (P 3) auf dem benachbarten Schlag durchaus vergleichbar. P 26 besitzt auch nicht mehr das für Pseudogleye typische Bodenwechselklima, obgleich das Drän-system schon mehrere Jahre nicht mehr arbeitet. Ähnliches gilt auch für P 27. Das alte Siedlungsgelände Pfalzdorf bei Goch, in dem P 27 liegt, ist 1741 kultiviert und besiedelt und seitdem vorbildlich bewirtschaftet worden. Durch diese Maßnahmen (Entwässerung, Gesundungskalkung, Humus- und Nährstoffzufuhr) wurde die Heidenschaft in fruchtbare Ackerfluren umgewandelt, die selbst bei anspruchsvoller Fruchtfolge Höchstertträge liefern. Im Profilgepräge gleichen P 26 und P 27 aber noch durchaus den stärkeren Pseudogleyen auf den entsprechenden Substraten (vgl. P 26 mit P 15, P 16 und P 17 sowie P 27 mit P 20).

a. Regressiver Pseudogley aus Lößlehm

P 26

Lage: Schlag Hubbelrath III in der Saatzuchtwirtschaft KRAFT in Buir bei Düren.

Durchfeuchtung: Schwach (Regenfaktor: 62–68).

Nutzung: Acker (Zuckerrüben, Weizen, Gemüse).

Boden: Regressiver starker Pseudogley aus Lößlehm (vgl. Taf. 2 Fig. 8).

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
Ag_1	30 cm braungrauer, humoser Lößlehm in guter Krümelstruktur, pH 7,3. Der Übergang vom Ag_1 zum g_2 ist unscharf, von der Krume reicht zapfenartig Krumenmaterial in den Unterboden hinein.	> 5000
g_2	50 cm + grauer, stark fahlgrau- und rostbraungefleckter Lößlehm, sehr gut durchwurzelt und stark von Tier- und Wurzelröhren durchzogen, polyedrisch, mäßig porig, löcherig, bröckelig, pH 7,0.	5974

b. Regressive, stark pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde
aus Sandlößlehm

P 27

Lage: Straße Goch-Kalkar (Reuterstraße), 800 m nördlich Gut Heidhausen.

Durchfeuchtung: Mäßig (Regenfaktor: 83–85).

Nutzung: Seit etwa 200 Jahren Acker (Zuckerrüben, Weizen, Rotklee), davor Heide.

Boden: Regressive, stark pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm über kiesigem Sand der Hauptterrasse des Rheines.

		Mittlere Durch- lässigkeit in Mill. k_f cm/s
Ag_1	30 cm grauer bis dunkelbrauner, gut humoser Sandlößlehm, porös, in guter Struktur und mit zahlreichen gebleichten Quarzkörnern und einer schwachen Pflugschle, pH 6,2. Zwischen Krume und Unterboden besteht kein scharfer Übergang; das Krumenmaterial reicht zapfenförmig in den A_3g_2 -Horizont.	1880 173
A_3g_2	12–15 cm graugelber, ganz schwach rostgefleckter Sandlößlehm, schwach plattige Strukturelemente, porös, sehr gut durchwurzelt, pH 6,0.	5500
g_3	50 cm + rötlich-brauner, stark fahlgrau- und schwach rostbraungefleckter Sandlößlehm, plattige Strukturelemente, die bei leichtem Druck in kubische Krümel zerfallen, sehr gut durchwurzelt, pH 5,6.	892

Die regressiven Pseudogleye (P 26, P 27) sind um einige Potenzen durchlässiger als die in der Ausprägung entsprechenden Pseudogleye auf dem gleichen Substrat (vgl. P 15 mit P 26 und P 20 mit P 27, Abb. 12). Das Porenvolumen gibt keine Auskunft über die Regression, wie die Werte der vergleichbaren Horizonte zeigen. Demnach ist nicht eine Zunahme des Porenvolumens, sondern eine Veränderung in der Art der Hohlraumverteilung für die Regression der Pseudogleye charakteristisch. P 26 hat ähnliche

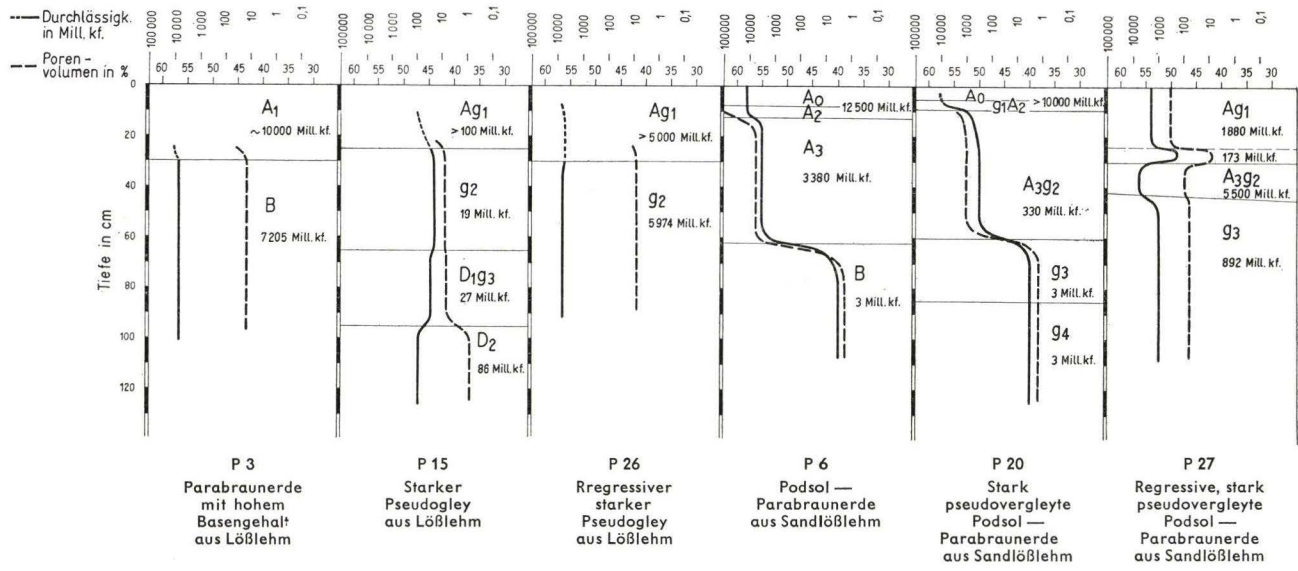


Abb. 12. Physikalische Analysendaten von zwei regressiven Pseudogleyen und vier unveränderten Subtypen.

Durchlässigkeitswerte wie die Parabraunerden aus Lößlehm (vgl. P 26 mit P 3). Bei P 27 ist die Durchlässigkeit des Unterbodens (Staunässesohle) sogar fast 300mal so groß wie bei P 20 und P 6 (vgl. auch ZAKOSEK 1952, 1955).

Die Regression ist aber auch am Gefüge und an der Struktur zu erkennen. Das Krumenmaterial reicht zapfenförmig in den Unterboden hinein (vgl. Taf. 2 Fig. 8). Die plattigen Lagen des Unterbodens zerfallen bei leichtem Druck in mürbe, kantig-kubische Krümel. Auch der tiefere Unterboden ist durch Pflanzenwurzeln und Bodentiere gründlich aufgeschlossen worden (vgl. auch MÜCKENHAUSEN 1950 und SCHROEDER 1954).

Die beiden Beispiele zeigen, daß selbst starke Pseudogleye durch sachgemäße Meliorations- und Bearbeitungsmaßnahmen in absehbaren Zeiträumen wesentlich verbessert werden können. Diese Tatsache ist sowohl für die Bodenkultur als auch für die Grundwassererneuerung von Bedeutung.

VI. Zusammenfassung

Nach dem Verhältnis von Ausprägungsgrad zu dem Grad der Staunässe lassen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse bei Pseudogleyen drei Ausprägungsformen erkennen; nämlich schlechte Zeichner, normale Zeichner und gute Zeichner.

Die Basaltverwitterung des Oberwesterwaldes (P 13), die fossil verwitterten Schiefer des Unterdevons (P 14) und der kalkhaltige Wiesenmergel (P 8) sind schlechte Zeichner. Sie zeigen bei starker Staunässe nur geringe Veränderungen im Profil. Bei diesen Böden wäre eine Unterschätzung der Staunässe nach dem Ausprägungsgrad leicht möglich.

Bei den normalen Zeichnern deckt sich der Ausprägungsgrad mit dem Staunässegrad. Der Ausprägungsgrad gestattet bei dieser Form eine Beurteilung des gegenwärtigen Wasserhaushaltes und eine systematische Einstufung. Als normale Zeichner sind der Geschiebelehm (P 21), die fossilen Verwitterungsdecken in Rengen (P 22) und der Gleyepseudogley (P 23) anzusprechen. Es sei jedoch hervorgehoben, daß bei diesen Böden neben der Staunässe noch andere Faktoren das Profil mitgeformt haben.

Gute Zeichner hingegen sind die Löß- und Sandlößlehme. Auf den äolischen Ablagerungen entstehen offenbar schon bei schwachen Staunässegraden stark buntfleckige Profile, die leicht zu einer Überschätzung der Staunässe Anlaß geben können.

Die Anzahl und die Größe der Eisen-Mangan-Konkretionen stimmte in den meisten Fällen nicht mit dem Staunässegrad überein. Sogar auf dem gleichen Substrat traten bei ähnlichen Staunässegraden Unterschiede in Anzahl und Größe der Eisen-Mangan-Konkretionen auf. Die Bedeutung der Eisen-Mangan-Konkretionen für die graduelle Einstufung der Pseudogleye darf darum nicht überschätzt werden.

Nicht nur die Intensität, sondern auch die Art der Ausprägung ist bei den meisten Pseudogleyen verschieden. Offenbar entsteht auf jedem Ausgangsgestein in Verbindung mit der Bodenentwicklung eine individuelle Ausprägung.

Die wichtigsten Kennzeichen für die Beurteilung des Staunässegrades sind neben der Ausprägung vor allem die Durchfeuchtung sowie die Lage und Durchlässigkeit der Staunässesole.

Unter dem Einfluß intensiver Ackerkultur werden Pseudogleye wesentlich verbessert.

Schriftenverzeichnis

- ALTEN, F. & E. KURMIES: Das Verhalten des Wassers im Boden. — Handb. Bodenlehre, **1**, Ergänzungsband, Berlin 1939.
- ARENS, R., F. KRÄMER & C. LANGNER: Über die Bodenstruktur und die Ertragsfähigkeit von Pseudogleyen und gleyartigen Braunerden. — Z. Acker- u. Pflanzenbau, **107**, S. 67–98, Berlin u. Hamburg 1958.
- AUBERT, M.: Carte Pédologique de France NO. — Nancy 1951.
- BABEL, U.: Zur Bestimmung der Eisenoxydhydrate im Boden. — Diss. Göttingen 1958.
- BARGON, E.: Der Einfluß der wichtigsten Bodenbildungen auf den Humuszustand in Nordrhein-Westfalen. — Diss. Bonn 1955.
- BERKMANN, M.: Untersuchungen über den Einfluß der Pflanzenwurzeln auf die Struktur des Bodens. — Int. Mitt. Bodenk., 1913.
- BIRK, H. & H. ZAKOSEK: Die bodenangepaßten Unterlagssorten für die hessischen Weinbaugebiete. — Weinberg u. Keller, **7**, S. 9–15, Frankfurt/Main 1960.
- BLINDE, A.: Mündliche und schriftliche Mitteilungen im Jahre 1950.
- BLOHM, G.: Der Einfluß der Bodenstruktur auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. — Landw. Jb., **66**, 1927.
- BLOOMFIELD, C. J.: The distribution of iron and aluminium oxides in gley soils. — J. Soil Sci., **3**, S. 167–171, 1952.
- BLÜMEL, F.: Bodengefügeveränderungen durch Maulwurfdränung. — Österreich. Wasserwirtsch., **8**, S. 313–319, 9. Abb., Wien 1956.
- BOGATIREW, K. P.: Zur Frage der Vergleyung unter dem Einfluß von oberflächlichem und innerem Bodenwasser in feuchten und subtropischen Gebieten. — (russ.) Bodenkunde, **12**, 1953.
- BROWN, G.: On the occurrence of lepidocrocite in some British soils. — J. Soil Sci., **4**, S. 220–223, 1953.
- Soil morphology and mineralogy. A qualitative study of some gleyed soils from North-West-England. — J. Soil Sci., **5**, 1954.
- BRUNNACKER, K.: Der würmeiszeitliche Löß in Südbayern. — Geol. Bavarica, **19**, S. 258 bis 265, München 1953.
- Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern. — Geol. Bavarica, **34**, 95 S., 11 Abb., 3 Tab., 2 Taf., München 1957.
- Bemerkungen zur Parabraunerde. — Geol. Jb., **76**, S. 561–576, 8 Abb., Hannover 1959.
- BURGER, H.: Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. — Mitt. Schweiz. Zentralanstalt forstl. Verw., **XIII**, Zürich 1922.
- CASAGRANDE, A.: Die Aräometermethode zur Bestimmung der Korngrößenverteilung von Böden. — Berlin 1934.

- CHRISTEN, H. v.: Untersuchungen über Wechselbeziehungen zwischen Wasserhaushalt und Fichtenwachstum unter besonderer Berücksichtigung staunasser Böden. — Diss. Hann.-Münden 1951.
- CZERATZKI, W.: Auswirkung des Frostes auf die Struktur des Bodens. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., **72**, S. 15–32, Weinheim u. Berlin 1956.
- DARCY, H.: Fontaines publiques de la ville de Dijon. — Paris 1856. — Ref. v. C. Luedecke in: Der Kulturtechniker, 1913.
- DENSCH, A.: Der mechanische Aufbau des Bodens. — In: Handb. Bodenl. v. Blanck, **6**, Berlin 1930.
- DIEZ, TH.: Entwicklung und Eigenschaften von Böden aus tonigen Substraten. — Diss. Bonn 1959.
- DONAT, J.: Ein Beitrag zur Durchlässigkeit der Sande. — Wasserkraft und Wasserwirtschaft, **24**, 1929.
- FLEGEL, R.: Vorträge und Diskussionen „Zur Systematik der Böden“ v. 23.-26. III. 1954 im Institut für Bodenkartierung Berlin. — Bodenkunde und Bodenkultur, **4**, 43 S., Leipzig 1954.
- FORCHHEIMER, PH.: Hydraulik. — Leipzig und Berlin 1914.
- FREISING, H.: Löss, Fließerden und Wanderschutt im nördlichen Württemberg. — Diss. T. H. Stuttgart 1949.
- HABIG, F.: Beitrag zur Dynamik und Genetik stauwasserbeeinflusster Böden. — Diss. Hann.-Münden 1953.
- HAEFELI, R.: Mechanische Eigenschaften von Lockergesteinen. — Schweiz. Bauzeitung, **111**, 1938.
- HARRASSOWITZ, H.: Chemische Einwirkung der Niederschläge im Karst. — Vortrag, gehalten am 8. XII. 1953 im geographischen Kolloquium der Universität Frankfurt/M.
- HAZEN, A.: The filtration of public water supplies. — New York 1895.
- HENEL, D.: Diplomarbeit. — Landw. Fakultät Universität Bonn 1949.
- JÄGER, H. & H.-E. JACOB: Der Wasserhaushalt einiger Böden im Ostthüringischen Buntsandsteinbezirk im Jahre 1952. — Arch. Forstwesen, **7**, H. 12, S. 975–987, Berlin 1958.
- KASCH, W., E. v. D. SAHLE & P. LORENZ: Bodentypen Nord- und Mitteldeutschlands. — Bodenkunde und Bodenkultur, **3**, Leipzig 1954.
- KOEHNE, W.: Grundwasserkunde. — Stuttgart 1948.
- KOSCHMIEDER, H.: Neues Verfahren zur Berechnung der Durchlässigkeit wasserführender Bodenschichten. — Gas- u. Wasserfach, **66**, 1923.
- KOZENY, J.: Die Durchlässigkeit des Bodens. — Der Kulturtechniker, **35**, 1932.
- Über Bodendurchlässigkeit. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., **28**, Teil A, Berlin 1933.
- KRAUSS, G.: Ergänzender Bericht über den Prager bodenkundlichen Kongreß. — Int. Mitt. Bodenk., **13**, 1923.
- Die sogenannten Bodenerkrankungen. — Jber. Dtsch. Forstver., 1928.
- KRAUSS, G., H. HÄRTEL, K. MÜLLER, G. GÄRTNER & H. SCHANZ: Standortgemäße Durchführung der Abkehr von der Fichtenwirtschaft im nordwestsächsischen Niederland. — Thar. Forstl. Jb., **90**, S. 481–716, 91 Abb., 9 Ktn., 2 Farbdr., Berlin 1939.
- KRÄMER, F.: Über die Bodenstruktur der Pseudogleye und der gleyartigen Braunerden. — Diss. Bonn 1956.

- KRÜGER, E.: Die Grundwasserbewegung. — Intern. Mitt. Bodenk., **3**, 1918.
- KUBIĚNA, W. L.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. — 388 S., 12 Fig., 29 Taf., Stuttgart 1953.
- Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lößböden. — Eiszeitalter und Gegenwart, **VII**, S. 102–112, Öhringen 1956.
- Die taxonomische Bedeutung der Art und Ausbildung von Eisenmineralien in Tropenböden. — Vortrag, gehalten am 12. XI. 1958 in Braunschweig-Völkenrode.
- LAATSCH, W.: Entwicklungstendenzen u. System der deutschen Acker- und Waldböden. — Kolloid-Beihefte, **46**, 1937.
- Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. — Dresden und Leipzig 1938 und 1944.
- Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. — 3. Aufl., 277 S., 60 Fig., 20 Abb., 6 Taf., Dresden und Leipzig 1954.
- LANG, R.: Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. — Stuttgart 1920.
- LANGNER, CH.: Untersuchungen über die Bodenfeuchteverhältnisse auf starken Pseudogleyen und gleyartigen Braunerden unter Acker- und Grünlandnutzung. — Diss. Bonn 1956.
- LAUBMANN, G. H.: Über die Bodenverhältnisse der Pfalz. — Jber. Pollichia, 1866, S. 210, Dürkheim a. d. H. 1866.
- LUDWIG, F.: Über die Eisenoxydhydrate im Boden unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses auf den T-Wert der Tonminerale. — Diss. Göttingen 1956.
- MITSCHERLICH, E. A.: Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte und Gärtner. — Berlin 1950.
- MUNSELL: Soil color charts. — Baltimore 1954.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Die Bodentypenwandlungen des Norddeutschen Flachlandes und besondere Beobachtungen von Bodentypenwandlungen in Nordniedersachsen. — Jb. preuß.-geol. L.-A., **56**, Berlin 1936.
- Über gleiartige Böden im Rheinland. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., **50**, S. 97 bis 117, Weinheim und Berlin 1950.
- Die Böden der Nordeifel. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., **54**, Weinheim u. Berlin 1951.
- MÜCKENHAUSEN, E. & H. WORTMANN: Bodenübersichtskarte von Nordrhein-Westfalen 1:300 000. — Hannover 1953.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Fossile Böden in der nördlichen Eifel. — Geol. Rundschau, **41**, S. 253–268, 1953.
- Die Beurteilung des Faktors Wasser bei der bodenkundlichen Kartierung. — Forstarchiv, **25**, H. 12, 1954 (1954a).
- Fossile Böden im nördlichen Rheinland. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., **65**, S. 81–103, Weinheim u. Berlin 1954 (1954b).
- Über die Geschichte der Böden. — Geol. Jb., **69**, S. 501–516, 3 Abb., Hann. 1954 (1954c).
- Die Einteilung der wasserbeeinflussten (hydromorphen) Böden Deutschlands. — Vortrag, gehalten anlässlich des VI. Kongresses der Intern. Bodenk. Gesellschaft zu Paris 1956.

- MÜCKENHAUSEN, E.: Bildungsbedingungen und Umlagerung der fossilen Böden der Eifel. — Fortschr. Geol. Rheinld.-Westf., **2**, S. 495–502, Krefeld 1958 (1958a).
- Der Wasserhaushalt der Pseudogleye und dessen Bedeutung für die Pflanze. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., Verhandl. II. u. V. Kommission JBG, Volume II, S. 105–111, Hamburg 1958 (1958b).
- Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. — Schriftenr. AJD, H. XIV, Bad Godesberg 1957 & 1959.
- MÜCKENHAUSEN, E., W. GERKHAUSEN & W. KERPER: Entstehung und Eigenschaften der Böden auf den fossilen Verwitterungsdecken der Eifel. — Z. Acker-Pflanzenbau, **108**, S. 201–222, Berlin u. Hamburg 1959.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Schriftliche Mitteilung Januar 1960.
- NITZSCH, W. v.: Eine Methode zur Untersuchung von Ackerböden in natürlicher Lagerung. — Pflanzenbau, **2**, 1926.
- OSTENDORFF, E.: Der Wasserhaushalt des Bodens in Abhängigkeit vom Boden, Bewuchs und Kultur. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., **60**, S. 279–281, Weinheim u. Berlin 1953.
- PLAISANCE, G.: Les sols a simili-gley. — 24 S., Dole 1957.
- POLINOW, B. B.: Die Böden der Gebiete der UdSSR mit mediterranem und feuchtsubtropischem Klima. — (russ.) Schriftenreihe Map., 1936.
- POWELL, E. B. A. A.: New soil core sample. — Soil Sci., **21**, 1926.
- POZDENA, L.: Über Methoden der physikalischen Bodenuntersuchung. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., 1941, Berlin 1941.
- RAUFF, H.: Erl. geol. Kte. Preußen u. benachb. L. 1:25 000, Bl. Godesberg. — Berlin 1923.
- RID, H.: Die Stellung der pseudovergleyten Böden im Acker- und Pflanzenbau. — Ref. Landw. Zentralbl., II, S. 44, Berlin 1959.
- RIECHERT, J. G.: Die Grundwässer mit besonderer Berücksichtigung der Grundwässer Schwedens. — Berlin 1911.
- RODE, A. A.: Das Wasser im Boden. — 464 S., 108 Abb., 143 Tab., Berlin 1959.
- ROESCHMANN, G.: Die Grundwasserböden des Emstales zwischen Rheine und Papenburg und ihre Beziehungen zur Geschichte des Emslaufes. — Diss. Münster 1954.
- SAWALLISCH, A. A.: Einige Beobachtungen zur Kenntnis des Bodens mit hochliegendem Gleyhorizont. — (russ.) Festband Glinka, 1928.
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde, I. Teil, Bodenkunde. — 4. und 5. Aufl., Stuttgart 1956 & 1960.
- SCHENK, E.: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **13**, 92 S., 21 Abb., 13 Tab., 10 Taf., Wiesbaden 1955.
- SCHENK, E.: Mündliche Mitteilung Januar 1960.
- SCHMIDBAUER, J.: Schwimmsanderscheinungen beim senkrecht aufsteigenden Grundwasserstrom. — Diss. T. H. Hannover 1950.
- SCHMIEDEL, H.: Pseudovergleyte Waldböden Sachsens. — Diss. Tharandt 1959.
- SCHNEIDER, F.: Übergangsbildungen von mineralischen Grundwasserböden und gleitartigen Böden in Nordwestdeutschland. — Diss. Bonn 1950.
- SCHÖNHALS, E.: Bodenkundliche Übersichtskarte von Hessen 1:300 000. — Wiesbaden 1951.

- SCHÖNHALS, E.: Fossile gleyartige Böden des Pleistozäns im Usinger Becken und am Rand des Vogelsberges. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **2**, S. 160–183, Wiesbaden 1951.
- Ergebnisse neuerer Untersuchungen an Lößböden des Vogelsberges und seiner Randgebiete. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **3**, S. 307–340, Wiesbaden 1952.
- Geologische Datierung von Böden des Spätwürms. — Vortrag, gehalten am 30. VIII. 1959 auf der Jahrestagung der DBG in Berlin.
- SCHROEDER, D.: Untersuchungen über Verwitterung und Bodenbildung an Lößprofilen. — 78 S., Hannover 1954.
- SCHROEDER, D. & U. SCHWERTMANN: Zur Entstehung von Eisenkonkretionen im Boden. — Naturw., **9**, S. 255–256, Berlin, Göttingen u. Heidelberg 1955.
- SCHROEDER, G.: Landwirtschaftlicher Wasserbau. — Berlin, Göttingen und Heidelberg 1950.
- SCHULTZE, J.: Die Grundwasserabsenkung in Theorie und Praxis. — Berlin 1924.
- SCHWERTMANN, U.: Die fraktionierte Extraktion der freien Eisenoxyde in Böden, ihre mineralogischen Formen und ihre Entstehungsweisen. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., **34**, S. 194–204, Weinheim u. Berlin 1959 (1959a).
- Mineralogische und chemische Untersuchungen an Eisenoxyden in Böden und Sedimenten. — Neues Jb. Mineral. Abh., **93**, S. 67–86, Stuttgart 1959 (1959b).
- SIMON, K.: Schrittweises Kern- und Messen bodenphysikalischer Kennwerte des ungestörten Untergrundes. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **6**, 63 S., 19 Abb., 3 Taf., Wiesbaden 1953.
- SLATER, C. S. & H. HOPP: Winter decline of soil structure in clean-tilled soils. — Agron. Journ., **43**, 1951.
- SLICHTER, CH. S.: Field measurements of the rate of movement of underground water. — Water Supply Irrig. Pap., **140**, Washington 1906.
- STEINWEHR, H. E. v.: Über das Pigment roter Gesteine. — Jb. Geol. Paläontol., Abh., **99**, S. 335–360, Stuttgart 1954.
- STRELETZKI, H.: Wasserhaushalt und Fichtenwachstum auf gleyartigen Standorten im Gebiet der Schnee-Eifel. — Diss. Hann.-Münden 1955.
- STREMME, H.: Grundzüge der praktischen Bodenkunde. — Berlin 1926.
- Die Böden des Deutschen Reiches und der Freien Stadt Danzig. Erl. Übersichtsbodenkarte 1:1 000 000. — Pet. Geogr. Mitt., Erg. H. **226**, 74 S., Gotha 1936.
- STREMME, H. E.: Bodentyp und Bodenart. — In Übersichtskarten zur Geologie von Schleswig-Holstein 1:500 000. — Kiel 1955.
- SZILY, J. v. Gerät zur Bestimmung der Durchlässigkeit von ungestörten Sandproben. — Deutsche Wasserwirtsch., **32**, 1937.
- TERZAGHI, K. v.: Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. — Wien und Leipzig 1925.
- Versickerung aus Kanälen. — Wasserwirtschaft, H. 18/19, 1930.
- THIEM, A.: Neue Messungsart natürlicher Grundwassergeschwindigkeit. — J. Ges. Wasservers., 1887.
- THIEM, G.: Hydrologische Methoden. — Leipzig 1906.
- THUN, R. & R. HERMANN: Methodenbuch. — **1**, Hamburg 1949.
- TRÈNEL, M.: Über die Bestimmung der wasserhaltenden Kraft des Bodens. — Soil Sci., **1**, 1935.

- TUIRIN J. V. : Mündliche Mitteilung Sept. 1959.
- VAGELER, P. : Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. — Berlin 1932.
- VAGELER, P. & F. ALTEN : Die Böden des Nil und Gash. — Z. Pflanzenern., Düngg., **24**, Teil A, Berlin 1932.
- VETTERLEIN : Über einige Ergebnisse von Bodenfeuchtigkeitsuntersuchungen in sandigen Waldböden Nordostdeutschlands. — Vortrag, gehalten am 31. VIII. 1959 auf der Jahrestagung der DBG in Berlin.
- VOGEL, F. : Bodenkundliche Übersichtskarte von Bayern 1:500 000. — München 1955.
- WACKER, F. : Vorkommen und Verteilung von Bodentypengruppen in Baden-Württemberg. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **1**, S. 487–506, Freiburg i. Br. 1955.
- WERIGINA, K. : Zur Charakteristik der Vergleyungsvorgänge im Boden. — (russ.) Mitt. Institut Bodenkn., Moskau 1953.
- WIEDEMANN, E. : Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. — 181 S., 66 Taf., Tharandt 1923.
- WITTICH, W. : Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Humusproblems im Wald. — Schriftenreihe Forstl. Fakultät Universität Göttingen, **4**, 1952.
- ZAKOSEK, H. : Über die Deutung des Profilgepräges gleiartiger Böden. — Diss. Bonn 1952.
- Zur Beurteilung von Pseudogleyen. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkn., **65**, 27–31, Weinheim und Berlin 1954 (1954a).
- Über Pseudogleye in der Rheinpfalz. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**, S. 258–268, 1 Abb., Wiesbaden 1954 (1954b).
- Über die Bedeutung des Bodens für die Ergänzung der Grundwasservorräte. — Z. deutsch. geol. Ges., **106**, S. 36–40, Hannover 1955.
- Grundwasser und Staunässe. — Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkn., **74**, S. 240–242, Weinheim und Berlin 1956 (1956a).
- Die Böden der Rheinpfalz. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. **84**, S. 356–373, 6 Abb., Wiesbaden 1956 (1956b).
- Die Böden des Rheingaukreises und ihre pflanzenbauliche Nutzung. — Der Rheingau von morgen, Beiheft 1, S. 43–69, Wiesbaden 1958.
- Zum Kalkgehalt von Weinbergsböden in Hessen und zur bodenbedingten Chlorose. — Weinberg u. Keller, **6**, S. 85–88, Frankfurt/Main 1959.
- ZIMMERMANN, K. : Untersuchungen gleyartiger Böden und ähnlicher fossiler Bildungen. — Bericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft v. 1. 2. 1955 (Manuskript).
- ZUNKER, F. : Das Verhalten des Wassers zum Boden. — Handb. Bodenlehre, **VI**, Berlin 1930.
- Die Durchlässigkeit des Bodens. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkn., **25**, Teil A, Berlin 1932.

Anschrift des Autors:

Dipl. agr. Dr. HEINRICH ZAKOSEK, Regierungsgeologe beim Hessischen Landesamt für
Bodenforschung, Wiesbaden, Mainzer Straße 25

Für die Redaktion verantwortlich:

Privatdozent Dipl.-Geol. Dr. FRITZ KUTSCHER, Oberregierungsgeologe beim Hessischen
Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Mainzer Straße 25

Tafel 1

Tafel 1

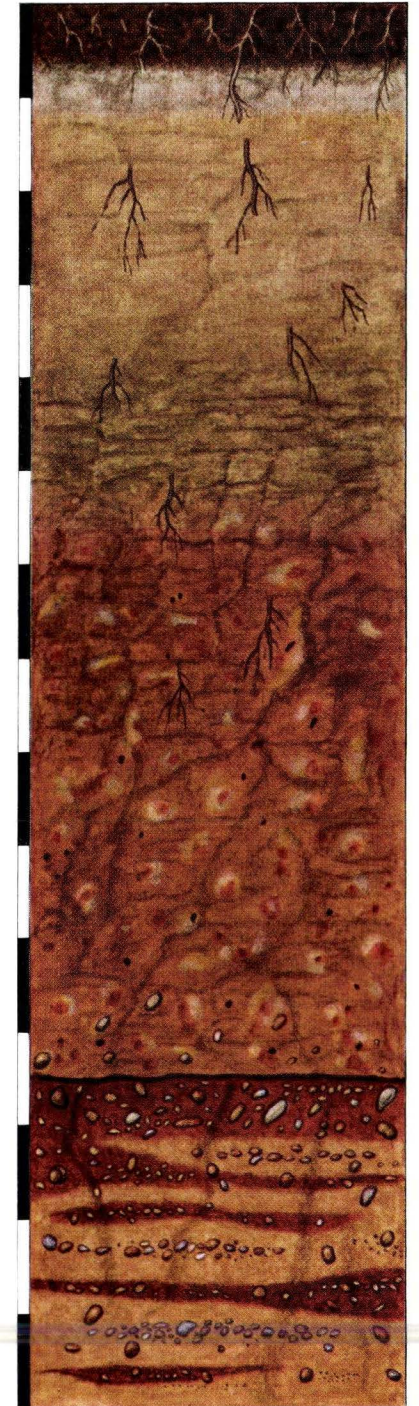
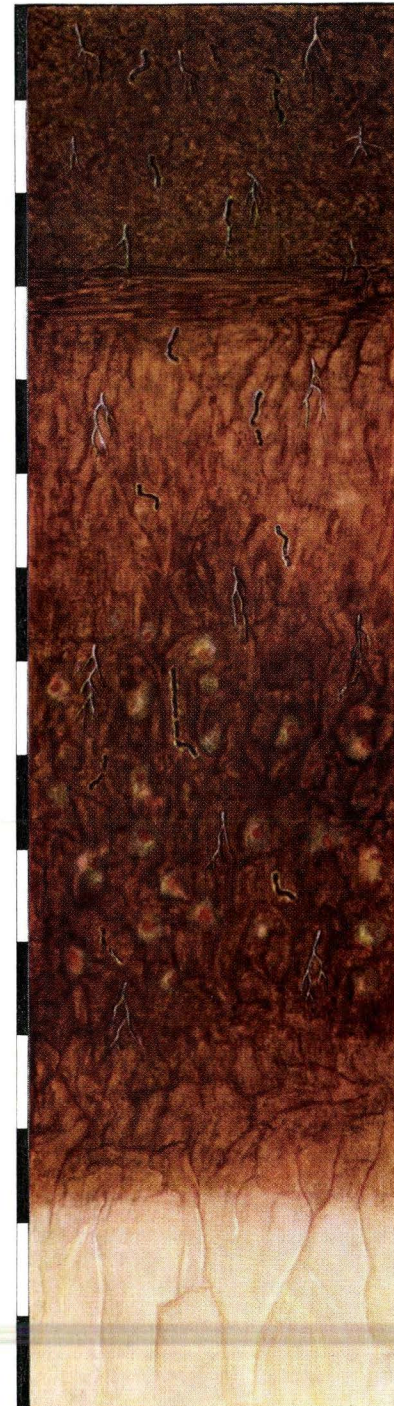
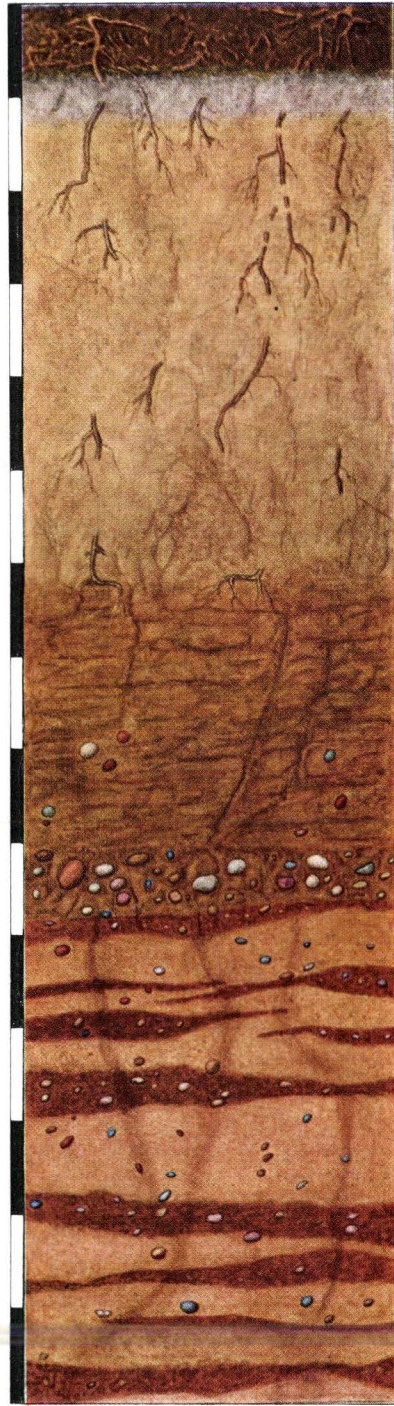
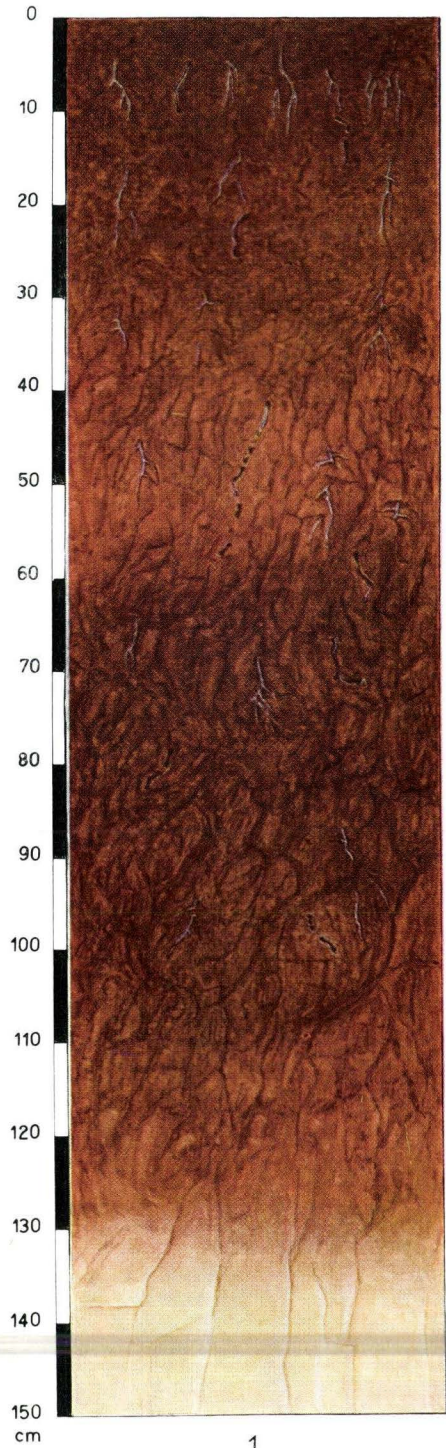
- Fig. 1. Parabraunerde mit hohem Basengehalt aus Lößlehm (vgl. S. 31).
- Fig. 2. Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm über kiesigem Sand der Hauptterrasse des Rheines (vgl. S. 33).
- Fig. 3. Pseudogley-Parabraunerde aus Lößlehm (vgl. S. 37).
- Fig. 4. Schwach pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm über kiesigem Sand der Hauptterrasse des Rheines (vgl. S. 38).

P2

P6

P9

P12



Tafel 2

Tafel 2

- Fig. 5. Starker Pseudogley aus Lößlehm (vgl. S. 42).
- Fig. 6. Stark pseudovergleyte Podsol-Parabraunerde aus Sandlößlehm über kiesigem Sand der Hauptterrasse (vgl. S. 44).
- Fig. 7. Starker fossiler Pseudogley eines Interstadiales aus älterem Würmlöß unter Parabraunerde mit mittlerem Basengehalt aus jüngerem Würmlöß über Mittelterrasse des Rheines (vgl. S. 49).
- Fig. 8. Regressiver starker Pseudogley aus Lößlehm (vgl. S. 52).

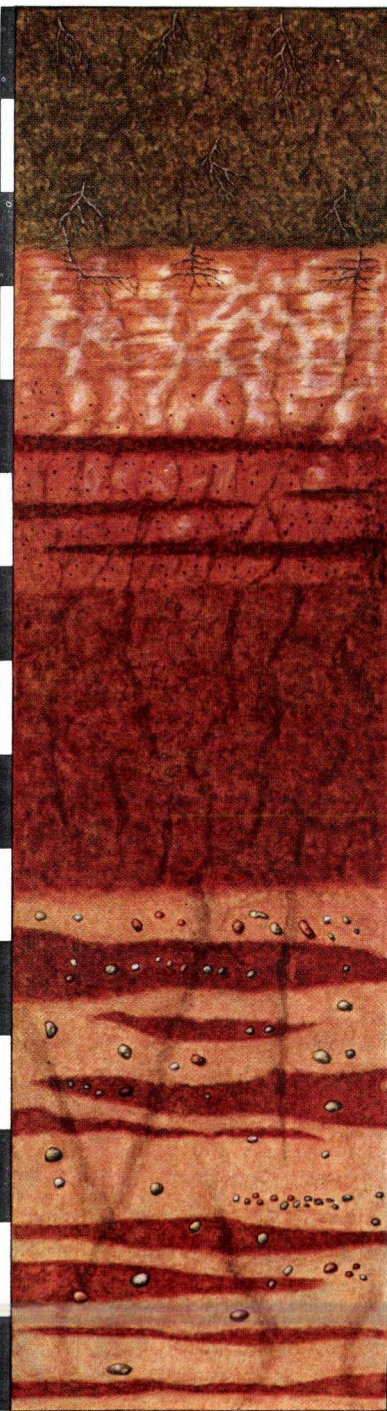
P15

P20

P24

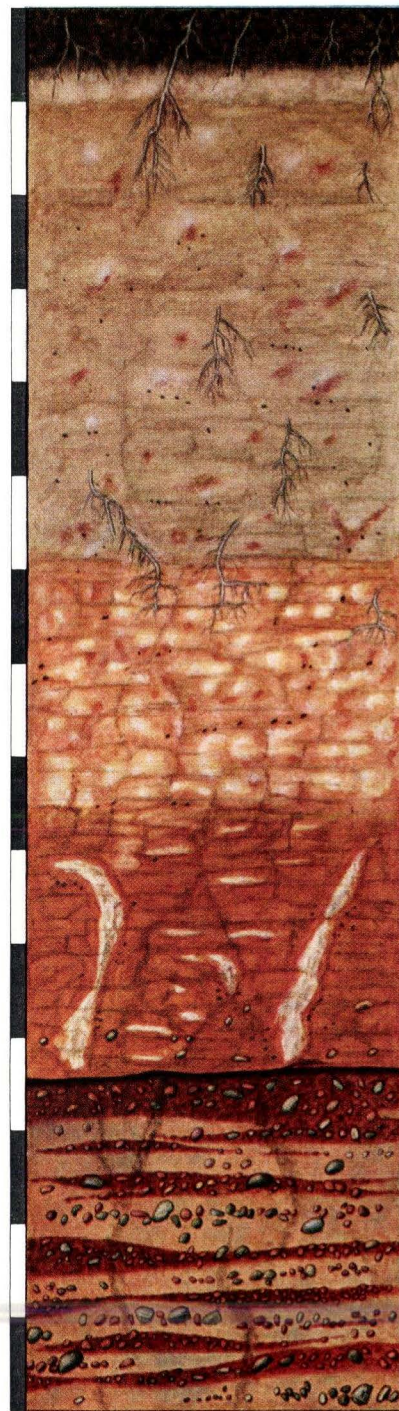
P26

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
cm



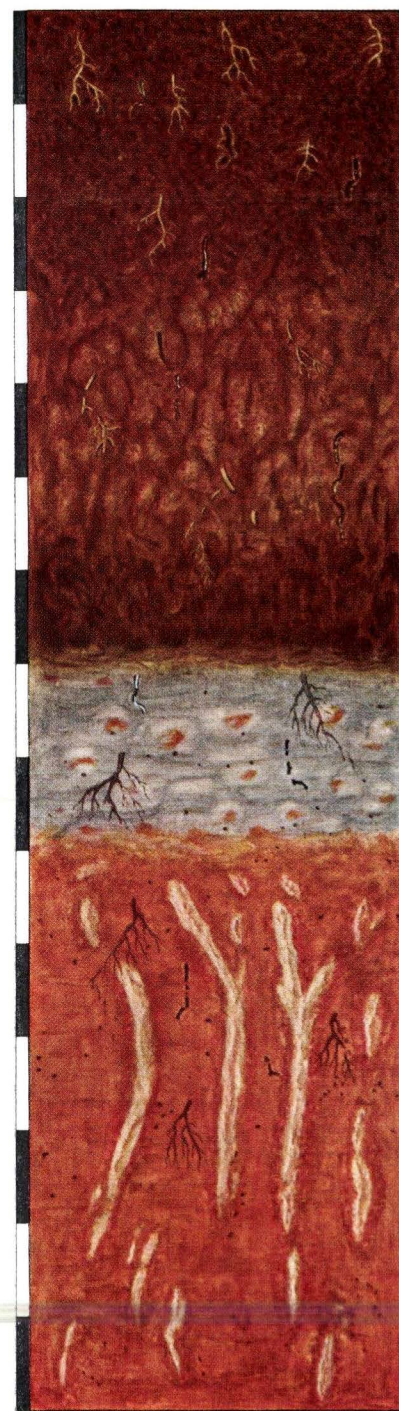
Ag₁
g₂
D₁g₃
D₂

5



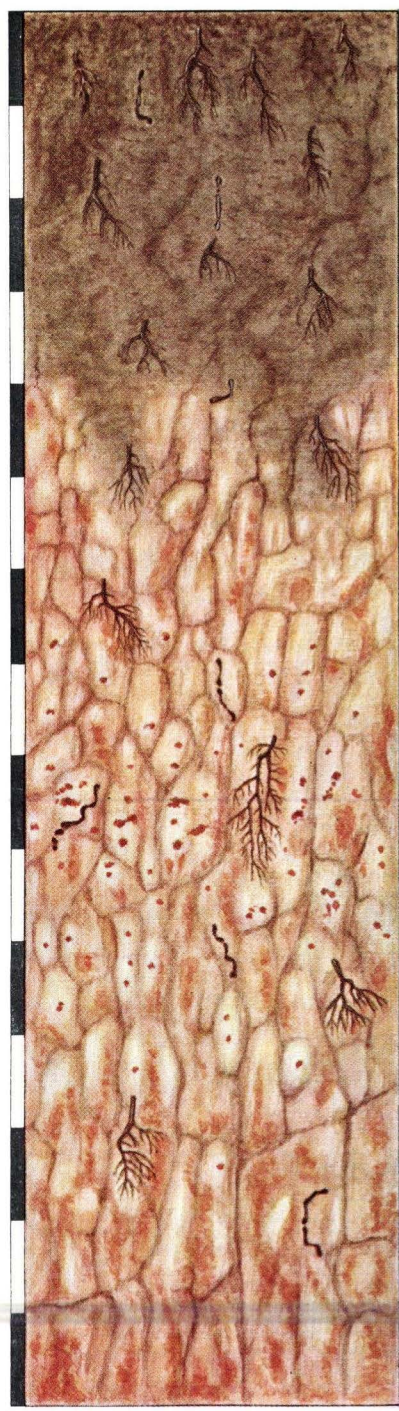
A₀
g₁A₂
A₃g₂
g₃
g₄
D

6



A
B
fg₁
fg₂

7



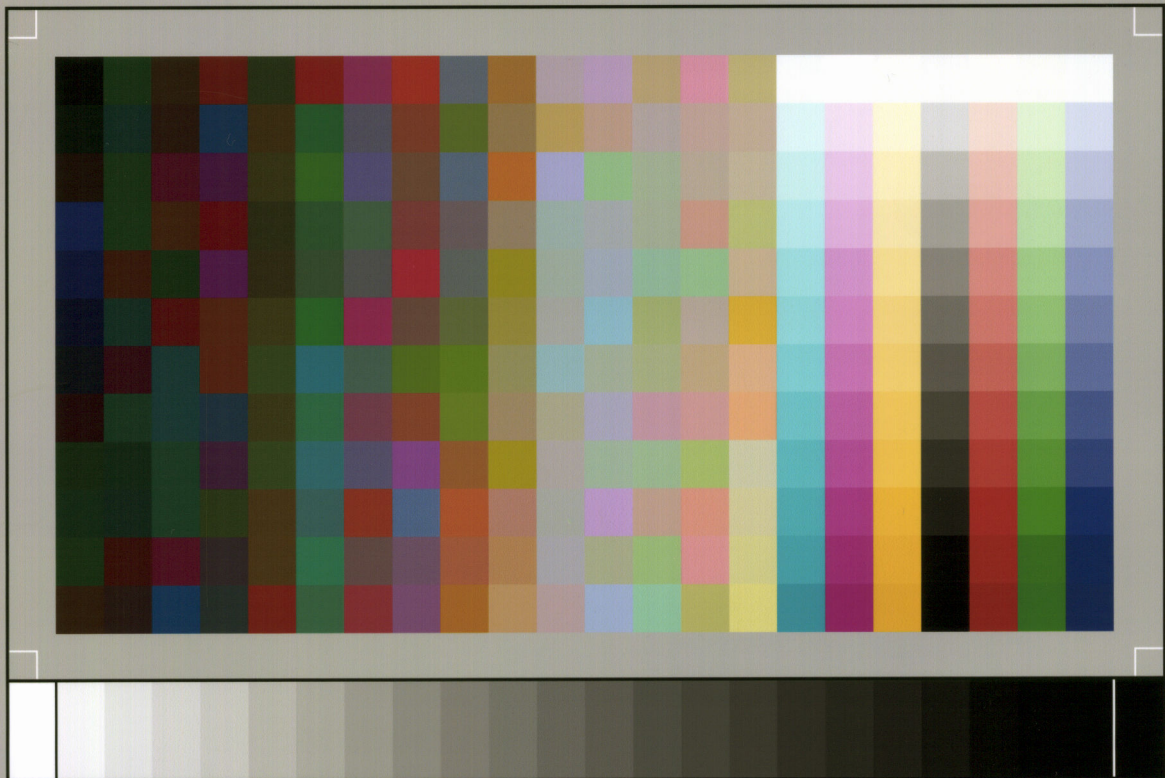
Ag₁
g₂
g₃

8

IN DIESER REIHE BISHER ERSCHIENEN:

- Heft 1: JOHANNSEN, A.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Gebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken. 1950. 87 S., 10 Taf., 8 Abb. 8,— DM
- Heft 2: SCHÖNHALS, E.: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte 1:300 000. 1954. 288 S., 15 Taf., 25 Abb., 60 Tab. 15,— DM
- Heft 3: KUBELLA, K.: Zum tektonischen Werdegang des südlichen Taunus. 1951. 81 S., 2 Taf., 14 Abb. 5,— DM
- Heft 4: GÖRGES, J.: Die Lamellibranchiaten und Gastropoden des oberoligozänen Meeressandes von Kassel. 1952. 134 S., 3 Taf. 7,50 DM
- Heft 5: SOLLE, G.: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im rheinischen Devon. 1953. 156 S., 18 Taf., 45 Abb., 7 Tab. 20,— DM
- Heft 6: SIMON, K.: Schrittweises Kern- und Messen bodenphysikalischer Kennwerte des ungestörten Untergrundes. 1953. 63 S., 3 Taf., 19 Abb. 7,— DM
- Heft 7: KEGEL, W.: Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. 1953. 55 S., 3 Taf., 3 Abb. 6,— DM
- Heft 8: MATTHES, S.: Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre Metamorphose. 1954. 86 S., 36 Abb., 8 Tab. 12,50 DM
- Heft 9: RABIEN, A.: Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. 1954. 269 S., 7 Abb., 5 Taf., 4 Tab. 17,— DM
- Heft 10: SCHUBART, W.: Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der Witzenhäuser Grauwacke. 1955. 67 S., 4 Taf., 8 Abb. 8,— DM
- Heft 11: STREMMER, H.: Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemmlehm der Rheinebene. 1955. 79 S., 3 Taf., 35 Abb., 28 Tab. 7,— DM
- Heft 12: v. STETTEN, O.: Vergleichende bodenkundliche und pflanzensoziologische Untersuchungen von Grünlandflächen im Hohen Vogelsberg (Hessen). 1955. 67 S., 1 Taf., 4 Abb., 2 Tab. 5,50 DM
- Heft 13: SCHENK, E.: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. 1955. 92 S., 21 Abb., 13 Tab., 10 Taf. 12,— DM
- Heft 14: ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen a. Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). 1955. 96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagramme, 5 Taf. 12,60 DM
- Heft 15: WIEGEL, E.: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1956. 156 S., 41 Abb., 7 Tab., 7 Taf. 18,60 DM

- Heft 16: RABIEN, A.: Zur Stratigraphie und Fazies des Oberdevons in der Waldecker Hauptmulde. 1956. 83 S., 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf. 7,— DM
- Heft 17: SOLLE, G.: Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). Zugleich ein Beitrag zur unterdevonischen Mollusken-Fauna. 1956. 47 S., 7 Abb., 6 Taf. 5,— DM
- Heft 18: Beiträge zur Geologie des Vorspessarts. Mit 6 Beiträgen von BERDERKE, BRAITSCH, GABERT, MURAWSKI, PLESSMANN. 1957. 167 S., 65 Abb., 18 Tab. 13,— DM
- Heft 19: BISCHOFF, G.: Die Conodonten-Stratigraphie des rhenoherynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wocklumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. 1957. 64 S., 1 Abb., 2 Tab., 6 Taf. 8,— DM
- Heft 20: PILGER, A. & SCHMIDT, Wo.: Die Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel. 1957. 53 S., 42 Abb., 8 Taf. 9,80 DM
- Heft 21: LEHMANN, W. M.: Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. 1957. 160 S., 31 Abb., 55 Taf. 30,— DM
- Heft 22: BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W.: Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons. 1957. 135 S., 16 Abb., 5 Tab., 21 Taf. 20,— DM
- Heft 23: ZÖBELEIN, H. K.: Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. 1957. 91 S., 2 Abb. 8,— DM
- Heft 24: GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. 1958. 61 S., 14 Abb., 7 Tab. 14,— DM
- Heft 25: PAULY, E.: Das Devon der südwestlichen Lahnmulde und ihrer Randgebiete. 1958. 138 S., 41 Abb., 6 Taf. 20,— DM
- Heft 26: SPERLING, H.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. 1958. 72 S., 14 Abb., 5 Tab., 10 Taf. 10,— DM
- Heft 27: JUX, U. & PFLUG, H. D.: Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzvorkommen am Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. 1958. 50 S., 11 Abb., 3 Taf. 5,60 DM
- Heft 28: SCHMIDT, H.: Die Cornberger Fährten im Rahmen der Vierfüßler-Entwicklung. 1959. 137 S., 57 Abb., 9 Taf. 15,— DM
- Heft 29: BAUER, G., FENCHEL, W., MÜLLER, H.-G., PAHL, A., PAPROTH, E., PILGER, A., REICHENBACH, R., SCHMELCHER, E., & WENTZLAU, D.: Beitrag zur Geologie der Mittleren Siegener Schichten. 1960. 363 S., 85 Abb., 22 Taf., 10 Tab. 36,— DM
- Heft 30: BURRE, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. 1960. 68 S., 1 Abb., 8 Tab., 5 Taf. 8,60 DM



SP050509001

ScanPrint® *autopilot* Scan Target v2.0