

Zwei Knickböden in Dithmarschen¹⁾

Von Henning Hebestreit

Inhalt

Einleitung	103
I. Bisherige Anschauungen	104
II. Eigene Untersuchungen	107
a) Die Bodenprofile	107
1. Oeverwisch	107
2. Dellweg	110
b) Die Korngrößenverteilung	112
c) Die Wasserbewegung	113
III. Auswertung und vergleichende Betrachtung	117
IV. Zusammenfassung	121
V. Schriftenverzeichnis	123

Einleitung

Der Mensch greift ständig in den Ablauf des Naturgeschehens ein. Daraus erwächst ihm die Verpflichtung, sich immer wieder Rechenschaft über Ziel und Auswirkung seiner Tätigkeit abzulegen. Abgesehen von der ethischen Einstellung ist die eingehende Kenntnis der natürlichen Entwicklungsabläufe eine wesentliche Voraussetzung dafür. Folgerichtig bezog die Bodenkunde immer stärker den Entwicklungsgedanken in ihre Betrachtungen ein, je mehr sie nicht nur eine Bestandsaufnahme zum Ziel hatte, sondern richtungweisend sein wollte für sinnvolles Verhalten.

Der landwirtschaftlichen Praxis ist seit langem bekannt, daß die Leistungsfähigkeit der Böden im Laufe der Zeit nachläßt, wenn man ihnen nicht die nötige Pflege angedeihen läßt. Die Beobachtungen der wissenschaftlichen Bodenkunde zeigen, daß viele Böden einem Alterungsprozeß unterworfen sind. So entwickeln sich z. B. aus dem basenarmen Material der Geestände unter natürlichen Bedingungen die wenig leistungsfähigen Ortsteinböden. Besonders eindrucksvoll ist es, im Gebirge die Bodenentwicklung zu studieren. Man kann hier auf engem Raum eine vollständige Typenreihe vom Protoranker bis zum Podsol antreffen.

Es lag nahe, auch im Aufbau der Marschböden die Auswirkung eines ähnlichen Entwicklungsgeschehens zu vermuten.

Unmittelbar an der Küste finden sich kalkreiche Böden, die in landwirtschaftlicher Nutzung außerordentlich hohe Leistungen zeitigen. Je weiter man sich von der Küste entfernt, desto mehr nimmt im allgemeinen der Kalkgehalt der oberen Bodenlagen ab. Immer häufiger findet man auch Zonen mit höherem Tongehalt, die gleichzeitig geringere Leistungsfähigkeit des

¹⁾ Anmerkung: Die nachstehenden Untersuchungen sind von Herrn Professor Dr. Jens IWERSEN (†) angeregt worden. Ihre Durchführung wurde mit ERP-Mitteln und einer Beihilfe des Schleswig-Holsteinischen Kultusministeriums möglich. Darüber hinaus hat eine große Zahl von Dienststellen und Einzelpersonen zum Gelingen beigetragen. Die Voruntersuchungen sind durch die Hilfe der Forschungsstelle Westküste, die Feuchtemessungen durch die Landwirtschaftsschule Heide ermöglicht worden. — Die vielfältige Hilfe und das Interesse, das die Untersuchungen fanden, waren dem Verfasser immer wieder eine Ermutigung und bedeuten ihm weiterhin Verpflichtung. Allen Helfern und Förderern sei an dieser Stelle aufrichtig gedankt.

Bodens zu bedingen scheinen. Ähnliche Beobachtungen hatte man bei der Betrachtung der Entwicklung von Kalksteinböden gemacht. Was lag also näher, als zu vermuten, daß auch der Marschboden eine Entwicklung durchmacht, die KUBIENA (1948) folgendermaßen beschreibt:

„Die Marschböden gehören zu jenen Bodenbildungen, bei denen in den Endphasen der Entwicklung sehr auffallende Alterungsphänomene in Erscheinung treten. Mit der Entkalkung und Versauerung wird die Tonsubstanz stark beweglich, bei genügendem Skelettgehalt des Gefüges tritt Durchschlammung ein. Unmittelbar unter der Krume kommt es zur Ausbildung eines außerordentlich dichten zähen Illuvialhorizontes, der als Knick bezeichnet wird. Er ist für Wasser und für die Pflanzenwurzeln fast undurchlässig und setzt darum die Leistungsfähigkeit des Bodens stark herab.“

In der Tat finden sich fast überall vor dem Geestrand in der alten Marsch Böden mit einer Lage, die landläufig als Knick (Hochdeutsch), Knik (Prov. Groningen), Knip (Prov. Friesland), Stört (Eiderstedt), Bint (Nordfriesland), Twog (Dithmarschen), Dwoog (Altes Land) bezeichnet wird²⁾. In unmittelbarer Küstennähe, also in der jüngeren Marsch, scheinen Bodenbildungen dieses Namens nicht aufzutreten. Man könnte also ohne nähere Prüfung den Knick als einen durch Bodenalterung entstandenen Horizont ((7)) bezeichnen, wenn nicht einige Gedanken zu beachten wären, die in folgendem kurz aufgezählt seien:

1. Das Profil zeigt fast immer schichtigen Aufbau — abgesehen von den oberen Lagen ((11)).
2. Die Vorstellung, daß Ton durch Ton hindurchgewaschen werden könne, widerspricht unseren bisherigen Kenntnissen vom Verhalten der Tone.
3. Die Kartierung von Marschböden zeigt, daß sich andere Einflüsse als die Alterung stärker auf den Profilaufbau auswirken.
4. Die Alterungsgeschwindigkeit des schweren Marschbodens wird überschätzt, wenn man annimmt, daß sich bereits in einem Jahrtausend dezimeter-mächtige Illuvialhorizonte bilden können.
5. Die Marsch ist ein Sediment. Man muß also sedimentologische Methoden zur Beschaffung der Beurteilungsgrundlagen verwenden, bevor eine gesicherte Aussage möglich ist.

Eine schlüssige Deutung des Knick steht noch aus. Ebenso fehlt bis jetzt noch eine Definition des Begriffs. Vielmehr ist der Ausdruck bislang nur ein Sammelname für eine Lage im Boden, die landwirtschaftliche Erträge unsicher macht und teilweise zur einseitigen Nutzung zwingt. Darum ist es sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis von großem Wert, Näheres über Eigenschaften und Entstehung des Knick zu erfahren. Es gilt also die Frage zu klären, welche wesentlichen Merkmale den Knick von den übrigen Lagen im Marschprofil unterscheiden und auf welche Weise er entstanden ist. Die Antwort wird durch eine einzige Forschungsarbeit noch nicht zu finden sein, doch kann durch kritische Betrachtung der Literatur und den Vergleich des Knick mit ähnlichen Bildungen anderer Böden die Lösung vorbereitet werden. Dabei dürfte es ratsam sein, das Augenmerk auf die Gewinnung exakter Unterlagen über die physikalischen Gegebenheiten zu richten, weil in dieser Hinsicht noch wenig Material vorliegt. Darüber hinaus haben Betrachtung und bildliche Darstellung großen Wert, denn sie erleichtern eine Deutung des Gesamtmaterials wesentlich.

I. Bisherige Anschauungen

Der Knick scheint in allen Marschgebieten weit verbreitet zu sein. Er zieht frühzeitig das Interesse auf sich. Bereits 1818 beschreibt AHREND (1818) Böden mit einer Lage ((11)), die er als Knick bezeichnet. Seither beschäftigt sich eine große Zahl von Veröffentlichungen in der

²⁾ Vgl. Aufstellung „Begriffe und Benennungen“ auf S. 122/23. Jahreszahlen in einfacher Klammer verweisen auf das Schriftenverzeichnis, Zahlen in Doppelklammer auf die Zusammenstellung der „Begriffe und Benennungen“ auf S. 122.

landwirtschaftlichen Literatur mit dieser Erscheinung (VAN BEMMELEN, 1866; GRAF, 1953; HERRMANN, 1943; HISSINK, 1933; v. NITZSCH, 1933; VAN SCHUYLENBORGH u. VEENENBOS, 1940; TÜXEN, 1937).

Die Beschreibungen widersprechen sich in einigen Punkten, doch besteht Übereinstimmung in folgendem:

Der Knick zeigt prismatische oder Säulen-Struktur, ist in feuchtem Zustand außerordentlich zäh und wird nach dem Austrocknen steinhart. Die meisten Verfasser vermerken seine geringe Durchlässigkeit ((5)) und vermuten, daß er der Durchwurzelung ungewöhnlichen Widerstand entgegensetzt. Als Färbung wird grau, blau, rötlich und schwarz angegeben. Die Angaben über den Kalkgehalt weichen stark voneinander ab.

Man erkennt unschwer, daß allen Beschreibungen die gleiche Erscheinung zugrunde liegt. Der verschiedenartigen Deutung entspringen die Meinungsverschiedenheiten. Ihren Niederschlag finden die unterschiedlichen Auffassungen im bodenkundlichen Schrifttum:

SCHUCHT (1913) deutet den Knick als ein Ergebnis der Bodenentwicklung und beschreibt ihn als „... Ortstein in den Schlickböden der Nordseemarschen“. Auch HISSINK und VAN DER SPEK (1938) vertreten eine ähnliche Meinung. Sie nehmen an, daß die älteren Marschböden in gleicher Weise sedimentiert seien wie die jüngeren, und setzen voraus, daß sie ursprünglich in mechanischem Aufbau und Kalkgehalt den jüngeren Marschböden geglichen hätten. Gestützt auf die Ergebnisse VAN BEMMELENS (1866), der eine Beziehung zwischen Entkalkungsgrad und Alter der Seemarsch nachwies, stellen sie die Hypothese auf, daß der Knick das Ergebnis einer Bodenalterung sei. Nach ihrer Vorstellung spielt sich folgender Prozeß ab:

Durch absickerndes CO₂haltiges Wasser vermindert sich der Kalkgehalt des Bodens. Bei Überstauung während der nassen Jahreszeit wird Fe⁺⁺⁺ reduziert und dadurch zum Teil löslich, so daß es mit dem Grundwasser abwärts geführt werden kann. Bei niedrigen Sommerwasserständen wird das gelöste Fe⁺⁺ zu Fe⁺⁺⁺ oxydiert, wenn Luft in den Boden eindringt. Seine Verbindungen scheiden sich nesterweise in Höhe der Grundwasseroberfläche ab und verkitten die Bodenteilchen. Durch Kalkmangel bildet sich in der Krume saurer Humus, der ebenfalls die Eisenwanderung begünstigt. In kalkhaltiger oder trockener Umgebung kommt diese Bewegung zum Stillstand; es entstehen Adern braunen Eisenhumats. Wo der Kalk bereits ausgewaschen ist und geringe Basensättigung herrscht, geraten feinste Tonteilchen — die ursprünglich ausgeflockt unbeweglich lagen — in Suspension und werden damit beweglich. Über der verkittenden Eisenoxydlage und in den feineren Kapillaren können sie sich wieder festsetzen. Durch diese Vorgänge entsteht ein Knickhorizont, der langsam an Mächtigkeit zunimmt und die Bauern zwingt, vom Ackerbau zur Weidenutzung überzugehen.

Ähnliche Vorstellungen führen KUBIENA (1948) zu der Annahme, der Knick sei ein Illuvialhorizont, also durch Einschlämmen von Tonsubstanz entstanden. Er fordert damit eine verhältnismäßig rasch verlaufende Bodenentwicklung ((2)), deren Endphase die gealterte „Knickmarsch“ ((9)) ist. MÜCKENHAUSEN (1953) sieht die Bezeichnung „Knickaltmarsch“ vor.

Die Entkalkung spielt eine wesentliche Rolle für den Vorgang der so gedachten Knickbildung. ZUUR (1930) nimmt für das Dollartgebiet eine Abnahme des Kalkgehalts um 1 % in 25 Jahren an. Auch MASCHHAUPT (1948) schließt aus Untersuchungen im Südwesten der Niederlande auf eine Entkalkung, die hier nach seiner Auffassung 1 % in 60 bis 70 Jahren beträgt. EDELMAN (1950) und LÜTTMER (1952) kommen dagegen zu der Auffassung, daß die bisherigen Berechnungen des Kalkverlustes zu hoch liegen. Sie ermitteln für Marschböden eine durchschnittliche Kalkgehaltsabnahme von 1 % im Jahrhundert.

Eine andere Auffassung von der Knickbildung setzt sich nach den Vorarbeiten von OOSTING (1938) durch die Kartierungsergebnisse EDELMANS (1950) und seiner Schüler (7, 32, 33) durch. Ihnen verdanken wir eingehende Beschreibungen von Knickböden, aus denen sie

folgen, daß die Sedimentationsbedingungen gegenüber der Bodenentwicklung weit größere Bedeutung haben — sowohl für den Basengehalt als auch für den mechanischen Aufbau.

Nicht jeder Marschboden braucht ursprünglich kalkreich gewesen zu sein, wie LÜTTMER (1952) am Beispiel der Böden des Rheiderlandes deutlich macht: Man darf weder die Ca-Konzentration noch die Verteilung der suspendierten Teilchen im überfluteten Meerwasser als gleichartig annehmen. Beide ändern sich unter den Einflüssen, denen sie während des Transports über die flachen Küstenteile ausgesetzt sind, bis sie zur Ablagerung kommen. Ähnliche Verhältnisse schildert DITTMER (1938), indem er zeigt, daß bei der Bildung des Dithmarscher Altalluviums Tone abgelagert wurden, die durch das Phragmitetum und die Humussäuren des aufgearbeiteten Bodens kalkarm geworden waren.

VEENENBOS und VAN SCHUYLENBORGH (1950) finden bei ihren Untersuchungen, daß der Knick wenig Kalk enthält, geringes Sedimentvolumen aufweist und daß der sorbierende Komplex zu einem hohen Prozentsatz mit Natrium und Magnesium belegt ist. Sie schließen daraus, daß der Knick in Brackwasser sedimentiert wurde und wegen seines geringen Sedimentvolumens undurchlässig, also kaum einer Auswaschung der Kationen ausgesetzt ist.

Faßt man die verschiedenen Anschauungen über den Knick zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:

Der Knick ist eine Lage unter der Krume des Marschbodens. Er bereitet der landwirtschaftlichen Nutzung ernsthafte Schwierigkeiten. Bei Knickvorkommen ist die Ackernutzung entweder unmöglich oder mit erheblichem Risiko belastet.

Die Merkmale des Knick sind:

- sein hoher Gehalt an abschlämmbaren Teilen
- sein geringer Kalkgehalt
- seine scharfkantig — grobprismatische Struktur
- seine Konsistenz: feucht ist er klebrig-zäh, trocken äußerst hart.

Es wird vermutet, daß die Knicklage schwer durchlässig ist und der Durchwurzelung erheblichen Widerstand entgegensetzt.

Zur Erklärung der Entstehung des Knick dienen zwei verschiedene Hypothesen:

1. Der Knick ist das Ergebnis einer Bodenalterung.
2. Der Knick ist durch besondere Sedimentationsbedingungen entstanden.

Die erste Hypothese stützt sich auf die Annahme, daß Meeresabsetzungen kalkreich sedimentiert sein müssen und daß nach ausreichender Entkalkung Tonsubstanz beweglich wird, die verlagert den hohen Tongehalt der Knicklage verursacht. Die zweite Hypothese stützt sich auf die Beobachtung, daß in einigen alten Marschböden über kalkarmen Sedimenten auch solche mit höherem Kalkgehalt nachzuweisen sind. Sie nimmt an, daß Brackwassermilieu den Sedimenten marinen Ursprungs eine Prädisposition für die eigentümliche Struktur und Konsistenz vermittelt hat.

Eine zutreffende Definition des Knick hat sich bislang nicht finden lassen. Der Nachweis für eine Tonwanderung, wie sie die Alterungshypothese fordert, ist noch nicht erbracht. Ebenfalls ist eine Eisenwanderung, wie HISSINK und VAN DER SPEK (1938) sie fordern, nicht nachgewiesen, vielmehr kommt HERRMANN (1943) zu dem Ergebnis, „daß das dem *Wattsediment* eigene Korngrößen-/Eisenverhältnis im Laufe der Entwicklung weitgehend unverändert bleibt.“

Bodenphysikalische Untersuchungen sind auf Knickböden nur in sehr geringer Zahl angestellt worden. In den Beschreibungen werden häufig Aussagen über physikalische Eigenschaften des Knick gemacht, die nicht ausreichend belegt sind. Die Formulierung, der Knick sei „dicht“ oder „verdichtet“, entstammt meist dem Eindruck bei der Fingerprobe, bezeichnet also die Konsistenz ((10)). Ebenso unsicher sind die Angaben über die Wasserbewegung und Durchwurzelung des Knickbodens.

II. Eigene Untersuchungen

Untersuchungen, die helfen sollen, eine begründete Ansicht über die Entstehung des Knick zu finden, müssen vorerst einmal den Aufbau des Bodenartenprofils ((11)) so genau ermitteln, daß es gelingt, eine Gesetzmäßigkeit herauszufinden. Unterstellt man, daß noch jetzt ein Vorgang der Einwaschung von Tonteilchen in bestimmte Horizonte hinein stattfindet, dann wird man aus der Kenntnis der Wasserbewegung eine Vorstellung über dieses Geschehen gewinnen können. Da die Ausfällung suspendierter Teilchen von pH und Kationenbelag des Bodens beeinflusst wird, müssen auch hierüber Aussagen gemacht werden. Eine Horizontalausbildung kann durch Sickerwasser oder aber durch Druckwasser verursacht sein. Welche der beiden Möglichkeiten in Betracht kommt, entscheidet die hydrologische Untersuchung.

Besonders wichtig ist eine eingehende Betrachtung des Bodenprofils. Durch den Vergleich mit anderen Böden kann man auf die Ursachen schließen, welche zu dem heutigen Erscheinungsbild geführt haben.

Diese Überlegungen und die Unmöglichkeit, mit den verfügbaren Mitteln eine ausreichende Zahl von Messungen an vielen Profilen durchzuführen, ließ folgendes Verfahren ratsam erscheinen: Reisen in die Knickmarschgebiete und Erörterungen mit Wissenschaftlern und Praktikern am Profil vermittelten eine Vorstellung vom Aussehen des Knick. Dann wurden nach einer Vororientierung an Hand von Profilbeschreibungen in den Feldschätzungsbüchern der Bodenschätzung in Norderdithmarschen geestwärts der ältesten Deichlinie zwei Parzellen ausgewählt, von denen man annehmen darf, daß sie mindestens ein Jahrtausend dem Meereseinfluß entzogen sind (DITTMER, 1952). Im Boden müßten also die Auswirkungen einer Degradation erkennbar sein — vorausgesetzt, ein solcher Vorgang sei die Ursache der Knickbildung.

Die nachstehend beschriebenen Beobachtungen und Versuche dürften ein Urteil zu dieser Frage möglich machen.

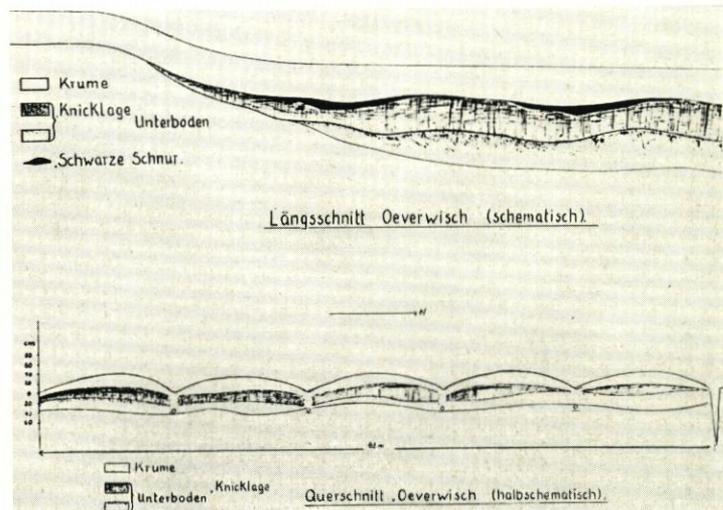


Abb. 1 u. 2. Längs- und Querschnitt durch das Versuchsfeld „Oeverwisch“

Die nachstehend beschriebenen Beobachtungen und Versuche dürften ein Urteil zu dieser Frage möglich machen.

a) Die Bodenprofile

1. „Oeverwisch“

In der Nähe des ersten Versuchsfeldes — Meßtischblatt No. 1820 Heide, 3503550/6007160 — liegt eine Häusergruppe, „Oeverwisch“. Dieser Ortsname deutet darauf hin, daß um die Zeit der Namensgebung, die wahrscheinlich mehr als ein Jahrtausend zurückliegt, hier Grünländereien das Ufer eines Gewässers bildeten. Das Versuchsfeld — im folgenden kurz als



Abb. 3. Vertikalschnitt durch Krume und Unterboden in „Oeverwisch“



Abb. 4. Vertikalschnitt durch Unterboden und Untergrund in „Oeverwisch“

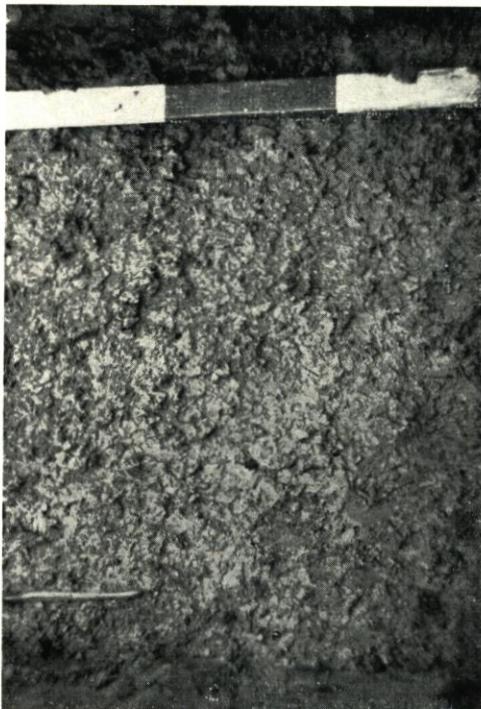


Abb. 5. Horizontalschnitt in 40 cm Tiefe, nach Abbröckeln der Bodenaggregate



Abb. 6
Juni-Aspekt der Weide
in Oeverwisch



Abb. 7
Struktur des Bodenprofils
„Oeverwisch“ im Sommer



Abb. 8
Horizontalschnitt nach
Entfernung der Boden-
aggregate, „Oeverwisch“,
75 cm Tiefe

„Oeverwisch“ bezeichnet — wurde bis zum Jahre 1940 geackert, dann wegen der Bearbeitungsschwierigkeiten in Grünland umgewandelt. Seit 1943 wird es als Standweide genutzt.

Die Abbildungen und Tabellen geben einen Überblick über den Boden und den Pflanzenbestand des in Beete von durchschnittlich 13,6 m Breite gepflügten und dränierten Versuchsfeldes „Oeverwisch“. In den Abbildungen 1 und 2 ist die Stratigraphie wiedergegeben. Der Längsschnitt (Abb. 1) wurde aus zwanzig Bohrstock-Einstichen von 1 m Tiefe, der Querschnitt (Abb. 2) aus fünfzig Bohrstockproben erschlossen. Außerdem gaben zehn Bohrungen mit dem Löffelbohrer bis in 2 m Tiefe Aufschluß über den Untergrund. Die Grasnarbe (Abb. 6) ließ zu wünschen übrig, doch hatte sich die Grünlandgesellschaft der Fettweide herausgebildet, wie die pflanzensoziologische Bestandsaufnahme ergab³⁾.

Mehrere Profilgruben und Bohrungen zeigten folgenden Profilaufbau:

Die Krume, 13 bis 23 cm mächtig, ist ein sehr stark durchwurzelter Feinlehm von kräftig grau-brauner Farbe. Vereinzelt zeigen die oberen Lagen plattige Struktur, doch läßt sich im allgemeinen nur Einzelkornstruktur wahrnehmen. Durch die Bearbeitung ist die Krume scharf gegen den Unterboden abgesetzt.

Der Unterboden, ein hellgrauer bis kräftig-grauer, schluffiger und lehmiger Ton von zäher Konsistenz, wechselt in seiner Mächtigkeit zwischen 18 und 50 cm. Unmittelbar oder mit geringem Abstand unter der Krume liegt an manchen Stellen die „schwarze Schnur“, eine Lage schwärzlicher Färbung, sehr zäher Konsistenz und prismatischer Struktur. Ihre Dicke beträgt wenige Zentimeter.

In der Tiefe zwischen 35 und 60 cm findet sich eine Häufung von kräftig rostfarbenen Konkretionen. Auch darunter sind sie noch anzutreffen; ihre Zahl wird mit zunehmender Tiefe geringer und ihre Färbung heller — oft ein leuchtendes Orange-Rot.

Der Untergrund ist deutlich geschichteter Feinsand, oben von grau-gelblicher Farbe, unten — meist unter 1 m Tiefe — von reinem Taubenblau. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Feinsandgehalt zu, die Tonschichten werden dünner. In 1,80 m Tiefe findet sich an einigen Stellen eine 5 cm starke Torflage.

Das ganze Profil ist von vertikalen Wurzel- und Wurmkanälen durchzogen, die mit ihren feinsten Ausläufern bis in 1,20 m Tiefe hinabreichen. Die Durchwurzelung zeigt keine Abweichung vom andernorts gefundenen Normalverhalten unter Grasnarben (KMOCH, 1952). In Poren, die von früherer Vegetation oder der Tätigkeit der Bodentiere herrühren können, durchdringen die Wurzeln einzelne Strukturelemente, oder sie ziehen sich — oft in Bündeln — durch die Risse und Spalten abwärts. Nach Perioden stärkeren Niederschlags scheinen die feinsten Verästelungen der Wurzeln in die Substanz der Prismenoberflächen eingebettet; Nadelstichporen, die sich sonst in großer Zahl beobachten lassen, sind dann nur vereinzelt zu erkennen.

Die Kationenbelegung (bestimmt durch LUFA Kiel; T-Wert nach SCHACHTSCHABEL, im Filtrat dann Ca und Mg gravimetrisch; Na und K flammenphotometrisch):

Tiefe (cm)	T-Wert	mval			
		Ca	Mg	Na	K
20 bis 25	23	20	4,9	0,3	0,3
25 bis 30	22	19	5,2	0,3	0,3
30 bis 40	28	23	6,6	0,5	0,4
40 bis 50	17	14	3,6	0,6	0,3

2. „Dellweg“

Das zweite Versuchsfeld (Meßtischblatt No. 1720 Weddingstedt, 3503600/6007160) — in dieser Arbeit benannt nach der angrenzenden Einzelhof-Reihensiedlung „Dellweg“ — liegt am Rande einer flachen Senke, die sich zwischen der wenig höher gelegenen, etwas leich-

³⁾ Die Pflanzenbestandsaufnahme verdanke ich Herrn Dipl.-Ldw. Dr. K. HERZBERG, Schlesw.-Holst. Landesstelle für Pflanzenkunde.

teren Marsch und den Ausläufern der Geest hinzieht. Das Feld trug im Jahre 1950 zuletzt Sommerung mit einer Kleeegrasmischung als Untersaat.

Die Unterlagen für die folgenden Abbildungen und Tabellen wurden auf die gleiche Weise gewonnen wie in „Oeverwisch“. Die Abbildungen 10 und 11 zeigen die Stratigraphie, Abbildung 12 den Bestand. Die natürliche Pflanzengesellschaft ist die Fettweide (*Lolieto — cynosuretum*).

Die Krume, 10 bis 23 cm mächtig, ist ein dunkel-braungrauer lehmiger Ton mit starker Durchwurzelung.

Im Unterboden findet sich grauer schluffiger bzw. lehmiger Ton. Er unterlagert die Krume mit einer etwa fingerstarken „schwarzen Schnur“, soweit der Pflug nicht zu tief eingedrungen ist.

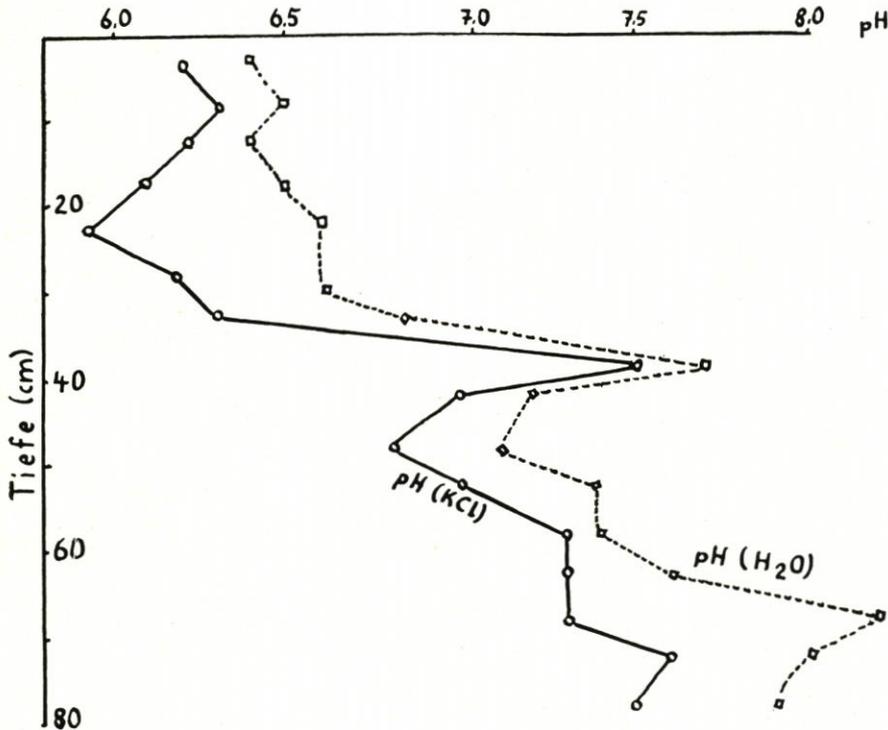


Abb. 9. Bodenreaktion in „Oeverwisch“

Der Untergrund, ein feinsandiger Lehm, ist unter 60 cm Tiefe durch deutliche Ton- und Feinsandbänderung vom Unterboden abgesetzt. Seine Färbung ändert sich anscheinend mit Jahreszeit und Bodenfeuchte. Im Sommer sind gelblich-rötliche Tönungen zu beobachten, während in der kalten Jahreszeit grau-blaue Färbungen vorherrschen. Im Bereich ständigen Grundwassers überwiegen bläuliche Farben.

In den oberen Dezimetern zeigt der Boden bei ausreichender Feuchte zähplastische, klebrige Konsistenz; ausgetrocknet wird er sehr hart; dann läßt er sich mit Spaten und Bohrstock schwer bearbeiten. Bei Trockenheit bilden sich in der Krume Groß-Aggregate (15 bis 25 cm) annähernd würfliger Form aus. Im übrigen ist auch hier wie in Oeverwisch eine weitergehende Krumenstrukturierung nicht zu erkennen, während im Unterboden säulenförmige und pris-

matische Aggregate der gleichen Art wie in Oeverwisch bei allen Durchfeuchtungsgraden zu unterscheiden sind. Häufig findet sich in etwa 40 cm Tiefe eine zweite „schwarze Schnur“ von nur wenigen Millimetern Dicke, die torfartiges Aussehen hat.

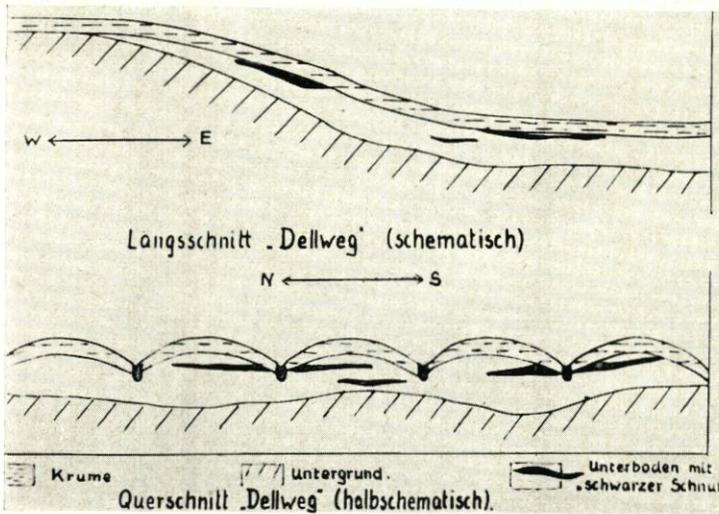


Abb. 10 u. 11. Längs- und Querschnitt durch das Versuchsfeld „Dellweg“

Lebende Wurzeln im Profil sind meist von einer blaß-bläulichen, Bruchteile von Millimetern starken Zone umgeben, die wiederum von rötlichen Verfärbungen der Bodensubstanz umgrenzt werden. Im allgemeinen befindet sich im Profil „Dellweg“ dicht unter der oberen „schwarzen Schnur“ eine Anhäufung roströter Konkretionen, die zum Teil Kornform haben, zum Teil aber röhrenförmig ausgebildet, in vielen Fällen 1 cm Stärke erreichen. Die röhrenförmigen Konkretionen sind meistens mit eingeschlammtem Bodenmaterial gefüllt. Weder neue noch ältere Gänge edaphischen Ursprungs weisen solche Konkretionsbildung auf. Die Zahl und Stärke der Rotverfärbungen nimmt mit zunehmender Tiefe ab. Zahlreiche Wurzelkanäle und Wurmgänge durchziehen den Boden in vertikaler Richtung.

Eine Beschreibung der Bodenstruktur geben Lupenaufnahmen (Abb. 14 bis 18, Vergrößerung dreifach, ein Teilstrich = 1 mm):

b) Die Korngrößenverteilung

Der Korngrößenaufbau des Bodenprofils vermag über die Entstehung des Bodens und seine Entwicklung etwas auszusagen, wenn man die Verteilung in genügend fein untergliederten Größenklassen kennt. Die Aräometer-Methode nach CASAGRANDE (1931) kann das geeignete Zahlenmaterial liefern, vorausgesetzt, daß das Zerteilen der Proben vollständig gelingt. Die Meßergebnisse, nach den üblichen Verfahren veranschaulicht (Abb. 19, 20, 21), bieten noch keine nennenswerten Aufschlüsse. Allenfalls könnte man aus der regelmäßigen Form der Summenkurve auf eine gewisse Gleichförmigkeit schließen. Das Wahrscheinlichkeitsnetz vermittelt eine weitergehende anschauliche Erkenntnis, wie Abbildung 22 zeigt, aus folgendem Grunde: In einem System, dessen Ordinate nach dem GAUSSschen Fehlerintegral und dessen Abszisse logarithmisch geteilt ist, muß das Integral einer Häufigkeitskurve — die in einem semilogarithmischen System Glockenform hat (Normalverteilung) — als Gerade erscheinen.

Die Transformation vom einen in das andere Koordinatensystem hat folgendes Aussehen:

In einem Koordinatensystem sei die Abszisse der Logarithmus des Äquivalent-Korndurchmessers, die Ordinate der prozentische Anteil an eingewogener Bodensubstanz. Bei normaler Verteilung ((12)) ergibt sich die Summenfunktion der Korngrößenverteilung zu:

$$(a) \quad y = \Phi \left(\frac{x - m}{\sigma} \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt$$

wobei m der Mittelwert und σ die Streuung ist. Im Wahrscheinlichkeitsnetz mit den Koordinaten x' und y' muß die Maßstabsveränderung berücksichtigt werden:

$$(b) \quad x = x' \quad ; \quad y = \Phi(y') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y'} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Gleichung (a) transformiert sich damit durch Einsetzen der Gleichung (b):

$$(c) \quad \Phi(y') = \Phi \left(\frac{x' - m}{\sigma} \right)$$

Folglich ist:

$$(d) \quad y' = \frac{x' - m}{\sigma}$$

als Umkehrfunktion einer monotonen eindeutigen Funktion die Gleichung einer Geraden, wie durch die Schreibweise

$$(e) \quad y' = \left(\frac{1}{\sigma} \right) x' - \frac{m}{\sigma}$$

deutlich wird.

Die Mischung einer Normalverteilung mit dem Mittelwert m_1 und der Streuung σ_1 mit einer zweiten, deren entsprechende Werte m_2 und σ_2 sind, geschieht durch Überlagerung der beiden Funktionen

$$(f) \quad \Phi \left(\frac{x - m_1}{\sigma_1} \right) \quad \text{und} \quad \Phi \left(\frac{x - m_2}{\sigma_2} \right)$$

Lautet das Mischungsverhältnis $\frac{\mu_1}{\mu_2}$ so berechnet sich die Mischungsverteilung zu:

$$(g) \quad y = \mu_1 \Phi \left(\frac{x - m_1}{\sigma_1} \right) + \mu_2 \Phi \left(\frac{x - m_2}{\sigma_2} \right)$$

Vorausgesetzt wird:

$$\mu_1 + \mu_2 = 1$$

Auf Grund der vorstehenden Überlegung sind drei Mischungskurven aus je zwei Verteilungen berechnet, welche sich im logarithmischen Wahrscheinlichkeitsnetz als Gerade darstellen. Die für die Rechnung benötigten Werte σ und m wurden durch ein Probierv erfahren ermittelt. Wie Abbildung 23 zeigt, ergibt die zeichnerische Darstellung der errechneten Mischungskurven eine überraschende Ähnlichkeit mit den experimentell gefundenen.

c) Die Wasserbewegung

Solange man im Knick einen durch Einschlammung feinen Materials entstandenen Horizont zu erkennen glaubt, muß man vermuten, daß er die Wasserbewegung im Boden hemmt. Beobachtungen, die eine Stellungnahme zu dieser Frage gestatten sollen, müssen mit verschiedenen Verfahren angestellt werden, weil Grundwasser und Bodenfeuchte sich verschieden verhalten. Wie die Messungen von MARTENSEN (1954) zeigen, besitzt der Knick die Permeabilität ((13)) eines Kiesbodens.



Abb. 12. Klee gras auf „Dellweg“ (Juni). Die Spitze des Schreibpegels steht 1,1 m über Flur



Abb. 15. Vertikale Bruchfläche in etwa 25 cm Tiefe. Vgl. Abb. 17 (Dellweg)



Abb. 13. Vertikalschnitt in „Dellweg“. Die links noch einige Zentimeter mächtige „schwarze Schnur“ keilt in den rechten Bildteil aus

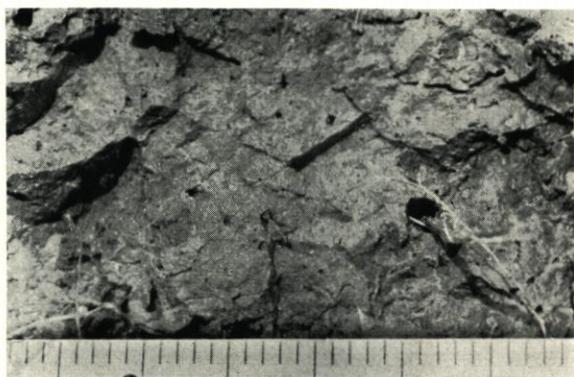


Abb. 16. Horizontale Bruchfläche in 40 cm Tiefe (Dellweg)



Abb. 14. Horizontale Bruchfläche in 22 cm Tiefe. Oben Gang und Korbballen eines Regenwurm. Vgl. Abb. 16



Abb. 17. Vertikale Bruchfläche in 40 cm Tiefe (Dellweg)



Abb. 18
Vertikale Bruchfläche in
65 cm Tiefe (Dellweg);
etwa dreimal vergr.

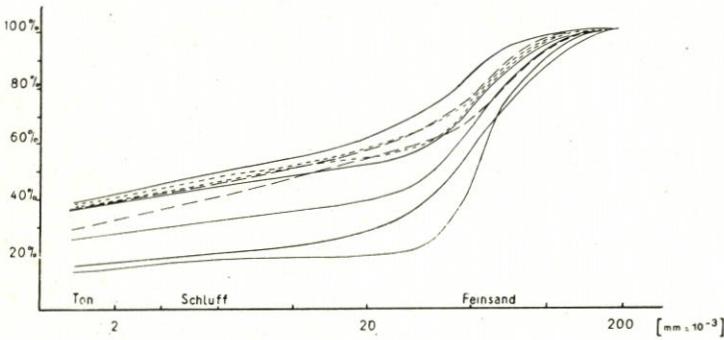


Abb. 19
Korngrößenverteilungs-
kurven für verschiedene
Tiefen.
Abszisse: äquivalenter
Korndurchmesser

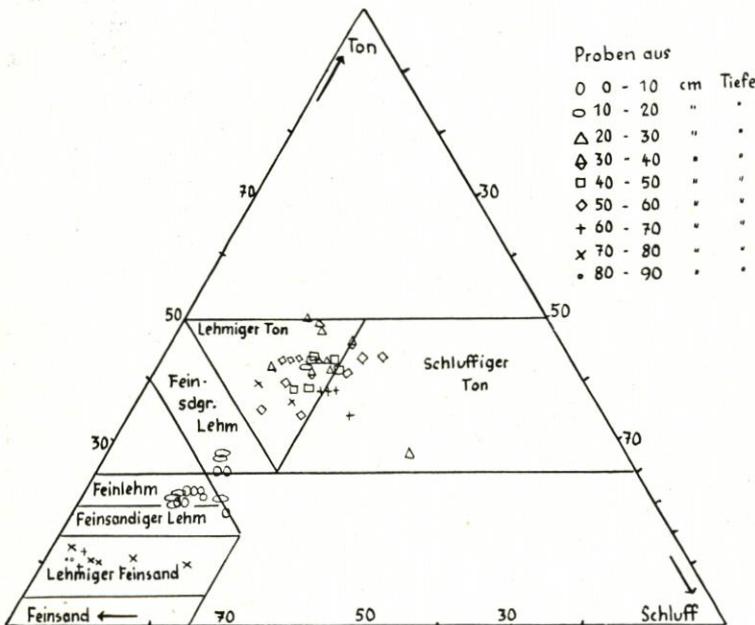


Abb. 20
Graphische Bestimmung
des Bodenartenprofils
„Overwisch“.
Jedem der in das dreiseitige
Koordinatensystem ein-
gezeichneten Punkte ent-
sprechen drei Werte, welche
die Mischung der Größen-
klassen kennzeichnen
(Summe = 100 0/0)

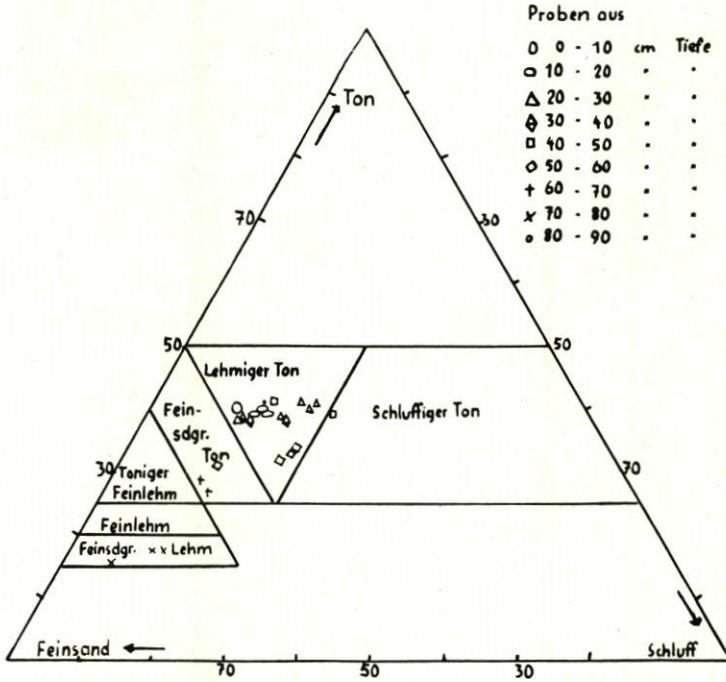


Abb. 21. Graphische Bestimmung des Bodenartenprofils „Dellweg“

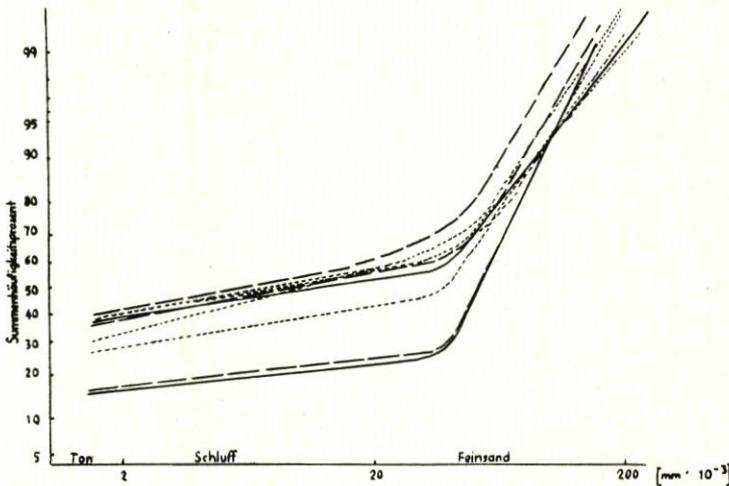


Abb. 22. Dieselben Werte, wie in Abb. 19, übertragen in ein Fehlerwahrscheinlichkeitsnetz (Ordinate nach dem GAUSSschen Fehlerintegral, Abszisse logarithmisch geteilt)

Auch der Untergrund beeinträchtigt die Bewegung des Grundwassers nur in geringem Maße. Beide Umstände erklären den Verlauf der Grundwasserganglinien (Abb. 24). Offensichtlich hemmt allerdings die Verdichtung der Pflugsohle die Wasserbewegung, wie die 30-cm-Rohre ausweisen.

Schließlich vermittelt noch die Tropfpipettmethode von SEKERA (1951) einen Einblick in die Art der Wasserbewegung im Boden (Abb. 25, 26, 27).

Die Änderungen in der Bodenfeuchte gehorchen anderen Regeln als die Grundwasserbewegung, weil der Strömungsquerschnitt mit sinkendem Wassergehalt geometrisch abnimmt. Der Energie- und Zeitbedarf für die Feuchteverschiebung ist verhältnismäßig groß. Naturgemäß fordern auch die Meßmethoden für die Feuchteermittlung verhältnismäßig hohen Aufwand. Indirekte Methoden haben bisher in schweren Böden zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt. Darum stand vor der Feuchtemessung die Notwendigkeit, einen Volumen-Bohrer zu beschaffen. Eine Abwandlung des Bohrstocks von ANDERSON (1947) genügte den Anforderungen und machte Messungen möglich, deren Ergebnisse in den Abbildungen 28, 29 und 30 gezeigt werden.

SON (1947) genügte den Anforderungen und machte Messungen möglich, deren Ergebnisse in den Abbildungen 28, 29 und 30 gezeigt werden.

III. Auswertung und vergleichende Betrachtung

Nach eingehendem Vorstudium wurden zwei Versuchsfelder westlich einer flachen Senke vor dem Geestrande bei Heide eingerichtet. Beide Felder weisen eine Knicklage auf, deren Entstehung aus den Ergebnissen der Untersuchungen gedeutet werden kann. Darüber hinaus ergeben sich Hinweise für die Nutzung dieser Knickböden und ganz allgemein für weitere Untersuchungen der bislang noch wenig bekannten Physik schwerer Böden.

Die Krume beider Versuchsfelder, mit der natürlichen Pflanzengesellschaft der „Fettweide“ (*Lolieto-cynosuretum*) zeigt nur an wenigen Stellen andere als Einzelkornstruktur. Unterboden und Untergrund sind von röhrenförmigen, oft mehrere Millimeter starken Hohlräumen in vertikaler Richtung durchzogen (Abb. 7, 8, 14, 16). Besonders bei ausreichender Feuchte läßt sich die typische Struktur des Knick (Abb. 6) gut erkennen: scharfkantige Aggregate mit peptisierter Oberfläche (Abb. 15) und Nadelstichporen (Abb. 17, 18). Die letzteren sind in den oberen Lagen des Unterbodens verklebt.

Der Untergrund ist deutlich geschichtet (Abb. 5). Das Verhältnis der Mächtigkeit von Ton- und Feinsandschichten wechselt auf engstem Raum.

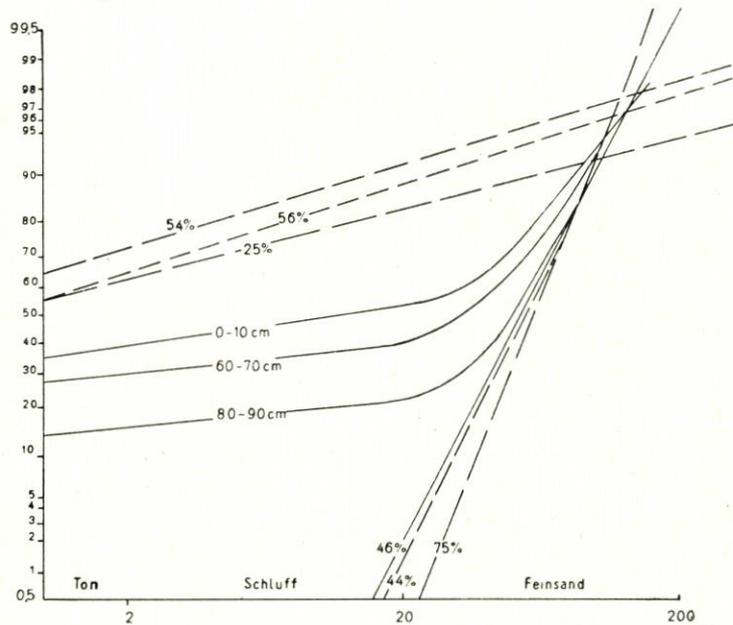


Abb. 23. Errechnete Mischung zweier Normalverteilungen im Wahrscheinlichkeitsnetz. Je zwei Normalverteilungen sind in dem angegebenen Verhältnis gemischt

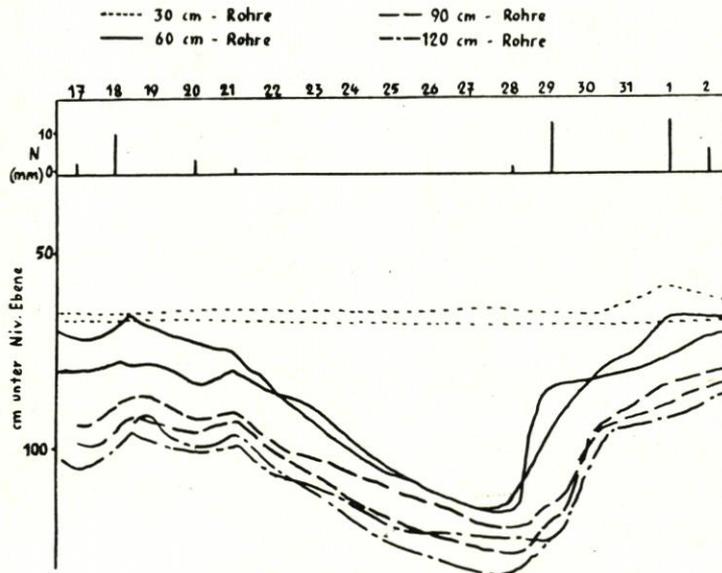


Abb. 24. Ganglinien der Spiegelhöhen in Grundwasserbeobachtungsrohren und Niederschlagshöhe (Jan. 1952)



Abb. 25. Tropfpipettmethode Sekeras (Foto etwa 3fach). Der Reflexglanz eines Tropfens, der auf die Bruchfläche trockenen Marschbodens aufgesetzt wurde, verschwindet. Man erkennt, wie der Boden das Wasser aufnimmt

bis 35 cm Tiefe bildet sich eine trockene Zone, in der die Bodenfeuchte während des Sommers zeitweise den Welkepunkt erreicht. Darunter bleibt der Boden ständig plastisch feucht. Die Variationsbreite der Wassergehalte beträgt in fast allen Tiefen mehr als 10 % der Bodentrockensubstanz.

In der Krume ist die Versickerung geringer als im oberen Teil des Unterbodens. Die Stauungsdiagramme nach der Tropfpipettmethode von SEKERA (1951) zeigen den stärksten Wasserstau in der Krume. Es macht Mühe, trotz der angeführten Beobachtungen den Knick als einen Horizont zu deuten. Die Eigenart des Filtergerüsts läßt eine Stoffverlagerung einerseits im dichten Gefüge der tonreichen Schichten nur über sehr kurze Strecken zu, andererseits ist durch die Risse und Wurmgänge unter dem Einfluß verhältnismäßig schneller Sickerwasserströmung der Transport bemerkenswerter Stoffmengen möglich. Das Ergebnis müßte also ein weites tiefgehendes Netzwerk von Verlagerungsbahnen sein, wie man es in der Tat beobachten kann.

Bodenkundlich dürften die Profile, trotz einer erkennbaren Gliederung in A — G₀ — G_r = Horizonte, als unreif anzusprechen sein. Ihr Aufbau gestattet einen Schluß auf die Entstehung des Knick, wenn das Bild, welches Stratigraphie, Korngrößenverteilung und Struktur ergeben, unter Berücksichtigung der Ergebnisse von LÜTTMER (1952) und DITTMER (1952) zu folgender Deutung zusammengefaßt wird:

Vor dem Geestrand bildete ein feinsandiges, schwach toniges Sediment eine ausgedehnte

Die Bodenreaktion in Krume und Unterboden liegt unter, im Untergrund über dem Neutralpunkt. Na und Mg bilden einen etwas geringeren, Ca einen etwas größeren Anteil an der Kationenbelegung des sorbierenden Komplexes als bei den beschriebenen niederländischen Knickböden (VAN SCHUYLENBORGH u. VEENENBOS, 1940).

Die Korngrößenverteilungskurven der Proben aus allen Tiefen sind regelmäßig. Mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsnetzes gelingt es zu zeigen, daß bei logarithmisch geteilter Abszisse die Korngrößenverteilung des Bodens in allen Tiefen als Mischung zweier Normalverteilungen verstanden werden kann. Eine Anreicherung von Körnern der Tonfraktion ist in keiner Tiefe nachzuweisen.

Die Grundwasserbeobachtung zeigt, daß der Knick dem Druckausgleich keine besonderen Hindernisse entgegensetzt. Die Pflugschleife allerdings verursacht Wasserstau. Druckwasser aus dem Untergrund läßt sich nicht nachweisen.

Die Permeabilitätsmessungen ergeben für beide Versuchsfelder ähnliche Werte. In den oberen Lagen ist die Permeabilität gering ($1/1000$ m/Tag). Sie nimmt mit der Tiefe zu bis 1 m/Tag.

In „Oeverwisch“ durchfeuchten die Sommerniederschläge den Boden bis in 5 cm Tiefe,

flache Mulde, die zum Teil durch tonreiche Ablagerungen nach und nach aufgefüllt wurde. In kleineren flachen Senken einer früheren Geländeoberfläche mit ihrer standortbedingten Pflanzendecke hat sich vor der nachfolgenden Überschlickung das Material der späteren „schwarzen Schnur“ gesammelt, das hier durch Wind und Strömung angelandet wurde. Die Tatsache, daß die Korngrößenverteilung im wesentlichen eine Mischung zweier Normalverteilungen darstellt, läßt die Vermutung zu, daß zur Hauptsache die Strömungen zweier verschiedener Geschwindigkeiten das Material heranzuführen.

Je höher der Boden auflandete, desto seltener waren schnellere Strömungen möglich; der Anteil größerer Fraktionen im Sediment wird darum geringer und der Boden nach oben schwerer.

Die Abbildung 5 zeigt deutlich den Schichtaufbau des Sediments unterhalb der 60-cm-Tiefenlinie. Oberhalb gibt sich diese Schichtung dem Auge nicht mehr zu erkennen. Die Ursache dürfte in einer Strukturänderung des Sediments zwischen den Sedimentationsperioden zu suchen sein, die sich folgendermaßen erklärt:

Solang das Sediment noch vom Niedrigwasser bedeckt ist, bleibt seine Einzelkornstruktur erhalten. Der Schichtenaufbau wird nicht gestört. Ein solches Sediment können wir als juvenil ((16)) bezeichnen. (Selbst dann noch, wenn zeitweilige Austrocknung eine Dichtlagerung verursacht, die aber den Eindruck der Schichtung nicht ändert.) Fällt das Sediment längere Zeit, z. B. die Sommermonate hindurch, trocken und wird es außerdem starker Verdunstung ausgesetzt, so beginnt es — ausreichender Tongehalt sei vorausgesetzt — zu schrumpfen. Die typische Pentagon-Struktur bildet sich aus. Erneute Überflutung führt nun weiteres Material ähnlicher Beschaffenheit heran und füllt die Schrumpfungsrisse aus. Damit setzt ein Vorgang der Strukturbildung ein, welcher bis zur Prismenstruktur führt⁴⁾. Es entsteht ein Sediment, das als senil ((17)) zu bezeichnen ist, weil es durch die Strukturbildung seine ur-

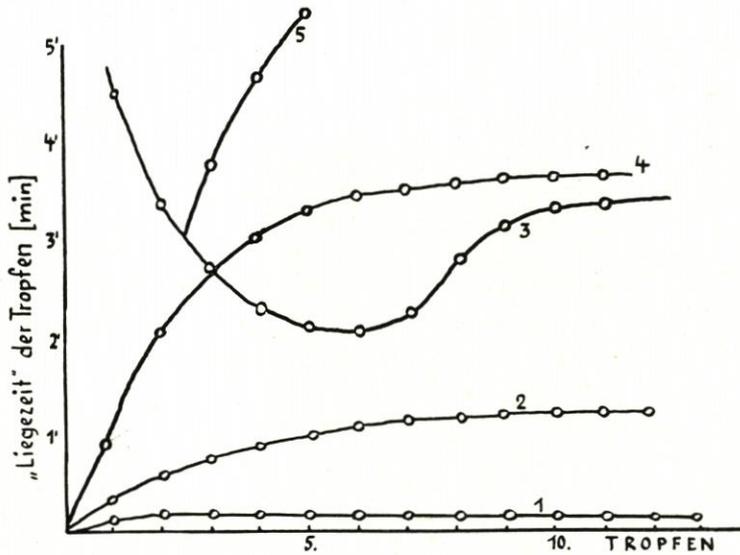


Abb. 26. „Liegezeit“ ist die Zeitspanne vom Aufsetzen eines Tropfens (0,05 ml) auf eine Bodenfläche bis zu seinem Verschwinden

Die Kurventypen:

- Kurve 1: Tropfversuch an horizontalen Bruchflächen des Untergrundes
- Kurve 2: Tropfversuch an vertikalen Bruchflächen des Untergrundes
- Kurve 3: Tropfversuch an Bodenschnittflächen, wenn die Berührungsstelle zweier Bodenaggregate getroffen ist (vgl. Abbildung 25). Partielle Quellung erweitert anfangs und verengt dann wieder die Risse im Boden
- Kurve 4: Tropfversuch an der Oberfläche dicht gelagerten Bodens in der Krume
- Kurve 5: Tropfversuch an der Oberfläche sehr dicht gelagerter Bodenprismen (Dichtlagerung oft durch mechanischen Einfluß vor dem Trocknen)

⁴⁾ Die geschilderten Vorgänge lassen sich in einem einfachen Modell nachbilden und näher untersuchen.

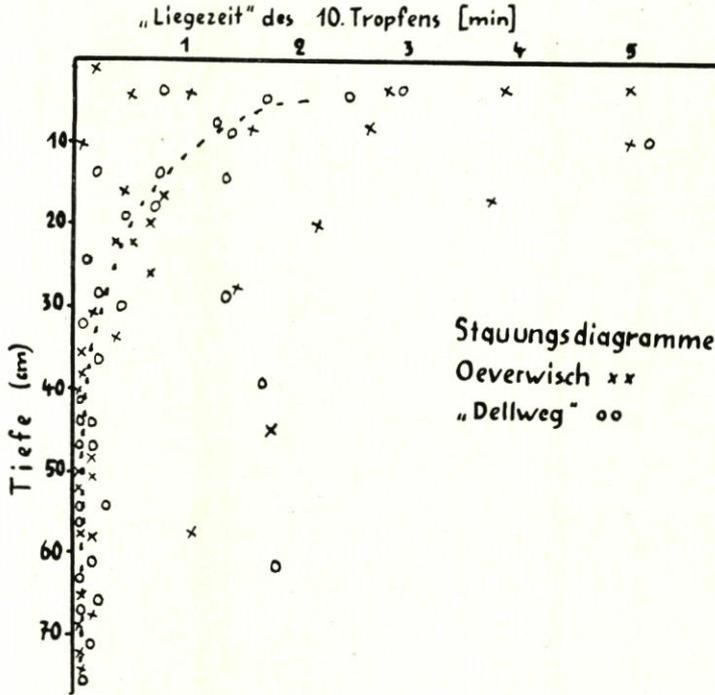


Abb. 27. Stauungsdiagramme nach Sekera

nähere Analyse hat gezeigt, daß die Korngrößenverteilung des Bodens eine Mischung zweier Normalverteilungen ist. Eine Anreicherung von Bestandteilen der Tonfraktion ließ sich nicht nachweisen. Man kann daraus schließen, daß Auswaschung von Tonsubstanz nicht die Ursache für den Unterschied in der Korngrößenzusammensetzung bildet. Einzelne Tonscherben, Steinchen und Eisenteile geben den Hinweis, daß menschliche Tätigkeit ihren Einfluß geltend machte. Vermutlich ist die Krume durch das Aufbringen von Meliorationsmitteln — die Blausandmelioration ist seit langem in der Marsch gebräuchlich — leichter geworden. Die Meliorationsmittel stammen zur Hauptsache aus der Marsch, sonst würde der Verlauf der Korngrößenverteilungskurve sich anders darbieten.

Auf Grund der Ergebnisse von LÜTTMER (1952) und DITTMER (1938, 1952) ist anzunehmen, daß in Geestrandnähe vorwiegend kalkarme Sedimente abgesetzt wurden. Ferner sind im Bereich der Knicklage keine Anzeichen für eine Bodentypen-Entwicklung nachzuweisen. Man darf darum den Knick als ein kalkarmes Sediment bezeichnen und hinzufügen, daß sich (wegen des Tongehalts) prismatische oder Säulenstruktur herausgebildet hat.

Bleibt das so geformte Sediment den Atmosphärrillen längere Zeit hindurch ausgesetzt, dann bildet sich eine feinere Differenzierung der Struktur heraus. Dieser Vorgang der Strukturentwicklung ist bisher nicht näher untersucht. Er verläuft anders als die Strukturbildung leichter Böden, wie sie von FREI (1950), KUBIENA (1948) und anderen untersucht wurde. Unter der natürlichen Pflanzendecke, im allgemeinen der Fettweide, bildet sich ein A-Horizont. Das darunter liegende Sediment ist Einflüssen der Strukturbildung unterworfen, die MARTENSEN (1954) beschreibt. Außerdem üben die bodenbewohnenden Lebewesen einen beträchtlichen Einfluß auf die Struktur des Bodens bis in den Untergrund aus.

Die Tätigkeit der Regenwürmer gestaltet die Hohlraumbildung in einem Maße, das

sprüngliche Schichtung verloren hat.

Man darf vermuten, daß der geschilderte Vorgang gleichartig verläuft, einerlei ob das Sediment kalkarm oder kalkreich ist. Doch wird sich die Struktur der Prismen je nach der Art der Tonmineralien und Kationenbelegung verschieden gestalten. Die für den Knick typische Konsistenz und Struktur dürfte nach VEENENBOS und VAN SCHUYLENBORGH (1940) vor allem bei relativ hohem Anteil des Magnesiums auftreten.

In Dellweg ist die Krume geringfügig, in „Oeverwisch“ dagegen merklich ärmer an Ton als der Unterboden. Die

durch die Schrumpfung unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht erreicht werden kann. Hier scheint eine enge Symbiose zwischen Regenwürmern und Pflanzen zu bestehen. Beide erschließen sich gegenseitig die Tiefe des Bodenprofils. Zudem bilden die Regenwurmgänge vertikale Kleinstdrainungen, die auch bei starker Feuchte wegen ihrer Form keine Querschnittminderung zeigen. Ihre Wölbung bleibt dem Quelldruck immer gewachsen und dürfte durch eine Mikrobenschleim-Tapete gegen „Mikroerosion“ widerstandsfähig sein.

Die Oberflächenbeschaffenheit der Bodenprismen in den oberen Lagen des Unterbodens (Abb. 15) läßt vermuten, daß die Bodenquellung eine Bewegung verursacht. An der Oberfläche der Aggregate tritt darum, durch die Art der Kationenbelegung des Tons und die Korngrößenverteilung ermöglicht, ein Zerfließen (Thixotropie) ein.

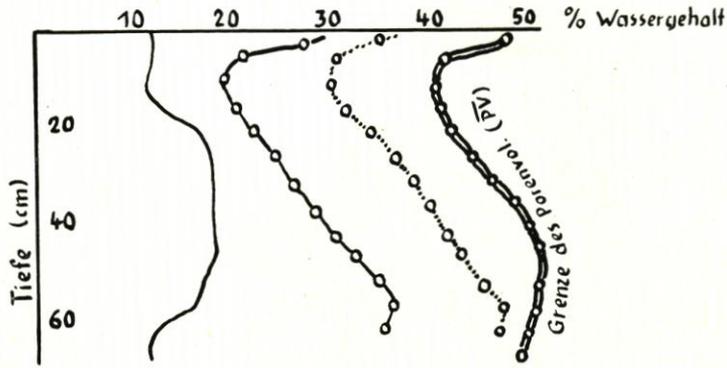


Abb. 28. Mittel aller Feuchtemessungen in „Overwisch“. (Vgl. Abb. 29)

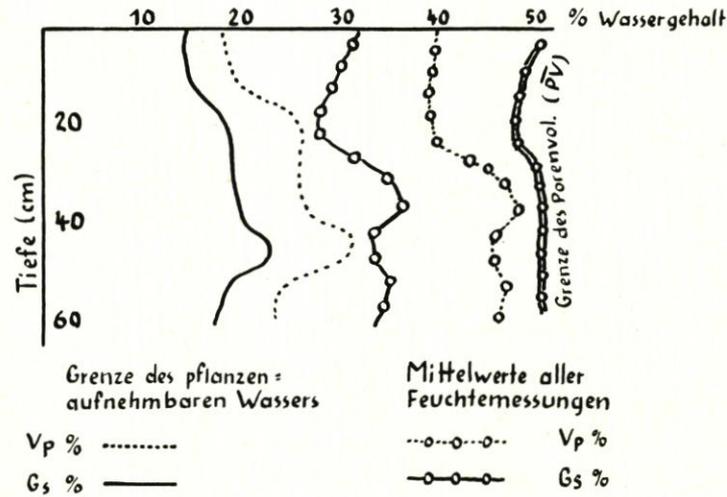


Abb. 29. Mittel aller Feuchtemessungen in „Dellweg“
 Vp ‰ = Wassergehalt in Volumenprozenten des völlig trockenen Bodens
 Gs ‰ = Wassergehalt in Gewichtprozenten des völlig trockenen Bodens

IV. Zusammenfassung

Ausgedehnte Gebiete der alten Marsch weisen in ihrem Bodenprofil eine Lage auf, die von den Bauern als Knick, Knip, Twoog, Stört oder Bint, in der Literatur seit nahezu 150 Jahren als Knick bezeichnet wird. Bisher ist weder eine allgemein anerkannte Definition gelungen, noch besteht Klarheit über die Entstehung des Knick. Den Deutungsversuchen liegen zwei entgegengesetzte Hypothesen zugrunde. Nach der einen ist der Knick ein Ergebnis der Bodenentwicklung, also ein Horizont; nach der anderen ist die Entstehung des Knick aus den besonderen Bedingungen zu erklären, unter denen sich das jetzt Marschboden gewordene Sediment aus dem Meer- (oder Brack-)wasser abgesetzt hat.

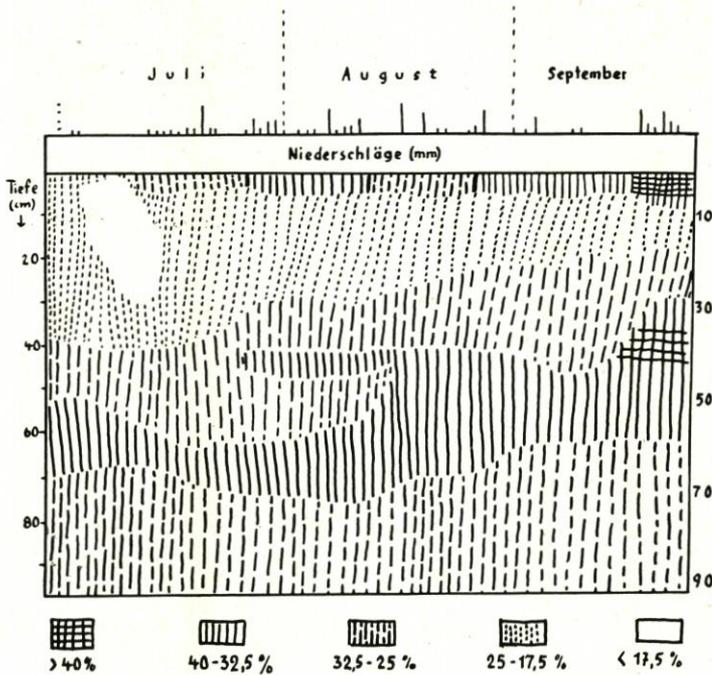


Abb. 30. Niederschlagshöhen und Isoplethendarstellung der Bodenfeuchte

weist ebenfalls darauf hin, daß der Profilaufbau weit besser aus den Sedimentationsbedingungen erklärt werden kann, als durch Vorgänge der Bodenentwicklung. Eine der Wahrscheinlichkeitsrechnung entlehnte Darstellung des Korngrößenaufbaues zeitigt keine Anhaltspunkte für den Nachweis eines Verlagerungsvorgangs im Boden, sondern läßt vermuten, daß der Knick als eine Schicht — nicht als Horizont — anzusprechen ist.

Die Beobachtungen über die Wasserbewegung deuten in die gleiche Richtung. Zusammen mit der Kenntnis der strukturbildenden Vorgänge im Boden ergibt sich aus den Beobachtungen ein Bild von der Entstehung des Knick, das zu folgender Definition führt: „Der Knick ist ein seniles Sediment der Brackwasserzone mit prismatischer- oder Säulenstruktur.“

Begriffe und Benennungen

1. **Bodenalterung:** „Form einer disharmonischen Entwicklung, bei der in den Endgliedern eine Abnahme der biologischen Leistungsfähigkeit eintritt. Hierbei erfährt ein Bodenmerkmal (oder einige Merkmale) eine einseitige Steigerung oder Vernachlässigung, wodurch eine der harmonischen Funktion des Ganzen schädliche Organisationsstörung eintritt“ (KUBIENA, 1948).
2. **Bodenentwicklung:** „Die Entstehung von Böden auf Grund eines vom Einfachen zum Mannigfaltigeren, Höherorganisierten unter einem typischen Formenwechsel ... sich vollziehenden, gesetzmäßig verlaufenden Umwandlungsprozesses“ (KUBIENA, 1948).
3. **Bodenfeuchte:** Gleichbedeutend mit „Wassergehalt“ des Bodens. Im Rahmen dieser Arbeit wird darunter verstanden: alles Wasser mit einem hydrostatischen Druck ≤ 0 .
4. **Bodenverdichtung:** Zunahme des Substanzvolumens bei entsprechender Abnahme des Porenvolumens.
5. **Durchlässigkeit:** Die Wasserleitfähigkeit eines Bodens. Sie ändert sich ceteris paribus mit seinem Wasser- und Luftgehalt.
6. **Grundwasser:** „Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und nur der Schwere und dem hydrostatischen Druck unterliegt“ (KOEHN, 1948).

Knickböden bereiten der ackerbaulichen Nutzung erhebliche Schwierigkeiten. Auch als Grünland liefern sie nicht immer sichere Erträge. Bisher sind nur wenige exakte Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften des Knick angestellt worden.

Die Beobachtung zweier Knickböden in der alten Marsch etwa 2,5 km nordwestlich von Heide/Holstein zeigt, daß die Alterungshypothese nur geringe Wahrscheinlichkeit besitzt. Die Profile geben eine Entwicklung kaum zu erkennen. In den unteren Lagen ist die Schichtung des Sediments deutlich. Die Stratigraphie

7. **Horizonte:** Morphologisch und stofflich unterscheidbare Lagen des Profils, die durch alle bodenbildenden Prozesse entstanden sind“ (LAATSCH, 1954).
8. **Knick:** „Ein schwerer, zäher, kalkarmer Ton, der in nassem Zustand schmierig, klebrig und zäh ist“ (LÜTTMER, 1952). Der Knick ist ein seniles Sediment der Brackwasserzone mit prismatischer oder Säulenstruktur.
9. **Knickmarsch:** „Entkalkter, nährstoffarmer, wenig fruchtbarer Marschboden mit starker Untergrundverdichtung.“ Gleichbedeutend ist das Wort „Knickaltmarsch“ (MÜCKENHAUSEN, 1953).
10. **Konsistenz:** Die Äußerungen von physikalischen Kräften der Kohäsion und Adhäsion, die im Boden bei verschiedenem Feuchtegrad wirksam werden.
11. **Lagen:** Horizontale Zonen des Bodenprofils, die sich an einem oder mehreren Merkmalen unterscheiden lassen.
12. **Normalverteilung:** Eine glockenförmige Kurve im linear geteilten rechtwinkligen Koordinatensystem, für welche die Gleichung gilt:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$
 (σ = Streuung; μ = Mittelwert) (GRAF, 1953).
13. **Permeabilität:** Die Wasserleitfähigkeit eines wassergesättigten, luftfreien Bodens. Sie wird charakterisiert durch den k-Wert = Permeabilitätskoeffizient.
14. **Permeabilitätskoeffizient:** Die mittlere Geschwindigkeit einer stationären Strömung durch die Fläche 1 beim Gefälle 1. (Dimension: L · T⁻¹).
15. **Schichten:** Die durch Sedimentation entstandenen Lagen eines Bodenprofils.
16. **Juveniles Sediment:** Eine Ablagerung aus langsam fließendem Wasser, die außer einer dichteren Lagerung ihrer Einzelteilchen noch keine Strukturveränderungen erfahren hat.
17. **Seniles Sediment:** Eine Ablagerung aus langsam fließendem Wasser, die durch zwischenzeitliche Austrocknung und nachfolgende neue Sedimentation eine dichte, meistens prismatische oder Pentagon-Struktur gewinnt.

V. Schriftenverzeichnis

1. AHREND, F.: Ostfriesland und Jever in geographischer, statistischer und besonders landwirtschaftlicher Hinsicht. Emden 1818.
2. ANDERSSON, S.: Om en ny jordborrh. Grundförbättring S. 230, 1947.
3. VAN BEMMELEN, J. M.: Bouwstoffen tot de kennis van de kleigronden der Provincie Groningen. Ldw. Vers. Stat. VIII, 1866.
4. CASAGRANDE, A.: Die Aräometermethode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden und anderen Materialien. Berlin 1931.
5. DITTMER, E.: Die nacheiszeitliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. Meyniana 1, S. 138, 1952.
6. DITTMER, E.: Schichtenaufbau und Entwicklungsgeschichte des Dithmarscher Alluviums. Westküste S. 105, 1938.
7. EDELMAN, C. H.: Soils of the Netherlands. Amsterdam 1950.
8. FINCK, A.: Ökologische und bodenkundliche Studien über die Leistung der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. Z. Pfl. Ern. Düngg. Bodenkde. 58, 120, 1952.
9. FREI, E.: Genesis of various Types of Soil Structure. Trans. Int. Congr. Soil I, 46, 1950.
10. GRAF, O. H.: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Göttingen 1953.
11. GRUNERT, H.: Marschbildungen an der deutschen Nordseeküste. Berlin 1913.
12. HERRMANN, F.: Über den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenen Alters. Westküste 1943.
13. HISSINK, D. J.: Die Knickbildung in Westgroningen und Friesland. Verhandlg. VI. Int. Bodkdl. Ges. B, 1933.
14. HISSINK, D. J.: De bodenkundige gesteldheid van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders. Versl. Ldb. Oderz. 41/47, 1935.
15. HISSINK, D. J. u. VAN DER SPEK: Bijdrage tot de kennis van knikgrond. Versl. Ldb. Onderz. 44 (17) B, 1938.

16. KMOCH, H. G.: Über den Umfang und einige Gesetzmäßigkeiten der Wurzelmassenbildung unter Grasnarben. Diss. Bonn 1952.
17. KOEHNE, W.: Grundwasserkunde. 2. Aufl. Stuttgart 1948.
18. KUBIENA, W. L.: Entwicklungslehre des Bodens. Wien 1948.
19. LAATSCH, W.: Die Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. 3. Aufl. Dresden u. Leipzig 1954.
20. LINDER, A.: Statistische Methoden. Zürich 1952.
21. LÜTTMER, J.: Die Marschböden des Rheiderlandes unter besonderer Berücksichtigung der Knickböden. Diss. Gießen 1952.
22. MARTENSEN, H.: Strukturmessungen in alter Marsch. Diss. Kiel 1954.
23. MASCHHAUPT, I. G.: Bodenkundige onderzoeken in het Dollardgebied. Versl. Ldbk. Onderz. 54, 1948.
24. MÜCKENHAUSEN, E.: Entwurf einer Systematik der deutschen Böden. Dtsche. Bdkdl. Ges., 1953.
25. v. NITZSCH, W.: Über Porosität und Wasserbewegung im Boden und ihre Beziehungen zur Bodenbearbeitung. RKTL 41, 1933.
26. OOSTING, B. H.: Programma van de bodenkundige excursie naar Westelijk Nederland. Wageningen 1938.
27. SCHUCHT, F.: Über das Vorkommen von Bleicherde und Ortstein in den Schlickböden der Nordseemarschen. Int. Mitt. Bdkde. 3, 104, 1913.
28. VAN SCHUYLENBORGH, J. u. VEENENBOS: Over de invloed van magnesium op de structuur van sedimenten. Landbk. Tijdschr. Nr. 11, 29, 1940.
29. SEKERA, F.: Zirkulationsstörungen in der Ackerkrume und ihr Einfluß auf die nutzbare Regenspeicherung. Z. Pfl. Ern. Düngg. Bdkde. 54, 1, 1951.
30. TANTZEN, K.: Über die Bodenverhältnisse der alten Stadländer Marsch. Diss. Berlin 1912.
31. TÜXEN, R.: Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mittlg. flor.-soziol. Arbeitsgem. Ndsachs. 3, 1937.
32. VEENENBOS, J. S.: De bodemkartering van de Friese Knipgronden. Boor en Spade III, 76, 1949.
33. VEENENBOS, J. S. u. VAN SCHUYLENBORGH: Het knip- of knikverschijnsel van kleigronden. Boor en Spade IV, 1950.
34. WICKE, H.: Untersuchung von Bodenarten aus der Oldenburger Marsch. Journ. f. Ldw. 7, 1862.
35. ZUUR, A. J.: Bodenvorming in Nederland uit jonge zeeafzettingen. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 59, 62, 1930.