Die Böden des Flattergras-Buchenwaldes der Westfälischen Bucht

Willy Werner und Rüdiger Wittig

1. Einleitung

Der Flattergras-Buchenwald wurde von TRAUTMANN (1969) durch die Merkmalskombination „Buchenvorherrschaft in der Baumschicht und anspruchslose *Fagetalia*-Arten in der Krautschicht, dabei keine *Melica* und *Asperula*" charakterisiert und als Kartierungseinheit der potentiell natürlichen Vegetation benutzt (z.B. TRAUTMANN 1972, BURRICHTER 1973). Schon HESMER & SCHROEDER (1963) wiesen auf die Eigenständigkeit dieser Pflanzengesellschaft hin, doch ist es das Verdienst Ernst Burrichters, den Flattergras-Buchenwald als erster durch zahlreiche pflanzensoziologische Aufnahmen belegt zu haben (BURRICHTER & WITTIG 1977). Mit Hilfe dieses Tabellenmaterials ist es möglich, den Flattergras-Buchenwald von den ihm floristisch und standörtlich nahestehenden und auch häufig räumlich in Kontakt befindlichen Gesellschaften Buchen-Eichenwald *(Fago-Quercetum)*, Hainsimsen-Buchenwald *(Luzulo-Fagetum)*, Waldmeister- bzw. Perlgras-Buchenwald *(Asperulo-* bzw. *Melico-Fagetum)* und Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald *(Stellario-Carpinetum)* abzugrenzen. So konnte der Flattergras-Buchenwald dann auch im nordwestdeutschen Raum (GLAHN 1981) und im Spessart (RÜCKERT & WITTIG 1984) nachgewiesen werden.

Außerdem wurde dieser gut wiedererkennbare Waldtyp damit für ökologische Untersuchungen zugänglich, wobei die bisherigen Arbeiten (RUNGE 1983, 1984) zeigen, daß der Flattergras-Buchenwald nicht nur floristisch, sondern auch standörtlich von den oben erwähnten „Nachbar-Gesellschaften" abgrenzbar ist. Allerdings liegen erst sehr wenige und meist nur punktuelle standortskundliche Untersuchungen über den Flattergras-Buchenwald vor. Zur Zeit sind derartige Untersuchungen im Rahmen der aktuellen Waldschadensdiskussion von besonderem Interesse, da WITTIG et al. (1985) im Flattergras-Buchenwald der Westfälischen Bucht eine Zunahme der Säurezeiger und damit ein Absinken des mittleren Zeigerwertes für die Bodenreaktion (ermittelt nach der Methode von ELLENBERG 1979) nachweisen konnten.

Als Beitrag zur standörtlichen Kennzeichnung des Flattergras-Buchenwaldes und als Grundlage für weiterführende ökologische Arbeiten werden daher im folgenden Ergebnisse der Untersuchungen von Bodenprofilen aus dem Bereich der Westfälischen Bucht dargelegt.

2. Methoden

Zur Beschreibung der Bodenprofile wurden Bodeneinschläge angelegt, die in der Regel 1 m tief waren, wenn nicht schon vorher das Ausgangsgestein der Bodenbildung erreicht war. Bei tiefgründigen Böden wurde ein Pirkhauer auf der Profilsohle um nochmals 1 m eingetrieben, so daß alle für den Aufbau des Bodens wichtigen Horizonte erfaßt wurden.

Die Bezeichnung und Abschätzung der Bodenmerkmale (Horizonte, Bodenart, Bodengefüge, Humusgehalt und Durchwurzelungstiefe) erfolgte nach der Kartieranlei-

tung der AG BODENKUNDE (1982), die Farbansprache des frischen Bodens anhand der Farbtafeln von MUNSELL (1975). Die systematische Einordnung und Nomenklatur der Profile richtete sich nach MÜCKENHAUSEN (1977), SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1982) und der AG BODENKUNDE (1982). Aus den Profilgruben wurden Bodenmischproben von mindestens 1 kg Bodenmaterial entnommen, die jeweils den gesamten Horizont erfassten. An den frischen Bodenproben wurde im Labor der pH in Suspension mit Wasser (pH_{H_2O}) und 1n KCl-Lösung (pH_{KCl}) (Verhältnis Boden zu Suspensionsmittel 1 : 2.5) mit einer Einstabglaselektrode gemessen. Die Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung erfolgte exemplarisch an einigen ausgewählten Bodenprofilen durch kombinierte Siebung (bis 63 µm) und Sedimentation bei Vorbehandlung mit HCl, H_2O_2, Na-Dithionit und Dispergierung mit Na-Metaphosphat. Die Auftrennung der Schluff-und Tonfraktion erfolgte mit der Pipettmethode nach KÖHN. Der Carbonatgehalt wurde gasvolumetrisch nach SCHEIBLER (SCHLICHTING & BLUME 1966), C_t- und N_t-Gehalte mit einem Elementaranalysator (Fa. Heraeus) bestimmt.

Bodenbürtige freie Eisen-, Aluminium- und Manganoxide wurden an ausgewählten Bodenprofilen durch Na-Dithionit-Extraktion (MEHRA & JACKSON 1960) bestimmt, amorphe Fe-, Al- und Mn-Oxide durch Ammoniumoxalat-Extraktion (SCHWERTMANN 1964) erfasst. Die Metalle wurden am Atomabsorptionsspektrometer (Fa. Perkin Elmer) bestimmt. Durch die Differenzierung der genannten amorphen und kristallinen Oxide lassen sich Aussagen über bodengenetische Prozesse (Verbraunung, Podsolierung, Pseudovergleyung) treffen (BLUME & SCHWERTMANN 1969).

3. Lage, Geologie, Klima und Vegetation der Westfälischen Bucht

Die Westfälische Bucht wird im Nordosten durch den Teutoburger Wald, im Osten durch das Eggegebirge und im Süden durch den Haarstrang begrenzt. Im Westen öffnet sie sich zum Niederrhein und zum Westfälischen Tiefland und wird dort durch die östliche Schottergrenze der Rheinterrasse begrenzt. Mit Höhen zwischen 100 und 170 m über NN wird sie zum mitteleuropäischen Tiefland gerechnet.

Geologisch gesehen ist sie ein Kreide-Schichtstufen-Becken, das eiszeitlich überformt ist. Die im Becken vorhandenen vier verschiedenen Folgen der Oberkreide sind konzentrisch angeordnet, wobei die jüngste Folge den ausgedehntesten zentralen Raum einnimmt. Nach außen hin sind jeweils die älteren Folgen als mehr oder weniger breite Zonen angeordnet. Die im Becken abgelagerten überwiegend kalkreichen Sedimente, wie „Kalkpläner", Kalkmergel und Mergelsandsteine sind fast alle von eiszeitlichen Ablagerungen überdeckt, die zum Teil über 20 m Mächtigkeit besitzen (THOME et al. 1976). Nur in den Höhenräumen der Baumberge und der Beckumer Berge im Inneren des Beckens sowie in den Randketten des Teutoburger Waldes, des Eggegebirges, der Paderborner Hochfläche und der östlichen Haarhöhen gibt es autochthone Bodenbildungen auf Kreide (MAAS & MÜCKENHAUSEN 1971).

Die wichtigsten Ausgangsmaterialien der Bodenbildung der untersuchten Profile sind Lösse und Flugdecksande, die als periglaziale Bildungen der Weichseleiszeit, sowie Geschiebelehme, die als saaleeiszeitliche Grundmoränen anzusehen sind. Das Hauptverbreitungsgebiet des Löß sind die Hellwegbörden südlich der Lippe sowie die Ostseite der Baumberge. Sandlösse und Flugdecksande sind weniger verbreitet und finden sich überwiegend im südwestlichen und zentralen Münsterland. Saaleeiszeitliche Grundmoränen haben als Ausgangsmaterial der Bodenbildung nur lokale Bedeutung,

dort wo die Lößdecke fehlt. Die Grundmoränen bestehen aus ungeschichtetem Gemenge von lehmig toniger Grundmasse, sowie kalkhaltigen und silikatischen Gesteinsbrocken. Sie sind ebenfalls wie der Löß und Flugdecksand oberflächlich entkalkt.

Das Klima des Untersuchungsgebietes ist maritim geprägt. Der ausgleichende Einfluß des Meeres macht sich in relativ geringen jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur und in der angesichts der Tiefenlage verhältnismäßig hohen Niederschlagssumme bemerkbar. Es läßt sich ein Klimagradient vom euatlantischen Nordosten zum subatlantischen Südosten verfolgen. Die mittlere Jahresniederschlagssumme liegt bei 700 mm und steigt auf 750 bis 800 mm in den Hügelgebieten und Randgebirgen an (SCHIRMER 1976). Die trockensten Gebiete stellen die Hellwegbörden dar, die im Lee des Südergebirges liegen.

Die natürliche Vegetation der Westfälischen Bucht spiegelt ihren Charakter als Flachland wieder. Als potentiell natürliche Waldgesellschaften treten vorwiegend Eichen-Hainbuchenwälder, Erlenbruchwälder, Buchen-Eichenmischwälder und Flattergras-Buchenwälder auf (TRAUTMANN 1972, BURRICHTER 1973). Untersuchungsobjekt der vorliegenden Arbeit ist der im Tiefland und unterem Hügelland potentiell natürlich verbreitete Flattergras-Buchenwald (TRAUTMANN 1972, BURRICHTER 1973, BURRICHTER & WITTIG 1977), der eine Mittelstellung zwischen dem *Fago-Quercetum* des Flachlandes und dem *Asperulo-* bzw. *Melico-Fagetum* des niederen Hügellandes einnimmt.

BURRICHTER & WITTIG (1977) unterscheiden eine farnreiche Subassoziation mit *Gymnocarpium dryopteris* von einer typischen. Die typische Untergesellschaft wird von den Autoren in eine durch säuretolerante Arten *(Lonicera periclymenum, Maianthemum bifolium, Carex pilulifera, Rubus sprengelii)* geprägte *Lonicera*-Variante, die zum *Fago-Quercetum* vermittelt, eine zum *Asperulo-Fagetum* überleitende *Lamiastrum galeobdolon*-Variante sowie eine typische Variante, der die genannten azidotoleranten Arten einerseits und die Schwachbasenzeiger andererseits fehlen, unterteilt.

4. Beschreibung, genetische und systematische Einordnung der Böden

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden von März bis Juni 1985 sechsunddreißig Bodenprofile an Standorten des Flattergras-Buchenwaldes aufgenommen, die teilweise schon von BURRICHTER & WITTIG (1977) und WITTIG et al. (1985) pflanzensoziologisch bearbeitet wurden (Abb. 1).

Die gefundenen Böden lassen sich alle in die Klassen der Parabraunerden, Braunerden, Pseudogleye und Pelosole einordnen (MÜCKENHAUSEN 1977, AG BODENKUNDE 1982), die in verschiedene Subtypen differenzierbar sind.

4.1 Parabraunerden

Über 60% der untersuchten Böden haben im Laufe ihrer Genese eine Tonverlagerung durchgemacht. Das bedeutet, daß als typische Bodenprofile unter Flattergras-Buchenwäldern die Parabraunerde und deren Übergangsformen zu anderen Bodentypen zu finden sind.

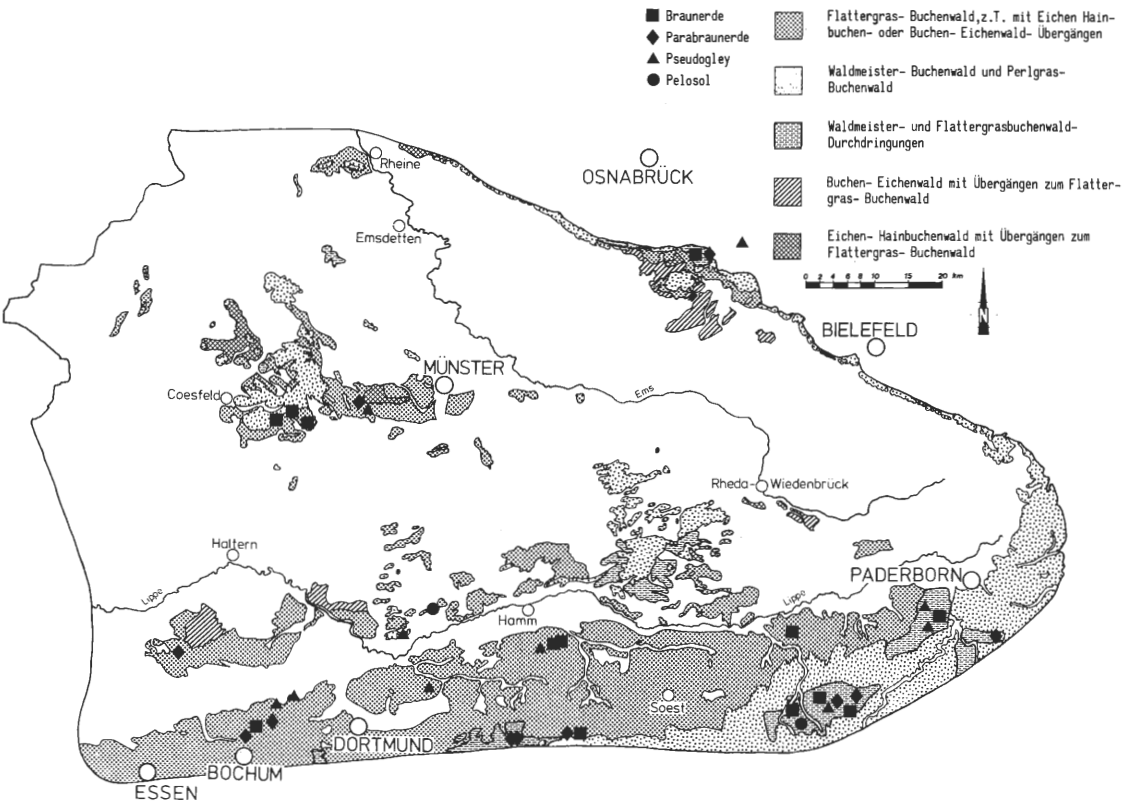

Abb. 1: Potentielle natürliche Verbreitung des Flattergras-Buchenwaldes in der Westfälischen Bucht (nach BURRICHTER 1973) sowie Lage der Untersuchungsflächen und aufgefundene Bodentypen.

Tabelle 1 : Lage und Kennwerte der Parabraunerde und ihrer Subtypen

Nr.	TK 25	RW	HW	Ausgangsmaterial	Entw. Tiefe in cm	Kalk in cm Tiefe	Humusform	C/N des A_h o. O_h	pH H_2O des A_h	Sub ass.	Variante	mR	mN
Parabraunerde - Normaltyp $A_h - A_1 - B_t - (B_v) - C$ Profil													
4	4416	3463.4	5715.7	Löß ü. Mergel	100	-	mull. Moder	17.9	4.4	typ.	Lon.	-	-
16	4412	3416.5	5709.7	Lößlehm	150	-	feinhumusarmer typ. Moder	18.2	3.6	typ.	Lon.	4.4	4.8
17	4412	3416.5	5709.0	Lößlehm	125	125	mull. Moder	17.9	3.7	typ.	Lon.	4.3	4.7
28	3815	3444.9	5779.4	Löß ü. Mergel	170	-	F-Mull	15.9	4.0	dryopt.	typ	4.6	5.4
66	4409	2585.5	5709.6	Löß	80	-	mull. Moder	34.6	4.3	dryopt.	Lon.	3.0	4.0
68	4308	2575.7	5721.4	anlehmiger Sand	100	-	mull. Moder	24.0	3.8	typ	Lon.	3.0	4.5
Parabraunerde - Normaltyp schwach pseudovergleyt $A_h - A_1 - (S)B_t - (B_v) - C$ Profil													
5	4416	3461.5	5713.8	Löß ü. Mergel	70	70	F-Mull	13.4	4.7	typ.	Lam.	4.4	4.8
13	4413	3423.2	5709.6	Löß	200	-	feinmumusarmer typ. Moder	24.5	3.8	typ.	Lon.	4.4	4.7
64	4409	2587.7	5711.0	Löß	136	-	feinhumusarmer typ. Moder	27.3	3.9	typ.	Lon.	4.8	5.2
74	4318	3487.3	5724.2	toniger Lehm ü. Taron	130	130	F-Mull	14.9	4.1	typ.	typ.	5.9	5.8
Pseudogley - Parabraunerde $A_h - A_1 - SB_t - (B_v) - C$ - Profil													
47	4010	2597.1	5757.9	Löß u. Mergel	200	100	mull. Moder	20.2	4.4	typ.	Lam.	4.9	5.7

In die Klasse Parabraunerde werden nach der AG BODENKUNDE (1982) solche Böden eingestuft, die je nach Ton- und Schluffgehalt eine Tonverlagerung von mehr als 5-6% Tongehaltsdifferenz durchgemacht haben (Tab. 1). Sie entwickeln sich bevorzugt auf lockeren, lehmigen Sedimenten (Löß oder Geschiebemergel) (MÜCKENHAUSEN 1982, KUNTZE et al. 1983). Das wesentliche Merkmal dieser mittel bis tief entwickelten Böden ist die Tonverlagerung, die zu einer Tongehaltsdifferenz zwischen dem Auswaschungshorizont (A_l) und dem Anreichungshorizont (B_t) von 6 Gew% bei anlehmigen Sanden (Abb. 2) bis ca. 40 Gew% auf tonreichem Material führt (Abb. 9). Die Tonauswaschung hat Tiefen von 20 bis 70 cm erreicht (Abb. 9 u. 3). Die A_l-Horizonte, meist gelblich-braungefärbt, weisen ein krümeliges, bisweilen subpolyedrisches Gefüge auf, darunter folgt ein oft gelbbrauner B_t-Horizont, der ein polyedrisches Gefüge besitzt.

Die Durchwurzelung ist im A_h- und A_l-Horizont besonders intensiv. Im Tonanreicherungs-Horizont ist sie dagegen als schwach zu bezeichnen, weil der Eindringwiderstand für die Wurzeln zu groß und der O_2-Gehalt infolge vermehrten Haftwassers nach längeren Niederschlagsperioden zu gering wird.

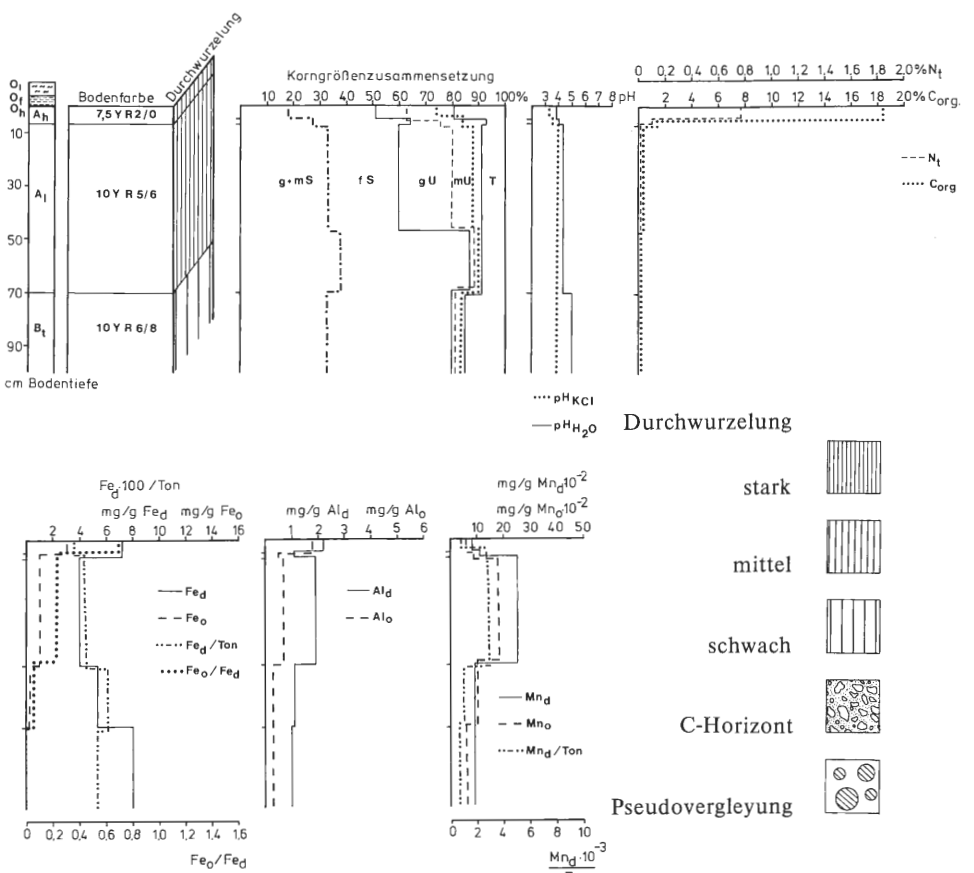

Abb. 2: Parabraunerde-Normaltyp Profil Nr. 68 (Arenbergscher Telgenbusch). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: anlehmiger Sand.

Die amorphen Fe- und Al-Oxide nehmen mit zunehmender Tiefe wie die Fe_o/Fe_d-Verhältnisse ab (Abb. 2,3 u. 9). Da Eisenoxide und Ton gemeinsam in die Tiefe verlagert werden, was zu einer erhöhten Fe_d-Konzentration im B_t-Horizont führt (Abb. 2,3 u. 9.), bleibt der Quotient aus dithionitlöslichem Eisen und Ton im Verlauf des Profils mehr oder weniger konstant (Abb. 2). Durch die im B_t-Horizont niedrigen oxalatlöslichen Fe-Konzentrationen bei gleichzeitig ansteigenden Fe_d-Konzentrationen ist das Fe_o/Fe_d-Verhältnis in diesem Horizont besonders klein und liegt unter 0.2 (Abb. 2, 3 u. 9) (BLUME & SCHWERTMANN 1969).

Wird infolge der Tonverlagerung die Wasserversickerung gehemmt, so kommt es zeitweise zu reduzierenden Bedingungen und somit zur Ausprägung hydromorpher Profilmerkmale (Pseudovergleyung). Folgt man bei der Aufgliederung in Subtypen der AG BODENKUNDE (1982), so sind Parabraunerden, deren Pseudogley-Merkmale erst in 40 cm Tiefe anfangen, als Pseudogley-Parabraunerden (Abb. 3) zu bezeichnen, solche,

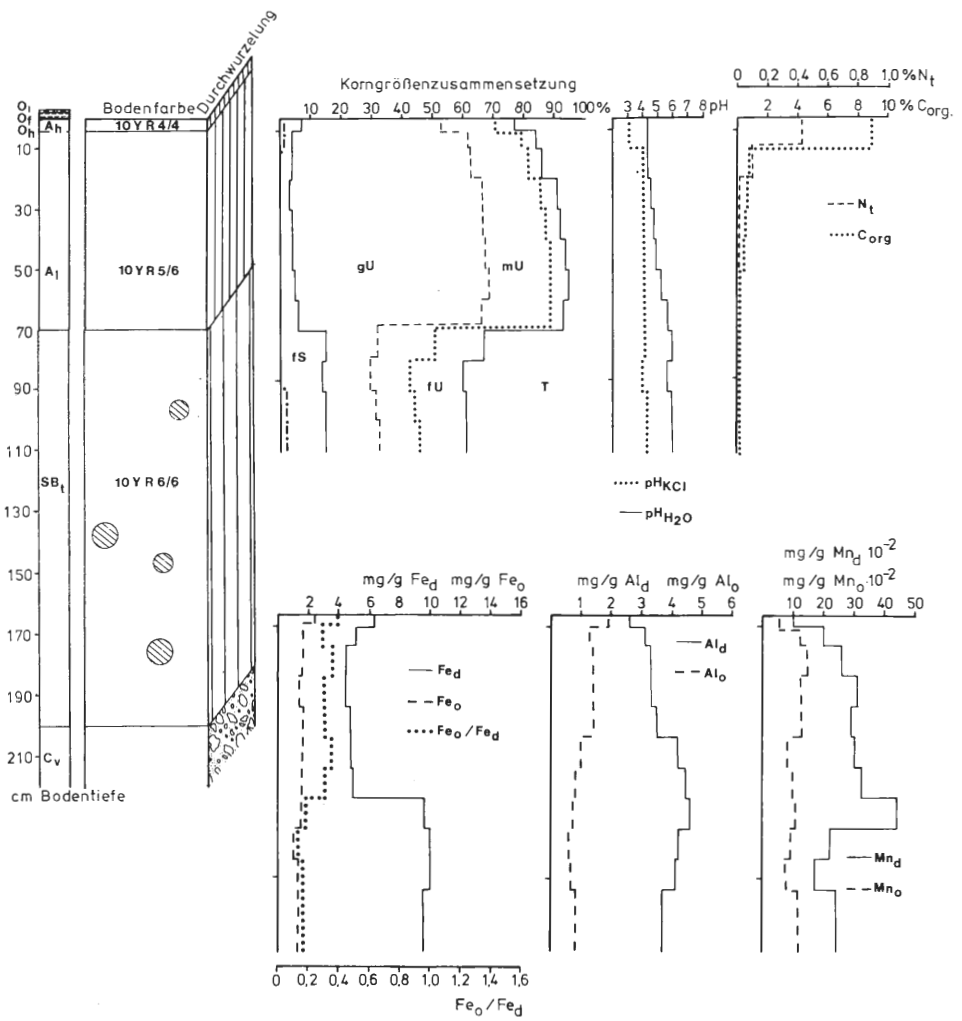

Abb. 3: Pseudogley-Parabraunerde Profil Nr. 47 (Hohe Berg). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Löß über Mergel (Legende vgl. Abb. 2).

deren hydromorphe Merkmale schon in den ersten 40 cm des Profils zu erkennen sind, aber als Parabraunerde-Pseudogleye (Abb. 9). Sie werden also in die Klasse der Pseudogleye eingereiht.

Der Normaltyp der Parabraunerde ist im gesamten Solum wasserdurchlässig, gut belüftet und bis zum B_t-Horizont entkalkt. Die Wasserleitfähigkeit in dem besser wasserspeichernden B_t-Horizont ist geringer als in dem durchlässigeren A_l-Horizont. Eine dadurch bedingte geringere Wasserversickerung nach hohen Niederschlagsperioden und die höhere Speicherkapazität des B_t ist aber für die Wasserversorgung der Baumschicht günstig zu bewerten, weil mehr Wasser im Wurzelraum zurückgehalten wird (REHFUESS 1981).

Der Oberboden der Parabraunerden reagiert schwach bis mäßig sauer (Tab. 1). Die C/N-Verhältnisse liegen mit wenigen Ausnahmen zwischen 13 und 25. Als Humusformen kommen F-Mull, mullartiger Moder und feinhumusarmer Moder vor (Tab. 1). Zum Teil führen die C-Horizonte, die auch den Baumwurzeln noch zugänglich sind, Kalk.

Es kann also durch die mittlere Humusform von einer ausreichenden Versorgung mit N und P sowie durch die Tonanreicherung auch mit einer guten Versorgung an K ausgegangen werden. Durch die für die Bäume oft zugänglichen Ca- und Mg-Reserven im Untergrund sowie mäßig sauren pH-Werten im Oberboden darf auf eine nur wenig eingeschränkte Verfügbarkeit an Ca, Mg und Spurenelementen geschlossen werden.

4.2 Braunerden

Die Entwicklungstiefe der Braunerden des Untersuchungsgebietes ist mit 40 bis 200 cm (Tab. 2) als mittel bis sehr groß zu bezeichnen. Die Tiefe wird durch das unter dem sehr unterschiedlich mächtigen Löß liegende Gestein begrenzt, welches in größe-

Tabelle 2 : Lage und Kennwerte der Braunerden und ihrer Subtypen

Nr.	TK 25	RW	HW	Ausgangsgestein	Entw. tiefe (in cm)	Kalk in cm Tiefe	Humusform	C/N des A_h o. O_h	pH des A_h	Sub ass.	Variante	mR	mN
Braunerde - Normaltyp				A_h - B_v - C Profil									
7	4416	3461.4	5714.0	Löß über Mergelton	80	-	F-Mull	15.2	4.1	typ.	typ.	4.9	5.1
15	4413	3423.6	5709.1	Löß	200	-	mull. Moder	18.6	4.0	typ.	typ.	4.4	4.7
18	4313	3423.0	5722.5	Löß über Sand	100	-	F-Mull	16.9	3.9	typ.	Lam.	5.4	5.3
49	4009	2590.8	5755.7	Grundmöräne	50	50	F-Mull	14.8	4.3	typ.	Lam.	5.5	5.0
61	4416	3464.7	5712.7	Mergel	110	110	F-Mull	14.0	4.4	typ.	typ.	6.2	5.6
72	4318	3478.4	5726.4	Löß	135	-	F-Mull	15.0	3.5	dryopt.	typ.	5.3	4.8
Parabraunerde - Braunerde				A_h - A_lB_v - C Profil									
27	3815	3443.9	5778.6	Löß ü. Mergel	63	63	mull. Moder	17.8	4.0	dryopt.	typ.	5.5	5.5
48	4010	2591.8	5757.0	Grundmoräne	32	32	F-Mull	16.2	3.9	typ.	typ.	-	-
50	4009	2585.3	5754.2	Grundmoräne	36	36	mull. Moder	19.9	4.1	typ.	Lon.	4.8	5.0
65	4409	2586.0	5710.5	Löß	80	-	feinhumusarmer typ. Moder	38.2	4.0	typ.	Lon.	5.0	5.1
Pseudogley - Braunerde				A_h - B_v - $S_{(w)d}B_v$ - C Profil									
8	4416	3457.2	5712.6	Löß u. Mergel	80	80	F-Mull	15.4	4.8	typ.	-	-	-
19	4313	3423.1	5722.4	Löß	42	-	F-Mull	16.3	4.6	typ.	Lam.	5,5	6.1
59	4316	3459.3	5725.0	Löß	75	-	F-Mull	15.8	4.4	typ.	Lam.	5.8	5.2

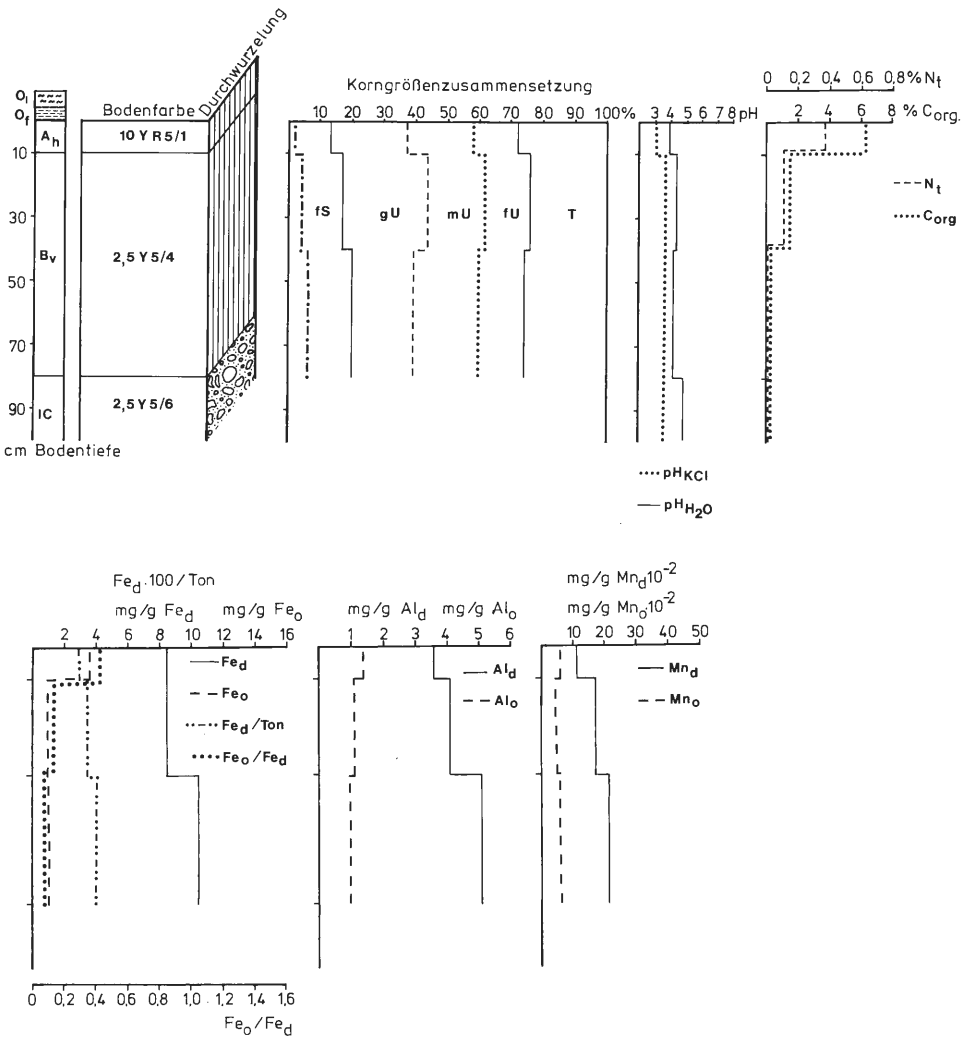

Abb. 4: Braunerde-Normaltyp Profil Nr. 7 (Birken). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Löß über Mergel (Legende vgl. Abb. 2).

rer Tiefe oft kalkhaltig ist. Es ist zu vermuten, daß der Kalk nicht bei allen Aufschlüssen erfaßt wurde.

Die Farbbezeichnungen der 4 bis maximal 10 cm mächtigen A_h-Horizonte bewegen sich je nach organischem Gehalt zwischen schwarz und grau. Die B_v-Horizonte besitzen durch ihre Verbraunung alle einen gelblichbraunen Farbton. Die C-Horizonte sind meist gelbbraun gefärbt. Die Durchwurzelung reicht bis in große Tiefen (Abb. 4). Entsprechend der Bodenart (Lehm, lehmige und tonige Schluffe) weisen die Mineralbodenhorizonte Subpolyeder- bis Polyeder-Gefüge auf.

In der Regel nehmen die oxalatlöslichen Fe- und Al-Gehalte mit zunehmender Tiefe ab, während die dithionitlöslichen Fraktionen ansteigen. Entsprechend nimmt das Verhältnis zwischen Fe_o und Fe_d mit zunehmender Tiefe ab (Abb. 4-7). Erste

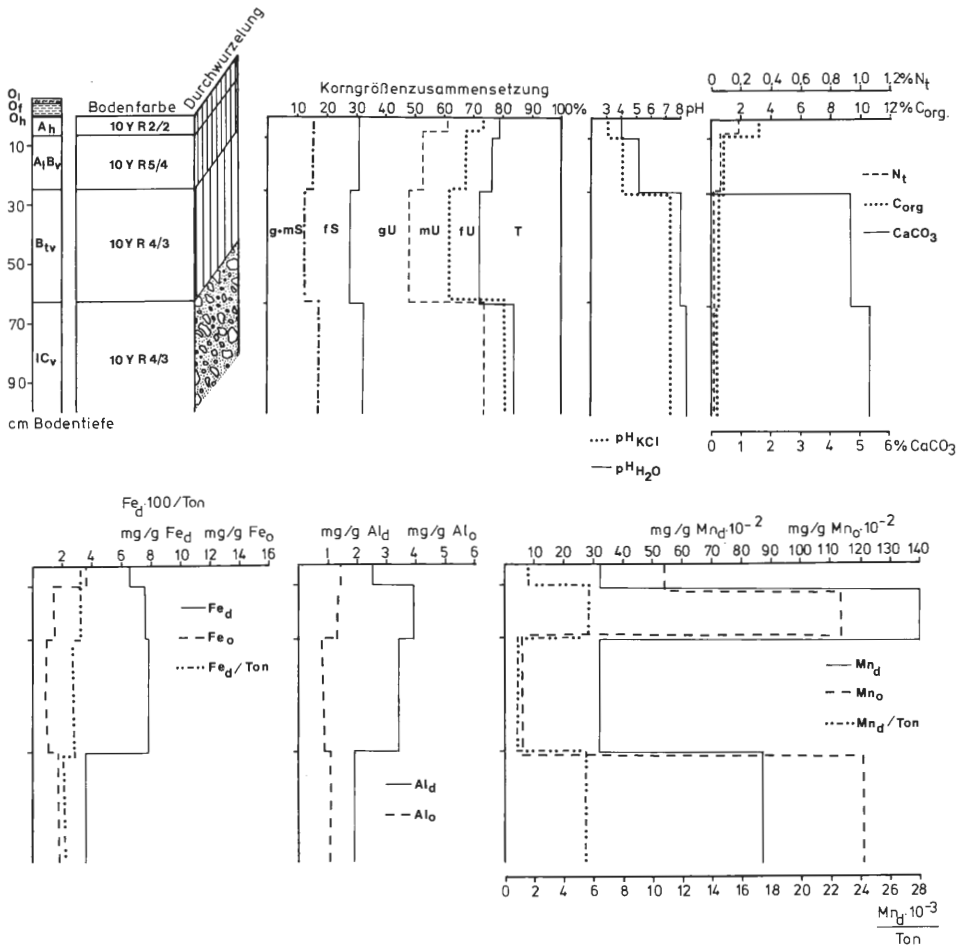

Abb. 5: Parabraunerde-Braunerde Profil Nr. 27 (Wehdeberg). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Löß über Mergel (Legende vgl. Abb. 2).

Anzeichen einer beginnenden Podsolierung, d.h. eine Tiefenverlagerung mobiler amorpher Fe- und Al-Oxide, sind trotz niedriger pH-Werte des Oberbodens nicht zu erkennen (Abb. 4, 6 u. 7). Sobald im Unterboden bindiges Substrat auftritt, sind im Profil Anzeichen der Pseudovergleyung zu finden, die sich durch leichte Marmorierung zu erkennen gibt.

Die Pseudogley-Braunerde (Abb. 7) zeichnet sich durch steigende dithionitlösliche Fe-, Al- und Mn-Konzentrationen im pseudovergleyten Horizont aus, was einerseits durch laterale Zufuhr, andererseits aber auch als erstes Podsolierungsanzeichen gedeutet werden kann. Podsolierungserscheinungen sind aber unwahrscheinlicher als eine laterale Zufuhr, da zum einen kein Eluvialhorizont im Profil sichtbar war und zum anderen bei einer Tiefenverlagerung das mobilere Mangan im Vergleich zu Aluminium und Eisen wesentlich tiefer verlagert sein müßte.

Ebenso sind auch fließende Übergänge zu den Parabraunerden vorhanden (Abb. 5 u. 6). Die Parabraunerde-Braunerde (AG BODENKUNDE 1982) oder Braunerde mit

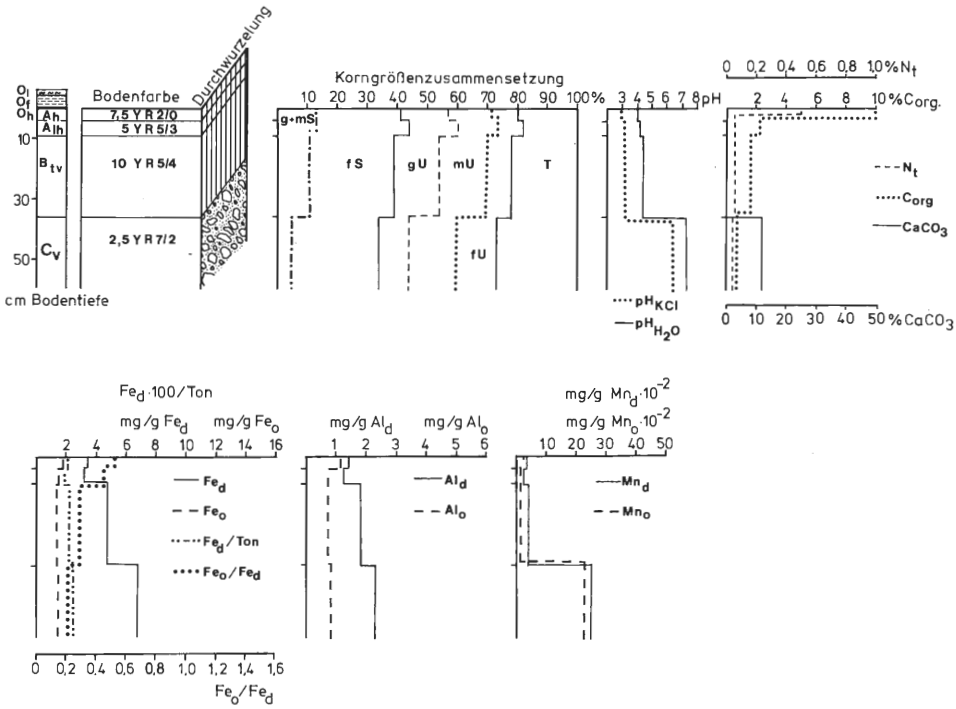

Abb. 6: Parabraunerde-Braunerde Profil Nr. 50 (Rorupper Mark). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Grundmoräne (Legende vgl. Abb. 2).

schwacher Tondurchschlämmung (MÜCKENHAUSEN 1977) hat eine geringfügige Tonverlagerung durchgemacht, die je nach Ton- und Schluffgehalt zwischen 1-8% Tongehaltsdifferenz zwischen dem A_1B_v- und B_{tv}-Horizont ausmacht (AG BODENKUNDE 1982). Das relativ konstante Verhältnis zwischen Fe_d und Ton im Tiefenverlauf des Profils zeigt wie bei den Parabraunerden die gleichzeitige Verlagerung von Ton und Fe-Oxiden (Abb. 5 u. 6).

Ähnliche Bodentypen wurden im Untersuchunsgebiet von DAHM-AHRENS (1975) für die Bodenkarte (1:100 000) Recklinghausen und von MERTENS & WILL (1979) für die Bodenkarte (1:100 000) Gütersloh beschrieben. Letztere bezeichnen ihre Kartiereinheit als Braunerde, zum Teil Parabraunerde auf Löß.

Die Bodensubtypen mit leichter Tonverlagerung können wie im Fall des Profils Nr. 8 (Tab. 2) zusätzlich Pseudovergleyungs-Erscheinungen aufweisen.

Die Braunerden sind größtenteils aus unterschiedlich mächtigen, zur Zeit der Ablagerung kalkhaltigen Lößdecken, die oftmals auf Geschiebelehmen aufliegen, hervorgegangen. Die im Vergleich zum Kalkgestein verhältnismäßig niedrigen Ca-Gehalte des Ausgangsgesteins, eine rasche Verwitterung, eine schnelle Auswaschung des Ca sowie Basenentzug durch menschliche Bewirtschaftungsformen haben zu einer Umhüllung der Tonteilchen mit Eisenoxiden und Belegung mit austauschbarem Aluminium und dessen Polyhydroxy-Komplexen und damit zu einer stabilen Aggregierung geführt, so daß keine oder nur eine geringe Tonverlagerung stattgefunden hat.

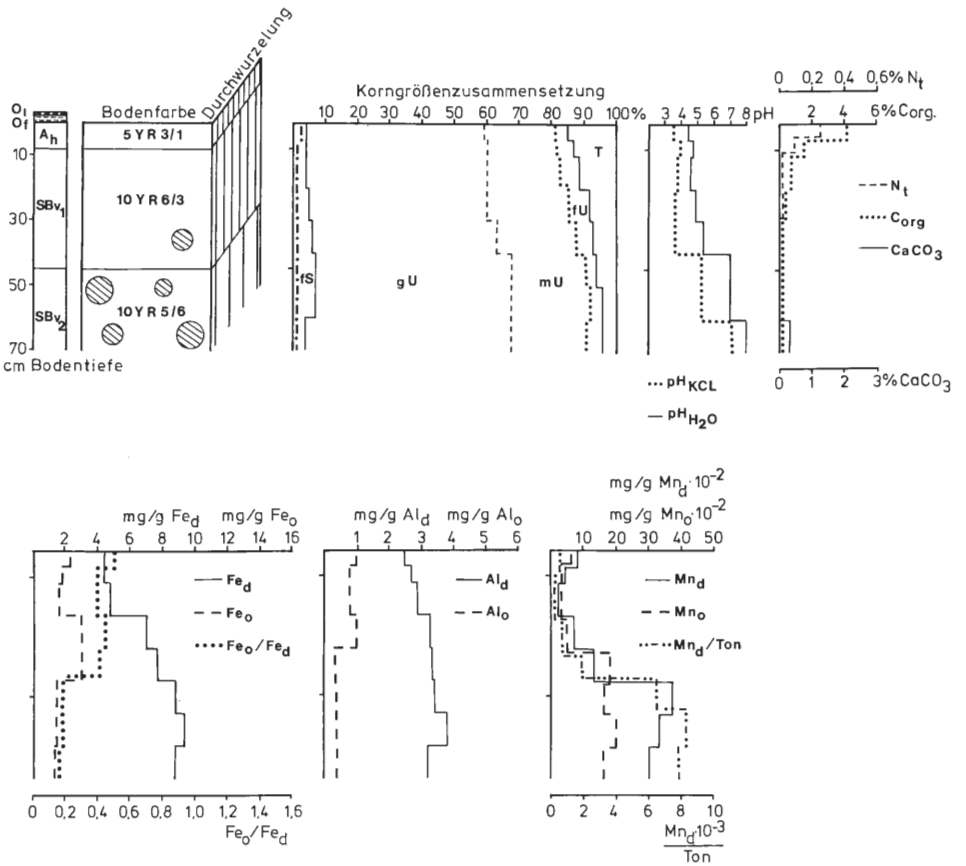

Abb. 7: Pseudogley-Braunerde Profil Nr. 59 (Gerstholz). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Löß (Legende vgl. Abb. 2).

Der Chemismus der Braunerden, d.h. ihre Bodenreaktion, Basen- und Nährstoff-Ausstattung sowie die C/N-Verhältnisse und Humusformen, unterscheidet sich nicht wesentlich von den Parabraunerden.

Auch die Speicherleistung für pflanzenverfügbares Wasser kann trotz des fehlenden oder nur schwach ausgebildeten B_t-Horizontes für Buchenwälder als optimal bezeichnet werden und wird nur durch die Gründigkeit der Böden begrenzt.

4.3 Pseudogleye

Die aufgefundenen Pseudogleye sind in der Regel durch den Wechsel von winterlicher Staunässe und sommerlicher Austrocknung geprägte Böden.

Unter dem A_h-Horizont liegt ein durchlässiger Stauwasserleiter (S_w) mit hell bis bräunlichgrauer Grundfarbe und einigen rostbraunen Konkretionen. Darunter folgt ein schluffig toniger undurchlässiger fahlgrauer Stauwasser-Horizont (S_d) mit Polyeder-Gefüge und starker rostroter Marmorierung. Die Durchwurzelung beschränkt sich auf

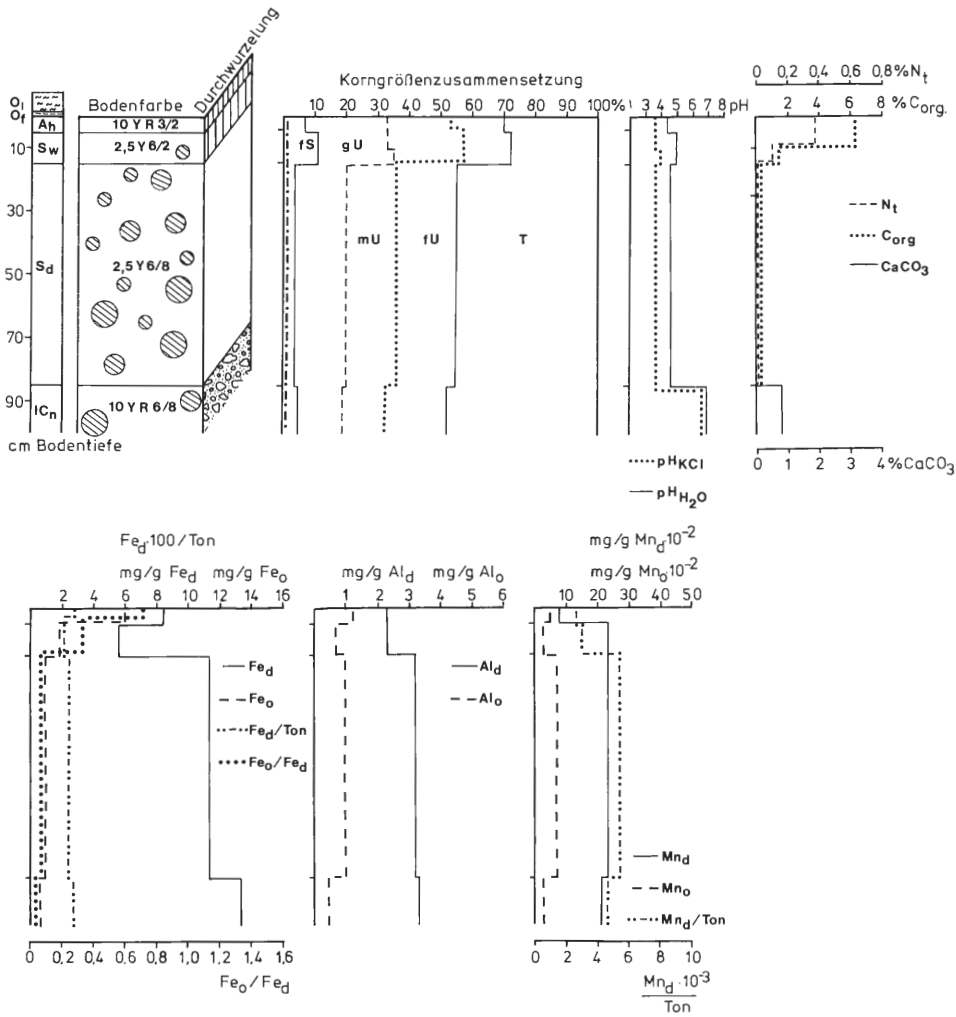

Abb. 8: Pseudogley-Normaltyp Profil Nr. 6 (Birken). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Löß über Mergelton (Legende vgl. Abb. 2).

den A_h und oberen S_w-Horizont, so daß hier oft ein regelrechter Wurzelfilz anzutreffen ist (Abb. 8 u. 9).

Bei den Profilen Nr. 42 und 70 (s. Tab. 3) ist der Grund der Pseudovergleyung ein Zweischichtprofil. Hier liegt Lößlehm über tonigem Gestein, welches als Staunässekörper wirkt. Das Profil Nr. 42 muß als Braunerde-Pseudogley bezeichnet werden, weil im oberen Bereich ein B_v-Horizont zu beobachten ist. Alle anderen Profile sind sekundäre Pseudogleye (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1982, MÜCKENHAUSEN 1982), die einen schlecht wasserdurchlässigen, durch Toneinschlämmung verdichteten Unterboden aufweisen. Die Tonanreicherungshorizonte führen zu einer Verzögerung des Sickerwasserabflusses und somit zu einer schwachen Fleckung des A_1-Horizontes. Diese häufig auftretenden Subtypen werden als Parabraunerde-Pseudogleye bezeichnet (Abb.9).

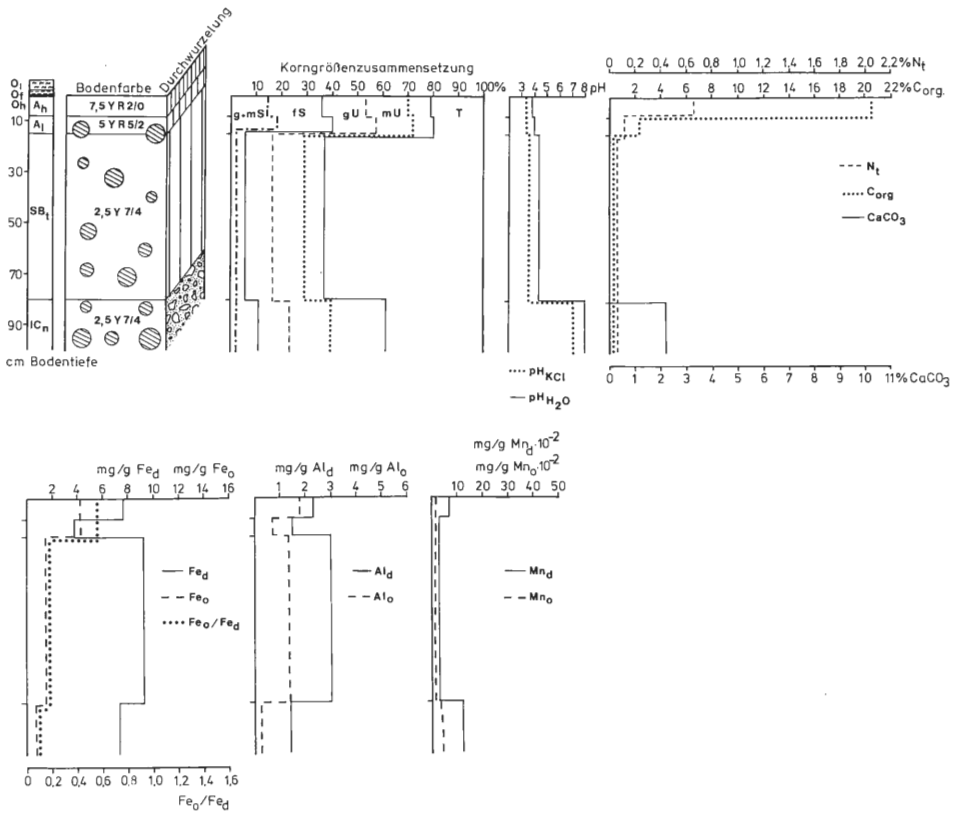

Abb. 9: Parabraunerde-Pseudogley Profil Nr. 62 (Nierholz). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: toniger Lehm über Mergel (Legende vgl. Abb. 2).

In den S_d-Horizonten hat oft eine dithionitlösliche Fe-, Al- und Mn-Anreicherung stattgefunden (Abb. 8 u. 9), die auf eine erhöhte Wanderungsfähigkeit dieser Oxide unter Staunässe-Bedingungen (reduzierende Bedingungen und Vorhandensein organischer Komplexbildner) oder auf laterale Einschwemmungen zurückzuführen ist (BLUME 1968).

Die oberflächlich entkalkten Bodenprofile weisen ähnliche pH-Werte im Oberboden und Humusformen auf wie die beschriebenen Braunerden und Parabraunerden. Carbonatgehalte wurden ebenfalls erst in größerer Tiefe (80-100 cm) gefunden (Abb. 8 u. 9, Tab. 3).

Eine starke Vernässung geht immer mit einer Sauerstoff-Armut einher, welche die Wurzelaktivität stark beeinträchtigen kann. Besonders die Buche kann staunasse Horizonte nicht durchwurzeln. Dies führt bei Pseudovergleyung zu einer Wurzelkonzentration im stauwasserfreien Oberboden oder bei langanhaltender Staunässe zum völligen Ausbleiben der Buche auf solchen Standorten. Die flache Durchwurzelung kann zu einem mangelhaften Erschließen der Basenvorräte im Unterboden führen. Ebenfalls kann bei langanhaltender Trockenheit der Oberboden so stark austrocknen, daß es trotz Staunässe im Unterboden zu Trockenschäden kommen kann, weil die Wurzeln nicht an die Wasserreserven in den unteren Bodenhorizonten heranreichen. Andererseits ist

Tabelle 3 : Lage und Kennwerte der Pseudogleye und ihrer Subtypen

Nr.	TK 25	RW	HW	Ausgangsmaterial	Entw. Tiefe in cm	Kalk in cm Tiefe	Humusform	C/N des A_h o. O_h	pH H_2O des A_h	Sub ass.	Variante	mR	mN
Pseudogley - Normaltyp A_h - S_w - S_d -bzw. A_h - S_w - II S_d Profile													
6	4416	3461.4	5713.7	Löß ü. Mergel	85	-	F-Mull	16.4	4.3	typ.	Lam.	4.7	5.6
22	4313	3424.0	5722.0	Löß ü. Mergel	80	-	F-Mull	16.1	3.6	typ.	Lam.	4.7	5.2
70	4317	3476.6	5725.7	Löß ü. Ton	100	-	mull. Moder	24.3	4.0	typ.	Lon.	5.8	5.9
Parabraunerde - Pseudogley A_h - (A_1) - A_1 S_w - B_t S_d Profil													
1	4317	3476.3	5728.3	Lößlehm	80	-	F-Mull	14.8	4.3	typ.	typ.	4.2	4.8
23	4411	3402.7	5716.4	Lößlehm	80	-	mull. Moder	23.9	4.0	typ.	Lon.	4.6	4.8
25	4311	3398.4	5724.2	toniger Lehm ü. Mergel	100	100	feinhumusarmer typ. Moder	25.8	4.2	typ.	Lon.	5.2	5.4
34	3815	3451.5	5784.0	Lößlehm	130	-	mull. Moder	18.7	4.0	typ.	Lon.	4.0	3.4
62	4409	2591.6	5716.1	toniger Lehm ü. Mergel	80	80	mull. Moder	31.1	3.9	typ.	Lon.	4.8	4.8
63	4409	2589.6	5715.1	toniger Lehm ü. Grundmoräne	120	-	F-Mull	23,0	3.7	typ.	Lam.	5.8	5.0
Braunerde - Pseudogley A_h - (B_v) - B_v S_w - II Sd Profil													
42	4010	2591.8	5757.0	Löß ü. toniger Gestein	140	-	mull. Moder	17.9	4.1	typ.	Lon.	4.9	5.4

eine tiefliegende Staunässe günstig zu beurteilen, wenn ein ausreichend mächtiger gut durchlüfteter Wurzelraum zur Verfügung steht (REHFUESS 1981).

Obwohl bei allen untersuchten Pseudogleyen Staunässe-Erscheinungen in den oberen 40 cm des Profils abzulesen sind, scheint die Staunässeperiode im Verlaufe des Jahres nicht langfristig ausgeprägt zu sein, weil dies sonst zu einer schlechteren Basenversorgung und folglich auch zu einer ärmeren Humusform als auf Parabraunerden und Braunerden führen würde. Denn sekundäre Pseudogleye auf ähnlichem Ausgangsmaterial der Bodenbildung können wesentlich stärker entbast und in ihrer Zersetzertätigkeit gehemmt sein, als das bei den hier beschriebenen Profilen der Fall ist. Diese langanhaltend vernäßten und basenarmen Pseudogleye sind besonders häufig unter *Stellario-Carpineten* in der Subassoziation *periclymenetosum* anzutreffen (ESKUCHE 1978).

4.4 Pelosole

Zwei der untersuchten Profile wurden als Pelosole mittlerer Entwicklungstiefe angesprochen (Tab. 4). Ihr Solum ist vom A_h- bis zum C-Horizont durch hohe Tongehalte (im P_v-Horizont über 45 Gew. %) geprägt. Die braunen plastischen P-Horizonte besitzen wie die schwarzbraun gefärbten A_h-Horizonte ein ausgeprägtes Polyeder-Gefüge und weisen oft eine leichte rostbraune Fleckung auf, die durch Staunässe bedingt ist.

Tabelle 4: Lage und Kennwerte der Pelosole

Nr.	TK 25	RW	HW	Ausgangsmaterial	Entw. tiefe (in cm)	Kalk in cm Tiefe	Humusform	C/N des A_h o. O_h	pH des A_h	Sub. ass.	Variante	mR	mN
Pelosol - Normaltyp (Tonmergel-Pelosol) A_h - P_v - C Profil													
11	4416	3456.6	5712.3	Tonmergelgestein	65	65	F-Mull	13.7	4.5	typ.	Lon.	4.5	4.8
69	4311	3207.0	5728.5	Tonmergelgestein	50	50	F-Mull	17.6	5.4	typ.	Lam.	5.5	5.7

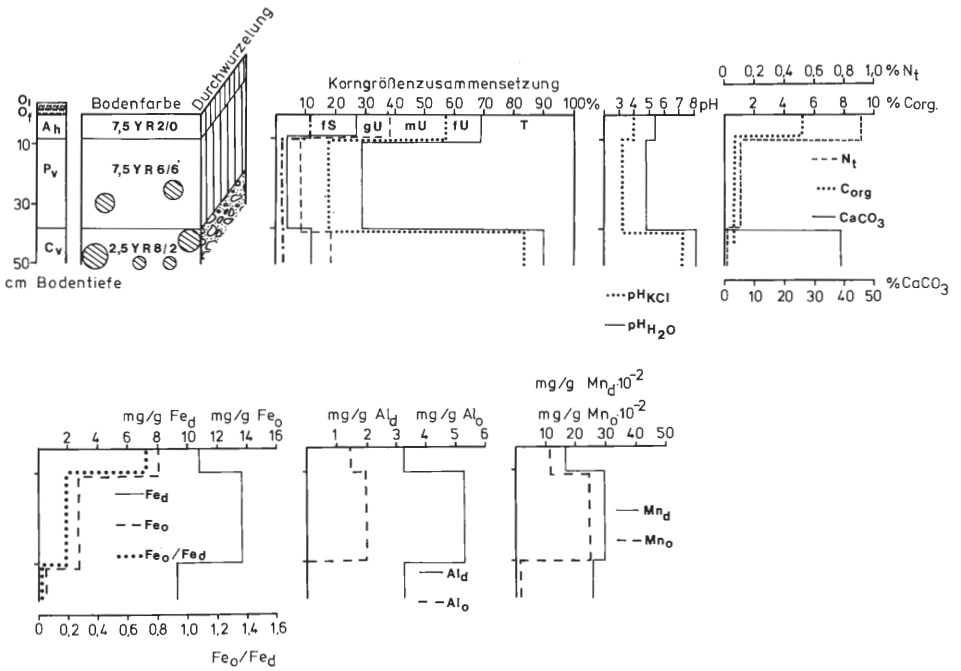

Abb. 10: Pelosol-Normaltyp Profil Nr. 69 (Forst Halloh). Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Tonmergelstein (Legende vgl. Abb. 2).

Beide Profile enthalten im Ausgangsmaterial 40 bis 60 cm unter der Bodenoberfläche bis zu 40% $CaCO_3$ (Abb. 10). Das Ausgangsgestein der Bodenbildung ist also als Tonmergelstein zu bezeichnen. Beide Profile sind vermutlich aus Pararendzinen hervorgegangen, können aber wegen ihrer niedrigen pH-Werte im Oberboden und ihrer mittleren Entwicklungstiefe nicht mehr als solche gekennzeichnet werden. MÜCKENHAUSEN (1982) bezeichnet solche Böden als leicht pseudovergleyte Tonmergel-Pelosole.

Die kleinen Porenvolumina und geringen Grobporenanteile führen zu einer hohen Wasserspeicher-Kapazität dieser Böden. Ihre Wasserleitfähigkeit und der pflanzenverfügbare Anteil des gespeicherten Wassers ist aber relativ gering. Die Basenversorgung ist in solchen Böden mit hoher Austauschkapazität durch die hohen Tonanteile mit mittlerer Entwicklungstiefe als gut zu bezeichnen. Trotzdem können Pelosole ungünstige Standorte für Buchen sein, wenn nämlich bei starker Durchfeuchtung Luftmangel eintritt und somit die Wurzelatmung gefährdet wird.

4.5 Bodengesellschaften

Die Böden der Flattergrasbuchenwälder, die sich in der Lößhügel-Landschaft der Westfälischen Bucht aus Löß oder Geschiebemergel entwickelt haben, können zu den Parabraunerde- und Pseudogley-Gebieten gerechnet werden (KUNTZE et al. 1983). Sie werden von MAAS & MÜCKENHAUSEN (1971) in die Bodengesellschaften mit vorwiegend Parabraunerden gestellt und gehören dort den Bodeneinheiten mit guter bis mittlerer Basenversorgung an.

MÜCKENHAUSEN (1973) beschreibt Bodengesellschaften des Pseudogleys, in denen die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Böden in die Bodengesellschaften im Bereich dichter Gesteine mit Löß oder Sanddecken oder in die Bodengesellschaften im Bereich tonreicher Gesteine einzuordnen wären.

Für die untersuchten Böden können zwei Chronosequenzen - differenziert nach dem Tongehalt des Ausgangsmaterials - angegeben werden (Tab. 5).

Bei den angegebenen Sequenzen werden auf den im Oberboden carbonathaltigen Böden (Pararendzina, Tonmergel-Pelosol und basenreiche Braunerde) *Melico-* bzw. *Asperulo-Fageten* stocken. Der Flattergras-Buchenwald dagegen beschränkt sich auf die im A- und B-Horizont entkalkten, jedoch im Untergrund (C-Horizont) noch kalk- zumindest aber basenreichen Böden, die in der Regel einen optimalen Wasserhaushalt aufweisen aber auch zur Staunässe neigen.

Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß nur noch kleine Inseln von Flattergras-Buchenwäldern in einer schon frühsteinzeitlich besiedelten Agrarlandschaft existieren, da die Böden, auf denen er stockt, allesamt gut landwirtschaftlich zu nutzen sind.

GLAHN (1981) beschreibt Böden unter Flattergras-Buchenwäldern in niedersächsischen und holsteinischen Moränenlandschaften und bezeichnet diese als schwach podsolierte Parabraunerde und mittelsandige Rostbraunerde über Lehm (Subtyp einer Braunerde). Im Gegensatz zur Westfälischen Bucht, wo unter Flattergras-Buchenwäldern Bodenbildungen auf Löß und Kalkmergel vorherrschen, stocken die von GLAHN

Tab. 5: Chronosequenzen der untersuchten Böden

Ausgangsgestein	Löß und Mergelgesteine mit mittleren CO_3-Tongehalten	Tonmergelstein
(A)-C-Profil	Rohboden	Rohboden
A-C-Profil	Pararendzina	Tonmergel-Pelosol
A-B-C-Profil	basenreiche Braunerde	Pelosol
	Parabraunerde	
	saure Braunerde	
	Pseudogley	

(1981) beschriebenen Flattergras-Buchenwälder auf anlehmigen Sanden der rißeiszeitlichen Altmoränen. Dieses unterschiedliche Ausgangsmaterial der Bodenbildung erklärt die Differenz zwischen den Bodentypen.

Die Bodenbildung auf Löß und Kalkmergel führt zu bindigen, tonreichen Substraten und so einerseits zu einer stärkeren Pseudovergleyung und andererseits zu Böden mit verhältnismäßig hohen Austauschkapazitäten (bedingt durch den Tongehalt), die eine höhere Pufferkapazität besitzen und deshalb keine große Tendenz zur Podsolierung aufweisen. Dagegen führt die Bodenbildung auf sandigen Substraten zu wasserdurchlässigeren Böden, so daß Erscheinungen der Pseudovergleyung seltener sind. Allerdings besitzen die sandigeren Böden auch eine geringere Austauschkapazität (bedingt durch den niedrigeren Tongehalt) und neigen deshalb eher zur Podsolierung.

4.6 Humusformen der Böden und Pufferbereiche des Hauptwurzelraumes der Krautschicht

Die beschriebenen Böden (Tab. 1-4) tragen verschiedene Humusformen (vgl. Tab. 6), die sich durch die Auflage-Horizontfolgen und -Mächtigkeiten sowie durch das C/N-Verhältnis des A_h- bzw. O_h-Horizontes unterscheiden (ZEZSCHWITZ 1980, AG BODENKUNDE 1982, ULRICH et al. 1984).

Tab. 6: Humusformen, deren Profile, C-Gehalte und C/N-Verhältnisse (verändert nach ZEZSCHWITZ 1980).

Humusform	Profil	%C	C/N
L-Mull	O_l-A_h	2 - 6	10 - 14
F-Mull	O_l-O_f-A_h	3 - 7	14 - 17
mullartiger Moder	O_l-O_f-O_h-A_h (O_h: 0.2-0.5cm)	4 - 10	17 - 20
feinhumusarmer Moder	O_l-O_f-O_h-$A_{(e)h}$ (O_h: 1.5-3cm)	14 - 27	20 - 24
feinhumusreicher Moder	O_l-O_f-O_h-$A_{(e)h}$ (O_h: 3-5cm)	20 - 34	22 - 26
rohhumusartiger Moder	O_l-O_f-O_h-A_{he} (O_h: 3-5cm, plattig gelagert)	24 - 41	25 - 31
Rohhumus	O_l-O_f-O_h-A_{he} (O_h: 5-10cm, plattig gelagert)	33 -47	29 - 38

Es fehlen den Böden der Flattergras-Buchenwälder die beste Humusform, der L-Mull, sowie die schlechteren Humusformen wie feinhumusreicher und rohhumusartiger Moder oder Rohhumus. Der biologische Bodenzustand, charakterisiert durch die Humusform, und damit die Mineralisation von Nährstoffen und Kationenbasen ist also in der Mitte des möglichen Spektrums angesiedelt.

Besonders auffällig sind die weiten C/N-Verhältnisse der A_h- bzw. O_h-Horizonte der Profile Nr. 62, 63, 64, 65, 66, 25 und 23 (s. Tab. 1-4), die im Bereich zwischen 23.0 und 38.2 liegen. Die weiten C/N-Verhältnisse lassen zwar auf einen rohhumusartigen Moder oder gar einen Rohhumus schließen, die Auflagehorizont-Folgen und -Mächtigkeiten zeigen aber, daß die Zuordnung zum mullartigen Moder oder feinhumusarmen Moder richtiger ist. Da die betreffenden Standorte im Ruhrgebiet bzw. in dessen unmittelbarer Nähe liegen, wird vermutet, daß hier jahrelanger Staub- und Rußeintrag zu

einer einseitigen Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes der Oberböden geführt hat, so daß solch weite C/N-Verhältnisse zustande kommen.

Der F-Mull kommt besonders häufig auf Braunerden vor, der mullartige Moder hat seine größte Häufigkeit auf Parabraunerden und Pseudogleyen (Tab. 7).

Tab. 7: Häufigkeit (%) der Humusformen auf verschiedenen Bodentypen.

	F-Mull	mullartiger Moder	feinhumusarmer Moder
Braunerde	25.0	8.3	2.8
Parabraunerde	8.3	16.7	5.6
Pseudogley	11.1	13.9	2.8
Pelosol	5.6	0.0	0.0

Anders als in der Westfälischen Bucht findet GLAHN (1981) im nordwestdeutschen Tiefland auf den leicht podsolierten Parabraunerden und Braunerden des Flattergras-Buchenwaldes als Humusform auch den mullartigen Moder mit Tendenz zum feinhumusarmen bis feinhumusreichen Moder bei zunehmender Podsolierung. Die günstigere F-Mull Humusform wird von GLAHN (1981) nicht beschrieben.

Werden die pH_{H_2O}-Werte des Hauptwurzelraumes der Krautschicht zur Charakterisierung der Pufferbereiche herangezogen (ULRICH 1981, ULRICH et al. 1984), so stellt man fest, daß auch hier wieder die Mitte des möglichen Spektrums vorhanden ist (Tab. 8). Böden im Calciumcarbonat- und Silikat-Pufferbereich sowie im Eisen-Pufferbereich wurden nicht aufgefunden.

Tab. 8: pH_{H_2O}-Werte und Pufferbereiche des Oberbodens nach ULRICH (1981).

	pH_{H_2O}
Calciumcarbonat-Pufferbereich	8.3 - 6.2
Silikat-Pufferbereich	6.2 - 5.0
Austauscher-Pufferbereich	5.0 - 4.2
Aluminium-Pufferbereich	4.2 - 3.8
Aluminium/Eisen-Pufferbereich	3.8 - 3.2
Eisen-Pufferbereich	3.2 - 2.8

Für die Basenversorgung der Krautschicht bedeutet dies, daß Säuren im Wurzelbereich durch Freisetzen von Al-Ionen abgepuffert und im Austauscher-Pufferbereich basische Kationen wie Ca, Mg und K in verstärktem Maße ausgewaschen werden, während gleichzeitig die Austauschkapazität durch Tonmineralzerfall abnimmt (ULRICH 1981). Im Al- und Al/Fe-Pufferbereich sind die basischen Kationen weitgehend ausgewaschen und die pflanzenverfügbaren Al- und Fe-Konzentrationen können toxische Werte annehmen (ULRICH et al. 1984).

Oft sind die niedrigen pH-Werte im Oberboden auf Jahrhunderte andauernde menschliche Bewirtschaftungsformen zurückzuführen, die vor allem mit einem Basenaustrag verbunden waren. BURRICHTER (1976) weist auf die intensive Nutzung und Überformung der „Restwälder" in den schon früh besiedelten Lößzonen Westfalens hin. Besonders bei den Profilen Nr. 49 und 50 (Daruper Heide und Rorupper Mark) deu-

ten schon die Geländebezeichnungen auf Heide- und Allmendenutzung hin, die eine starke Basenverarmung mit sich bringen. Das in Abb. 6 dargestellte Bodenprofil zeigt den höchsten pH-Anstieg zwischen A_h- und C_v-Horizont in allen untersuchten Profilen um ca. 3 pH-Einheiten, welches den Basenentzug durch ehemalige Bewirtschaftungsformen verdeutlichen mag.

In allen Profilen steigen die pH-Werte mit zunehmender Tiefe an und erreichen in Horizonten mit $CaCO_3$ pH-Werte um den Neutralpunkt, bzw. bei carbonatfreiem Material mindestens pH-Werte, die dem Silikat-Pufferbereich mit guter basischer Kationenverfügbarkeit entsprechen. Im A_h-Horizont besteht eine schwache positive Korrelation (Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient) des pH_{H_2O} mit der Bodentiefe, in der zuerst Carbonate auftreten ($r=0.3191$ $n=36$ $P\leqq 3\%$), sowie eine ebenfalls schwache negative Abhängigkeit des pH_{H_2O} im A_h-Horizont von der Entwicklungstiefe der Böden ($r=-0.3236$ $n=36$ $p\leqq 3\%$). Hier könnte die Rolle der Bäume als Basenpumpe für den Oberboden eine wichtige Interpretationshilfe sein. Tiefwurzelnde Bäume wie die Buche sind bei pH-Werten über 5 im durchwurzelten Unterboden immer besser basenversorgt als solche, die auf tiefer entwickelten und somit auch tiefer entkalkten bzw. entbasten Unterböden stocken. Sie sorgen durch ihren basenreichen Bestandesabfall für eine gute Humusform und einen schnellen Umsatz der Nährstoffe, was auch der Krautschicht zu Gute kommt.

RUNGE (1983, 1984) berichtet über mittlere bis hohe austauschbare Aluminium-Gehalte in den Böden der Flattergras-Buchenwälder im Vergleich zu den Kontaktgesellschaften dieses Buchenwald-Typs, was mit den vorgefundenen Pufferbereichen des Oberbodens in Einklang steht. Als differenzierenden Bodenparameter für die Krautschichtvegetation stellt RUNGE (1983,1984) aber nicht die pflanzenverfügbare Al-Konzentration, sondern die Interaktion zwischen pflanzenverfügbarem Al und Ca heraus. Im Al/Ca-Verhältnis nimmt der Flattergrasbuchenwald eine Mittelstellung zwischen den kalkreichen und gut basenversorgten *Melico-* bzw. *Asperulo-Fageten* sowie *Stellario-Carpineten* in ihrer basenreichen Subassoziation und den bodensauren *Luzulo-Fageten, Fago-Querceten, Stellario-Carpineten* sowie *Betulo-Querceten* ein (RUNGE 1983). Dies bestärkt die Ansicht der Autoren, daß die basenpumpende Wirkung der Baumschicht im Flattergras-Buchenwald zu diesem im Vergleich zur hohen Al-Konzentration engen Al/Ca-Verhältnis und somit zu einer mesotraphenten Artenkombination in der Krautschicht führt. Dies sollte allerdings durch weitere Untersuchungen belegt werden.

Eine Häufung von Bodentypen in den einzelnen Pufferbereichen der Oberböden läßt sich nicht erkennen. Allerdings sind die meisten Böden, die einen F-Mull tragen, im Austauscher-Pufferbereich, und der Großteil der Böden mit mullartigem Moder im Al-Pufferbereich (Tab. 9). Die Oberböden von Profilen mit feinhumusarmen typischen

Tab. 9: Häufigkeit (%) der Pufferbereiche des Oberbodens bei unterschiedlichen Humusformen der Flattergras-Buchenwälder.

	Austauscher-Pufferbereich	Al-Pufferberich	Al/Fe Pufferberich
F-Mull	27.8	13.9	8.3
mullartiger Moder	8.3	22.2	8.3
feinhumusarmer Moder	0.0	8.3	2.8

Moder als Humusform befinden sich immer im Al- bzw. Al/Fe-Pufferbereich. Diese Tatsache läßt sich auch durch einen Rang-Korrelations-Koeffizienten zwischen dem C/N-Verhältnis und dem pH_{H_2O} des A_h-Horizontes ausdrücken ($r=-0.4284$ $n=36$ $P \leqq 1\%$). D.h., daß enge C/N-Verhältnisse bzw. gute Humusformen mit einem weniger saurem pH des Oberbodes einhergehen.

5. Wechselwirkungen zwischen der Krautschichtvegetation und Bodenparametern im Flattergras-Buchenwald

Betrachtet man die Beziehungen zwischen den mittleren Stickstoff- (mN) und mittleren Reaktionszahlen (mR) der Krautschichtvegetation und den gemessenen pH-Werten sowie C/N-Verhältnissen, so ergeben sich einige interessante Zusammenhänge (Tab. 10).

Tab. 10: Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizienten zwischen einigen mittleren Zeigerwerten und Bodenparametern.

Korrelation zwischen	r	n	Signifikanz P≤
mN und C/N	-0.2760	33	10 %
mN und pH_{H_2O}	0.4829	33	1 %
mR und pH_{H_2O}	0.3133	33	5 %
mR und Kalktiefe in cm	0.0690	33	-

Die Korrelationen zwischen den mittleren Zeigerwerten und einigen gemessenen Bodenparametern sind signifikant, jedoch ist die Streuung sehr hoch, da die Artenkombination in der Krautschicht nicht allein von dem pH-Wert des Oberbodens oder der Humusform - ausgedrückt durch das C/N-Verhältnis - abhängt, sondern durch ein komplexes Standortsfaktoren-Gefüge geprägt wird, das durch den pH-Wert und das C/N-Verhältnis nur teilweise beschrieben wird. Die in Tabelle 10 aufgeführten Korrelationen zwischen den C/N-Verhältnissen des Oberbodens und der mittleren Stickstoffzahl der Krautschicht sowie die Zusammenhänge zwischen niedrigen pH-Werten des A_h-Horizontes und dem Auftreten von säurezeigenden Pflanzen sind deshalb nur als Trend zu verstehen. Aus der nicht vorhandenen Korrelation zwischen der mittleren Reaktionszahl und der Tiefe, in der im Boden Kalk ansteht, darf man folgern, daß die Krautschicht-Vegetation nicht direkt vom carbonatführenden Boden beeinflußt wird. Einschränkend muß allerdings betont werden, daß die mittleren Zeigerwerte auch untereinander gut korrelieren (Tab. 11) und hierdurch Scheinkorrelationen hervorgerufen werden können.

Tab. 11: Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizienten zwischen den mittleren Zeigerwerten der Krautschicht.

Korrelation zwischen	r	n	Signifikanz P≤
mR und mN	0.7667	33	1 %
mR und mF	0.3031	33	5 %
mN und mF	0.3036	33	5 %

Setzt man das Auftreten der verschiedenen Varianten der typischen Subassoziation mit dem Vorhandensein bestimmter Humusformen und Pufferbereiche der A_h-Horizonte in Beziehung, so fällt auf, daß die zum *Asperulo-Fagetum* überleitende *Lamiastrum*-Variante und die typische Variante bevorzugt auf den besseren Humusfor-

men (F-Mull) und A_h-Horizonten, die sich im Austauscher-Pufferbereich befinden, vorkommen (Tab. 12 u. 13). Die durch säuretolerante Arten geprägte *Lonicera*-Variante beschränkt sich dagegen in der Regel auf den mullartigen Moder und den feinhumusarmen Moder sowie auf die Aluminium und Aluminium/Eisen-Pufferbereiche. Sie steht auch deshalb ökologisch den auf saureren Böden stockenden *Fago-Querceten* oder *Luzulo-Fageten* näher.

Tab. 12: Häufigkeit (%) der Varianten der typischen Subassoziation des Flattergras-Buchenwaldes auf verschiedenen Humusformen.

	F-Mull	mullartiger Moder	feinhumusarmer Moder
Lamiastrum-Variante	29.0	3.2	0.0
typische Variante	16.2	3.2	0.0
Lonicera-Variante	3.2	29.0	16.2

Die pflanzensoziologische Differenzierung in Varianten, wie sie BURRICHTER & WITTIG (1977) für die Typische Subassoziation vornahmen, kann also in weiten Teilen belegt werden. Dabei spielt nicht der pH-Wert des Oberbodens die differenzierende Rolle für die Krautschicht, sondern wichtiger ist die ionenpumpende Baumschicht mit ihrem basenreichen Bestandesabfall und dessen schneller Umsatz bei guter Humusform.

Tab. 13: Häufigkeit (%) der Varianten der typischen Subassoziation des Flattergras-Buchenwaldes auf verschiedenen Pufferbereichen des A_h-Horizontes.

	Austauscher-Pufferbereich	Al-Pufferbereich	Al/Fe-Pufferbereich
Lamiastrum-Variante	22.6	3.2	6.4
typische Variante	6.4	13.0	0.0
Lonicera-Variante	6.4	29.0	13.0

Für die Farn-Subassoziation liegt ein zu geringer Stichprobenumfang (n=3) vor, um eine Zuordnung zu den Humusformen und Pufferbereichen des Oberbodens vorzunehmen.

6. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden 36 Bodenprofile unter Flattergras-Buchenwald in der Westfälischen Bucht aufgenommen und auf ihre pH-Werte (H_2O und KCl), C_{org} und N_t-Gehalte untersucht. Exemplarisch wurden einige typische Böden auf ihre Korngrößenzusammensetzung und ihre Gehalte an oxalat- und dithionitlöslichem Fe, Al und Mn-Gehalte analysiert.

Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung ist Löß, der verschieden mächtig ist und oft einem Mergel bzw. einer kalkhaltigen Grundmoräne aufliegt, oder Mergel- bzw. Tonmergelstein. Alle untersuchten Böden sind oberflächlich entkalkt (mäßig bis stark sauer) aber oft in von Buchenwurzeln noch erreichbarer Tiefe carbonathaltig oder befinden sich zumindest in einem pH-Bereich, in dem eine gute Basenversorgung als gesichert gelten kann. 60% der untersuchten Böden haben im Laufe ihrer Entwicklung eine Tonverlagerung durchgemacht. Dementsprechend sind die am häufigsten anzu-

treffenden Böden Parabraunerden oder Parabraunerde-Braunerden, die verschieden stark pseudovergleyt sein können (Parabraunerde-Pseudogley). Weiterhin wurden Braunerden, Pseudogleye und Pelosole angetroffen. Alle Böden können als mittel bis gut basenversorgt und gut wasserversorgt eingestuft werden.

Die Humusformen der Böden sind F-Mull, mullartiger Moder oder feinhumusarmer Moder. Ebenfalls wie die Pufferbereiche des A_h-Horizontes (Austauscher-, Aluminium- und Aluminium/Eisen-Pufferbereich) sind auch die Humusformen in der Mitte des möglichen Spektrums angesiedelt.

Die pflanzensoziologische Untergliederung der typischen Subassoziation des Flattergras-Buchenwaldes in drei Varianten, wie sie BURRICHTER & WITTIG (1977) vornahmen, kann hinsichtlich der Humusformen und der Pufferbereiche des Oberbodens im wesentlichen bestätigt werden. Die zum *Melico-* bzw. *Asperulo-Fagetum* vermittelnde *Lamiastrum*-Variante ist auf Böden mit F-Mull und A_h-Horizonten im Austauscher-Pufferbereich am häufigsten, während dessen die durch azidotolerante Arten geprägte – zum *Fago-Quercetum* überleitende – *Lonicera*-Variante die andere Seite des Spektrums (mullartiger Moder und feinhumusarmer Moder sowie Al- und Al/Fe-Pufferbereiche des A_h) ausfüllt. Die typische Variante nimmt eine mittlere Position ein (F-Mull und Al-Pufferbereich des A_h).

Die Autoren bedanken sich bei den Waldbesitzern, die ihr Einverständnis zu den Untersuchungen gaben, bei den Mitarbeitern der Abteilung Geobotanik, die bei der Gelände- und Laborarbeit behilflich waren, und bei Frau U. Brockmann, die die Zeichnungen sehr sorgfältig anfertigte.

Summary

Within the scope of this survey, 36 soil profiles were taken from the millet grass-beech forest in the Westphalian Bight (Münsterland region in Westphalia between Teutoburg Forest and the Ruhr river) and analysed to their pH values (H_2O and KCl) and contents of organic carbon and total nitrogen. A number of typical soils was selected as examples to analyse the soil texture as well as the contents of oxalat and dithionit soluble Fe, Al and Mn.

The geological material for pedogenesis ist loess, which rests with different thicknesses on marl, or on a calcereous ground moraine. All the soils analysed are decalcified on the surface (medium to strongly acid). At a depth still accessible by beech tree roots, they often contain lime or at least have a pH level at which a good supply of bases may be seen as assured. 60% of the soils showed a clay movement into the subsoil. Consequently, the soils most frequently encountered are gray brown podzolic soils (Lessivés) with transitions to brown earths, which can be pseudogleyated to differing degrees. Brown earths, pseudogleys and pelosols were also detected. All soils may be said to have a medium to good supply of bases, and may be classified as well watered.

The typical humus forms of the soils are F-mull, mull-like moder or moder low in fine humus. Like the buffer regions of the A_h-horizons (cation exchange, aluminium and aluminium/iron buffer region), the humus forms are also representing the centre of the possible spectrum. BURRICHTER & WITTIG (1977) classified three phytosociological variants of the typical subassociation of the millet grass-beech forest. These variants can be generally confirmed with respect to the humus forms and buffer regions in the topsoil. The *Lamiastrum* variant, which leads on to the *Melico-Fagetum*, is most frequently found on soils with F-mull and cation exchange buffer region in the A_h-horizons, whereas the *Lonicera* variant, characterized by species tolerant to acids – and which forms the transition to *Fago-Quercetum* – occupies the other end of the spectrum (mull-like moder and moder low in fine humus, together with the Al and Al/Fe buffer regions of the A_h). The typical variant occupies a mean position (F-mull and Al buffer region of the A_h).

7. Literaturverzeichnis

AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 3. Aufl., 331 S., Stuttgart.

BLUME, H. P. (1968): Zum Mechanismus der Marmorierung und Konkretionsbildung in Stauwasserböden. - Z. Pflanzenernährung Bodenkd. **119**: 124-134.

BLUME, H. P. & U. SCHWERTMANN (1969): Genetic evaluation of profile distribution of Aluminium, Iron and Manganes oxides. - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **33**: 438-444.

BURRICHTER, E. (1973): Die potentielle natürliche Vegetation in der Westfälischen Bucht (Erläuterungen zur Übersichtskarte 1 : 200 000). - Siedlung und Landschaft in Westfalen **8**, 58 S., Münster

-,- (1976): Vegetationsräumliche und siedlungsgeschichtliche Beziehungen in der westfälischen Bucht. - Ein Beitrag zur Entwicklung der Kulturlandschaft. - Abh. Landesmus. Naturkde. Münster **38** (1): 3-14.

BURRICHTER, E. & R. WITTIG (1977): Der Flattergras-Buchenwald in Westfalen. - Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. **19/20**: 377-382.

DAHM-AHRENS, H. (1975): Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000. Erläuterungen zu Blatt C4306 Recklinghausen. - Geologisches Landesamt NRW, 92 S., Krefeld.

ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobot. **9**, 2. Aufl., 122. S., Göttingen.

ESKUCHE, U. (1978): Bodenwasserhaushalt von Wäldern in der westfälischen Bucht und im Wesergebiet nördlich von Minden. - Schriftenreihe der Landesanstalt für Wasser und Abfall des Landes NRW **37**: 1-63.

GLAHN VON, H. (1981): Über den Flattergras- oder Sauerklee-Buchenwald *(Oxali-Fagetum)* der niedersächsischen und holsteinischen Moränenlandschaften. - Drosera **81** (2): 57-74.

HESMER, H. & F. G. SCHROEDER (1963): Waldzusammensetzung und Waldbehandlung im niedersächsischen Tiefland westlich der Weser und in der Münsterschen Bucht bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. - Decheniana, Beiheft **11**, 303 S., Bonn.

KUNTZE, H., J. NIEMANN, G. ROESCHMANN & G. SCHWERTFEGER (1983): Bodenkunde. - 407 S., Stuttgart.

MAAS, A. & E. MÜCKENHAUSEN (1971): Deutscher Planungsatlas Bd. I.: NRW, Lieferung 1: Böden. - Hannover.

MEHRA, O. P. & M. L. JACKSON (1960): Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. - Clays and Clay Minerals **7**: 317-327.

MERTENS, H. & K. H. WILL (1979): Bodenkarte Nordrhein Westfalen 1 : 100 000. Erläuterungen zu Blatt C4314 Gütersloh. - Geologisches Landesamt NRW, Krefeld, 100 S.

MÜCKENHAUSEN, E. (1973): Pseudogleye und Gleye in der Bodengesellschaft der humiden, gemäßigt warmen Klimaregion. - In: SCHLICHTING, E. & U. SCHWERTMANN (Ed.): Pseudogley und Gley - Genese und Nutzung hydromorpher Böden. - Verhand. der Kommissionen V u. VI der Int. Bodenkdl. Ges., 147-157.

-,- (1977): Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. - 2. Aufl., 300 S., Frankfurt.

-,- (1982): Die Bodenkunde und ihre geologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. - 2. Aufl., 579 S., Frankfurt.

MUNSELL (1975): Soil Color Charts. - Munsell Color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA.

REHFUESS, K. E. (1981): Waldböden - Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. - 192 S., Hamburg und Berlin.

RÜCKERT, E. & R. WITTIG (1984): Der Flattergras-Buchenwald im Spessart. - Ber. Bayr. Bot. Ges. **55**: 85-93.

RUNGE, M. (1983): Zum Einfluß des Aluminiums auf die floristische Zusammensetzung von Waldgesellschaften des Münsterlandes. - Verhandl. Ges. Ökol. **11**: 339-350.

-,- (1984): Bedeutung und Wirkung von Aluminium als Standortfaktor. - Düsseldorfer Geobot. Kolloq. **1**: 3-10.

SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1982): Bodenkunde. - 11. Auflage, 394 S., Stuttgart.

SCHIRMER, H. (1976): Deutscher Planungsatlas Band I: NRW, Lieferung 7: Klimadaten. - Hannover.

SCHLICHTING, E. & H. P. BLUME (1966): Bodenkundliches Praktikum. - 209 S., Hamburg und Berlin.

SCHWERTMANN, U. (1964): Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. - Z. Pflanzenernährung Bodenkde. **105**: 194-202.

THOME, K. N., O. DEUTLOFF, H. D. DAHM, G. HERBST & G. KNAPP (1976): Deutscher Planungsatlas, Band I: NRW, Lieferung 8: Geologie. - Hannover.

TRAUTMANN, W. (1969): Zur Geschichte des Eichen-Hainbuchenwaldes im Münsterland auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen. - Schriftenreihe Vegetationkde. **4**: 109-129.

-,- (1972): Deutscher Planungsatlas Band 1: NRW Lieferung 3: Potetielle natürliche Vegetation. - Hannover.

ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. - Z. Pflanzenernährung Bodenkde. **144**: 289-305.

ULRICH, B., K. J. MEIWES, N. KÖNIG & P. K. KHANNA (1984): Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folge in Waldböden. - Der Forst- u. Holzwirt **11**: 278-286.

WITTIG, R., H. J. BALLACH & C. J. BRANDT (1985): Increase of number of acid indicators in the herb layer of the Millet Gras-Beech forest of the Westphalian Bight. - Angew. Bot. **59**, 219-232.

ZEZSCHWITZ VON, E. (1980): Analytische Kennwerte typischer Humusformen westfälischer Bergwälder. - Z. Pflanzenernährung Bodenkde. **143**, 692-700.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. Rüdiger Wittig, Dr. Willy Werner, Botanisches Institut der Universität Düsseldorf, Abteilung Geobotanik, Universitätsstraße 1, D-4000 Düsseldorf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: 48_2-3_1986

Autor(en)/Author(s): Wittig Rüdiger, Werner Willy

Artikel/Article: Die Böden des Flattergras-Buchenwaldes der Westfälischen Bucht 317-340