

MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

HEFT 17

WIEN 1973

MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

HEFT 17

WIEN 1973

SCHRIFTLÉITUNG

Prof. Dr. Ing. H. FRANZ

Eigentümer, Herausgeber und Verleger. Österreichische Bodenkundliche
Gesellschaft. Für den Inhalt verantwortlich: Prof. Dr. Ing. H. FRANZ.
Beide 1180 Wien XVIII, Gregor Mendelstraße 33.

INHALTSVERZEICHNIS

F. BLÜMEL: Wirkl. Hofrat Dipl. Ing. Dr. H. Schiller - 60 Jahre	1
P. GRUBER: Zusammenhänge zwischen Klimaunterschieden, Bodenchemismus und Bodenwasserhaushalt auf Lockersedimentböden des Wiener Raumes	3
1. Einleitung und Problemstellung	3
2. Das Klima	5
2.1. Klimatische Verhältnisse in Zurndorf	5
2.2. Klimatische Verhältnisse in Sieghartskirchen	6
3. Pflanzensoziologische Aufnahmen	9
3.1. Pannonischer Trockenrasen auf Tschernosem	9
3.2. Pannonischer Trockenrasen auf Paratschernosem	9
3.3. Eichen-Hainbuchen-Niederwald auf Lößbraunerde	10
3.4. Mesophiler Waldmeister-Buchenwald auf Pseudogley	11
3.5. Magerwiese auf pseudovergleyter Braunerde	11
4. Bodenkundliche Feldbefunde	12
4.1. Tschernosem	12
4.2. Paratschernosem	12
4.3. Lößbraunerde	13
4.4. Schwerer Pseudogley unter Wiese	14
4.5. Pseudogley unter Buchenwald	15
4.6. Pseudovergleyte Braunerde unter Magerwiese	17
5. Korngrößenverteilung	19
6. Organische Substanz und C/N-Verhältnisse	21
7. Stoffmobilisierung und Stoffimmobilisierung	24
7.1. Allgemeine Bemerkungen	24
7.2. Hydrolytischer Austausch	25
7.2.1. Reaktion	25
7.2.2. Leitfähigkeit	25

7.2.3. Wasserlösliche Ionen	25
7.3. Die Austauschphase	27
7.3.1. Umtauschkapazität und Sättigungsgrad	27
7.3.2. Ladungsdichten	29
7.4. Sesquioxiddynamik	29
7.4.1. Vergleich von Tschernosem und Paratschernosem.	29
7.4.2. Lößbraunerde unter Eichenwald	31
7.4.3. Pseudogley unter Wiese (N I)	33
7.4.4. Pseudogley unter Buchenwald (N II)	33
7.4.5. Pseudovergleyte Braunerde (N III)	34
7.5. Ionen, die durch 0,5 n H ₂ SO ₄ freigesetzt werden	34
7.6. Elemente, die mit gleicher Bindungsintensität wie die amorphe Sesquioxidfraktion gebunden sind	35
8. Struktur und Massenaufbau	35
8.1. Raumgewichte, Porenvolumina, Porenverteilung	35
9. Wasserhaushalt	40
9.1. Allgemeiner Teil	40
9.1.1. Adsorptionswasser-Kapillarwasser	40
9.1.2. Potential des Bodenwassers	40
9.1.3. Infiltration	41
9.1.4. Verteilung der Bodenfeuchte im Profil	41
9.1.5. Feldkapazität	41
9.1.6. Wasseraufnahme durch die Pflanze und Perma- nenter Welkepunkt	42
9.1.7. Wasserdefizit und seine Auswirkungen auf das Wachstum	43
9.2. Wasserhaushaltsparameter	44
9.2.1. pF-Kurven, Feldkapazität, Permanenter Welke- punkt, Speicherleistung	44
9.2.2. Verhalten bei Regen	50
9.2.2.1. Versickerung, Versickerungshemmung, Wasserhaltevermögen, Wassernachliefg.	50
9.3. Periodischer Feuchtegang	55
9.3.1. Vergleich des schweren Pseudogleys unter Wald (N II) mit der Lößbraunerde d. Eichenwaldes (Z III)	55

9.3.2. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen aus den periodischen Feuchtebestimmungen	58
9.3.3. Betrachtungen der Profile Z I (Tschernosem) und Z II (Paratschernosem)	60
9.3.4. Vergleiche zwischen N I, N II, N III	61
9.3.5. Stellungnahme zu Profil N III	62
9.4. Feuchtebedingte Stoffdynamik	63
9.4.1. Allgemeiner Teil	63
9.4.2. Untersuchungsmethodik "Spezielle Wasserauszüge"	64
9.4.3. Aussage	64
10. Zusammenfassung	67
11. Untersuchungsmethoden	68
12. Literatur	70

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle		Seite
1-2	Korngrößenzusammensetzung in % des Feinbodens	72-73
3	Grobsandergebnisse in %, ermittelt durch nasse Siebung	74
4	Humus, Gesamt-N, C/N-Verhältnis, Glühverlust 600°, CaCO ₃ -Gehalt, % Rohton	75
5-6	Sorptionsverhältnisse: Mehlich, modif.nach De Leenheer und Hofmann	76-77
7	Na-, K-, Ca-, Mg-Sättigungsgrad in %; bestimmt nach Mehlich (modif. nach De Leenheer und Hofmann)	78
8	Oberflächen, Humus, Rohtongehalte, T-Werte u.Ladungsdichten	79
9-10	Wasserlösliche Ionen in mg/100 g Boden	80-81
11-12	In n-Ammonazetat lösliche Ionen in mg/100 g Boden	82-83
13-14	In 0,5 n H ₂ SO ₄ lösliche Fraktion in mg/100 g Boden	84-85
15-16	Extraktion mit Tamm'scher Lösung und Extraktion mit 0,5 n NaOH; Werte in mg/100 g Boden	86-87
17	Extraktion mit Na-Dithionit/Na-Zitrat nach Chang-Jackson; Werte in mg/100 g Boden	88
18-19	Gesamtnährstoffe nach Aufschluß in konz.H ₂ SO ₄ ; Werte in mg/100 g Boden	89-90
20	Sesquioxiddynamik: Mobilitätsgrad, Anteil der amorphen an den gesamtfreien Sesquioxiden, Freisetzungsgrad	91
21	Sesquioxiddynamik: Schwerlösliche Oxidformen in mval/100 g Boden, %-Anteil an den gesamtfreien Mengen	92
22	Eisen und Mangan; verschiedene Löslichkeitsformen in mval/100 g Boden	93
23	Gesamtfreie Sesquioxide in mval/100 g Boden; %-Verhältnis der gesamtfreien Sesquioxide zueinander	94
24	Spez.Gewicht, Raumgew., Permanenter Welkepunkt in Gew.% und Vol.%, Porenvolumen, Porenverteilung, Luftkapazität und Wassergehalt bei pF 2,0	95
25-26	Bodenwassersaugspannung in at, ermittelt auf Grund periodi- scher Bodenfeuchtebestimmung in den Jahren 1971 und 1972 ..	96-97
27-28	Pflanzenverfügbares Wasser in mm (Saugspannung kleiner pF 4,2) im Profil bis 120 cm Tiefe, ermittelt auf Grund perio- discher Bodenfeuchtebestimmungen in den Jahren 1971 u.1972	98-99

Tabelle	Seite
29	Bodenwasser in Gew.%; Profil Z I in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972 100
30	Bodenwasser in Gew.%; Profil Z II in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972 101
31	Bodenwasser in Gew.%; Profil Z III im Untersuchungsjahr 1972 (1973) 102
32	Bodenwasser in Gew.%; Profil Z III im Untersuchungsjahr 1971 sowie Vergleichsstandort für Profil Z III (Maisfeld neben Eichenwald) im Untersuchungsjahr 1972 103
33	Bodenwasser in Gew.%; Profil N I in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972 104
34	Bodenwasser in Gew.%; Profil N II in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972 105
35	Bodenwasser in Gew.%; Profil N III in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972 106
36-39	Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l bei verschiedenen Boden-Wasser-Verhältnissen, nämlich 1:5, 1:1, 3:1, 4,2:1 107-110
40-41	Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l während der häufigsten Bodenfeuchtegehalte in Gew.% 111-112

GRAPHISCHE DARSTELLUNGEN

Abb.		Seite
1	Zurndorf: Abweichungen der monatlichen Niederschläge im Untersuchungszeitraum vom langjährigen Mittel	6
2	Sieghartskirchen: Abweichungen der monatlichen Niederschläge im Untersuchungszeitraum vom langjährigen Mittel	7
3	Langjähriges Mittel der monatlichen Niederschläge in Zurndorf und Sieghartskirchen	8
4	Profil N I, Pseudogley unter Wiese, Bodenfeuchte und Niederschläge	113
5	Profil N II, Pseudogley unter Buchenwald, Bodenfeuchte und Niederschläge	114
6	Profil N II, Pseudovergleyte Braunerde unter Wiese, Bodenfeuchte und Niederschläge	115
7	Profil Z I, Tschernosem unter Trockenrasen, Bodenfeuchte und Niederschläge	116
8	Profil Z III, Lößbraunerde unter Wald, Bodenfeuchte und Niederschläge	117
9	Profil Z I (Tschernosem), Sesquioxiddynamik	118
10	Profil Z II (Paratschernosem), Sesquioxiddynamik	119
11	Profil Z III (Lößbraunerde), Sesquioxiddynamik	120
12	Profil N I (Pseudogley unter Wiese), Sesquioxiddynamik	121
13	Profil N II (Pseudogley unter Buchenwald), Sesquioxiddynamik..	122
14	Profil N III (Pseudovergleyte Braunerde unter Wiese), Sesquioxiddynamik	123

Wirkl. Hofrat Dipl. Ing. Dr. H. SCHILLER - 60 Jahre
von F. Blümel

Wirkl. Hofrat Dipl. Ing. Dr. H. Schiller, langjähriges Mitglied der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, hat im September 1973 sein 60. Lebensjahr vollendet.

Aus diesem Anlaß wünscht die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft dem Jubilar weiterhin Gesundheit, Schaffenskraft und Erfolg.

H. Schiller, der in Teschen-Liebwerd und Wien Landwirtschaft studierte, hat sich an der Landwirtschaftlich-chemischen Bundesversuchsanstalt Linz mit zahlreichen Untersuchungs- und Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Nährstoffchemie des Bodens beschäftigt, wovon über 40 Veröffentlichungen Zeugnis geben.

1970 wurde Schiller auf Grund seiner großen Verdienste zum Direktor der Landw. - chem. Bundesversuchsanstalt Linz und 1971 zum Wirklichen Hofrat ernannt.

Er war Mitbegründer der Österr. Bodenkundlichen Gesellschaft und ist seit vielen Jahren Vorstandsmitglied. In den Jahren von 1966 bis 1970 hat er als Präsident die Gesellschaft mit viel Umsicht und Erfolg geleitet.

Möge es ihm gegönnt sein, noch viele Jahre in seinem Beruf erfolgreich zu arbeiten, und möge er der Österr. Bodenkundlichen Gesellschaft auch weiterhin eine wertvolle Stütze sein.

ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN KLIMAUNTERSCHIEDEN,
BODENCHEMISMUS UND BODENWASSERHAUSHALT AUF
LOCKERSEDIMENTBÖDEN DES WIENER RAUMES

von P. Gruber

1. Einleitung und Problemstellung

Am Alpenostrand im Großraum Wien treffen der gemäßigt-humide, atlantisch beeinflusste Klimabereich des westlichen und mittleren Europas und der kontinental beeinflusste, sommertrockene (pannonische) Klimabereich Südostmitteleuropas ziemlich scharf aufeinander.

Dies äußert sich sehr deutlich in Unterschieden der Bodenlandschaften, der Vegetation und der Fauna. Während westlich von Wien Böden mit A-B-C-Profilen und A-P-S-Profilen das klimatisch bedingte Endstadium der Bodenentwicklung darstellen, sind es im pannonischen Raum A-C-Böden und A-B-C-Böden.

Für viele xerotherme Pflanzen liegt bei Wien die West- oder Nordwest-Grenze ihrer Verbreitung, in der Bodenfauna sind in den beiden Klimagebieten bei manchen Gruppen mehr als 50 % der Arten verschieden.

Dieser Sachverhalt regte an, den Gründen der Unterschiede nachzugehen, wobei die Vermutung nahelag, daß der Bodenwasserhaushalt eine besonders ausschlaggebende Rolle spiele.

Als Vergleichsobjekte wurden Lößböden unter Wald, einerseits im Bereich der Parndorfer Platte in Nordburgenland und andererseits im Bereich der Molassezone bei Sieghartskirchen, nordwestlich des Wienerwaldes in Niederösterreich, untersucht. Um den Einfluß der Vegetation und des Profilaufbaues auf den Wasserhaushalt zu studieren, wurden außerdem ein seichtgründiger Tschernosem auf Löß und ein Paratschernosem unter Trockenrasen, beide über altquartären Schottern der Parndorfer Platte, sowie eine pseudovergleyte Braunerde aus Löß unter einer Dauerwiese bei Sieghartskirchen in die Untersuchung einbezogen.

Die Parndorfer Platte besteht aus Schottern, die von der Donau im Altpleistozän aufgeschüttet wurden. Auf diesen sind ältere Löss- und Böden nur kryoturbar eingewürgt erhalten, die älteren Lockersediment- und Bodendecken sind offenbar der Auswehung zum Opfer gefallen. Nur jüngster Löß bzw. Flugsand

blieb auf der Oberfläche der Schotter in geringer Mächtigkeit liegen; nach der letzten Eiszeit entstanden daraus Tschernoseme und Paratschernoseme.

Wo die Schotter in Erosionsrinnen und flachen Talmulden ausgeräumt wurden, kam es zur Anhäufung von Schwemmlöß, z.B. in einem Teil des Zurndorfer Eichenwaldes, der als pannonischer Restwald ein besonderes naturwissenschaftliches Interesse beanspruchen kann. Im Bereich dieses Schwemmlöß-Vorkommens wurde das eine der Vergleichsprofile ausgesucht. Zwei weitere wurden auf der Höhe der Schotterplatte in einem Reststück der ehemals viel ausgedehnteren Zurndorfer Hutweide festgelegt.

Die Standorte bei Sieghartskirchen liegen im Hügelland der Molasse, unweit der Nordgrenze der Flyschzone des Wienerwaldes. Die Molassesedimente sind von jüngstem Löß überlagert. Die Lößdecke hat in den untersuchten Profilen eine Mächtigkeit von etwa 80 cm.

Als Vegetation treten im Raum Zurndorf Trockenwälder und Trockenrasengesellschaften auf, im Raum Sieghartskirchen dagegen Mischwälder und mäßig xero- bis mesophile Wiesengesellschaften.

2. Das Klima

Sowohl in Zurndorf als auch in Sieghartskirchen bestehen Wetterstationen des Hydrographischen Dienstes. Von Zurndorf liegen allerdings nur Niederschlagsmessungen vor, so daß für die Temperaturwerte die nächstgelegene Station, Bruck an der Leitha (Heidehof), herangezogen werden mußte. Auf Grund der Meßwerte dieser Wetterstationen läßt sich das Klima der Untersuchungsräume wie folgt charakterisieren.

2.1. Klimatische Verhältnisse in Zurndorf

Wärmeclima:

Zurndorf liegt im pannonischen Klimaraum Österreichs. Im langjährigen Mittel beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur in diesem Raum $9,6^{\circ}\text{C}$. Die Monatsmittel charakterisieren den Jänner mit $-1,2^{\circ}$ als kältesten und den Juli mit $19,8^{\circ}$ als wärmsten Monat.

Monatsmitteltemperatur in °C (1951-1960):

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-1,2	-0,6	4,0	9,6	14,3	17,9	19,8	19,2	15,4	10,0	4,7	1,8

Die Orte im Nordburgenland sind die heißesten Österreichs. Die höchsten Temperaturen sind oft nicht durch den pannonischen Südostwind verursacht, sondern durch langsame Strömungen aus dem Azorenraum (vgl. STEINHAUSER, 1960). 1971 wies der Monat August ein Mittel von 21° auf, 1972 der Monat Juli 20°. Die für die Vegetationsentwicklung wichtigste Schwelle ist die einer Tagesmitteltemperatur von +5°. Dieses Mittel wird normalerweise ab 25. März über- und ab 4. November dauernd unterschritten.

Feuchtklima:

Die Jahresniederschlagsmenge (Mittelwerte des Zeitraumes 1951-1960) beträgt in Zurndorf 562 mm. Niederschlagsmaxima zeigen die Monate Juni und Juli, Niederschlagsminima liegen in den Monaten Jänner, Februar und September.

Monatliche Niederschlagsmittel des Zeitraumes 1951-1960:

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
30	30	36	39	50	82	87	53	33	43	37	42

Über die Anzahl der Tage mit Schneebedeckung liegen nur unvollständige Berichte vor. Im Schnitt sind es 16 Tage. Die Winterdecke hält nur etwa 11 Tage. Die Häufigkeitsverteilung und Intensität der Niederschläge ist für den Untersuchungszeitraum 1971 und 1972 aus Abb. 1 zu ersehen.

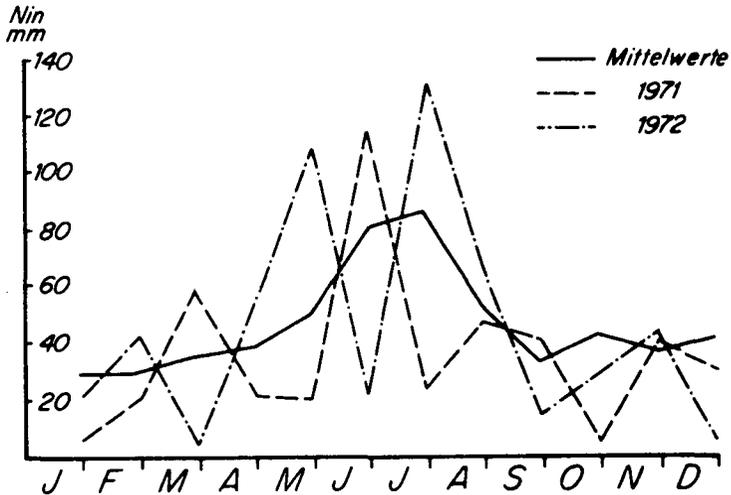
Das Jahr 1971 war ausgesprochen trocken, denn in der Niederschlagssumme zeigte sich ein Defizit von 116 mm gegenüber dem Jahresmittel. Vor allem die zu geringen Regenfälle im April, Mai, Juli und Oktober wirkten sich stark aus. Im Untersuchungsjahr 1972 traten zwar in der Niederschlagsverteilung - im Vergleich zu den Durchschnittswerten - starke Unterschiede auf, die Jahresniederschlagsmenge lag jedoch nur 5 mm unter dem langjährigen Schnitt.

Abweichungen der monatlichen Niederschlagssummen vom Schnitt:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1971	-24	-9	+24	-15	-28	+34	-62	-4	+10	-36	+4	-11
1972	-8	+13	-31	+15	+59	-57	+46	+12	-16	-12	+7	-36

Abweichungen von den Mittelwerten im Untersuchungszeitraum:

Abb. 1



Windverhältnisse:

Über Windstärke und Windrichtungen liegen keine Messungen vor, doch kann aus Erfahrung gesagt werden, daß die Standorte auf der Parndorfer Platte den Luftströmungen besonders stark ausgesetzt sind. Die Strömungsgeschwindigkeiten sind ziemlich hoch, weil die weiten und ebenen Ackerflächen den Winden keinen Reibungswiderstand entgegensetzen.

2.2. Klimatische Verhältnisse in Sieghartskirchen

Wärmeclima:

Dieser Raum gehört bereits zum gemäßigt humiden, atlantisch beeinflussten Klimabereich des westlichen und mittleren Europas.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt $9,4^{\circ}\text{C}$.

Langjähriges Monatsmittel und Monatsmittel im Untersuchungszeitraum:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	-0,7	-0,5	3,7	9,2	14,1	17,9	19,6	18,9	15,1	9,5	4,6	+1,9
1971	-3,2	+2,1	2,0	11,0	16,2	16,8	20,5	21,5	13,6	9,2	4,3	+3,7
1972	-1,9	+3,0	6,9	9,3	14,8	18,5	19,9	18,6	12,6	6,9	5,2	-0,5

Das langjährige Julimittel von $19,6^{\circ}$ wurde im Untersuchungsjahr 1971 um $0,9^{\circ}$ überschritten, das Augustmittel sogar um $2,6^{\circ}$. Auch der Dezember lag noch $1,8^{\circ}$ über der Norm.

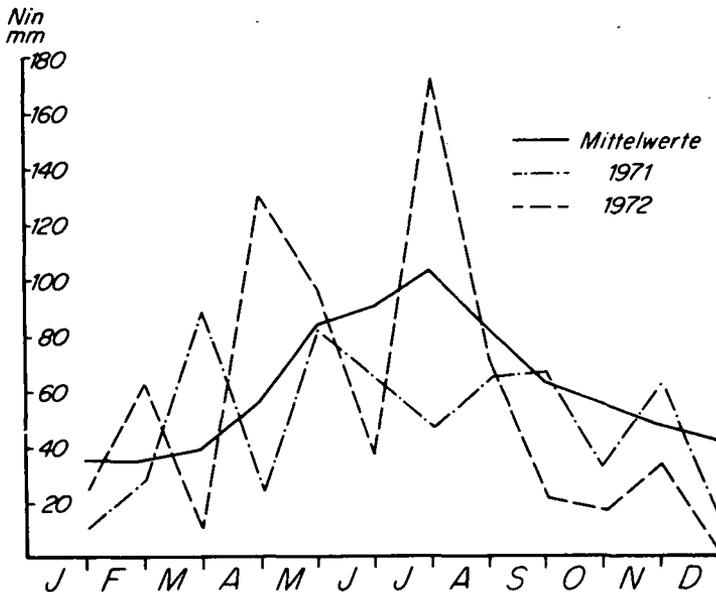
Feuchtklima:

Im Mittel beträgt der Jahresniederschlag 741 mm (1901-1960). Die folgende Tabelle gibt seine Verteilung und die Abweichungen im Untersuchungszeitraum wieder:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	36	36	39	57	85	91	104	83	64	56	48	42
1971	-25	-7	+50	-33	-3	-30	-57	-18	+3	-22	+15	-26
1972	-10	+28	-28	+75	+13	-53	+70	-8	-42	-38	+21	-40

Abb. 2 zeigt ein deutliches Niederschlagsmaximum im Sommer. Zugleich sind die Abweichungen von den Mittelwerten in den Untersuchungsjahren dargestellt.

Abb. 2



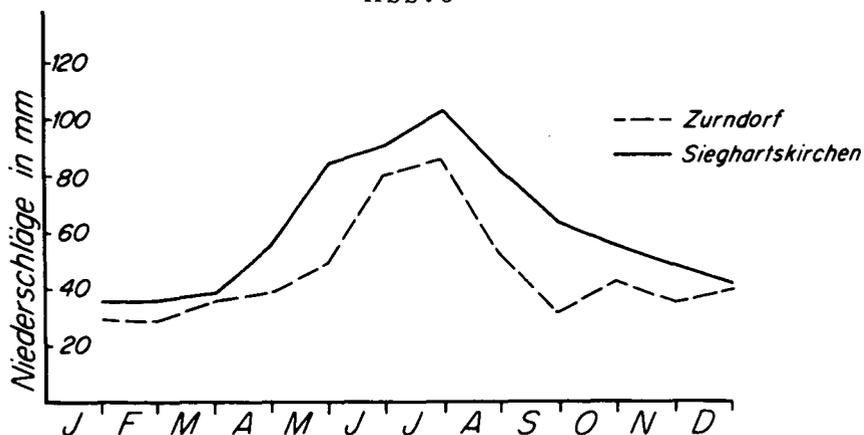
Die Niederschläge lagen im Untersuchungsjahr 1971 mit einem Minus von 153mm weit unter dem Durchschnitt. Die Häufigkeitsverteilung und Intensität geben die Abb. 4-8 wieder. Vor allem die Monate April, Juni, Juli und August waren vergleichsweise sehr regenarm. 1972 liegt nur mehr 44 mm unter dem langjährigen Mittel. Das Defizit ergibt sich durch Niederschlagsmangel im September, Oktober und Dezember, während in der Vegetationszeit ausreichende und zum Teil heftige Niederschläge fielen. Über die Schneebedeckung liegen für Sieghartskirchen keine Beobachtungen vor, wohl aber für eine nahegelegene Station in Heiligeneich (Perschling). Im Schnitt kann mit 41 Tagen Schneebedeckung gerechnet werden, während die Winterdecke nur etwa 23 Tage hält.

Klimatische Unterschiede zwischen Zurndorf und Sieghartskirchen:

Die Jahresmitteltemperaturen differieren nur unwesentlich ($0,2^{\circ}\text{C}$). An Niederschlag erhält im langjährigen Mittel Sieghartskirchen um 179 mm pro Jahr mehr als Zurndorf. 1971 waren es 142 mm; 1972 waren es 140 mm. Vor allem sind es die Monate Mai, August und September, die in Sieghartskirchen wesentlich feuchter sind. Das Klima in Zurndorf ist geprägt durch stärkeren pannonischen Einfluß. In Sieghartskirchen kann sich der ozeanische Einfluß durch die leichte Stauwirkung der Hügel und Kuppen stärker auswirken, was sich in erhöhter Niederschlagsbereitschaft äußert, während über Zurndorf potentielle Regenwolken ungestört in die Ungarische Tiefebene ziehen.

Langjähriges Mittel der monatlichen Niederschläge:

Abb. 3



3. Pflanzensoziologische Aufnahmen

Die Aufnahmen im Gelände wurden in liebenswürdiger Weise von Dr. W. HOLZNER durchgeführt.

3.1. Pannonischer Trockenrasen auf Tschernosem

Gesamtdeckung 80 %, Moose weniger als 5 % (*Rhytidium rugosum*).

Avenochloa pratensis 60 %; *Festuca rupicola* 50 %; *Koeleria gracilis* 40 %; *Teucrium chamaedrys* 30 %; *Thymus serpyllum*, *Agropyron intermedium* je 20%; *Coronilla varia*, *Medicago falcata*, *Veronica prostrata*, *Hieracium pilosella* je 10 %; *Plantago lanceolata*, *Achillea collina*, *Galium verum*, *Poa pratensis*, *Carex caryophylla*, *Astragalus austriacus*, *Scabiosa ochroteuca*, *Centaurea stoebe*, *Pimpinella saxifraga*, *Fragaria collina*, *Viola rupestris*, *Lotus corniculatus*, *Potentilla arenaria*, *Asperula cynanchica* je 5 %; *Lepidium campestre*, *Senecio jacobaea*, *Potentilla argentea*, *Dactylis glomerata*, *Convolvulus arvensis*, *Hypericum perforatum*, *Crataegus monogyna*, *Trifolium repens*, *Medicago lupulina*, *Agrimonia eupatoria*, *Carduus nutans*, *Prunella laciniata*, *Galium glaucum*, *Petrorhagia saxifraga*, *Sedum acris* je unter 5%; *Cynoglossum officinale*, *Festuca rubra*, *Echium vulgare*, *Galium mollugo* je r.

Zeigerpflanzen für Trockenheit sind an diesem Standort vor allem *Avenochloa pratensis*, *Potentilla arenaria* und *Festuca rupicola*. Ihr weniger häufiges Auftreten gegenüber dem Paratschernosem charakterisiert diesen Tschernosem als nicht so extrem trocken. Der Kalkgehalt wird vor allem durch *Coronilla varia*, *Medicago falcata* und *Astragalus* angezeigt.

3.2. Pannonischer Trockenrasen auf Paratschernosem

Gesamtdeckung 80 %.

Festuca rupicola 70 %; *Koeleria gracilis* 50 %; *Potentilla arenaria* 40 %; *Potentilla argentea* 30 %; *Sedum boloniense*, *Galium verum* je 20 %; *Euphorbia cyparissias* 10 %; *Hieracium pilosella*, *Achillea collina*, *Cares caryophylla*, *Pimpinella saxifraga*, *Stipa capillata*, *Eryngium campestre*, *Lotus corniculatus*, *Convolvulus arvensis* je 5 %; *Petrorhagia saxifraga*, *Asperula cynanchica*, *Poa pratensis*, *Teucrium chamaedrys*, *Centaurea stoebe*, *Cynoglossum officinale*, *Hypericum perforatum* je unter 5 %.

Im Paratschernosem weist das im Vergleich zum Tschernosem viel häufigere Vorkommen von *Festuca rupicola*, *Koeleria gracilis* und *Potentilla arenaria* und das zusätzliche Auftreten von *Stipa capillata* und *Euphorbia cyparissias* auf den extremen Wassermangel dieses Standortes hin. Das viel häufigere Vorkommen von *Potentilla argentea* zeigt leicht saures Milieu infolge Nährstoffarmut an. Beide Standorte werden als Hutweide genutzt.

3.3. Eichen-Hainbuchen-Niederwald auf Lössbraunerde

Baumschicht: Deckung 90 %, Höhe 6 m.

Carpinus betulus 60 %; *Quercus pubescens*, *Quercus petraea* je 40 %; *Acer campestre*, *Ulmus minor* je r.

Strauchschicht: gering, Deckung 20 %.

Crataegus oxyacantha, *Ligustrum vulgare*, *Corylus avellana*, *Acer campestre*, *Evonymus europaea* je 5%; *Cornus sanguinea*, *Prunus spinosa*, *Viburnum lantana* je unter 5 %; *Ulmus minor*, *Sambucus nigra* je r.

Krautschicht: Deckung weniger als 5 %.

Polygonatum latifolium, *Lithospermum purpureocaeruleum*, *Pulmonaria officinalis*, *Geum urbanum*, *Dictamnus albus* je unter 5 %; *Brachypodium sylvaticum*, *Sorbus torminalis*, *Malus sylvestris* je r.

Quercus pubescens, ein Tiefwurzler, ist typisch für trocken-warme, nährstoffreiche (meist kalkhaltige) Standorte. Auf gute Standortseigenschaften weisen auch *Polygonatum latifolium* und *Lithospermum purpureocaeruleum* hin. Zeigerpflanzen für Trockenheit sind auf diesem tiefgründigen Boden nicht vorhanden.

3.4. Mesophiler Waldmeister-Buchenwald auf Pseudogley (N II)

Baumschicht: Höhe 30 m, Deckung 80 %.

Fagus sylvatica 80 %; *Larix decidua* 10 %; *Quercus petraea* weniger als 5 % (Waldrand).

Strauchschicht: fehlt.

Krautschicht: Deckung 60 %.

Vinca minor 60 %; *Galium odoratum* 50 %; *Carex pilosa* 40 %; *Corydalis cava* 10%; *Fagus sylvatica* 5%; *Pulmonaria officinalis*, *Carex sylvatica*, *Carex digitata*, *Sanicula europaea*, *Vicia sepium*, *Viola sylvatica*, *Clematis vitalba*, *Campanula trachelium*, *Ajuga reptans*, *Milium effusum*, *Daphne mezereum*, *Symphytum tuberosum*, *Lathyrus vernus*, *Fraxinus excelsior*, *Prunus avium*, *Acer pseudo-platanus*, *Polygonatum multiflorum*, *Mycelis muralis* je kleiner als 5 %.

Die Vegetation weist diesen Standort als sehr guten Waldstandort aus, als frisch im Wasserhaushalt, im Chemismus als mäßig sauer und relativ nährstoffreich. Das Auftreten wirksamer stauender Nässe geht aus der Vegetation nicht hervor.

3.5. Magerwiese auf pseudovergleyter Braunerde (N III)

Gesamtdeckung 80-90 %.

Avenochloa pubescens 30 %; *Arrhenaterum elatior*, *Centaurea iacea*, *Trifolium medium*, *Lotus corniculatus*, *Bromus erectus* je 20 %; *Anthoxanthum odoratum* 15 %; *Holcus lanatus*, *Festuca pratensis*, *Trisetum flavescens*, *Salvia pratensis*, *Colchicum autumnale*, *Lathyrus pratensis*, *Rhinanthus minor*, *Carex caryophylla*, *Vicia cracca* je 10 %; *Lychnis flos-cuculi*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Luzula campestris*, *Rumex acetosa*, *Campanula patula*, *Ranunculus bulbosus*, *Galium mollugo*, *Plantago lanceolata*, *Myosotis arvensis*, *Veronica chamaedrys*, *Achillea millefolium*, *Trifolium pratense*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Leontodon hispidus*, *Anthyllis vulneraria*, *Knautia drymeia*, *Galium boreale* je 5 %; *Alopecurus pratensis*, *Arabis hirsuta*, *Briza media*, *Silene nutans*, *Filipendula hexapetala*, *Dianthus superbus*, *Ajuga reptans*, *Ranunculus acris*, *Fragaria vesca*, *Plantago media*, *Calamagrostis epigeios*, *Cerastium holosteides*, *Galium verum* je r.

Auf diesem Standort finden sich vor allem Trockenzeiger, wie *Salvia pratensis*, *Ranunculus bulbosus*, *Bromus erectus* und *Avenochloa pubescens*, aber auch Pflanzenarten, die für eher feuchte Wiesen charakteristisch sind wie z.B. *Holcus lanatus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Colchicum autumnale*, *Arrhenaterum elatius* und *Dactylis glomerata*. Diese Arten sind aber nicht so dominant wie die Trockenheit anzeigenden. Auf eine gewisse Nährstoffarmut weisen *Avenochloa*

pubescens, Bromus erectus und Anthoxanthum odoratum hin. Die Vegetation charakterisiert diesen Standort als wechselfeucht; der größte Teil des Jahres gehört aber der trockenen Phase an.

4. Bodenkundliche Feldbefunde

4.1. Tschernosem unter Hutweide (Z I)

Lage: Windexponiert auf der Parndorfer Platte, südöstlich von Zurndorf, 100 m neben der Straße nach Mönchhof.

Muttergestein: Kalkhaltiger Flugstaub auf alten fluvioglazialen Donauschottern.

Bodentyp: Tschernosem

Horizontbeschreibung:

- A 0-30 cm schwarz (nf 10 YR 3/3); humos, Mull; stark lehmiger Sand; mittel- bis feingranulär, zusammengesetzt zu mittelblockigen, kantenrunden, größeren Aggregaten; starker Anteil an Regenwurmlosung; porös, nach unten zu etwas dichter lagernd; stark durchwurzelt, stark belebt; allmählich übergehend in
- AD₁ 30-40/45 cm Schwarzerde mit groben Schottern vermengt; allmählich übergehend in
- D₁ 40/45-90/100 cm kalkarmes feinsandiges Sediment, zuoberst noch mit groben Schottern vermischt; übergehend in
- D₂ 100-130 cm rostiger Sand, hellere und dunklere Bänder wechseln ab.

Anmerkung:

- 1) Im A-Horizont vereinzelt feine blanke Quarze sichtbar (Durchmesser etwa 0,5-0,2 mm).

4.2. Paratschernosem unter Hutweide (Z II)

Lage: Wie Z I, jedoch 100 m weiter südlich.

Muttergestein: Kalkfreier Flugstaub auf alten fluvioglazialen Donauschottern.

Bodentyp: Paratschernosem.

- A 0-20 cm rotbraun (nf 7,5 YR 3/2 - 10 YR 3/2); humos, Mull; stark lehmiger Sand; kantenrunde mittelblockige Aggregate, zerfallend in mittel- und feingranuläre Krümel biogener Herkunft; porös; stark durchwurzelt, belebt; allmählich übergehend in
- A₁D 20-35 cm wenig Feinmaterial, Schotter mit Mull vermengt; durchwurzelt, belebt; übergehend in
- A₂D 35-45/55 cm bräunliche Schotter mit schwarzen Kolloidüberzügen; buchten- und wellenförmig übergehend in
- D tiefer als 45/55 cm rotbraune sandige Schotter; nicht mehr durchwurzelt.

Anmerkung:

- 1) Im A-Horizont treten blanke Quarzkörner auf (0,5-0,2 mm).
- 2) In 35-45/55 cm Tiefe weisen die schwarzen Kolloidüberzüge auf Verfrachtung von Huminstoffen hin; möglicherweise sind es Na-Humate. Diese Auswaschung muß nicht fossiler Natur sein, sie kann infolge seichter Krume und geringer Speicherkapazität für Wasser auch noch heute erfolgen.

4.3. Braunerde auf Schwemmlöß unter Wald (Z III)

Lage: Zurndorfer Eichenwald, 1 km südwestlich Zurndorf.

Muttergestein: Schwemmlöß (1-3 m mächtig) auf fluvioglazialen Donauschottern.

Bodentyp: Braunerde.

Horizontbeschreibung:

- O₁ 2-1 cm
- O_f 1-0 cm
- A 0-12/15 cm dunkelgraubraun (nf 10 YR 4/2); humos, Mull; schluffiger Lehm; undeutlich grobblockige bis mittelblockige Aggregate, feinkrümelig zerfallend; stark porös; durchwurzelt, stark belebt; übergehend in
- B_v 15-40 cm dunkelgelbbraun (nf 10 YR 4/4); schwach humos, Mull; schluffig-toniger Lehm mit vereinzelt Quarzkieseln (10 mm); zusammengesetzt aus deutlich mittelblockigen, scharfkantigen bis

- kantenrunden Aggregaten; mittelporös, mäßig dicht; stark durchwurzelt, belebt; allmählich übergehend in
- BC 40-55 cm graubraun bis gelblichbraun (M 10 YR 5/3 - 5/4), dunkelrotbraune Aggregatgrenzen (nf 5 YR 3/3), hellere Bodenaggregate gelblichbraun (nf 10 YR 5/4); schluffiger Lehm, mit vereinzelt Quarzkieseln; undeutlich mittelblockige Aggregate mit dunkelrotbraunen Aggregatgrenzen; an Bruchflächen heller; mosaikartige Anordnung dieser unregelmäßig begrenzten helleren und dunkleren Bodenaggregate, größtenteils Regenwurmmexkreme; allmählich übergehend in
- C₁ 55-75 cm hellgelblichbraun (nf 2,5 Y 6/3), etwas bindiger als der darunter folgende Horizont;
- C₂ 75 cm und tiefer hellgelblichbraun (nf 2,5 Y 6/3); feinsandiger schluffiger Lehm mit Lößgefüge, vereinzelt Kalkkonkretionen; mäßig durchwurzelt; porös; locker lagernd.
- In größeren Tiefen (bis 3 m) Wechsellagerung mit feinsandigen und stellenweise wieder bindigeren Sedimenten.

4.4. Schwerer Pseudogley unter Wiese (N I)

Lage: Terrassenleiste des Auberges nördlich Elsbach.

Horizontbeschreibung:

- A 0-5 cm dunkelbraungrau (nf 2,5 Y 4/2); humos, Mull; toniger Lehm, stark klebend, stark plastisch; grobgranulär; schwach porös; verdichtet; schwache Regenwurmtätigkeit, stark durchwurzelt
- AP 5-15/25 cm graubraun (nf 2,5 Y 4/2); humos, Mull, humusfleckig, Humusfilme; toniger Lehm; grobblockige Struktur, zusammengesetzt aus grob- und feinblockigen, scharfkantigen Aggregaten; mehrere Feinporen; dicht lagernd; schwache Regenwurmtätigkeit, mäßig durchwurzelt; taschenförmig übergehend in
- P₁ 15/25-45 cm graubraun bis hellbraungrau (nf 2,5 Y 5/2-5/1); humos, Humusfilme; Ton; undeutlich grobblockige, scharfkantige Struktur, gewunden-schalig zusammengesetzt: aus undeutlich fein-

und mittelblockig scharfkantigen Aggregaten + schwach plattigen Scherflächen (slicken slides). Häufig Punktkonkretionen, vereinzelt Blockkonkretionen (5 mm), einzelne hellbraune Rostfilme; mäßig durchwurzelt, schwache Regenwurmtätigkeit (mäßige Massierung der 5-10 mm-Wurzeln).

- P₂ 45-60 cm hellolivbraun und graubraun (purpurstichig, nf 2,5 Y 5/4 + 2,5 Y 5/1); Nadelrisse stark gehäuft; sonst wie P₁
- PS 60-80 cm hellolivbraun und graubraun (purpurstichig, nf 2,5 Y 5/4 + 2,5 Y 5/1); Ton bis toniger Lehm; undeutlich fein- bis mittelblockige, scharfkantige Aggregate; feinporig mit 5-10 mm-Baumwurzelmassierung
- D₁ 80-82/85 cm verhärtetes Band
- C_{ca} S 82/85 cm und tiefer hellolivbraun bis oliv (nf 2,5 Y - 5 Y 5/3 + 2,5 Y 5/4), M: grauoliv (2,5 Y - 5 Y 5/3); Ton bis toniger Lehm; undeutlich feinblockig scharfkantige Aggregate; schwach nadelrissig und starke Kalkanreicherung (netzförmig warzig angeordnet).

Anmerkung:

- 1) In kleinen Mulden Häufung von Binsen.
- 2) Molasse im D₁ plattig sandsteinartig verfestigt.

4.5. Pseudogley unter Buchenwald (N II)

Lage: Terrassenleiste-Innenrandlage des Auberges nördlich Elsbach.

Horizontbeschreibung:

- O 1-0 cm Laubstreu
- A 0-2/15 cm dunkelbraungrau (nf 2,5 Y 3/1, M: 2,5 Y 4/2); humos, Mull; Lehm, plastisch, klebend; deutlich mittel- und grobgranulär, zusammengesetzt zu undeutlich mittel- und grobblockigen Aggregaten; porös, normal gelagert; stark durchwurzelt, stark belebt; taschenförmig übergehend
- AP 2/15-10/20 cm dunkelbraungrau und hellolivbraun (nf 2,5 Y 4/2 + 5/4); humos, Mull, Humusfilme; Lehm, plastisch, klebend; undeut-

- lich mittelplattig mit vereinzelt grobgranulären Aggregaten; schwach porös, verdichtet; viele feine Punktkonkretionen; durchwurzelt, belebt; allmählich übergehend
- BP 10/20-40 cm Farbe wie oben; humos, Mull, Humusfilme schwächer; schluffiger Lehm; undeutlich plattig + undeutlich mittelblockig, kantenrund, spröde brechend; schwach porös, mäßig verdichtet; viele feine und mittlere Punktkonkretionen, mehrere fahle Flecken und Rostflecken, fahles Pseudomyzel; partienweise an der Unterkante Strukturen vertikal orientiert, mit fahlen Bestegen an den Grenzflächen; stark belebt; allmählich übergehend
- PS 40-60/65 cm hellbraungraue Grundfarbe, dunkelbraune und schwarze Punktkonkretionen und Bestege (nf 2,5 Y 6/2 + 7,5 YR 1/2 + 7,5 YR 3/4 - 4/4); toniger Schluff; deutlich feinkantig, scharfkantig; schwach feinporös; fahl mit Ansätzen zu horizontal orientierten "slicken slides", fein rostädig mit dunkelbraunen Bestegen; durchwurzelt, belebt; mit stärkerem Auftreten größerer Konkretionen übergehend
- S 60/65-120 cm Grundsubstanz hellbraungrau, Konkretionen dunkelbraun, purpurnes Netzwerk der Faserwurzeln, fahlbraungraue "slicken slides" (nf 7,5 YR 4/5 + 7,5 YR 3/4 + 5 RP + 2,5 Y 6/2 - 6/1); toniger Schluff; Rostfleckung horizontal orientiert, unterbrochen von fahlen slicken slides-Flächen mit dunkelpurpurnem Faserwurzelmaterial; schwächst feinporös; schwach durchwurzelt; viele Konkretionen, Punktkonkretionen und Konkretionssand (5 YR 3/2-2/2)
- DS 120-135 cm Substratfarbe grau, Roststreifen und Konkretionsbestege dunkelbraun (nf 5 Y 5/1 + 7,5 YR 4/5 + 7,5 YR 3/2); toniger Schluff, undeutlich mittelblockig, scharfkantig, viele pseudomyzelartige Kalkkonkretionen; schwächst belebt; mit verhärteten, plattenförmigen, sandigen Partien übergehend in
- D 140 cm und tiefer: Molasse.

Anmerkungen:

- 1) Stockwerksprofil: junge Auflage bis einschließlich BP (leichter als die darunterfolgenden Horizonte).
- 2) Der S-Horizont weist einen höheren Braunlehmanteil auf als Profil N I.
- 3) Sandigere Partien schokoladefärbig verwittert: in 100 cm Tiefe tritt eine das Profil durchziehende senkrecht stehende sandige Partie auf. Diese kann als bevorzugte und daher stärker verwitterte Sickerbahn angesehen werden.
- 4) Das Profil ist infolge Bewaldung weniger tagwasservergleyt als Profil N I. Die Stauzone ist mäßig verbraunt.
- 5) Das Profil ist weniger verdichtet als der Grünlandstandort; es ist auch stärker belebt.

4.6. Pseudovergleyte Braunerde unter Magerwiese-(N III)

Lage: Oberhang in Kuppenregion, 3-4⁰S

Muttergestein: Lößdecke auf Molasse

Bodentyp: überlagerter; mäßig pseudovergleyter Braunlehm (pseudovergleyte Braunerde)

Horizontbeschreibung:

- A 0-10 cm dunkelgrau bis dunkelgraubraun (nf 2,5 Y 4/1), M: dunkelgraubraun (2,5 Y 4/2); humos, Mull; stark lehmiger Schluff; deutlich mittel- und grobgranulär, zusammengesetzt zu undeutlich grobblockigen Aggregaten; porös; stark durchwurzelt, belebt; allmählich übergend
- AP 10-40 cm grau bis graubraun (nf 2,5 Y 5/1 - 6/1) an natürlichen Grenzflächen, hellbraungrau bis hellgelblichbraun (nf 2,5 Y 6/3) an Schnittflächen, M: hellbraungrau (2,5 Y 6/3); schwach humos, Humusfilme; stark lehmiger Schluff bis schluffiger Lehm; deutlich vertikal plattig, zusammengesetzt aus undeutlich grobgranulären und mittelblockig scharfkantigen Aggregaten, Grenzflächen mäßig rau; porös, feine Grobporen und Mittelporen überwiegen; belebt, regelmäßig von Regenwurmröhren (Ø 3mm) durchzogen, vereinzelt verschlammte Ruhenester, durchwurzelt,

mäßig tätig; viele feine Punktkonkretionen; mit größer werden-
den und massierten Punktkonkretionen übergehend in

B_{fos 1} S_t (B_tS) 40-70 cm gelblichbraun (nf 10 YR 5/5) an Schnittflächen, dunkel-
gelbbraun bis olivbraun an natürlichen Aggregatgrenzflächen,
dunkelbraune (nf 5 YR 2/2 - 3/2) Bestege an Aggregatgrenzflä-
chen; M: braun (10 YR 5/3); schwach humos, vereinzelt Hu-
musfilme; toniger Schluff; deutlich vertikal plattig, zusamen-
gesetzt aus deutlich mittelblockig - scharfkantigen Aggregaten,
Grenzflächen verschlämmt, glatt mit undeutlich fahlen und rot-
violetten Filmen; schwach mittelporös, verdichtet; viele Punkt-
konkretionen; vereinzelt sehr kleine fahle Höfe (Ø 1 mm), par-
tienweise unzusammenhängende kleine Rauhlackkrusten; schwach
durchwurzelt, mäßig belebt, mehrere Regenwurmröhren; über-
gehend in

B_{fos 2} S_t 70-90 cm gelbbraun (nf 10 YR 5/6) an der Schnittfläche, dunkelrotbrau-
ne (nf 5 YR 4/2 - 3/2) Bestege an Aggregatgrenzflächen, Misch-
farbe dunkelgelbbraun (10 YR 4/4); schwach belebt, vereinzelt
kurze Lösungsstränge, oft undeutlich granulär; schwach durch-
wurzelt; stark lehmiger Schluff; undeutlich vertikal plattig,
zusammengesetzt aus deutlich mittelblockig scharfkantigen
Aggregaten, in der hellbraunen Grundmasse sind nur die bucke-
ligen, von Filmen begrenzten Aggregate deutlich strukturiert;
porös, Porenkontinuität lediglich außerhalb der knolligen Aggre-
gate; mehrere Punktkonkretionen, viele Filme; allmählich über-
gehend in

B_{fos 1 ca} 90-120 cm Grundmasse gelbbraun (nf 10 YR 5/6), Aggregatgrenzflä -
chen braun (nf 10 YR 5/3), braune Mischfarbe (M: 10 YR 5/4);
schwach belebt, Faserwurzeln auslaufend; stark lehmiger
Schluff; undeutlich plattig, undeutlich zusammengesetzt aus
feinblockig scharfkantigen und oberflächenrauen Aggregaten;
starkes Pseudomyzel aus Kalk, bei etwa 120 cm starke Kalk-
konkretionen (Ø 1-5 cm), vereinzelt drusenförmig ausgebildet,

vereinzelt fahles Plasma in den Faserwurzelgängen, vereinzelt Punktkonkretionen und Bestege an den Aggregatgrenzflächen, vereinzelt Blockkonkretionen (konkretionär zusammengepackter Sand), übergehend in

B_{fos2 ca} 120 cm und tiefer: Farbe wie der obere Horizont, von diesem durch schwächere Kalkausscheidung unterschieden.

5. Korngrößenverteilung

Die Profile Z I und Z II sind einander ähnlich. Ihre Kornverteilung weist sie als lehmigen Sand aus. Beide zeigen in der Krume von ca. 0-20 cm ein Maximum an Staub (20-50 μ). Z II ist an feinen Fraktionen ärmer und dafür reicher an Grobsand (200-2000 μ). Dieses Profil liegt im leicht hängigen Bereich.

Die Kornanalyse beweist die äolische Herkunft der Substrate beider Profile. Wie im Seewinkel treten auch auf der Parndorfer Platte auf engem Raum wechselnd Löß und kalkfreier Flugstaub auf. Auf dem erstgenannten haben sich Tschernoseme, auf dem letztgenannten Paratschernoseme gebildet.

Die Lössen liegen in den Mulden, der Flugstaub bedeckt die allerdings sehr flachen Rücken. Das läßt an eine Selektion nach Korngrößen bei der äolischen Abiagerung denken: auf den stärker windexponierten Rücken blieb gröberes und weniger Material liegen als in den allerdings nur sehr seichten Mulden. Man kann beide Sedimente in wiederholtem Wechsel in zahlreichen Schottergruben dieses Gebietes gut beobachten. Es ist durchaus möglich, daß der Flugsand ursprünglich kalkhaltig abgelagert und nachträglich entkalkt wurde. Die in den unterlagernden Schottern an vielen Stellen zu beobachtenden Ca-Horizonte ziehen unter kalkhaltigem Löß ebenso durch wie unter dem Flugstaub. Sie sind älter als diese Sedimente und mit älteren Böden, von denen sich nur noch in die Schotter kryptobatisch eigenwürdig Reste finden, in Zusammenhang zu bringen.

Weil in Z I tiefgründig karbonathaltiges Material vorliegt, führte Bioakkumulation zu einem größeren Nährstoffreichtum der Krume. Ein wesentlicher Faktor für die Prägung zum Tschernosem waren aber sicher die Regenwürmer und die Wühlmäuse. Nach H. FRANZ (1960) wird die Bodenbildung und Bodenentwicklung maßgeblich von Substanzverlagerungen durch tierische Organismen

beeinflusst. Karbonathaltiges Material (siehe Tab. 4, CaCO_3 -Scheibler) wurde aus 40 cm Tiefe in die Krume gefördert; heute enthält diese 0,9 % CaCO_3 . Dies genügte, um aus dem äolischen Material eine Schwarzerde zu bilden. In 30–40 cm Tiefe fand sich auch ein Schlackenrest, ein Artefakt historischer menschlicher Tätigkeit, doch kann aufgrund eines Einzelfundes keine Datierung erfolgen.

Im Profil Z II wurde nur eine geringmächtige Sedimentschicht aufgeweht. Im Untergrund liegen völlig kalkfreie, fluvioglaziale Donauschotter. Hier konnte sich nur ein nährstoffarmer Paratschernosem entwickeln. Auch wenn die Auflage einst karbonathaltig gewesen wäre, würde sie heute, infolge geringer Mächtigkeit, schon entkalkt sein. Vielleicht deutet eine mit zunehmender Tiefe steigende Ca-Sättigung (siehe Tab. 7) auf einstigen Karbonatgehalt hin.

Profil Z III, die Braunerde auf Schwemmlöß, zeigt eine Kornverteilung, die folgende Interpretation erlaubt: Im A-Horizont liegt der Gehalt an Rohton mit 23 % etwas niedriger als im darunterliegenden B_v mit 27 %. Eine gewisse Tonverlagerung aus der entkalkten Krume ist möglich. Ab 55 cm beginnt unverwitterter Schwemmlöß. Obwohl darin bereits eine Abnahme des Rohtonanteils zu erwarten wäre, tritt hier trotzdem noch der gleiche Tongehalt auf wie im B_v -Horizont, nämlich 27 %. Erst in einer Tiefe von 100 cm sinkt dieser auf 13 % und zeigt weiters einen hohen Gehalt an Staub (27 %). Daraus ist zu schließen, daß bis zur Tiefe von 75 cm ein Schwemmaterial vorliegt, das schon bei seiner Verlagerung 27 % Ton besaß. Es folgt daraus weiter, daß im B_v -Horizont (15–55 cm) zwar eine intensive Verbraunung eingetreten ist, eine Tonmineralneubildung jedoch nicht stattgefunden hat.

Es erhebt sich die Frage, ob eine derart intensive Verwitterung unter den gegenwärtigen Klimabedingungen überhaupt möglich ist. Darauf wird im Kapitel über die Sesquioxiddynamik (S 29) noch näher eingegangen. Bei Bohrungen bis 3 m Tiefe hat sich sedimentologisch ein sehr wechselhaftes Bild geboten. Es liegen verschiedene Schichten von fluviatilen Sedimenten übereinander. Vermutlich entstammen die obersten 70 cm einer eigenen Sedimentation.

Bezüglich des Alters der Profile Z I, Z II und Z III nehme ich an, daß die äolischen Komponenten von Z I und Z II älter sind als die Braunerde in der Erosionsrinne; es müßte Z III sonst ebenfalls eine äolische Komponente tragen.

Die Pseudogleye N I und N II stehen in ihrer Korngrößenzusammensetzung einander sehr nahe (siehe Tab. 2). Die obersten 30 cm sind Lehm (Rohtongehalt 24-27 %). Ein zweites Maximum liegt im Staub (20-50 μ). Dies unterscheidet den A und AP von den darunterfolgenden, wesentlich schwereren Horizonten und macht wahrscheinlich, daß es sich dabei um eine äolische Auflage handelt. Von 30 bis etwa 80 cm Tiefe folgen in beiden Profilen Horizonte mit 37-39% Ton, also Böden, deren Schwere bis zum tonigen Lehm reicht. Diese Horizonte stammen aus einer Zeit intensiver Verwitterung und Tonmineralneubildung. Darunter treten geringe Unterschiede zwischen N I und N II auf, doch zeigt sich allgemein eine leichtere Bodenart, Grobschluff und Grobsand nehmen zu und es folgt der Übergang in die Molasse. Davon liegen keine Korngrößenbestimmungen vor. Ihre Zusammensetzung ist schichtweise sehr verschieden, feinkörnige Partien wechseln mit sandigen Partien.

Auch Profil N III läßt in seinen obersten 40 cm eine Lößauflage (bzw. eine Flugstaubaufflage) erkennen, auch hier tritt, abgesehen von etwas geringerem Tongehalt (21-26%), der Staub stärker hervor (20-50 μ). Ab 40 cm, wo der Roh-tongehalt auf 32% steigt, beginnt der fossile B-Horizont, der sich vor allem pro-filmorphologisch gliedern läßt, Korngrößenmäßig allerdings nur mit ziemlichen Unsicherheiten (siehe Tab. 2). Bei der Probenahme aus größerer Tiefe bin ich an diesem Standort erst in 2 m Tiefe auf Molasse gestoßen. Infolge hängiger Lage dürften die fossilen Horizonte hier nicht mehr in autochthoner Lagerung vorlie-gen; Gleitvorgänge haben dazu geführt, daß die Molasse 2 m tief begraben liegt. Texturmäßig sind die fossilen B-Horizonte schwerer zu unterscheiden als in N I und N II. Der höchste Tongehalt in N III beträgt 32%, während in N I 39,5% er-reicht werden.

6. Organische Substanz und C/N-Verhältnisse

Von allen 6 Profilen weist der Tschernosem Z I mit 5,03% den höchsten Humusgehalt auf (vgl. Tab. 4). Auf dem benachbarten Paratschernosem Z II konnten 4,28% ermittelt werden. Da beide Profile gleiche Vegetation tragen, führe ich diesen Unterschied auf eine geringere Stoffproduktion in Z II zurück, die aus der mageren Ernährung resultiert. Ein wesentlicher Faktor ist aber auch

Mangel an Ca, wodurch die Stabilität des Humus geringer ist. Darauf deuten auch die schwarzen Humusüberzüge auf den Schottern bis etwa 60 cm hin.

Daß in Z I der höchste Humusgehalt auftritt, ist wohl im zeitweilig gehemmten Abbau der organischen Substanz begründet, und zwar tritt Trockenruhe der Mikroorganismen dann ein, wenn die Saugspannung in der Krume pF 4,2 überschreitet (siehe auch das Kapitel Periodischer Feuchtegang). Der Gehalt an organischer Substanz ist maßgeblich vom Klima beeinflusst. Möglicherweise ist das relativ weite C/N-Verhältnis von 16,9 eine Folge des verlangsamten Abbaues. Für einen Tschernosem wird für gewöhnlich ein engeres Verhältnis erwartet (nach SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1970, ist das C/N-Verhältnis etwa 10, nach MENGEL, 1968, etwa 8). Mit zunehmender Tiefe wird es enger und sinkt z.B. in Z I von 16,9 (in der Krume) auf 13,4 (in 50 cm Tiefe). Dies ist eine Folge fortschreitenden Abbaues und Einbaues in die Bakterienmasse, die nach MENGEL (1968) ein C/N-Verhältnis von etwa 5-8 aufweist. Die Krume von Z III weist 3,79 % Humus auf. Für die jährlich anfallende große Laubmenge ist dies wenig. Über dem humosen Horizont liegt noch eine 2 cm mächtige Streuschicht. Die Aufarbeitung dieser Streuauflage währt etwa 2 Jahre. Auch hier kann mit einer zeitweisen Trockenruhe gerechnet werden (LOUB, 1960), wie der periodische Feuchtegang gezeigt hat, doch in der mikrobiell aktiven Zeit bietet der Standort günstige Abbaubedingungen, und eine übermäßige Anreicherung der organischen Substanz wird verhindert. Das C/N-Verhältnis wird in 40 cm Tiefe enger, darunter aber wieder weiter (19,8). Der Humusgehalt liegt hier sehr niedrig, so daß eventuell feine Wurzeln die Analyse beeinflusst haben und dieses weite C/N-Verhältnis bewirken.

Ein Vergleich der Standorte N I und N II zeigt überraschender Weise, daß unter Grünland der Humusgehalt etwas höher liegt als unter Buchenwald. Im Tschernosem liegt die Bedeutung der organischen Substanz für die Bodendynamik vornehmlich in der Erhöhung der Sorptionskraft und in einem verbesserten Wasserhaltevermögen. In den schweren Pseudogleyen liegt sie dagegen darin, daß die organische Substanz die Lebensgrundlage der Mikroorganismen darstellt, die durch ihre Tätigkeit eine Bodenstruktur bilden oder aufrechterhalten, die den höheren Pflanzen ein besseres Gedeihen ermöglicht. Austauschkapazität und Wasserhaltevermögen werden vom Tongehalt bestimmt.

Da die untersuchten Böden nicht gedüngt sind, kommt dem Nährstoffgehalt der organischen Substanz besondere Bedeutung zu. Die in ihr vorübergehend festgelegten Nährstoffe werden leicht in eine pflanzenverfügbare Form übergeführt. Es sei noch erwähnt, daß unter anaeroben Bedingungen, wie sie kurzfristig in Pseudogleyen durch Wasserstau auftreten, organische Säuren Eisen und Mangan in Lösung bringen und auf geringe Entfernung verlagern. Es sind dies farblose, wasserlösliche, organische Säuren, ähnlich wie sie in Podsolon auftreten. Die Pseudogleye N I und N II weichen, bedingt durch ihren unterschiedlichen Bewuchs, in ihren Humusgehalten und im C/N-Verhältnis voneinander ab. Unter Laubwald wurden im obersten Horizont 4,2 % Humus bestimmt, der das relativ weite C/N-Verhältnis von 19,5 aufweist. Darüber liegt 2 cm Laubstreu. Im AP verengt sich das Verhältnis auf 11 und nimmt im BP auf 12,5 zu. In diesem Waldprofil wird das günstigste C/N-Verhältnis von allen Standorten erreicht. Nach MENGEL weist die organische Substanz von Mikroorganismen ein C/N-Verhältnis von 5 auf, Pilze haben ein solches von 10. Die Laubstreu der Buchen (C/N etwa 30) und des Unterwuchses können hier unter günstigen mikroklimatischen Bedingungen verarbeitet werden, so daß Humus mit diesem optimalen Verhältnis entsteht. MENGEL (1968) nennt das Verhältnis von 10 einen gewissen Schwellenwert, unter dem die N-Mineralisation zunimmt, während bei weiteren Verhältnissen die biologische Bindung immer stärker wird.

Den höchsten Humusgehalt der Sieghartskirchner Profile hat N I (Pseudogley unter Wiese) mit 4,48. Im Humusgehalt zeichnet sich auch die Bearbeitungstiefe ab, denn die Gehalte vom A- und AP-Horizont bis 25 cm in NI liegen einander sehr nahe (im Vergleich zu N II und N III). Das C/N-Verhältnis liegt bei 15.

Die pseudovergleyte Braunerde N III weist mit 3,6 % den niedrigsten Humusgehalt auf. Die C/N-Verhältnisse von 13,3 (im A-Horizont) bis 16 (im $B_{fos} S_1$ -Horizont) zeigen wiederum eine leichte Erweiterung mit zunehmender Tiefe. Die mit zunehmender Tiefe weiter werdenden C/N-Relationen können bedingen, daß bei niedrigen Humusgehalten in den unteren Horizonten feine Wurzeln die Analysenwerte stärker beeinflussen. Sie können aber auch auf die Staunässenwirkung zurückgehen. Unter Einfluß der Staunässe und des dadurch bedingten anaeroben Milieus wird die Denitrifizierung begünstigt. Dies bedingt eine geringere N-Ausnützung und ungünstigere Humusformen sind die Folge.

7. Stoffmobilisierung und Stoffimmobilisierung

7.1. Allgemeine Bemerkungen

Die Nährstoffe, die der Boden insgesamt enthält, sind nur zu einem geringen Teil pflanzenaufnehmbar. Dies ist eine Folge der verschiedenen Bindungsintensitäten, mit der verschiedene Teilmengen eines Nährstoffes im Boden festgehalten werden (Sorption an Oberflächen, Zwischenschichtionen, gefällte Oxyhydrate, Konkretionen, Ionen im Kristallgitter). Zum Austausch muß Energie aufgewendet werden. Die unterschiedliche Bindungsfestigkeit muß erfaßt werden, wenn die Verfügbarkeit der Nährstoffe beurteilt werden soll. NEMETH (Vortrag im Rahmen der Österr. Bodenkundlichen Gesellschaft) tut dies, indem er Böden in ein elektrisches Feld bringt und dessen Feldstärke ständig erhöht. Auf jedem Niveau werden vom Boden erneut Ionen in die Bodenlösung abgegeben, deren Menge - bei definierter Zeit - der aufgewendeten Energie entspricht. Diese Art der Untersuchung zeigt anschaulich, daß die Nährstoffe mit verschiedenen Energien gebunden sind, und erfaßt auch Bereiche, wo das Nährstoffaneignungsvermögen der Pflanze nicht mehr hinreicht, um sie dem Boden zu entziehen. Nicht so anschaulich ist zunächst die Charakteristik der Bindungsintensität der Elemente durch Anwendung verschiedener Extraktionsmittel. Werden diese aber derart zu einem Fraktionierungsgang geordnet, daß fortlaufend extraktionskräftigere Lösungen zur Anwendung gelangen, dann ist die Charakteristik der Bindungsintensität auch in diesem Fall ohne Schwierigkeiten möglich. Diese kann zunächst durch Begriffe wie wasserlöslich, austauschbar, indizierend (mobil), amorph-immobil, frei (freigesetzt) grob charakterisiert werden (vgl. U.SCHWERTMANN 1964, G.HUSZ und F.SOLAR, 1966, F.SOLAR, 1971; s.a. CHANG u.JACKSON). Sofern entsprechende Daten aus der physiko-chemischen Literatur zur Verfügung stehen, läßt sich die Bindungsintensität auch zahlenmäßig genau fassen. Das Maß der Bindungsintensität sind die Stabilitäts- oder die Dissoziationskonstanten des Extraktionsmittels bzw. die Konstanten der bei der Extraktion entstehenden Verbindungen (vgl. F.SOLAR, 1972). Eine definierte Fraktionierungsreihe wurde von F.SOLAR und G.HUSZ (1966) unter sinngemäßer Aneinanderreihung bereits konzipierter Methoden eingeführt. Die verwendeten Extraktionsmittel sind: Wasser (1:5), n-Ammonazetat, 0,5 n H_2SO_4 , Tamm'sche Lösung,

0,5 n NaOH, Na-Dithionit/Na-Zitrat (je 1:10). Diese Reihe wird fallweise und streng abgestimmt auf bestimmte Sachfragen modifiziert, wobei vor allem der hydrolytische Austausch bzw. das bei der Extraktion verwendete Boden:Wasser-Verhältnis variiert werden. Die bodenchemischen Untersuchungen führten bei den einzelnen Bodenprofilen zu den folgenden Ergebnissen.

7.2. Hydrolytischer Austausch

Reaktion, Elektrolytgehalt, Wasserlösliche Ionen:

7.2.1. Reaktion (siehe Tab. 9, 10):

Bei einem Boden:Wasser-Verhältnis von 1:5 zeigen die Profile NI und NII leicht saures pH, im molasse-beeinflußten tieferen Profilteil pH Werte über 7,0; N III liegt im Neutralbereich; in Z I steigen die pH-Werte über 8,0 an. Wie im Kapitel "Feuchtebedingte Stoffdynamik" gezeigt wird, liegen die tatsächlichen pH-Werte der Bodenlösung immer höher als die Werté des 1:5-Wasserauszuges. Messungen an frischen Proben zeigten meist niedrigere Werte (0,3 - 1,5 Einheiten niedriger) als luftgetrocknete, alte Proben.

7.2.2. Leitfähigkeit (siehe Tab. 9, 10):

Diese läßt in allen Krümen eine Bioakkumulation der Nährstoffe erkennen und liegt zwischen 185 mikroS in der Z I-Krume und 40 mikroS im PS von N II. In allen Profilen liegen die Leitfähigkeiten relativ niedrig. Stauzonen, Staukörper, der $B_{fos 1}$ von N III und der B_v -Horizont der Lößbraunerde weisen besonders niedrige Elektrolytgehalte und zugleich auch die tiefesten pH-Werte auf.

7.2.3. Wasserlösliche Ionen:

Darüber informieren die Tabellen 9 und 10. Hier soll nur auf einige typische Sachverhalte hingewiesen werden. In den Profilen N I - III zeigen die Na-Werte eine leichte Anreicherung über den S-Horizonten. Daß die Krume durchschnittlich höhere Gehalte an wasserlöslichen Ionen aufweist, könnte auch, abgesehen von der Bioakkumulation, dadurch verursacht sein, daß Huminstoffe als Austauscher ihre sorbierten Ionen leichter der Lösung zur Verfügung stellen als anorganische Austauscher. Ähnliches ist als "Humateffekt" bezeichnet worden (FRANZ, MENGEL, SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL). Diese Wirkung, die u.a. eine Phosphatfestlegung verhindern soll (MATTSON, 1953, MARSCHNER, 1958)

oder - wie SCHEFFER feststellt - die Alterung der Fe- und Al-Oxyde und somit ihre Festlegung verzögert, könnte auch hier eine Rolle spielen. Die Stauzonen von N I, II, III sind an wasserlöslichen Ionen verarmt. In diesen Profilen nimmt auch der PO_4 -Gehalt von der Krume bis in die untersten Stockwerke ab. Die stark verwitterten Horizonte weisen auch am Sorptionskomplex wenig PO_4 auf und sind im Zuge ihrer Genese einfach an Phosphat verarmt (okkludiert als Fe-Phosphat). Im karbonathaltigen Molasseuntergrund dagegen bewirken das hohe pH und das hohe Ca-Angebot in der Bodenlösung eine Verringerung des wasserlöslichen Phosphates (siehe auch "Feuchtebedingte Stoffdynamik"). Dieses Phänomen tritt auch beim Vergleich von Z I und Z II auf, wo der PO_4 -Gehalt der Bodenlösung des Tschernosems wesentlich geringer ist als der von Z II.

In den Ca-Gehalten drückt sich die erfolgte Profilprägung am ehesten in einer Ca-Verarmung der Bodenlösung aus. Ebenso tritt der Unterschied im Ca-Haushalt zwischen Tschernosem und Paratschernosem deutlich auf. Einer näheren Betrachtung wert scheint mit der Ca-Gehalt in Profil Z III in 40-65 cm Tiefe. In diesem BC-Übergangshorizont liegt der Karbonatanteil bei 2 %, der sorbierte Anteil ist auch noch wesentlich niedriger als im darunter folgenden C-Horizont; trotzdem ist hier die Bodenlösung besonders reich an Ca. Ich nehme an, daß aus den darüberliegenden A- und B-Horizonten (pH 6,5) zeitweise (saure) Stoffwechselprodukte eingewaschen werden, die neben der natürlich vorhandenen Kohlensäure das vorliegende Karbonat aufbereiten. Auffallend ist auch der starke Fe-Anteil in der Bodenlösung.

Wie schon HOAGLAND und Mitarbeiter (1948) festgestellt haben, nimmt die Konzentration der Ionen während der Vegetation ab. In meinen Profilen ist zeitweise die PO_4 -Konzentration (0,007 mmol/l) auffallend niedrig. Es ist offensichtlich, daß die Pflanze von dieser geringen Konzentration nicht leben kann. Man muß vielmehr annehmen, daß während der Vegetation dauernd neue PO_4 -Ionen von der festen Phase des Bodens in die Bodenlösung oder direkt an die Pflanzenwurzel nachgeliefert werden.

Die wasserlöslichen Mengen an K sind für diese tonreichen Böden allgemein sehr niedrig und erreichen in den Stauzonen und Staukörpern ein Minimum (N I, II, III). Wie die günstigeren Werte in der Austauschphase zeigen, ist auch

hier die Nachlieferung ein wesentlicher Faktor. Sehr schlecht mit K versorgt ist Z II; es kann hier auch kaum Nachlieferung erwartet werden (siehe auch n-Ammon- und $0,5 \text{ n H}_2\text{SO}_4$ -Werte). Dieses Nachlieferungsvermögen ist eine wesentliche Größe für die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen. Um den Nährstoffspiegel eines Bodens beurteilen zu können, genügt daher ein Wasserauszug allein nicht, man muß auch die Menge der sorbierten Ionen kennen, aus der die Nachlieferung an die Bodenlösung stammt. Wenn genügend Nährstoffe am Sorptionskomplex liegen, wird nach MENGEL (1961) die Geschwindigkeit der Nachlieferung an die Bodenlösung selten zum begrenzenden Faktor der Ionenaufnahme.

7.3. Die Austauschphase

7.3.1. Umtauschkapazität und Sättigungsgrad

Die Sorptionsverhältnisse wurden nach der Methode MEHLICH ermittelt. Von den Zurndorfer Profilen zeigt die Krume von Z III mit 23 mval/100 g Boden den höchsten T-Wert, bedingt durch den Tongehalt (23,5 %) und eine günstige Humusform. Dieses Z III-Profil ist aufgrund der T-Werte dreigeteilt in A-, B_v - und C-Horizont (siehe Tab.5,6). Die Na- und K-Sättigung ist sehr niedrig (0,2-1,2 %). Im Vergleich mit allen übrigen Standorten weist die Lößbraunerde die weitaus höchste Mg-Sättigung auf (9-18 %), wobei der höchste Wert zum C-Horizont gehört. Das ist typisch für umgelagerte Böden (SOLAR, 1972). Für Z I und Z II ist der T-Wert nicht auf 100 g Feinboden bezogen, sondern aufgrund der Siebanalyse auf die wahren Profilverhältnisse umgerechnet. Daher liegen die T-Werte für die Krumen bei 22,5 mval (Z I) und 20,0 mval (Z II) und sinken in den darunterliegenden Schottern teilweise bis auf 1,0 mval ab. Der Tschernosem zeigt in der Krume die höchste Na-Sättigung (3,5 %). Die Ca-Sättigung steigt bis auf 95 %.

Als sehr stark an Nährstoffen verarmt erweist sich der Paratschernosem. Das gesamte Profil leidet Mangel an Alkalien und Erdalkalien und die V-Werte liegen zwischen 55 und 84 %. Derartig niedere Werte erreichen nicht einmal die Pseudogleye. Bemerkenswert ist eine mit der Tiefe ständig zunehmende Ca-Sättigung, von 48 % im A-Horizont bis 74 % in 110 cm Tiefe. Dies deutet auf eine starke Ca-Auswaschung in den oberen Horizonten hin. Unerwartet niedrig liegt

auch der pH-Wert. Hier sei auf die schwarzen Humusüberzüge auf den Schottern bis etwa 60 cm Tiefe hingewiesen. Die Ca-Verarmung kann für die Humuswanderung die Voraussetzung geschaffen haben. Im Vergleich zu Z I ist hier das Ca:Mg-Verhältnis am Sorptionskomplex enger. Der humose Horizont von Z II läßt unter der Lupe neben organischer Substanz sogar blanke Quarzkörner erkennen. Das Profil ist aus karbonatfreien Geröllen und Sanden aufgebaut. Der mit der Tiefe zunehmende Ca-Gehalt könnte aus einstigen karbonatischen Komponenten der äolischen Auflage stammen (siehe auch Tab. 1, 3 und 4).

In den T-Werten der A-Horizonte von N I, N II und N III kann man den entscheidenden Einfluß der organischen Substanz erkennen, wenn man Humus- und Tongehalte und die Austauschkapazität bis in größere Profiltiefe vergleichend verfolgt. Bei etwa gleichbleibendem Tongehalt sinkt der T-Wert bis zu 5 mval, wenn der Humusgehalt um etwa 3 % abnimmt. Auch nach SCHEFFER-SCHACHT-SCHABEL liegt die AK für Humus etwa viermal höher als die eines durchschnittlichen anorganischen Austauschers.

In N I weisen die Sättigungsgrade für die einzelnen Alkalien und Erdalkalien in der Krume den anthropogenen Einfluß im Wege der Düngung nach, denn die natürliche Bioakkumulation, wie sie auch unter Wald zu finden ist, bewirkt nicht diese großen Unterschiede. Die Düngungswirkung scheint auf diesem schweren Boden nicht tief zu reichen, höchstens bis 40 cm.

In den entkalkten, intensiv verwitterten Horizonten (bis 60/80 cm) von N I und N II treten V-Werte zwischen 72 und 95 % auf. Die Bodenlösung ist schwach sauer. Den niedrigsten Wert zeigt die Krume des Waldstandortes N II, wo ein pH von 5,9 vorliegt. Beim biogenen Stoffumsatz haben organische Säuren und CO₂ eine rasche Verwitterung begünstigt und für intensiven Abtransport der Basen gesorgt. Infolge der geringen Durchlässigkeit dieser schweren Pseudogleye wird die Nährstoffauswaschung geringer sein als vergleichsweise in Z II, wo die seichte Krume derart nährstoffarm geworden ist, daß ein V-Wert von 55% auftritt. Noch dazu besitzt ein tonreicher Boden ein wesentlich stärkeres Nachlieferungsvermögen aus seinen festen Komponenten, wodurch der Nährstoffentzug durch die Pflanzen und die Auswaschung für lange Zeit kompensiert werden können.

Den Profilen N I, II, III ist eine hohe Ca-Sättigung ab etwa 80 cm Tiefe gemeinsam (siehe auch Karbonatgehalte Tab. 4). Weil bei Abtrocknung des Bodens sich die Wasserbewegung im Boden umkehrt, wird vornehmlich im Sommer Ca-reiche Bodenlösung in die bereits entkalkten, intensiv verwitterten Horizonte gesaugt und führt dort zu einer relativ hohen Ca-Sättigung am Sorptionskomplex. Dies hat bei den herrschenden Klimaverhältnissen sicher Auswirkungen auf die Geschwindigkeit der Profilentwicklung.

In N III liegt die Austauschkapazität entsprechend dem geringeren Tongehalt unter der von N I und N II. Die Ca- und Mg-Sättigung ist im gesamten Profil sehr einheitlich und erlaubt keine Horizontgliederung. Der Ca- und Mg-Sättigungsgrad ist in 0-40 cm Tiefe (entsprechend der jungen Lößauflage) höher als in N I und N II. Die geringere Verwitterungsintensität dieser oberen Bodenschicht äußert sich auch in pH-Werten über 7,0, während in den vergleichbaren Profilen mit häufigem Staunässeinfluß pH-Werte zwischen 5,3 und 6,8 gemessen werden. Die im Wasserhaushalt dieses Standortes begründete andersartige Profilprägung äußert sich auch in den Sorptionsverhältnissen.

7.3.2. Ladungsdichten (vgl. Tab. 8)

Aus der spezifischen Oberfläche und der Austauschkapazität kann man die Ladungsdichte der Oberfläche der anorganischen und organischen Austauschbereiche berechnen. Ladungsdichten werden in mval/cm^2 ausgedrückt. Die spezifische Oberfläche wurde durch monomolekulare Belegung mit Wassermolekülen nach der Methode von BRUNNAUER, EMMET und TELLER (1938) ermittelt.

7.4. Sesquioxiddynamik

7.4.1. Vergleich Z I (Tschernosem) und Z II (Paratschernosem):

Z I: Die Summenkurve der gesamtfreien Sesquioxide Al + Fe + Mn wird geprägt durch die Dominanz des gesamtfreien Fe. Die Fe-Freisetzung ist in der Krume besonders stark (Humateffekt), nimmt bis 45 cm ab und tiefer wieder zu (diese Zunahme von 60-100 cm kann auch substratbedingt sein). Die Al-Freisetzung nimmt von 0-45 cm leicht zu und wird im tieferen Profilteil äußerst gering. Mn zeigt einen etwa gleichbleibenden Verlauf im Profil.

Z II: Die Summenkurve der gesamtfreien Sesquioxide zeigt in diesem Profil bis

45 cm eine Zunahmetendenz. Wie sich aus den Einzeldarstellungen zeigt, prägt hier vor allem das Mn neben dem Fe den Trend.

Mn nimmt bis etwa 45 cm Tiefe (Humus ist hier häufig in Form von schwarzem Lack auf den Schottern zu finden) stark zu (7-25 mval/100 g Boden). Der Freisetzungsgrad von Fe nimmt in Z I mit der Tiefe ab, in Z II hingegen zu. Al weist in der Z II-Krume eine wesentlich stärkere Freisetzung auf, als in Z I. Völlig unterschiedlich aber ist die Verteilung der Löslichkeitsformen des Fe und Mn: im Tschernosem als auch im Paratschernosem liegen zwar die Werte an gesamtfreiem Eisen gleich hoch, es besteht aber ein wesentlicher Unterschied zwischen der indizierenden und der amorphen Fraktion.

In Z I liegen 77% des gesamtfreien Fe als indizierendes Fe vor, der amorphe schwerlösliche Anteil ist dagegen gering. Dies tritt auch klar im Mobilitätsgrad zutage, der 77% erreicht. In Z II hingegen ist die Situation geradezu extrem gegenteilig: das gesamtfreie Fe liegt hier fast vollkommen in der schwerlöslichen amorphen Fraktion vor. Es ist praktisch kein indizierendes Fe vorhanden. Der Mobilitätsgrad beträgt 0,7%.

Dabei sind die Humusgehalte kaum verschieden, auch die Tongehalte sind sehr ähnlich. Das Mn läßt in seiner indizierenden Fraktion zwischen beiden Profilen keinen Unterschied erkennen, wohl aber in der Verteilung der gesamtfreien und amorphen Mn-Menge: In Z I ist die freigesetzte Menge über das gesamte Profil gering und fast gleichförmig. Zwischen den Werten für indizierendes, amorphes und gesamtfreies Mn gibt es nur geringe Unterschiede; ihr Profilverlauf ist einheitlich.

In Z II hingegen nimmt das gesamtfreie Mn (13-27 mval) und auch sein Freisetzungsgrad (52-99%) stark zu. Doch auch diese Mengen gehören fast völlig in die amorphe, "schwerlösliche" Fraktion. Der indizierende Mn-Anteil ist im gesamten Profil äußerst niedrig. Im tieferen Profilverlauf nimmt das gesamtfreie Mn ab, ebenso der Freisetzungsgrad. Der Kurvenverlauf des Mn in Z II macht eine Verlagerung aus der Krume in den darunterliegenden schotterigen Horizont wahrscheinlich, obwohl bei HUSZ und SOLAR (1966) speziell das Mn eine deutliche Tendenz zur Nahflockung und Bioakkumulation zeigt. Im Paratschernosem (Z II) zeigt das Al (8%) einen höheren Freisetzungsgrad als im

Tschernosem (3 %). Im Tschernosem läßt der Kurvenverlauf eine Begünstigung der Fe-Freisetzung in der Krume durch die organische Substanz vermuten. Ähnliches wurde auch von HUSZ und SOLAR (1966) beobachtet.

Schlußfolgerung:

Aus der Analyse der Sesquioxide des Tschernosems und des Paratschernosems geht hervor, daß ihr Gehalt an gesamtfreiem Fe sehr ähnlich ist, die Bindungsformen und somit auch die Löslichkeitsformen aber grundverschieden sind. Die Sesquioxidverteilung scheint die langfristige Folge einer völlig andersartigen Dynamik zu sein, weil einerseits in Z I Karbonate und Nährstoffreserven im Unterboden liegen, andererseits in Z II eine seichte, völlig kalkfreie Krume auf alten Donauschottern ansteht. Die angewandte Untersuchungsmethodik kann aber die Frage, warum im Tschernosem das Fe locker (mobil) gebunden ist und im Paratschernosem sehr fest gebunden wird (immobil), nicht beantworten. Der gleichartige Verteilungstypus von Humus und Sesquioxiden legt allerdings die Vermutung nahe, daß die organische Substanz dabei eine wesentliche Rolle spielt.

7.4.2. Z III - Lößbraunerde unter Eichenwald

Der Gehalt an gesamtfreien Sesquioxiden (Al + Fe + Mn-Summenkurve) nimmt von der Krume bis zum BC-Horizont ab (140-105 mval/100 g Boden), steigt dann aber bis 75 cm Tiefe erstaunlich hoch an (195 mval) und fällt im darunterliegenden unverwitterten Schwemmlöß wieder stark ab. Wenn man das gesamtfreie Al, Fe und Mn einzeln verfolgt, sieht man, daß Al seine Maxima einerseits in der Krume und andererseits im B_v und im BC hat (30-50 mval). Von allen untersuchten Profilen weisen diese Horizonte den überhaupt höchsten Al-Freisetzungsgrad auf. Seine starke Abnahme bis 65 cm beeinflußt auch den Verlauf der Summenkurve. Eine genaue Interpretation dieses Sachverhaltes ist schwierig.

Das gesamtfreie Fe nimmt von A über B_v bis BC mäßig zu (77-92 mval). Auf den BC-Horizont folgt von 65-75 cm ein C₁-Horizont, der plötzlich extreme Mengen an gesamtfreiem Fe aufweist (91,5% Freisetzungsgrad). Tiefer im "unverwitterten" Schwemmlöß ist die Eisenfreisetzung wieder geringer (67%). Der Gehalt an gesamtfreiem Fe allein würde noch nicht für eine erklärende Aussage genügen, aber in diesem extremen C₁-Horizont steigt auch das indizierende Fe

stark an. Die schwerlösliche Fe-Fraktion nimmt hier ab. Auch das indizierende Mn zeigt den gleichen Trend wie das Fe, während das gesamtfreie Mn etwas abnimmt. Die Verteilungskurve der schwerlöslichen Oxide weist hier ein Minimum auf und kennzeichnet diesen Horizont als rezent besonders aktiv. Der Mobilitätsgrad des Mn ist weniger ausgeprägt als der des Fe; dieser Sachverhalt wurde von SOLAR und BURGER (1972) schon ähnlich beschrieben. Aus den Werten und Darstellungen glaube ich folgende Aussage machen zu können:

Die Lößbraunerde kann als autochthone Verwitterungsdecke betrachtet werden, die sich auf allochthonem Schwemmlöß gebildet hat, obwohl der Standort in einem Tschernosemklima liegt. Dabei weisen die geringen Sesquioxidmengen und ihr geringer Mobilitätsgrad im A-, B_v- und BC-Horizont ähnliche Werte auf wie etwa das N III-Profil. Es kann dieser Profilmereich bereits als "relativ alt" angesprochen werden. Darunter folgt ein heute noch besonders aktiver Horizont (C₁), den sein Fe-Mobilitätsgrad als "in Verbraunung begriffen" aufweist. Hierbei wird die von FRANZ, BURGER (1972) und SOLAR (1972) getroffene Annahme zugrunde gelegt, daß bei jungen Böden der Fe-Mobilitätsgrad sehr hoch liegt, wie dies an jungen unentwickelten Böden im Großglocknermassiv nachgewiesen wurde. Dies drückt sich auch in einer beginnenden zarten Verbraunung aus, zum Unterschied vom tieferliegenden, relativ unverwitterten grauen Löß.

Auch im Profil N II tritt ab etwa 100 cm Tiefe, wo bereits aufgemürbte, aber deutlich erkennbare Molasse ansteht, dasselbe Phänomen auf (siehe graph. Darstellung 13). Meine Erklärung ist folgende: diese tieferen Horizonte sind eben den Verwitterungs- und Bodenbildungsfaktoren weniger intensiv ausgesetzt wie etwa die obersten 40, 60 oder 80 cm (in den Tropen ist dieser Angriff noch wesentlich mächtiger); sie verwittern daher langsamer und das Verwitterungs-Initialstadium liegt in einer für den Standort typischen Tiefe. Vor allem Niederschläge, Temperatur, Bodenart und nicht zuletzt der Verwitterungsbeginn bestimmen, in welcher Tiefe zurzeit das Initialstadium erreicht ist. Dabei fällt auf, daß für die humideren Standorte N I, II, III die Zunahme der indizierenden Fe-Fraktion in etwa 100 cm beginnt, während im arideren Zurndorf der Beginn dieser Zunahme bereits bei 65 cm liegt, d.h. infolge geringerer Niederschläge oder auch geringeren Alters das Z III-Profil noch nicht so tiefgründig verwittert

ist wie etwa N II. Wenn die rezent wirkenden Bodenbildungsfaktoren noch heute und bis in 65–75 cm Tiefe in Zurndorf eine derartige Mobilisierungskraft entfalten, so darf man annehmen, daß sie in früheren, regenreicheren Perioden, vor allem in den oberflächennäheren Horizonten A, B_v und BC, die Prägung zur Braunerde bewirkt haben.

7.4.3. N I:

Dieses Profil weist in der Krume an Al, Fe, Mn eindeutig einen höheren Freisetzungsgrad auf als die darunterliegenden AP- und P₁-Horizonte. Bestimmend für das Verhalten der gesamtfreien Sesquioxide ist das Fe. Der größte Teil des gesamtfreien Fe ist als schwerlösliche Oxidform festgelegt. Der Mobilitätsgrad ist sehr gering (6–9 %). Dabei treten bezeichnender Weise die höchsten Mobilitätsgrade im P₁ und P₂ auf. Nach HUSZ und SOLAR (1966) wäre auch das indizierende Mn ein empfindlicher Anzeiger für Staunässe. Für dieses Profil, obwohl es Grünland trägt, reicht die rezente Durchfeuchtung nicht aus, um in den bereits intensiv verwitterten Horizonten wesentliche Mengen an Fe und Mn zu mobilisieren. Höhere Werte an indizierenden Sesquioxiden treten aber ab 100 cm auf, nämlich dort, wo die tertiäre Molasse noch in Verwitterung begriffen ist. Das gesamtfreie Fe weist eine bezeichnende Maximum-Minimum-Kurve auf. Dieser sehr ähnlich ist die Verteilung der schwer löslichen amorphen Fe-Oxide, während das indizierende Fe - davon unabhängig - nur in sehr geringer Menge vorhanden ist. Dies beweist, daß die amorphe und die gesamtfreie Fe-Fraktion zwar noch eine typische Pseudogleyodynamik aufweisen, der Sesquioxidhaushalt sich aber rezent nicht mehr wie in einem typischen Pseudogley verhält. Wenn auch kurzfristig geringer Wasserstau im Profil auftritt, ist seine Wirkung auf die Sesquioxiddynamik offenbar doch zu gering.

7.4.4. N II:

Das Verhalten der gesamtfreien Sesquioxide im Profil ist eindeutig vom Verhalten des Fe geprägt; erst in zweiter Linie wirkt sich das Al aus, das eine stärkere Freisetzung in 30–65 cm Tiefe erfährt. Das indizierende Fe ist in der Krume geringfügig angereichert, die höheren Werte treten aber wiederum am Übergang zur Molasse auf. Auch in N II ist aus der Sesquioxiddynamik eine

Wirkung stauender Nässe nicht abzulesen. Es ergibt sich für dieses Profil, aufgrund anderer bodenphysikalischer Kennwerte und aus der Tatsache, daß Wald mehr Wasser verbraucht, daß die heutigen Durchfeuchtungsbedingungen nicht ausreichen, um sich in der Sesquioxiddynamik zu manifestieren, so wie es für einen Pseudogley typisch wäre.

7.4.5. N III:

Die Verteilung der Sesquioxide in diesem Profil ist geradezu homogen. Auffällig ist ein relativ hoher freier Al-Wert in 30–45 cm. Fe liegt auch hier größtenteils in schwer löslicher Form vor. Die indizierende Fraktion ist gering und weist nur in 100 cm Tiefe eine geringe Zunahme auf. Es ist aus der Sesquioxidverteilung zu ersehen, daß anschließend an die untersuchten Horizonte nicht Molasse folgt, sondern mehr oder weniger stark verwittertes Material, das bezüglich der Fe-Mobilität sich anders verhält als Molasse. Wie schon bei der Schilderung des Wasserhaushaltes angeführt, tritt Molasse erst in 2 m Tiefe auf. Über ihr lagert Material, das vermutlich solifluidal gewandert ist. Ein Nachweis einer Pseudogleydynamik durch ein bestimmtes Verhalten der Sesquioxide konnte in diesem Profil nicht erwartet werden, und zwar schon deshalb nicht, weil der Wasserhaushalt von den übrigen Profilen abweicht.

7.5. Ionen, die durch $0,5\text{ n H}_2\text{SO}_4$ freigesetzt werden

Zurndorf: Die Betrachtung der $0,5\text{ n H}_2\text{SO}_4$ -Auszüge zeigt, daß eine besondere Nachlieferung an Nährstoffen auf längere Sicht nicht zu erwarten ist. Der verfügbare Nährstoffvorrat ist bei allen untersuchten Nährionen nicht sehr ergiebig.

In Z I, in einer Tiefe von 20–45 cm, ist Phosphor festgelegt. Geringe Mengen an PO_4 sind auch in den tieferen Profilschichten von Z III vorhanden. An K gibt es in allen Zurndorfer Profilen praktisch keine Reserven, die in größerem Umfang den Pflanzen zur Verfügung stehen könnten.

Sieghartskirchen: In den Profilen N I, II, III ist K sehr geringfügig im S-Horizont von N I sowie in den S- und CS-Horizonten von N II angereichert.

7.6. Elemente, die mit gleicher Bindungsintensität wie die amorphe Sesquioxidfraktion gebunden sind

In Z I liegt Mg in 45-85 cm Tiefe sehr fest gebunden vor, in geringerer Menge auch in Z III (65-110 cm). Größere Mengen Mn in amorpher Form weist Z II in 20-45 cm auf. In N I ist Mg mit starker Bindungsintensität vornehmlich in den Horizonten tiefer als 60 cm festzustellen. In den übrigen Profilen sind die Gehalte so gering, daß kaum eine Einflußnahme auf die spätere Nährstoffversorgung zu erwarten ist. Mn ist in N I in der Krume und im PS- und S-Horizont angereichert. Wesentliche Mengen sind in N III in 30-70 cm Tiefe festgelegt. An PO_4 sind in N I 60 mg/100 g Boden im S-Horizont festgelegt, etwa 30 mg im D_{Ca} S-Horizont (tiefer 85 cm). Auch in N II zeigt der der Molasse nahe Bereich sehr hohe PO_4 -Gehalte, die der immobilisierten amorphen Fraktion angehören.

8. Struktur und Massenaufbau:

8.1. Raumgewichte, Porenvolumina, Porenverteilung

Die Krumen des Tschernosems und des Paratschernosems weisen Raumgewichte (RG) von 1,31 bzw. 1,32 bei einem Porenvolumen (PV) von 49 % auf. Es liegt hier uraltes Weideland vor, das noch nie unter den Pflug genommen wurde; unter der natürlichen Vegetation hat sich eine poröse, weil belebte Krume gebildet. Etwa die Hälfte (26 %) sind Grobporen, deren Ursprung zum Teil in der besonderen Aktivität des dort heimischen Regenwurms (*Allolobophora hrabei*) liegt.

Der RG-Wert des humosen A-Horizontes des Lößbraunerdeprofils (Z III) liegt nur unwesentlich höher (RG 1,34), bedingt durch die biologische Aktivität in dieser obersten Bodenschicht, die durch Laubstreu ständig gefördert wird. Das PV ist mit 49 % relativ hoch. Grobporen (19 %) überwiegen, Mittelporen (16 %) treten relativ stark hervor. Im B_v -Horizont erreicht das RG in diesem Profil mit 1,45 die obere Grenze. Das Porenvolumen beträgt 48 % (Tonanteil 27,6 %), wobei hier die Feinporen überwiegen (19 %), Grobporen den geringsten Anteil haben (11,7), während Mittelporen in ähnlicher Menge auftreten wie im A- und C-Horizont. Aus der nur 15 cm betragenden Übergangszone BC liegen keine bodenphysikalischen Messungen vor.

Im C-Horizont (Schwemmlöß) wurde ein RG von 1,44 und ein PV von 46,5 festgestellt. Das Verhältnis von Grobporen (18,6) und Feinporen (11,5) ist jenem des B_v -Horizontes entgegengesetzt, während die Mittelporen (16,5) im wesentlichen gleich sind.

Der Einfluß dieser Porenverteilung wird im Kapitel Bodenwasser näher betrachtet. Im Vergleich mit dem A_h -Horizont des Tschernosems, dessen Ursprung ebenfalls Löß ist, zeigt sich im PV und RG die lockernde Wirkung der Bodenlebewelt und der Wurzeln. Eine weitere Erklärung könnte sein, daß angewehrter Löß von Haus aus lockerer lagert als Schwemmlöß, und um einen solchen handelt es sich im Profil Z III. Einzelne Quarzkiesel im B_v und C-Horizont bezeugen dies.

Profil N I, Pseudogley unter Wiese, weist im A-Horizont (0-10 cm) ein RG von 1,48 und ein PV von 45 % auf. Feinporen (19,8 %) und Mittelporen (16,7) überwiegen, Grobporen (8,5 %) sind weit weniger zahlreich. Gegenüber tieferliegenden Horizonten ist der Grobporenanteil relativ hoch, nicht nur wegen der Regenwürmer, die auch noch tiefer gehen, sondern vornehmlich infolge der Tätigkeit von Ameisen (*Myrmica* sp.). Über das zahlreiche Auftreten dieser Kolonien, etwa im Juni, war ich überrascht, so daß ich diesem Faktor, gerade auf dieser Wiese, bei der Hohlraumbildung im Boden Bedeutung beimesse. Neben der Hohlraumbildung hat aber auch eine oberflächliche Verdichtung stattgefunden, wahrscheinlich durch Befahren des Feldes vor der Grünlandansaat im zu feuchten Zustand. Die Empfindlichkeit dieses Bodens gegen Eingriffe bei hoher Bodenfeuchte muß wegen des hohen Rohtonanteiles (25 %) beachtet werden. Im A_p -Horizont (bis 25 cm Tiefe) steigt das RG leicht an (1,47), das PV steigt auf 46%. Feinporenanteil (21,6) und Mittelporenanteil (18,5) nehmen zu, während die Grobporen (5,9) weniger werden. Im P_1 -Horizont (-45 cm) bleiben RG (1,47) und PV (46 %) unverändert. Im P_2 -Horizont (-60 cm) liegt das RG mit 1,45 am niedrigsten im gesamten Profil, das PV mit 47 % am höchsten. Dies läßt sich teilweise durch den besonders hohen Rohtonanteil erklären (38 %). Entsprechend zahlreich sind auch die Feinporen (22,6), auch der Mittelporenanteil (22,3) ist stark ausgeprägt, während der Anteil der Grobporen (2,1 %) sehr stark reduziert ist, wodurch sich Konsequenzen im Wasserhaushalt, in der Mikrobiologie

und im Chemismus ergeben. Dieser Horizont enthält zahlreiche Baumwurzeln des etwa 15m entfernten Buchenwaldes. Im C_{ca} -S-Horizont (tiefer als 85cm) liegt das RG mit 1,62 am höchsten. Es muß angenommen werden, daß speziell Fein- und Mittelporen durch Kalkausscheidungen verstopft sind, worauf auch das PV von 41% hinweist. Der Feinporenanteil beträgt 19,4 %, der Mittelporenanteil 17,0.

Profil N II, Pseudogley unter Wald, hat im A-Horizont mit 1,30 das niedrigste RG und mit 50% das höchste PV aller untersuchter Standorte. In den obersten 10 cm ist der biogene Stoffumsatz im ganzen Profil am höchsten, der Boden am lockersten. Obwohl auch hier 24 % Ton in der Krume enthalten sind, ist der A-Horizont im besten Garezustand. Ein Vergleich mit dem A_p -Horizont von N I macht deutlich, wie strukturschädigend menschliche Nutzungsmaßnahmen sind, wenn sie ein bestehendes Gleichgewicht stören. Dieser Horizont besitzt 18 % Grobporen (wie A_h in Z III), 15 % Mittelporen und 16 % Feinporen. Der AP-Horizont (12-20 cm) mit einem RG von 1,42 und einem PV von 48 % weist noch relativ gute Bedingungen auf, denn seine 11 % Grobporen sorgen für Durchlüftung; dies gilt aber nicht, wenn massiver Wasserstau vorliegt: im darunterliegenden BP- (20-40 cm) und dem PS-Horizont (40-65 cm) nimmt das RG zu (1,46), das PV (46,5) ab, vor allem die drainierenden Grobporen (3,4 %), während Mittel- und Feinporen jeweils mit rund 21 % vorherrschen. Der Rohtonanteil liegt hier um 10 % höher als im darüberliegenden Boden. Der S-Horizont hat ein RG von 1,47 und ein PV von 46 %. Er unterscheidet sich kaum vom darüberliegenden PS-Horizont. Im DS-Horizont (120-130 cm) bewirken auftretende sandige Verhärtungen ein Ansteigen des Raumgewichtes auf 1,61 und eine Abnahme des Porenvolumens auf 41 %. Der Rohtonanteil ist um 12 % niedriger als im darüberliegenden Boden. Die Mittelporen sind auf 15 % und die Feinporen auf 18 % gesunken, die Grobporen haben allerdings etwas zugenommen. Die Stauwirkung dieses Horizontes dürfte wohl auf die Verringerung des Gesamtporenvolumens, auf eine Porendiskontinuität und auf sandige Verhärtungen zurückzuführen sein.

Profil N II, pseudovergleyte Braunerde: schon aus der Profilmorphologie läßt sich ablesen, daß die Verhältnisse hier anders sind als in den vorangegangenen Pseudogleyen N I und N II. Die beiden Horizonte A (0-10 cm) und AP (10-40 cm) unterscheiden sich schon den Poren nach von den darunterliegenden

fossilen Horizonten wesentlich. Der stark durchwurzelt und belebte A-Horizont hat ein RG von 1,35 und ein PV von 49%. Das Verhältnis Grobporen:Mittelporen:Feinporen = 17:15:16 ist ausgewogen. Der anschließende AP-Horizont (10–40 cm) weist ein RG von 1,48 und ein PV von 46 % auf. Auch die Porengrößen haben sich verändert: Grobporen 10,6 %, Mittelporen 16,5 % und Feinporen 18,9 %. Im folgenden Horizont $B_{fos\ 1} S_1$ (40–70 cm) nimmt das RG mit 1,49 geringfügig zu, das PV mit 45 % geringfügig ab. Wesentlich verändert haben sich aber die Porengrößenanteile, denn die Grobporen sind auf 6,9 % gesunken, die Feinporen (22 %) haben zugenommen, während der Mittelporenanteil gleichgeblieben ist. Auf alle Fälle hat dieser Horizont auf Grund seiner Porencharakteristik eine geringere Durchlässigkeit als der darüberliegende. Der Grobporenanteil ist mehr als doppelt so hoch wie in der vergleichbaren Tiefe von Profil NI und NII. Für den Wasserhaushalt ergibt sich, bedingt auch durch eine südhängig geneigte Lage, eine von jenen Profilen abweichende Situation, die sich auch profilprägend wesentlich ausgewirkt hat. Im $B_{fos\ 2} S_2$ -Horizont nimmt das RG geringfügig ab, das PV bleibt unverändert. Darunter folgt ein fossiler $B_{fos\ ca}$ -Horizont (90–120 cm), in dem das RG von 1,60 und ein reduziertes PV von 42 % Kalkeinlagerungen in den Poren erkennen lassen. Trotzdem sind noch 8 % Grobporen vorhanden. Der Feinporenanteil (16,6 %) ist im Vergleich zu dem darüberliegenden Horizont gering; dies hängt wohl mit dem vergleichsweise niedrigen Rohtongehalt zusammen, der hier (23 %) um 10 % niedriger liegt.

Zusammenfassung:

Wenn man Raumgewicht und Porenvolumen in Beziehung setzt mit Bodenkennwerten wie Korngrößenverteilung, Profilmorphologie, sichtbare biologische Aktivität, Kalkausscheidungen in gewissen Horizonten usw., dann gewinnen diese Werte wesentlich an Aussage. Auf Zusammenhänge mit dem Wasserhaushalt wird in späteren Ausführungen noch hingewiesen.

Porenvolumen, Porengrößenverteilung, Wasserbewegung, Wasserbindung und somit Aktivität des Bodenwassers hängen eng zusammen. Indirekt ergibt sich daraus eine Steuerung des chemischen Geschehens im Boden und auf lange Sicht eine Prägung des Profils. Und wie so oft in einem natürlichen System ist dieser

Vorgang rückgekoppelt, so daß die hervorgerufenen Veränderungen sich ihrerseits wieder auf Porenvolumen und Porengrößenverteilung auswirken.

Als Beispiel möchte ich den Pseudogley N I heranziehen. In einem vermutlich regenreicheren und etwas wärmeren Paläoklima konnte tertiäre Molasse ziemlich intensiv verwittern, durch Tonmineralneubildung erhöhte sich der ursprüngliche Rohtonengehalt von 15–20 % auf nunmehr 35 %. Damit wurde in dieser Verwitterungsdecke das Porengrößenverhältnis zugunsten der Feinporen verschoben. Eine spätere Lößüberwehung dieses Profils brachte durch Grenzflächeneffekte eine starke Pseudogleydyamik mit sich, die sich in zweierlei Art auf die Poren auswirken kann: 1.) Durch anaerobe Verhältnisse wird in der Matrix Fe^{++} in Bewegung gesetzt und in besser durchlüfteten, aufgelassenen Wurzelgängen wieder ausgeschieden, wodurch sich gerade die für die Belüftung wichtigen Grobporen verstopfen können. 2.) Es kann sich die Pseudogleydyamik über die verminderte biologische Aktivität auf den Hohlraumreichtum der betroffenen Horizonte auswirken, was wieder gerade die größeren Poren betrifft, denn die Bodentiere meiden, ebenso wie die meisten Wurzeln, sauerstoffarme, reduzierende Bedingungen. Weil freies Al toxisch wirkt, bzw. weil zu hohe CO_2 -Konzentrationen lebensfeindlich sind, wird dort die Durchwurzelungstätigkeit und die Tätigkeit der Regenwürmer, zumindest in Staunässeperioden, stark vermindert. Dadurch werden weniger Poren gebildet, die vorhandenen größeren Poren werden durch Konkretionen verstopft und das System neigt dazu, diese Pseudogleydyamik noch typischer werden zu lassen, weil in weiterer Folge immer häufiger ein Tagwasserstau eintreten muß. Dies dürfte die Ursache sein, daß im Profil N I unter 40 cm der Grobporenanteil nur mehr 2,1 % beträgt.

Im Vergleich dazu das Profil N III, die pseudovergleyte Braunerde: auch hier liegt etwa 40 cm unter der Bodenoberfläche eine ältere Verwitterungsdecke mit starkem Braunlehmanteil. Darüber wurde, vermutlich in der letzten Eiszeit, eine Lößdecke geweht. Trotz des ebenfalls hohen Rohtonanteils von 32 % im fossilen Horizont hat die Profilentwicklung einen anderen Weg eingeschlagen. Die Grobporen sind hier wesentlich stärker ausgeprägt (6,7 %). Konkretionen als Zeichen von abwechselnd reduzierenden und oxydierenden Bedingungen unter zeitweilig stauender Nässe sind auch hier vorhanden. Infolge der südhängigen

Lage ist aber die stauende Nässe nie stark genug gewesen, um das Profil zu verändern, weil seitlicher Abfluß, oberflächlich oder im Profil, möglich ist.

9. Wasserhaushalt

9.1. Allgemeiner Text

9.1.1. Adsorptionswasser - Kapillarwasser:

Wenn absolut trockener Boden mit wasserdampfhaltiger Luft in Berührung kommt, binden die Adsorptionskräfte des Bodens Wassermoleküle. BRUNNAUER-EMMET-TELLER (1938) nennen für die erste monomolekulare Wasserschicht eine Bindungskraft von etwa 6000 atm. An den Berührungsstellen der festen Bodenteilchen, und zwar zuerst in den engsten Kapillarräumen, können sich bereits stark gekrümmte Menisken bilden, wodurch der Übergang vom reinen Adsorptionswasser zum Kapillarwasser erfolgt. Diese Kapillarkondensation wird verursacht durch die Tendenz der Grenzfläche Wasser-Luft, sich zu verkleinern, um damit einen energieärmeren Zustand einzunehmen. Nach RODE (1969) führt dasselbe Prinzip auch zum kapillaren Aufstieg des Wassers. In unseren Böden ist der Wasseranteil, der durch Kapillarkondensation in einen Horizont gelangt, gegenüber eindringenden Niederschlägen relativ gering.

9.1.2. Potential des Bodenwassers:

E. BUCKINGHAM (1907, zit. bei HILLEL, 1971) hat den Begriff "Potential des Bodenwassers" in der Bodenkunde erstmals verwendet. Immer bewegt sich Wasser von Stellen höheren Potentials (höherer spezifischer Energie) zu solchen niedrigeren Potentials, und es würde dies solange tun, bis an allen Stellen eines Systems das Gesamtpotential denselben Wert hat. Seine Dimension ist ein Druck (at) oder eine Länge (cm Wassersäule bzw. deren negativer $\log = pF$ -Wert). Gravitationspotential und Matrixpotential wirken im Boden ständig zusammen und ergeben das hydraulische Potential, das für das hydrostatische Gleichgewicht im Boden verantwortlich ist.

9.1.3. Infiltration:

Infiltration nennt man das Eindringen von Wasser in den Boden bzw. die senkrechte Abwärtsbewegung von Wasser im Boden. Nach den Ausführungen von HILLEL (1971) hat dieser Vorgang große praktische Bedeutung, weil er auch den oberflächlichen Abfluß bestimmt und somit das Ausmaß der Erosion durch Starkregen. Wo die Infiltration gehemmt ist, kann der gesamte Wasserhaushalt der durchwurzelten Zone beeinflusst werden. Eine zerstörte Bodenstruktur, eine Pflugsohle, Verdichtungen durch Betritt, Quellen der Tone, eingeschlossene Luftblasen und eine Abnahme des Saugspannungsgradienten vermindern die Infiltration. Wenn Wasser die Grenzfläche Ton-Sand erreicht, nimmt die Infiltration ab, denn das Wasser im Ton steht unter höherer Saugspannung, so daß ein Übertritt in die Grobporen des Sandes nicht stattfinden kann. (Siehe auch Profil Z III, Übergang B - C.)

9.1.4. Verteilung der Bodenfeuchte im Profil:

Wenn die ursprüngliche Befeuchtungszone schmal und der darunterliegende Boden trocken ist, dann sind die Saugspannungsgradienten groß und die Verteilung erfolgt rasch. Wenn die ursprüngliche Befeuchtung schon beträchtlich tief reicht und auch der darunterliegende Boden naß ist, dann sind die Saugspannungsgradienten klein und die Wasserverteilung erfolgt hauptsächlich unter dem Einfluß der Schwerkraft. In einem tonigen Boden ist die Abnahme der hydraulischen Leitfähigkeit mit abnehmendem Wassergehalt geringer als in einem sandigen Boden, daher hält die Verteilung des Wassers länger an. Aus dem Gesagten folgt, daß die Bodenwasserspeicherleistung keine fixe Größe ist, sondern ein zeitliches Phänomen, das durch die Wasserbewegung im Boden bestimmt wird.

9.1.5. Feldkapazität:

Die Beobachtung, daß die Wasserbewegung und damit die Änderung des Wassergehaltes mit der Zeit abnimmt, hat zur Ansicht geführt, daß die Wasserbewegung innerhalb weniger Tage vernachlässigbar klein wird bzw. ganz aufhört. Der angenommene Wassergehalt, bei dem diese innere Drainage praktisch aufhört, wird Feldkapazität genannt. In sandigen Böden ist dieses Konzept am besten anwendbar. In mittelmäßig körnigen Böden kann die Verteilung aber viele Tage

dauern, wobei ihre Größe allerdings abnimmt. HILLEL (1971) berichtet, daß in einem Lößlehm die Verteilung von Wasser über 5 Monate andauerte. Je feuchter das Profil zu Beginn der Bewässerung und je größer die Tiefe der Durchfeuchtung ist, um so langsamer ist die Verteilungsrate und um so größer ist die scheinbare Feldkapazität. Weil eine wenig durchlässige Schicht die Wasserbewegung hemmt, liegt die Feldkapazität eines Pseudogleyes höher als die eines vergleichbaren Bodens.

9.1.6. Wasseraufnahme durch die Pflanze und Permanenter Welkepunkt:

Die Definition des Permanenten Welkepunktes geht auf SCHOFIELD zurück: "Wenn der Wassergehalt eines Bodens sinkt, erreicht die Bindungsfestigkeit des Wassers schließlich eine Höhe, bei der die Pflanzen dem Boden kein Wasser mehr zu entziehen vermögen und daher welken. Ist das Welken soweit fortgeschritten, daß die Turgeszenz in wassergesättigter Luft nicht wiederkehrt, so hat der Boden den Wassergehalt des PWP erreicht". Die Verfügbarkeit des Bodenwassers nimmt mit abnehmender Bodenfeuchte ab und wirkt sich auf das Wachstum der Pflanzen bereits aus, lange bevor der PWP erreicht ist (RICHARDS und WADLEIGH, 1952, zit. bei SLATYER, 1967). Die Wasseraufnahme hängt aber nicht allein vom Potential des Bodenwassers ab, sondern auch von der Fähigkeit der Wurzeln, Wasser zu absorbieren (Wurzeldichte, Durchwurzelungstiefe, Wurzelausbreitung), aber auch von der Eigenschaft des Bodens, Wasser in ausreichender Menge nachzuliefern. Messungen von SLATYER (1967) haben gezeigt, daß die Saugspannung des Bodens in unmittelbarem Kontakt mit der Wurzel wesentlich größer sein kann als im umgebenden Boden. Es muß eine Wasserbewegung solchen Ausmaßes zur Wurzel hin stattfinden, daß die Wasserverluste durch Transpiration ausgeglichen werden können. Daher ist die Wasserbewegung im Boden ein wesentlicher Faktor im Wasserhaushalt der Pflanze. Bei starker Evaporation (heißer, trockener Wind) wird die Bodenwassersaugspannung, bei der die Pflanze welkt, niedriger sein als etwa bei hoher Luftfeuchtigkeit.

Dies sind vornehmlich theoretische Erwägungen. Der tatsächliche Fehler bei Verschiebung des PWP zwischen 15 und 30 at ist sehr gering, weil dem Boden in diesem Bereich nur wenig Wasser entzogen wird (vgl. pF - Kurven, die in diesem Bereich sehr steil sind). Die größte Menge nutzbaren Wassers liegt im niederen Saugspannungsbereich.

J. R. PHILIPP (1966, zit. bei SLATYER, 1967) entwickelte ein Modell, in dem Bodenwasser, Wasser in der Pflanze und in der Atmosphäre ein System bilden. Die gesamte Potentialdifferenz zwischen Bodenwasser und atmosphärischem Wasser beträgt einige hundert at, in ariden Gebieten bis zu 1000 at. Zwischen Boden und Pflanze beträgt die Potentialdifferenz normalerweise nur einige bis 30 at, zwischen Wurzeln und Blättern etwa 10 at, so daß die größte Differenz in diesem System zwischen den Blättern und der Atmosphäre liegt. Der größte Widerstand liegt daher auch zwischen den Blättern und der Atmosphäre. Wenn sich die Spaltöffnungen der Blätter in der heißesten Zeit schließen, wird dieser Widerstand noch viel größer; er wirkt sich in einer Abnahme der Transpiration aus. Nach SLATYER (1964) ist die Wasseraufnahme durch die Wurzel vom Stoffwechselgeschehen beeinflussbar, so daß z.B. niedrige Wurzeltemperaturen (5°C) die Wasseraufnahme um 70 % einschränken. Ebenso hemmen hohe CO_2 -Gehalte der Bodenluft die Wasseraufnahme. Der an der Blattoberfläche ansetzende Transpirationssog pflanzt sich infolge Kohäsion der Wassermoleküle über das Xylem, das Wurzelgewebe, bis in die Bodenlösung fort. Die Intensität des Wassertransportes ist daher von der Transpiration abhängig.

9.1.7. Wasserdefizit und seine Auswirkungen auf das Wachstum:

Mit abnehmender Verfügbarkeit des Bodenwassers beginnt die Pflanze ihre Saugspannung zu erhöhen. SCHOLANDER (1965, zit. bei KOZLOWSKI, 1969) fand bei Ackerpflanzen tagsüber Saugspannungen von 40 at, in der Nacht solche von 16–20 at. Gemüse erleidet schon bei 5 at einen Stress.

Bei welchem Bodenwassergehalt und bei welchen klimatischen Bedingungen bereits eine Einschränkung der Assimilationsleistung erfolgt, hängt weitgehend von der betreffenden Pflanzenart ab. Wenn eine Erhöhung der Saugspannung der Pflanzenwurzel nicht mehr möglich ist bzw. nicht mehr ausreicht, die Wasserversorgung zu gewährleisten, werden die Spaltöffnungen geschlossen. Damit ist die CO_2 -Diffusion von der Atmosphäre in das Blatt unterbunden und die Assimilationstätigkeit hört auf. Nach KOZLOWSKI (1964) wirkt sich ein Wassermangel auf den Ertrag auch über eine verminderte Enzymaktivität, einen Wasserstress in den Cytoplasmastrukturen und über eine Dehydratation der Zellwände aus.

Wassergehalt und Ernährung der Pflanze stehen ebenfalls in engem Zusammenhang. Obwohl die Nährstoffaufnahme ein aktiver Prozeß ist (HOAGLAND, 1944, zit. bei KOZLOWSKI, 1968), ist doch die Pflanze auf den Transport von gelösten Nährionen zur Wurzel hin angewiesen. Ohne diesen Transport müßten die meisten Pflanzen ein viel ausgebreiteteres Wurzelsystem haben, um dieselben Nährstoffmengen aufnehmen zu können. Die Beziehung zwischen Wassermangel und Wachstum ist äußerst kompliziert, weil sie von Stoffwechselfvorgängen abhängig ist, die zum Teil noch nicht geklärt sind.

9.2. Wasserhaushaltsparameter

9.2.1. pF-Kurven, Feldkapazität, Permanenter Welkepunkt, Speicherleistung

Verhältnisse in den Profilen Z I und Z II:

Die beiden Profile auf der Parndorfer Platte (Tschernosem und Paratschernosem) sind in ihren Wasserhaushaltskennwerten einander sehr ähnlich. Beide zeigen in ihren Desorptionskurven eine rasche Wasserabgabe im niedrigen Saugspannungsbereich, so daß bei pF 2,0 nur mehr 24 Gew. % Wasser im Boden sind. Trotz der oben erwähnten Abhängigkeiten der Feldkapazität zeigt sie sich hier noch am ehesten von allen Profilen. Bei einer Saugspannung von 1 at (pF 3,0) ist der Wassergehalt bereits auf 14 % gesunken. Am PWP sind nur mehr 8 Gew. % Feuchte im Boden. Bei einer Krümmenmächtigkeit von 40 cm beträgt die Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser etwa 80 mm. In Z I kann dieser Wert zeitweise höher sein, in Z II oft auf etwa 40 mm absinken, und zwar infolge der sehr seichten Krüme über dem darunterliegenden Schotter, von dem keine Werte bestimmt wurden, dessen Speicherleistung aber sehr niedrig sein wird. In diesem rasch drainierenden Boden ist pflanzenverfügbares Sickerwasser nur kurze Zeit nach Niederschlägen anzutreffen; es wird somit den Wasserhaushalt der Pflanzen nicht wesentlich bereichern. Wie ich noch im Kapitel über den periodischen Feuchtegang ausführen werde, sind Saugspannungen größer als 5 at über längere Zeiten häufig anzutreffen, d.h. in 40 cm Krüme hält sich nur noch Feuchte, die etwa 10 mm Niederschlag entspricht. Die seichte Krüme trocknet rasch aus, denn Wassernachlieferung aus den darunterliegenden Schottern ist praktisch nicht möglich. Winterniederschläge können nur ungenügend gespeichert werden,

die Austrocknung der Krume wird durch die windexponierte Lage noch gefördert. All das kennzeichnet diese Böden als sehr trocken. Pflanzliche Stoffproduktion und die Mikroorganismen-tätigkeit müssen daher zeitweilig eingestellt werden, wodurch auch der mikrobielle Abbau der organischen Substanz verzögert und eine gewisse Anreicherung derselben gefördert wird. Es hat sich hier eine Flora zusammengelebt, die speziell an diese Bedingungen angepaßt ist und zeitweilige Trockenperioden überdauern kann (vgl. Vegetationsbeschreibung). Auf vergleichbaren Profilen wird Getreide gebaut und es zeigt sich, daß trotz niedriger Speicherleistung die Niederschläge in ihrer Häufigkeit, Verteilung und Intensität für eine Ernte etwa ausreichen. Bei Eintreten äußerst ungünstiger Witterungsbedingungen, z.B. bei langer Trockenheit während der Jugendentwicklung, treten auf diesen Äckern, deren Böden kaum eine Pufferzone haben, Ertragsdespressionen und Dürreschäden auf.

Profil Z III:

Die Lößbraunerde unter Eichenwald ist durch drei pF-Kurven, entsprechend den Horizonten A, B_v und C charakterisiert.

Der A-Horizont gibt seine Feuchte ziemlich kontinuierlich ab, im unteren Saugspannungsbereich etwas stärker als der B_v-Horizont, doch wesentlich langsamer als der C-Horizont. Bei pF 2,0 enthält er noch 25 Gew. % Wasser, bei pF 4,2 sind es nur mehr 10 Gew. %. Bei einer Mächtigkeit des A-Horizontes von 15 cm ergibt sich daraus eine Speicherleistung von 30 mm Niederschlag. Im Bereich von 5-15 at liegt hier noch immer eine Wasserreserve von etwa 9,5 mm vor. Dazu kommt die Wassernachlieferung aus den darunterliegenden Horizonten.

Der B_v-Horizont enthält bei pF 2,0 27,5 Gew. % Wasser und bei 15 at 12,3 Gew. %. Der letztere Wert ist durch den höheren Tonanteil zu erklären. Infolge des vergleichbaren Tonanteils im BC-Übergangshorizont, von dem keine pF-Kurven bestimmt wurden, mögen daher ziemlich ähnliche Werte wie für den B_v-Horizont gelten. Unter dieser Annahme beträgt die Speicherleistung dieser 40 cm (B_v+BC) etwa 84 mm. Zwischen 5 und 15 at liegt noch eine Wasserreserve von zirka 27 mm. In diesem Horizont kann die Wassernachlieferung zur Wurzel auch noch in höheren Saugspannungsbereichen erfolgen.

Im C-Horizont weist die pF-Kurve eine ganz unterschiedliche Form auf und kommt damit den Profilen Z I und Z II nahe. Im niederen Saugspannungsbereich wird rasch entwässert, so daß sich für pF 2,0 ein Wassergehalt von 23 Gew. % ergibt. Bei pF 4,2 sind es nur mehr 8 Gew. %. Für eine Tiefe bis 120 cm ergibt sich eine Wasserspeicherung von 140 mm. Auf Grund konventioneller Errechnung der Speicherleistung für pflanzenverfügbares Wasser aus den pF-Kurven ergibt sich für dieses Profil Z III bis zu einer Tiefe von 120 cm ein Wert von (30+84+140=) 254 mm Niederschlag. Tatsächlich aber wird der Boden nie mit einer solchen Regenmenge belastet. Auch wenn diese nach üblicher Rechnung ermittelten 254 mm nach neueren Ansichten (vgl. Kapitel: Infiltration, FK, Wasserverteilung) zu hoch sind, reichen die Winterniederschläge doch nicht aus, den Boden tief zu durchfeuchten, so daß hier unter Wald auf die wechselfeuchte oberste Schicht (140-160 cm) eine immer trockene Zone folgt, an die sich erst ab einer Tiefe von etwa 200 cm eine immerfeuchte Zone anschließt. Dies gilt für die Beobachtungen im Untersuchungszeitraum. In feuchteren Perioden reichen die Winterniederschläge zur vollen Durchfeuchtung des Profils aus. Dies geht aus Untersuchungen von NESTROY (1971) hervor. Dieser Wechsel im Verhalten ist charakteristisch für ein typisches Übergangsgebiet. Da diese trockene Zone nur unter Wald auftritt, nicht aber auf dem benachbarten Maisfeld, bedeutet dies, daß der weitaus stärkere Wasserverbrauch des Waldes eine tiefgreifende Durchfeuchtung dieses Profils verhindert. Die Winterniederschläge reichten deshalb nicht aus, das Profil Z III zu durchfeuchten, weil das vegetationsbedingte Feuchtedefizit des Bodens und Baumkronen die Feuchte in den obersten Schichten absorbierten.

Abgesehen von relativ geringen Winterniederschlägen und von der hohen Wasserschuld vom Sommer her, die bereits eine Wasserbindung in den obersten Horizonten bewirkt, neigt das Profil Z III auch dazu - bedingt durch eine Porendiskontinuität zwischen BC- und C-Horizont - Wasser in den bindigeren A-B_v-BC-Horizonten zu speichern. Wenn nämlich die Feuchtefront die Grenze vom BC- zum C-Horizont erreicht, ist nach den Gesetzen der Wasserbewegung in geschichteten Profilen (vgl. HANKS und BOWERS, 1962) der Übertritt in die größeren Poren des C-Horizontes erschwert, weil das Wasser im bindigeren B_v-Horizont stärker gebunden ist. Es muß sich erst genügend Druck aufbauen (Wasser anreichern), damit es in die größeren Poren des darunterliegenden Horizontes ein-

dringen kann. Die in den C-Horizont eindringende Feuchte ist nicht sehr ausgiebig und wird meist noch durch starke Saugspannungsgradienten verteilt. Weil die ungesättigte Leitfähigkeit mit abnehmendem Wassergehalt rasch abnimmt, hört die weitere Verteilung in die Tiefe bald auf, so daß nach meinen Bodenfeuchtebestimmungen eine immertrockene Zone angenommen werden kann. Da unter Acker die Verhältnisse im Vergleich zu Boden unter Wald jedoch grundverschieden sind, weil die Feldfrucht dem Boden wesentlich weniger Wasser entzieht, kann durch den Vorgang des ungesättigten Fließens unter Einwirkung des Gravitationspotentials das Grundwasser von den Kulturflächen her laufend ergänzt werden.

Verhältnisse in Profil N I:

Der Pseudogley wurde durch 4 Desorptionskurven charakterisiert. Im A-Horizont liegt der Wassergehalt bei pF 2,0 bei 26 Gew.%, bei pF 4,2 bei 13,4 Gew.%. Zwischen 5 und 15 at beträgt der Wassergehalt noch etwa 5 mm je 10 cm des Profils. Zwischen pF 2,0 und 4,2 gibt dieser Horizont 18 mm Wasser ab. Der P₁-Horizont (15/25–45 cm), der auch bereits einen höheren Rohntonanteil aufweist, hält bei pF 2,0 28,4 Gew.% und bei pF 4,2 noch 14,7 Gew.% Wasser zurück. Zwischen 5 und 15 at Saugspannung sind bei einer Horizontmächtigkeit von 35 cm noch immer 22 mm Wasser verfügbar. Im Saugspannungsbereich von pF 2,0–4,2 werden von diesem 35 cm mächtigen Horizont 70 mm Wasser abgegeben. Für den P₂-Horizont (45–60 cm) wurde keine pF-Kurve ermittelt, denn er ähnelt stark dem P₁-Horizont. Wenn man dessen Kennwerte zugrunde legt, ergibt sich im pF-Bereich 2,0–4,2 eine Entwässerung von 30 mm, im Bereich von 5–15 at noch eine solche von 9,5 mm. Der schwere PS-Horizont (60–80 cm) zeichnet sich durch kontinuierliche Wasserabgabe in allen Saugspannungsbereichen aus. Bei pF 2,0 hält er noch 31,6 Gew.% Feuchte zurück, bei pF 4,2 noch 15,6 Gew.%, d.h. der 20 cm mächtige Horizont gibt in diesem Bereich 46 mm Wasser ab. Zwischen den negativen Drucken von 5 und 15 at kann er noch immer 20 mm Bodenfeuchte zur Verfügung stellen. Der darunterliegende DS_{ca}-Horizont (tiefer als 85 cm) zeigt bei pF 2,0 einen Wassergehalt von 24 Gew.%, bei pF 4,2 12,0 Gew.%. Die dazwischenliegende Entwässerung beträgt 65 mm, wenn eine Mächtigkeit von 35 cm (bis 120 cm Profiltiefe) angenommen wird. Zwischen 5 und 15 at entweichen nur mehr 14 mm Wasser.

Wenn man annimmt, daß jenes Wasser gespeichert wird, welches fester, als es einem pF-Wert von 2,0, und leichter, als es einer Saugspannung von pF 4,2 entspricht, gebunden ist, dann ergibt sich für dieses Profil bis zu 120 cm Profiltiefe eine Speicherleistung von $(18+70+30+46+65=)$ 239 mm. So einfach kann die Situation in diesem Pseudogley aber nicht betrachtet werden. Es ist hier nicht nur die Speicherleistung des Profils, die wesentlichen Einfluß auf die Wasserversorgung der Pflanze nimmt, sondern es wirken sich besonders Faktoren wie oberflächliche Verdichtung, Pflugsohle, Texturunterschiede, unterschiedliche Porenverteilung und Quellphänomene der Tone sowie andere Faktoren aus, welche die Infiltration und die Verteilung des Bodenwassers beeinflussen. Ihr Zusammenwirken bestimmt, in Abhängigkeit von der Zeit, die Speicherung von Niederschlägen (siehe auch das Kapitel über Regenverdaulichkeit).

Verhältnisse im Profil N II:

Der A-Horizont dieses Profils ist besonders reich an Grobporen (vgl. Porenvolumina, Tab. 24) und entwässert daher im niedrigen Saugspannungsbereich rasch. Bei pF 2,0 sind 27 Gew.%, bei pF 4,2 nur mehr 12,6 Gew.% Wasser im Boden. Die dabei eingetretene Wasserabgabe entspricht 18,7 mm für 10 cm Horizontmächtigkeit. Die anfänglich rasche Wasserabgabe wird auch dadurch deutlich, daß zwischen 5 und 15 at nur mehr 2,5 mm Wasser (in 10 cm Boden) abgegeben werden.

Im BP-Horizont (10/20-40) ist das Verhalten noch ähnlich wie im A-Horizont. Bei pF 2,0 hält der Boden noch 28,4 Gew.% Wasser, bei pF 4,2 noch 13,2 Gew.%, d.h., die 30 cm dieses Horizontes speichern in diesem Saugspannungsbereich 64,5 mm Wasser. Wird der Bereich von 5-15 at entwässert, erhält man noch 9,6 mm Wasser (von 30 cm dieses Horizontes).

Im PS-Horizont (40-60 cm) erfolgt die Entwässerung entlang der ganzen Kurve kontinuierlich. Bei pF 2,0 hält der Boden 31 Gew.%, bei pF 4,2 sind es 15,0 Gew.% Feuchte, was bei einer Horizontmächtigkeit von 20 cm 46 mm Wasser ergibt. Auch zwischen 5 und 15 at entwässern noch 21 mm Wasser, so daß auch in höheren Bereichen der Bodenwassersaugspannung eine gute Wasserversorgung gewährleistet ist.

Für den S-Horizont (60-120 cm) kann zwischen pF 2,0 und 4,2 eine Entwässerung von 140 mm erwartet werden, zwischen 5 und 15 at eine solche von 63 mm.

Der darunterliegende DS-Horizont, der in Molasse übergeht, gibt zwischen pF 2,0 und 4,2 bei einer angenommenen Horizontmächtigkeit von 20 cm etwa 40 mm Wasser ab.

Für 120 cm Profil kann man eine mögliche Speicherleistung von (19+64+47+140+40=) 310 mm errechnen. Diese Menge braucht nie bewältigt zu werden und ist außerdem zu hoch, denn die Wasserverteilung im Profil geht auch zwischen Saugspannung von pF 2,0 und 4,2 weiter. Es ist nur ein Anhaltspunkt, der ausdrückt, wieviel Wasser im Profil sein kann, wenn der Wassergehalt der Feldkapazität erreicht wird. Oberflächlich wird dieser hohe Wassergehalt öfters erreicht, unter 120 cm allerdings (vgl. Tab. 34) nie. Trotzdem reichen diese niedrigen Bodenfeuchtegehalte in größerer Tiefe aus, durch ungesättigtes Fließen eine Quelle zu speisen, die unweit von der untersuchten Stelle in diesem Wald entspringt.

Verhältnisse im Profil N III:

Die pseudovergleyte Braunerde unter Wiese weist ähnliche pF-Kurven wie die Pseudogleye N I und N II auf. Im A-Horizont (0-10 cm) sind bei pF 2,0 26 Gew.% und bei pF 4,2 12,2 Gew.% Wasser gebunden. Dies entspricht 18,6 mm. Weil infolge vieler Grob- und Mittelporen relativ rasch entwässert wird, gibt dieser Horizont im Bereich von 5-15 at nur mehr 2,4 mm her. Etwas ausgeglichener gibt der AP-Horizont (10-40 cm) sein Wasser ab. 26,0 Gew.% und 12,8 Gew.% im Bereich von pF 2,0-4,2 entsprechen 58 mm; 15 Gew.% und 12,8 Gew.% bei 5 bzw. 15 at Saugspannung zeigen, daß bei all den oben erwähnten Einschränkungen der Pflanze noch 9,6 mm zur Verfügung stehen (vgl. allgemeiner Teil des Wasserhaushaltes).

Der B_fS₁-Horizont (40-70 cm) weist bereits andere Kennwerte auf, nämlich bei pF 2,0 28 Gew.% und bei pF 4,2 14,8 Gew.%, was bei 30 cm Horizontmächtigkeit 58 mm verfügbaren Wassers entspricht. Auch zwischen 5 und 15 at gibt er noch 14 mm Wasser ab.

Für den B_{fos^2} -Horizont (90–120 cm) gelten ähnliche Verhältnisse. Seine Wasserabgabe zwischen pF 2,0 und 4,2 kann mit 39 mm angegeben werden, jene im Bereich von 5–15 at mit etwa 9 mm.

Im darunterliegenden $B_{\text{fos ca}}$ -Horizont (90–120 cm) beträgt die Feuchte bei Feldkapazität 23 Gew.%, am PWP 10,4 Gew.%; in diesem Bereich sind bei einer Horizontmächtigkeit von 30 cm 60 mm Wasser pflanzenverfügbar. Geringer als in den darüberliegenden Horizonten ist die spezifische Wasserkapazität zwischen 5 und 15 at; sie beträgt 7,6 mm.

9.2.2. Verhalten bei Regen (Regenverdaulichkeit)

9.2.2.1. Versickerung, Versickerungshemmung, Wasserhaltevermögen, Wassernachlieferung:

Profil Z I und Z II:

Bei der in diesen beiden Profilen vorhandenen Porenverteilung steht der Infiltration des Wassers kein Hindernis entgegen. Die Verteilung erfolgt in der Krume ebenfalls sehr rasch, auch wenn keine sehr hohen Saugspannungsgradienten angreifen; sie erfolgt bei Sättigung vornehmlich durch Wurmröhren und Wurzelgänge. Wenn die Bodenfeuchte im Bereich von 15 at steht, kann die etwa 40 cm mächtige Krume 80 mm Niederschlag aufnehmen; es ist dann die Feuchte der Feldkapazität erreicht. Gerade bei diesen beiden Profilen lassen sich diese Begriffe (ebenso der PWP) am besten anwenden. Bei höherer Ausgangsfeuchte wird bei entsprechenden Niederschlägen bald Drainage einsetzen und Sickerwasser in den Schotterkörper überführen.

Das Wasserhaltevermögen ist, bedingt durch die seichte Krume über dem Schotter, an sich schon gering und wird noch deutlicher im hohen Saugspannungsbereich, weil bei 5 at das meiste Wasser bereits abgegeben wurde. Diese Situation tritt häufig auf, weil durch die starken Luftbewegungen die Austrocknung gefördert wird. Infolge geringeren Wasserhaltevermögens können sogar während der Vegetationszeit bei Starkregen Sickerwasserverluste in den Schotterkörper eintreten, besonders bei noch seichterer Krume. Noch tiefgreifender ist, daß die Winterniederschläge nur zu einem geringen Teil gespeichert werden können. Weil auch keine Wassernachlieferung aus dem Schotter zu erwarten ist, leiden diese Standorte häufig an Wassermangel. Diese Gegebenheiten spiegeln sich

natürlich in der Artenzusammensetzung der Vegetation wider (vgl. vegetationskundliche Aufnahme). Die Vegetation ist hier in weitaus größerem Maße auf häufige Regen angewiesen als etwa auf tiefgründigeren Standorten.

Profil Z III:

Ein Waldboden bekommt im Vegetationszeitraum die Niederschläge meist nicht direkt zugeführt, sondern erst nach dem Abfließen des Wassers von Blättern und Stämmen. Geringe Mengen, bis etwa 10 mm, erreichen den Boden kaum. Man nennt dies Interzeption. Diese Feuchte ist allerdings nicht verloren, weil sie nachweislich durch die Blätter aufgenommen wird, wenn diese ein Wasserdefizit haben, bzw. es hat diese Feuchte eine Wirkung, als wäre sie eben transpiriert worden (vgl. KOZŁOWSKI, 1969). Bei ausgetrocknetem Boden kann Regen rasch durch Schwundrisse eindringen und sich verteilen. Weil die Saugspannungsunterschiede zwischen der feuchten und der trockenen Zone groß sind, wird diese Verteilung rasch erfolgen. Auch bei höherer Ausgangsfeuchte ist eine rasche Infiltration durch die biologisch aktive und lebendverbaute Krume gewährleistet. Die Befeuchtungsfront wird an der Grenze des BC- zum C-Horizont häufig zum Stillstand kommen, dann nämlich, wenn die Niederschläge nicht ausreichen, in diesem tonreichen Substrat, wo das Wasser stärker gebunden ist, genügend Druck aufzubauen, um Wasser in die größeren Poren des C-Horizontes zu überführen. Gelingt dies, so verteilt sich die Feuchte weiter in die Tiefe, allerdings mit abnehmender Geschwindigkeit, weil die ungesättigte Leitfähigkeit im Löß mit abnehmendem Wassergehalt sehr gering wird und die Verteilung praktisch zum Stillstand kommt. Dieses tiefgründige Profil vermag nach dem Feldkapazitätskonzept bis zu einer Tiefe von 120 cm ungefähr 250 mm Niederschlag zu speichern. Sickerwasserverluste unter Wald treten nicht auf. Es ist sogar so, daß die Winterniederschläge kaum ausreichen, das Profil auch nur einigermaßen zu durchfeuchten. Ursache ist der starke Wasserentzug des Waldes, so daß ein hohes Defizit besteht und das Wasser schon in den obersten Horizonten gebunden bleibt. Unter etwa 140-160 cm tritt unter Wald eine trockene Zone auf. Die Wassernachlieferung ist zwar von den Profileigenschaften her gut möglich, ihre Größe wird allerdings durch einen echten Mangel an Feuchte begrenzt. Ein gleichartiger Boden in unmittelbarer Nachbarschaft steht unter Ackernutzung. Feuchte-

messungen im Jahr 1972 bestätigen die Annahme, daß hier die Feuchte tiefer greift und daß hier auch keine immertrockene Zone auftritt. Infolge guter physikalischer Bodeneigenschaft, speziell infolge der ausreichenden Wasserspeichermöglichkeit und der Fähigkeit, das Wasser verfügbar nachzuliefern, ist die Lößbraunerde ein idealer Ackerstandort.

Profil N I:

Über die Durchlässigkeit bzw. die Infiltrationsrate dieses Bodens liegen keine Messungen vor. Es kann nur aus verschiedenen Bodeneigenschaften und aus Beobachtungen der Wassergehalte auf diese Größen geschlossen werden. Die Infiltration von Niederschlägen wird unterschiedliches Verhalten zeigen, je nachdem, ob Regen auf die ausgetrocknete und rissige Krume fällt oder ob ein bereits durchnäßer, gequollener und somit dichter Oberboden vorliegt. Im ersten Fall ist ein anfänglich rasches Eindringen des Wassers entlang der Schwundrisse in das Profil zu erwarten. Befeuchtung führt zum Quellen, die Schwundrisse schließen sich und die Wasserbewegung in den Poren wird dann nur mehr durch Potentialdifferenzen zwischen feuchterer und trockener Zone bewirkt. Die anfallende Wassermenge bei Starkregen kann dadurch nicht bewältigt werden (8% Grobporen), vor allem dann nicht, wenn die oberste Schicht bereits wassergesättigt ist, denn in dieser ist dann die hydraulische Leitfähigkeit weitaus geringer als die ursprüngliche Infiltrationsgeschwindigkeit.

Bei Infiltrationsversuchen im Gelände zeigt sich, daß die anfängliche, in den ungesättigten Boden eindringende Wassermenge hoch ist, mit zunehmender Sättigung allmählich abnimmt und schließlich einen konstanten, für diesen Boden typischen Wert erreicht. Es ist dies die Durchlässigkeit des gesättigten Bodens. Es sei hier auf Versuche von Sarajanis hingewiesen, in dessen Zahlenmaterial über Durchlässigkeitsmessungen mit dem Doppelringinfiltrometer in Großenzersdorf ich Einsicht hatte.

Die Folge ist, daß in oberflächlichen Unebenheiten Wasseransammlungen entstehen, die bei weiterem Anhalten des Regens oberflächlich entwässern und im hängigen Gelände Erosion bewirken. Von dieser sind in diesem Raum speziell Ackerflächen betroffen. Es ist bekannt, daß alle Wienerwaldpseudogleye vor allem dann zu starkem oberflächlichem Abfluß neigen, wenn der Boden bereits

wassergesättigt ist und die Infiltrationsgeschwindigkeit dadurch äußerst gering geworden ist. Dieser Erscheinung Rechnung tragend, wurden Retentionsbecken angelegt, um am Wienfluß Hochwässer zu entschärfen. Im Profil N I ist noch dazu durch Bearbeitungsmaßnahmen eine oberflächliche Verdichtung aufgetreten. Im Frühjahr, wenn der Boden meist ausgiebig Winterniederschläge gespeichert hat und diese Wasserbewegung auch Zeit hatte tiefer einzudringen, zeigt sich in einer Tiefe von 60 bis 80 cm mäßiger Wasserstau, weil hier die Leitfähigkeit durch eine tonreiche und darunter durch eine stark verkrustete Schicht reduziert ist. Der Durchlaß in größere Tiefen erfolgt daher nur sehr langsam. Niederschläge, die das Profil in dieser Situation antreffen, werden früher und stärker oberflächlich abfließen.

Nach MILLER und KLUTE (1967), zit. bei HILLEL (1971), ist die Speicherleistung kein fixer Betrag oder eine statische Eigenschaft, sondern ein zeitliches Phänomen, das durch die Wasserbewegung im Boden bestimmt wird. Weil die Ausbreitung der Feuchte in tiefere Profilschichten an den Staukörpern infolge ihrer äußerst geringen Durchlässigkeit verzögert wird, besitzt ein Pseudogley ein größeres Wasserhaltevermögen als andere Böden. Er wird auch Wasser, das lockerer gebunden ist, als es pF 2,0 entspricht, halten können. Die Speicherleistung des Profils bis zu einer Tiefe von 120 cm beträgt etwa 240 mm, und zwar unter der Annahme, daß nur Wasser im pF -Bereich von 2,0–4,2 pflanzenverfügbar gespeichert wird.

Wassernachlieferung:

Bei oberflächlicher Austrocknung des Bodens kehren sich die Saugspannungsgradienten um, und Wasser bewegt sich aus tieferen Schichten mit höheren Wassergehalten hin zur trockenen Zone. Je höher die Saugspannungsunterschiede in den beiden Zonen sind, um so rascher erfolgt die Nachlieferung. Diese Förderleistung nimmt mit zunehmender Austrocknung des Profils ab. Bei Tongehalten von 24–39 %, wie sie hier vorliegen, kann man nach SLATYER (1967) und HILLEL (1971) auch noch in höheren Saugspannungsbereichen Wassernachlieferung erwarten, und zwar a) aus tieferen Schichten in die durchwurzelte Zone, und b) aus Bodenaggregaten zur Wurzel. Diese Fähigkeit der Wassernachlieferung verändert auch die Lage des Permanenten Welkepunktes.

Profil N II:

Die Versickerungsverhältnisse sind an diesem Standort völlig verschieden von der Wiese. Niederschläge gelangen erst nach Abtropfen von den Blättern zu Boden, ein Teil sammelt sich am Stamm und dringt dort an bevorzugten Leitbahnen in den Boden ein (an diesen Stellen finden sich oft besonders feuchtebedürftige Moospolster). Die obersten 30 cm dieses Profils ermöglichen durch ihren Garezustand ein rasches Aufsaugen des Regens. Den ersten Stau erfährt das Niederschlagswasser am PS (40–60 cm). Vor allem aber bietet der darunterliegende S (60–120 cm) der Versickerung Widerstand. Als Folge hohen Tongehaltes und einer Porendiskontinuität ist dort die Durchflußgeschwindigkeit stark vermindert. Als typischer Pseudogley vermag auch dieses Profil dann, wenn Tagwasserstau auftritt, mehr als die errechneten 310 mm Wasser zu speichern. Wassernachlieferung an die Orte des Verbrauchs ist ebenfalls eine wesentliche Eigenschaft dieses Standortes, so daß der Hochwald in trockenen Perioden seinen Wasserbedarf leicht zu decken vermag. Der Wasserentzug aus größeren Tiefen durch die Baumwurzeln führt im Jahresverlauf zu einer von Profil N I unterschiedlichen Feuchteverteilung (vgl. Kapitel Periodisches Wasser).

Profil N III:

Dieses Profil in südhängiger Lage zeigt ein von N I abweichendes Verhalten. Die Krume mit ihrem hohen Grobporenanteil (17 %) ermöglicht ein rasches Eindringen des Wassers bis in etwa 40 cm, wo diese Porenklasse abnimmt. Wasserüberschuß hat die Möglichkeit, oberflächlich abzufließen. Die tiefer eindringende Feuchte wird noch wesentlich rascher in den Untergrund verteilt als in N I und N II. Tagwasserstau ist deshalb kaum zu erwarten, zumindest nur für sehr kurze Zeit, was sich natürlich auf die Profilprägung auswirken muß. Die Speicherfähigkeit bis 120 cm Tiefe beträgt 254 mm. Auf Grund der Kornverteilung ist Wasserbewegung aus tieferen Horizonten zur Oberfläche und zur Wurzel zu erwarten. Dieser Standort ist, wie sich auch in der Vegetation ausdrückt, trockener als N I.

9.3. Periodischer Feuchtegang:

Die Abbildungen 4,5,6,7,8 zeigen den Verlauf der Bodenfeuchte während des Untersuchungszeitraumes von 1971 und 1972, ausgedrückt in Gew.%. Besser charakterisiert aber wird die Situation, wenn man die Bindungsintensität des gerade vorhandenen Wassers kennt. Diese wurde aus den p_F -Kurven der untersuchten Horizonte ermittelt. Weiters wurde die in den einzelnen Horizonten und somit auch die in 120 cm Profil vorhandene pflanzenverfügbare Wassermenge errechnet. Obwohl es für das pflanzenverfügbare Wasser eine Reihe von Randbedingungen gibt, wie im allgemeinen Teil über den Wasserhaushalt ausgeführt wurde, wurden diese vernachlässigt und nur jenes Wasser als noch verfügbar gerechnet, dessen Saugspannung geringer ist als 15 at. Für diese Berechnungen wurde von den periodischen Wassergehaltsbestimmungen nur eine für jeden Monat herangezogen, und zwar jeweils vom April bis September bzw. Oktober. Es sind nur die Profile N II und Z III vergleichbar, denn beide tragen Wald. Es wäre nicht statthaft, einen Wald- und einen Wiesenstandort zu vergleichen und aus den auftretenden Verschiedenheiten auf Auswirkungen des Feuchteklimas zu schließen, denn Waldprofile und Wiesenprofile haben einen unterschiedlichen Wasserhaushalt.

9.3.1. Vergleich des schweren Pseudogleys unter Wald (N II) mit der Lößbraunerde des Zurndorfer Eichenwaldes (Z III)

Ausgangspunkt ist die Bodenfeuchte am 24.4.1971: In Z III liegt die Bodenwassersaugspannung in 0-120 cm des Profils zwischen 0,3 und 3,4 at, wobei der höhere Wert zum bindigeren B-Horizont gehört. Die gespeicherte Winterfeuchte beträgt etwa 121mm pflanzenverfügbaren Wassers. Wenn von gespeichertem Wasser gesprochen wird, ist in der Folge immer nur pflanzenverfügbares Wasser gemeint. In N II herrschen zu diesem Zeitpunkt Saugspannungen von 0,1-0,8 at, nur im tonreichen PS (30-65) liegt sie bei 4,2 at. Die Feuchte des gesamten Profils ergab bis 120 cm Tiefe 161 mm pflanzenverfügbares Wasser.

Am 21.5.1971 hat sich in N II dieser Wert infolge starker Transpiration des Waldes bereits auf 110 mm verringert. Die Saugspannungen haben sich aber erst bis zu 65 cm Tiefe geringfügig erhöht. In Z III wird der Wasserverbrauch schon deutlicher, speziell im B-Horizont, wo das schwächst gebundene Wasser schon mit 9at gebunden ist. In 1m Tiefe zeigt sich noch keine deutliche Änderung.

Am 22.6.1971 ist in Z III die Saugspannung im A-Horizont durch leichte Vortagsniederschläge auf 0,1 at gesunken, im B in etwa 50 cm Tiefe auf 11 und im darunterliegenden Löß sogar auf 2,3 at gestiegen. Bei solchen Saugspannungen muß die Wasserleitfähigkeit des Lösses bereits als sehr gering betrachtet werden. Das gesamte Profil enthält nur mehr 74 mm verfügbares Wasser. In N II hat sich durch Niederschläge der Wasservorrat sogar etwas erhöht und beträgt 131 mm.

Bis zum 20.7.1971 steigen die Saugspannungen in N II geringfügig und erreichen 0,6 - 2,7 at und 8,4 im tonreichen PS. Der Profilwasservorrat beträgt noch 98 mm. In Z III tritt zu diesem Zeitpunkt bereits ein Wasserdefizit auf, und zwar im B- und BC-Horizont, wo Saugspannungen von über 30 at erreicht werden, was einem Defizit von 11 mm in diesen Horizonten entspricht. Die oberste Krume war zum Zeitpunkt der Probenahme geringfügig befeuchtet. Im gesamten Profil halten sich noch 30 mm pflanzenverfügbares Wasser. Der Juli weist gegenüber dem langjährigen Mittel ein Regendefizit von 62 mm auf. Dies zehrt gewaltig an den Wasservorräten des Bodens. Dadurch wird die Lage für die Vegetation im August verschärft.

Messungen vom 15.8.1971 zeigen, daß bis 120 cm Tiefe der Boden derart entwässert worden ist, daß in allen Horizonten der Permanente Welkepunkt überschritten worden ist und im Extrem die Bodenwassersaugspannung 40 at erreicht. Nur die obersten 10 cm liegen mit 14 at knapp am PWP. Für das gesamte Profil errechnet sich ein Wasserdefizit von 19 mm. Obwohl aus größeren Tiefen für diesen Zeitpunkt keine Meßdaten vorliegen, muß angenommen werden, daß sich auch dort die Wassergehalte wesentlich erniedrigt haben; Messungen im folgenden Frühjahr lassen darauf schließen. Mitte August 1971 ist die Bodenoberfläche mit Blättern bedeckt, die von den Bäumen abgeworfen wurden, um die Transpirationsrate zu senken. Dieser Trockenlaubfall trifft vor allem jene Blätter, die infolge Beschattung in der Krone keine volle Assimilationsleistung erreichen und sozusagen unökonomisch transpirieren. Das Augustmittel der Temperatur wird in diesem Jahr um $2,6^{\circ}\text{C}$ überschritten. In N II wird in diesem extrem heißen und trockenen Sommer zum selben Zeitpunkt nur im AP-Horizont der Welkepunkt leicht überschritten, vermutlich als Folge des starken Wasserbedürfnisses des

Unterwuchses und der sehr geringen Nachliefergeschwindigkeit aus dem Untergrund bei Saugspannungen von 11 at im PS-Horizont bis 65 cm. In 120 cm Tiefe allerdings gibt es noch Saugspannungen von 1,3 at. Das Profil verfügt bis zu dieser Tiefe noch über 27 mm Wasser. Trockenlaubfall ist nicht zu beobachten. Sicher verfügen zu diesem Zeitpunkt die tiefreichenden Wurzeln in größerer Tiefe noch über beträchtliche Wasserreserven, die lockerer gebunden sind und zur Transpiration herangezogen werden.

Am 19.9.1971 beträgt der Wasservorrat des Profils N II bis 120 cm Tiefe noch 18 mm. Die Bodenfeuchte ist im AP- und BP-Horizont (- 20 cm) mit 16 at gebunden, im PS-Horizont (- 65 cm) mit 13 at, und in 120 cm Tiefe mit 1,4 at. Zum selben Zeitpunkt leidet der Zurndorfer Wald noch immer an einem Wasserdefizit von 11 mm bei 120 cm Profiltiefe. Das Bodenwasser haftet mit etwa 30 at Saugspannung, ausgenommen im A-Horizont, in dem 9 at gemessen werden.

Auch bei der letzten Messung am 6.11.1971 liegen in Z III alle Horizonte (außer dem A-Horizont) noch unter dem Welkepunkt.

Wie sich im folgenden Jahr bei Probenahmen bis 3 m Tiefe herausgestellt hat, reicht die im Winter 1971-72 befeuchtete Zone bis etwa 140-160 cm Tiefe. Darunter folgt eine sehr trockene Zone bis etwa 200 cm, an die sich bis in etwa 280 cm eine sehr feuchte Region anschließt, unter der dann der Wassergehalt wieder abnimmt. Schlußfolgerungen aus diesem Sachverhalt werden in einem eigenen Kapitel gezogen.

Die Bedingungen im Untersuchungsjahr 1972 sind von denen des Jahres 1971 völlig verschieden. Im April 1972 liegt die Ausgangsfeuchte im Profil Z III wesentlich unter der des Vorjahres. Die Ursachen sind wohl das hohe Wasserdefizit von 1971 und die viel zu geringen Niederschläge des dazwischenliegenden Winters 1971/72. Das Bodenwasser zeigt in 100 cm Tiefe 5,5 at Saugspannung (gegenüber 1,4 at im Vorjahr). Das gesamte pflanzenverfügbare Wasser beträgt 79 mm. N II weist zu diesem Zeitpunkt gegenüber dem Vorjahr keine nennenswerten Unterschiede auf. Es sind 154mm Wasser gespeichert (gegenüber 161mm zur selben Zeit im Vorjahr). Erst die 163 mm Regen im April und Mai ergänzen die Bodenwasservorräte von Z III. Im trockenen Juni 1972 werden Saugspannun-

gen von 11 und 13,5 at erreicht, die knapp am PWP liegen, doch der Wasservorrat beträgt noch 53 mm. In N II gehen die Saugspannungen in dieser Zeit höchstens bis 5 at. Starke Niederschläge im Juli (133 mm in Zurndorf und 174 mm in Sieghartskirchen) bewirken wieder eine ausreichende Wasserversorgung von Z III und N II.

Am 22.7.1972 erreichen die Saugspannungen nicht mehr als 5 at. Das gespeicherte Wasser steigt in Z III auf 82 mm. Auch im August ist die Wasserbilanz positiv.

Am 17.8.1972 liegt der B-Horizont in Z III mit 13,5 at nahe am PWP, aber der Vorrat im Profil beträgt noch 33 mm. Auch in N II sind zu diesem Zeitpunkt die Saugspannungen gestiegen, und zwar mit einem Maximum von 9 at im sehr bindigen PS-Horizont (-65 cm). Im Profil aber sind noch 61 mm Wasser vorhanden. Erst die Messungen vom 29.9.1972 weisen in Z III im B-Horizont Saugspannungen über dem PWP nach. In N II steigt die Bindungsfestigkeit des Wassers zwar auch auf maximal 11 at im PS-Horizont, doch 60 mm Wasser sind bis zu 120 cm Tiefe noch verfügbar, abgesehen von noch viel größeren Mengen in der Tiefe.

9.3.2. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen aus den periodischen Feuchtebestimmungen

Die Tatsache, daß das Untersuchungsjahr 1971 ein extremes Jahr war, in dem in Zurndorf 116 mm, in Sieghartskirchen 153 mm weniger Niederschlag fielen, als dem langjährigen Mittel entspricht, und das Augusttemperaturmittel fast 2° C über der Norm lag, wirkte sich auf die Ergebnisse der Wasserhaushaltsuntersuchungen günstig aus, denn in einer solchen Extremsituation muß der Standort zeigen, was er zu leisten imstande ist, und der Unterschied zwischen beiden Untersuchungsräumen tritt klarer hervor. Wassermangel tritt im Zurndorfer Wald bereits im Juli auf und wird im August und September zu einem schweren Defizit. Das Profil ist bis in eine Tiefe von 2 Metern über den PWP hinaus ausgetrocknet. Probennahmen, wie sie im Jahr 1972 durchgeführt wurden, zeigten diese auch über den Winter extrem trocken gebliebene Zone; darunter folgte ab 200 cm bis 280 cm eine ziemlich feuchte Zone, noch tiefer tritt Erdfeuchte auf (vgl. Tab. 31). Sehr wahrscheinlich ist ein gewisser Hangdruck in dieser Tiefe vorhanden. Das Wasser stammt wohl von den nur etwa 30 m entfer-

ten Feldern, auf denen in normalen Jahren ein beträchtlicher Teil der Niederschläge von der Feldfrucht nicht gebraucht wird und versickert. Zumindest konnte ich diesen Fall im Untersuchungsjahr 1972 nachweisen, als ich am nahegelegenen Acker bis zu 230 cm Tiefe, wo dann Schotter folgte, bis hinunter hohe Wassergehalte festgestellt habe (vgl. Tab. 32). Zeitweise liegt der Schotter schon in 1 m Tiefe und der Abfluß muß an solchen Stellen noch höher sein. Das Sickerwasser zieht von den benachbarten Kulturflächen infolge geringer Höhenunterschiede z.T. unter den Wald ab. Aus diesem Reservoir muß im extrem trockenen Sommer 1971 der Wald seine Feuchte bezogen haben. Es folgt daraus, daß die Vegetation des Zurndorfer Eichenwaldes ihre Wurzeln bis in eine Tiefe von mindestens 2 m ausgestreckt haben muß, um diesen Sommer zu überdauern. An die Bedingungen an der Existenzgrenze des Waldes sind nur tiefwurzelnde Holzarten angepaßt. Die Nutzung des Waldes durch Stockausschläge könnte hierin auch ihre Begründung haben. Eine Wirtschaftsweise mit Kahlschlag und Neuaufforstung wäre dem Risiko ausgesetzt, im Jugendstadium bereits einem extrem trockenen Sommer zu begegnen, noch ehe die Wurzeln in Tiefen mit sicherer Feuchte vorgedrungen sind, und dies könnte einen beträchtlichen Ausfall an Jungpflanzen bewirken. Aus dem Feuchtegang läßt sich auch erkennen, daß geringe Sommerniederschläge wie 1971 infolge Interzeption in den Baumkronen meist nicht oder nur für eine Befeuchtung der obersten cm des Profils ausreichen, das gespeicherte Wasser im Profil daher von April bis September ständig abnimmt. Daraus geht auch hervor, daß eine ausreichende Speicherfähigkeit für Winterniederschläge die wichtigste Voraussetzung dafür ist, daß ein Standort in diesem Raum noch Wald tragen kann. Der jährlich um durchschnittlich 179 mm geringere Niederschlag in Z III bedingt die Unterschiede im Wasserhaushalt zwischen N II und Z III, weil dadurch in Z III die Feuchte nur für eine begrenzte Tiefe ausreicht, tiefer liegende Zonen aber trocken bleiben müssen und somit auch bei Bedarf kein Wasser zur Verfügung stellen können. Dieser Fall gilt allerdings nur für den untersuchten Waldstandort. Für einen benachbarten Ackerstandort konnte 1972 in einem Vergleichsprofil festgestellt werden, daß tiefgreifende Durchfeuchtung auftritt und überschüssiges Wasser sogar in darunterliegenden Schotter übergeführt wird. Dieser Sachverhalt bestätigt die bekannte Tatsache, daß Wald einen

höheren Wasserverbrauch hat als Acker- und Grünland. In N II bewirkt der um 179 mm höhere durchschnittliche Niederschlag eine derart tiefgreifende Durchfeuchtung, daß keine trockene Zone auftritt. Bei oberflächlicher Austrocknung wies das Wasser in 120 cm Tiefe im Extrem erst Saugspannungen von 1,4 at auf (am 19.7.1971), während der Wasservorrat von Z II zu diesem Zeitpunkt schon völlig verbraucht war. Trotz des hohen Wasserverbrauchs eines Waldes reichen die Niederschläge in Sieghartskirchen sogar aus, eine ständig fließende Quelle zu speisen. In Zurndorf dagegen kann das Grundwasser unter Wald von den heutigen Niederschlagsmengen nicht ergänzt werden. Dieses Wasser wird offenbar dadurch laufend ergänzt, daß dieses Gebiet größtenteils Ackerflächen aufweist und hier Wasser durch ungesättigtes Fließen, bedingt durch das Gravitationspotential, das Grundwasser in etwa 9m Tiefe erreicht. Die jährliche Niederschlagsdifferenz bewirkt, daß im Raum Zurndorf gutwüchsiger Wald auf großen, zusammenhängenden Flächen nicht mehr gedeihen kann. Wir befinden uns also bereits an der ökologischen Grenze des geschlossenen Waldes gegen die Steppe (Uferwälder sind selbstverständlich ausgenommen). Das Jahr 1972 beweist, daß auch in relativ niederschlagsreichen Normaljahren in Z III Wasserknappheit auftritt, die allerdings nur in einzelnen Horizonten zu einer Überschreitung des PWP führt (Juni, August, September 1972 im B-Horizont). Profil N II hingegen erweist sich in einem solchen Jahr als ausreichend versorgt, der PWP wird nicht annähernd erreicht.

9.3.3. Betrachtung der Profile Z I (Tschernosem) und Z II (Paratschernosem)

Wie aus Tab. 28 hervorgeht, ist die Situation auf der Höhe der Parndorfer Platte, die seichtgründige Tschernoseme und Paratschernoseme auf Schotter trägt, noch viel extremer. Diese Böden können dort nur mehr Gräser, trockenresistente Kräuter und wenig wasserbedürftige Sträucher tragen bzw. für Getreideanbau verwendet werden. Der Grund hierfür liegt in der Seichtgründigkeit der Profile (20-40 cm) und der dadurch bedingten geringen Speicherfähigkeit für Winterniederschläge. In Gebieten mit langandauernder Sommertrockenheit, wie sie im Nordburgenland die Regel ist, bedarf die Vegetation aber in auftretenden Trockenperioden eines ausreichenden Bodenwasservorrates, um die Stoffproduktion aufrechterhalten zu können. Auf den seichtgründigen Böden der Parndorfer

Platte ist ein solcher nicht vorhanden; daher tritt eine sommerliche Trockenruhe der Vegetation ein (vgl. LOUB, 1960). Eine der Folgen der reduzierten bzw. völlig herabgeminderten Mikrobenaktivität infolge Trockenheit ist ein gehemmter Abbau der organischen Substanz. Allerdings ist ja auch die pflanzliche Stoffproduktion dadurch vermindert und es kommt zu keiner feststellbaren, überdurchschnittlichen Humusanreicherung.

Es ist also der Faktor Bodenwasser, der - in Verbindung mit klimatischen Einflüssen, vor allem der Temperatur - nur das Zusammenleben gewisser Arten auf diesem Standort erlaubt. Dies gilt für die Fauna in gleicher Weise wie für die Flora.

9.3.4. Vergleiche zwischen N I, N II und N III

Die Werte von Tab. 27 lassen erkennen, daß im extremen Sommer 1971 die Wiese N I bis zu einer Tiefe von 45 cm derart austrocknete, daß der PWP überschritten wurde und Saugspannungen von etwa 23 at, in den obersten Zentimetern sogar Werte von 40 at erreicht wurden (vgl. die Messungen vom 15. 8. 1971 und 19. 9. 1971).

Der Waldstandort N II wies zum gleichen Zeitpunkt in der Krume infolge Beschattung und höherer relativer Luftfeuchtigkeit kein Wasserdefizit auf. Erst in 15-30 cm Tiefe wurden Saugspannungen von 18 bzw. 16 at gemessen. Es scheint dies eine Folge des starken Wasserentzuges durch den Unterwuchs zu sein, der hier seinen Hauptwurzelschizont hat (Immergrün und Waldmeister). Ob in diesem Boden mit seinem hohen Tongehalt bei solchen Saugspannungen bereits Welkeerscheinungen auftreten, ist nicht sicher, beobachtet habe ich sie jedenfalls nicht. Weiters ist die mögliche Evaporation über dem beschatteten Waldboden relativ gering und es könnte sein, daß in bindigen Horizonten bei derartigen Saugspannungen, knapp über 15 at, noch ausreichend Wasser zur Pflanzenwurzel geliefert werden kann, um die Transpirationsverluste zu decken.

Die hohen Saugspannungen von N I in den oberen Horizonten bis 45 cm sind vor allem eine Folge der hohen Evaporation der strahlungsausgesetzten Bodenoberfläche, speziell nach der Heumahd, und der hohen Transpiration der Gräser und Kräuter, die mit ihren Wurzeln gerade diesen Tiefenbereich entwässern. Die extremen atmosphärischen Bedingungen allein erklären aber die extreme Aus-

trocknung nicht. Diese konnte stattfinden, weil zugleich die Wassernachlieferung aus dem Untergrund aus den folgenden Gründen unzureichend war: 1) Die ungesättigte Wasserleitfähigkeit und damit die Nachlieferungsgeschwindigkeit nimmt mit zunehmender Austrocknung ab. 2) Bei fortschreitender Austrocknung entstehen im tonigen Boden Schwundrisse, durch die Wasserdampf entweicht, wobei die Wasserabgabe aus großen Rissen durch Turbulenz wesentlich größer sein kann als bei reiner Diffusion. 3) Es tritt an der Grenze von P_1 zum bindigeren P_2 -Horizont ein Grenzflächeneffekt und Porendiskontinuität auf, wodurch die Wasserbewegung, in welcher Richtung immer, hemmend beeinflusst wird.

Weil der Baumbestand des Waldes auch aus größerer Tiefe Wasser pumpt, kommt es für ihn nicht zu Wassermangel. Seine Stoffproduktion muß deshalb, einen so tiefgründigen Standort wie N II vorausgesetzt, auch in extremen Trockenjahren wie 1971 nicht eingeschränkt werden.

Im Untersuchungsjahr 1972 mit seinem ausreichenden Niederschlagsangebot bewegten sich die Bodenwassergehalte ständig in einem Bereich, in dem differenzierende Aussagen über die Profile des Sieghartskirchner Raumes schwierig sind.

9.3.5. Stellungnahme zu Profil N III (Pseudovergleyte Braunerde)

Während in Profil N I und N II in 120 cm Tiefe bereits der D-Horizont beginnt, d. h. das Molassematerial ansteht, reicht der lockere Profilaufbau in N III bis 2 m. Zwischen 140 und 200 cm zeigen die Wassergehalte von Juni bis November 1972 sehr hohe Werte (20 - 22 Gew.%), woraus auf eine gewisse Wasserzügigkeit im Untergrund geschlossen werden muß. Die Erdfeuchte dieser Tiefe beträgt vergleichsweise im Profil N I und N II zwischen 14 und 16 Gew.%. Es besteht also für diesen Standort auch die Möglichkeit einer intensiven, unterirdischen Entwässerung. Aufgrund der Porenverteilung (17-7 % Grobporen) können Niederschläge rascher in tiefere Profilschichten eindringen als in den schweren Pseudogleyen N I und N II. Infolge Hanglage besteht auch die Möglichkeit oberirdischer Entwässerung. Diese Faktoren begründen in Verbindung mit der Südexposition des Standortes sein unterschiedliches Verhalten bezüglich des Wasserhaushaltes im Vergleich zu N I und N II. Im Untersuchungsjahr 1971 hatte N II nach Wassergehaltsbestimmungen vom 19. 9. 1971 eine leichte negative

Bilanz bis zu einer Tiefe von 120 cm, während N I und N II noch Wasserreserven hatten. Ein Defizit an pflanzenverfügbarem Wasser in 120 cm Tiefe weist nur Zurndorf auf. Bis 90 cm Tiefe sinken die Wassergehalte unter den PWP mit Saugspannungen von 17-19 at. Auch am 17.10.1971 liegen die Saugspannungen in 60 bis 90 cm Tiefe noch bei 13-14 at. Die Wassernachlieferung aus oder in tiefere Schichten ist wahrscheinlich in 40 cm gehemmt, wo der lockere AP an den bindigeren $B_{fos 1} S$ grenzt. Aufgrund der Profilmerkmale wird Staunässe nur bei starken Niederschlägen auftreten, und zwar infolge dieses Grenzflächeneffektes in 40 cm Tiefe, aber er wird nie von längerer Dauer sein. Wie die Vegetationszusammensetzung erkennen läßt, ist dieser Standort trockener als N I.

9.4. Feuchtebedingte Stoffdynamik

9.4.1. Allgemeiner Teil:

Am Sorptionskomplex liegt im Gleichgewichtszustand eine charakteristische Kationen-Anionenverteilung vor. Ab einem Abstand von der Oberfläche von etwa 100 \AA hat deren Kraftfeld praktisch keinen Einfluß mehr. Hier beginnt die Außenlösung. Die Innenlösung ist demnach die an der Oberfläche der Sorptions-träger liegende Schicht. Die Ionenverteilung folgt dabei den Gesetzen des Donnan-Systems, das durch zwei Merkmale ausgezeichnet ist: 1) Die Tendenz eines Kations, in die Innenlösung zu gehen, nimmt mit seiner Wertigkeit zu (Wertigkeitseffekt). 2) Dieses Bestreben ist umso stärker ausgeprägt, je höher die Konzentration der indiffusiblen Anionen gegenüber der Konzentration der einwirkenden Außenlösung ist (Konzentrationseffekt). MENGEL (1968) schließt daraus für praktische Zwecke, daß z.B. bei Regen die zwei- und mehrwertigen Kationen besonders stark gebunden werden und eventuell daher für die Pflanze weniger gut verfügbar sind. In diese Richtung weisen auch meine Untersuchungen.

Die Autoren SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1970) führen an, daß im humiden Klimabereich der Gehalt an leichtlöslichen Salzen unter $0,5 \text{ mval}/100 \text{ g}$ Boden liege. Dieser Gehalt sei im Vergleich zur Gesamtmenge austauschbarer Kationen sehr gering (10-30 mval), so daß eine Änderung der Verdünnung der Bodenlösung, wie sie unter natürlichen Verhältnissen zu erwarten ist, keine Änderung in der Zusammensetzung der Bodenlösung zur Folge hätte. Daß dies nicht

so ist, wird im folgenden gezeigt.

Wesentlich schwieriger ist das Verhalten der Anionen zu überschauen, weil bei mehrwertigen Anionen wie Phosphat-, Sulfat-, Molybdat- und Borat-Ionen chemische Bindungen auftreten können, die den Umständen entsprechend sehr unterschiedlich sein können.

9.4.2. Untersuchungsmethodik "Spezielle Wasserauszüge"

Das Konzept dieser Methode wurde von F. SOLAR entwickelt und soll im Prinzip kurz beschrieben werden, da es noch keine konventionelle Untersuchungsmethode ist: Aus vier immer enger werdenden Boden:Wasser-Verhältnissen, und zwar aus einem 1:5-Auszug (50 Gew. % Wasser), aus einem 1:1-Auszug (50 Gew. % Wasser), aus einem 3:1-Auszug (32 Gew. % Wasser) und aus einem 4,2:1-Auszug (24 Gew. %) wird nach angenommener Gleichgewichtseinstellung (24 Stunden) mittels Zentrifuge die Bodenlösung gewonnen und analysiert. Von F. SOLAR stammt auch die Methode der Berechnung der molaren Ionenkonzentration im nicht mehr direkt gemessenen "trockenen" Bereich. Er verwendet hierzu auch die aus dem n-Ammonazetatauszug gewonnenen Werte. Aus den so dargestellten Kurven kann die molare Ionenkonzentration der Bodenlösung bei einer bestimmten Bodenfeuchte abgelesen werden.

Auf diese Weise wurden auch meine Profile dargestellt. Die molaren Konzentrationen von Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn und PO_4 für den für diese Profile häufigsten Feuchtebereich sind in den Tabellen 40 und 41 dargestellt.

9.4.3. Aussage:

Aus den graphischen Darstellungen geht hervor, daß mit abnehmender Bodenfeuchte die Konzentration der Kationen Na, K, Ca, Mg, Fe und Mn zunimmt. Die Zunahme beginnt bereits mäßig zwischen 500 und 50 Gew. % Bodenwasser und wird bei 32 und 24 Gew. % und weniger immer stärker. Für den häufigsten Feuchtebereich, etwa 10 - 24 Gew. %, liegen die Konzentrationen um 1-2 Zehnerpotenzen über der molaren Konzentration der herkömmlichen 1:5-Wasserauszüge (vgl. Tab. 40 und 41).

Von den Anionen wurde nur das PO_4 bestimmt. Seine Konzentration zeigt in allen Fällen, von einem geringen Ansteigen der Konzentration zwischen 500

und 50 Gew.% abgesehen, im engen Boden-Wasser Bereich eine starke Abnahme. Dies läßt sich dadurch erklären, daß Ca-Ionen in diesem Bereich besonders stark in der Bodenlösung angereichert sind und eine Fällung als Ca-Phosphat möglich ist. Besonders steil ist auch die Zunahme des Fe im engen Boden-Wasser Bereich, so daß auch eine Fällung als Fe-Phosphat denkbar wäre. Mit zunehmender Konzentration der Kationen in der Bodenlösung sinkt daher der PO_4 -Gehalt. Ob sich Molybdat-, Borat- und Sulfat-Anionen ähnlich verhalten, wurde nicht untersucht. Der ungedüngte Boden meiner Standorte würde diese Ionen vielleicht in zu geringer Konzentration enthalten und der Analysenfehler wäre zu groß.

Dafür, daß mit steigender Verdünnung die Bodenlösung an 2-wertigen Kationen verarmt, während sie sich mit 1-wertigen anreichert (vgl. MENGEL, 1968), könnte der Verlauf einiger Kurven sprechen, nämlich der Mg-Kurve in N III (0-12 cm) und in Z I (0-20 cm), der Ca-Kurve in Z III (20-40 cm) und der Ca- und Mg-Kurve in N III (45-70 cm). Es zeigt sich ganz allgemein, daß mit zunehmender Einengung des Boden-Wasser-Verhältnisses speziell Ca und Mg in der Bodenlösung stark hervortreten, auch wenn sie im 1:5-Auszug etwa unter der Na-Konzentration liegen. Dies ist z. B. in N I (0-20 cm und 45-70 cm) zu erkennen, wo bei 500 Gew.% Wasser zuerst Na dominiert, bei Einengung der Bodenfeuchte (50, 32, 24 Gew.%) aber eindeutig Ca in der Bodenlösung dominant wird. Gleiches tritt im Profil N III (0-12 cm und 45-70 cm) für Mg ein, wo zuerst der Bodenextrakt eine höhere Konzentration an Na und K aufweist, im engen Boden-Wasser-Bereich aber die Mg-Konzentration weitaus überwiegt. Meist tritt Ca am stärksten in der Bodenlösung auf.

Es kann aus diesem Trend zwar keine allgemeingültige Schlußfolgerung gezogen werden, denn die Rolle der Inhomogenität der untersuchten Proben in den verschiedenen Auszügen kann aus Einzeluntersuchungen nicht erkannt werden, aber diese Beispiele weisen in Richtung der allgemeinen Gesetzmäßigkeit, nach der die Bodenlösung mit steigender Verdünnung an 2-wertigen Kationen (Ca, Mg) verarmt oder - umgekehrt betrachtet - mit zunehmender Austrocknung des Bodens Ca und Mg in der Bodenlösung besonders stark hervortreten.

Daß die Bodenlösung mit zunehmender Trocknung konzentrierter wird, geht auch aus der steigenden Leitfähigkeit hervor. Im Tschernosem steigt sie von

185 mikroS (1:5) auf 1620 (4,2:1), im Oberboden der Lößbraunerde Z III von 100 (1:5) auf 750 (4,2:1), im B-Horizont von Z III von 73 (1:5) auf 450 (4,2:1) mikroS. Die pH- und Leitfähigkeitswerte bei sich ändernden Boden-Wasser-Verhältnissen sind aus den Tabellen 36-39 zu ersehen. Dabei kann man feststellen, daß im humosen Oberboden die Leitfähigkeit besonders stark ansteigt, auch wenn dieser - wie etwa bei Z III - nicht gedüngt wird (abgesehen von der Bioakkumulation). Es scheint mir, daß die organische Substanz die Wasserlöslichkeit der Ionen erhöht. Diese Erscheinung kann auch darauf beruhen, daß mit zunehmender Konzentrierung der Salze in der Bodenlösung die organische Substanz eine Fällung verzögert, so daß im engen Boden-Wasser-Bereich im Oberboden mehr Salze gelöst bleiben als in nicht humosen Horizonten und daß somit dadurch die Leitfähigkeit dort wesentlich höher liegt.

Mit zunehmender Austrocknung des Bodens ändert sich nicht nur die Leitfähigkeit, sondern auch der pH-Wert. Aus der Änderung des pH-Wertes geht hervor, daß in der Bodenlösung bei zunehmender oder abnehmender Feuchte auch qualitative Veränderungen stattfinden. SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL glauben, dieser Vorgang wäre nur in der Umgebung von Düngernestern möglich, da im normalen Konzentrationsbereich für feuchtebedingte Umtauschvorgänge die Konzentration der Bodenlösung zu gering wäre. Im Tschernosem steigt der pH-Wert von 7,0 (50 Gew. % Wasser) auf 8,1 (24 Gew. %), im Paratschernosem von 6,9 (50 Gew. %) auf 7,10 (24 Gew. %). Ähnlich liegen die Verhältnisse auch in den übrigen Profilen und Horizonten (siehe die Tabellen 36-39). Mit zunehmender Trocknung des Bodens zeigt sich ganz allgemein ein Ansteigen des pH-Wertes. Dabei liegen hier nur Werte bis zu einem Feuchtebereich von 24 Gew. % vor. Sicher werden bei weiterer Austrocknung noch höhere pH-Werte auftreten. Diese hohen pH-Werte haben natürlich auch ihre Konsequenz für die Nährstoffverfügbarkeit und somit für die Nährstoffversorgung.

Als Randbemerkung möchte ich dazu folgende Feststellung machen: Wenn man für Acker einen optimalen pH-Wert anstrebt, was sich im Laufe von Jahren durch gezielte Düngung machen läßt, so ist es auf Grund des eben Gesagten angebracht, in Gebieten mit niedriger durchschnittlicher Bodenfeuchte das pH nicht auf etwa 7, sondern wenn möglich tiefer einzustellen, weil beim Trocknen des Bodens ein pH-Anstieg zu erwarten ist, der dann über das Optimum hinausreicht.

10. Zusammenfassung

Die wesentlichen Schlußfolgerungen dieser Arbeit sind:

- 1) Der Untersuchungsraum Zurndorf befindet sich an der ökologischen Grenze des geschlossenen Waldes gegen die Steppe. Typisch für ein solches Übergangsbereich im Waldboden ist das fallweise Auftreten einer immer trockenen Zone, die die wechselfeuchte Zone von der tiefer liegenden ständig feuchten Zone trennt. Dieses Auftreten hängt mit der besonderen Niederschlagsarmut mancher Jahre zusammen; in niederschlagsreichen Jahren erfolgt eine vollständige Ergänzung der Wasservorräte während des Winters.
- 2) Der Vergleich des Wasserhaushaltes der Böden unter Wiese, Acker und Wald beweist den wesentlich höheren Wasserverbrauch des Waldes.
- 3) Im Zusammenhang mit den Bodenfeuchteschwankungen ändern sich auch die Leitfähigkeit und das pH der Bodenlösung wesentlich. Bei zunehmender Trocknung des Bodens steigen Leitfähigkeit und pH-Wert.
Die Änderung im Ionengleichgewicht folgt dabei annähernd den DONNAN-Gesetzen.
- 4) Aus der Sesquioxiddynamik der Lößbraunerde in Zurndorf (A-B-C-Profil) geht hervor, daß in diesem pannonisch beeinflussten Klimaraum in tieferen, unverwitterten Profilpartien eine fortlaufende Sesquioxidfreisetzung und Verbrauung erfolgt, obwohl in diesem Raum im allgemeinen A-C-Profile das Endstadium der Bodenentwicklung bilden.
- 5) Tschernosem und Paratschernosem haben eine voneinander völlig verschiedene Basen- und Sesquioxiddynamik, wobei vor allem Mg, Ca und das Eisen in seinen verschiedenen Bindungsformen die Unterschiede charakterisieren.
- 6) In den schweren Pseudogleyen im Raum Sieghartskirchen reichen die Niederschläge (741 mm/Jahr) nicht aus, unter Wald eine typische Pseudogley-Sesquioxiddynamik zu erzeugen.

11. Untersuchungsmethoden

- pH: Elektrometrische Messung im 1 : 5 - Wasserauszug
- Leitfähigkeit: Messung im 1 : 5 - Wasserauszug
- AK, S-Wert: Bestimmung nach MEHLICH, modifiziert von DE LEENHEER und HOFMANN
- Korngrößenanalyse: Dispergierung nach LÜTTMER - JUNG mit 0,01 n Na-Pyrophosphat. Anwendung der Normalmethode mit KUBIENA-Pipettensystem aus KÖHN-Zylindern. Nasse Siebung bis 0,02 mm
- Humusbestimmung: Naßverbrennung nach dem von WALKLEY - ARMSTRONG - BLACK geprüften DEGTJAREFF-schen Verfahren
- Stickstoffbestimmung: Aufschluß nach KJELDAHL
- Oberflächenbestimmung aus dem W_m der Wasserdampfadsorptionsisothermen nach BRUNNAUER, EMMET und TELLER,
- Karbonatbestimmung: Volumetrische Messung mit der SCHEIBLER-Apparatur
- Glühverlust: Gewichts Differenz nach zweistündigem Glühen bei 600 ° C
- Ladungsdichte: Errechnung durch Dividieren der Austauschkapazität in mval / 100 g Boden durch die Bodenoberfläche
- Fraktionierte Extraktion: Im Fraktionierungsgang wurde dieselbe Probe nacheinander mit Lösungsmitteln steigender Extraktionskraft je 30 min. geschüttelt und zentrifugiert. Boden: Lösungsmittel = 1:10 (Ausnahme: Wasserauszug 1:5)
- 1) Wasserauszug 1:5
 - 2) n-Ammonazetatauszug
 - 3) 0,5 n H_2SO_4
 - 4) Tamm'sche Lösung nach SCHWERTMANN
 - 5) 0,5 n NaOH
 - 6) Na-Dithionit / Na-Zitratgemisch nach CHANG - JACKSON
- Gesamtnährstoffe: Bestimmung nach Aufschluß mit kochender konz. H_2SO_4
- Spezielle Wasserauszüge nach F.SOLAR (unveröffentlicht): Aus Boden : Wasser-Verhältnissen von 5:1, 1:1, 3:1, 4,2:1 wird durch Zentrifugieren die Bodenlösung gewonnen.

Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn:

Flammenphotometrische Bestimmung

Kolorimetrische Bestimmung

PO₄: Bestimmung mit Sulfomolybdänblau

Al: Bestimmung mit Aluminon

Si: Bestimmung mit Na-Molybdat

Bor: Bestimmung mit Karmin

Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l: im häufigsten Feuchtebereich der Böden; siehe Kap. 9.4.2.Spezifisches Gewicht: Bestimmung nach der PyknometermethodeRaumgewicht: Bestimmung durch Wägung von StechzylinderprobenPorenvolumen: Errechnung aus Raumgewicht und spezifischem GewichtpF-Werte: Bestimmung nach der Druckmembranmethode von RICHARDS (Hochdrucktopf 2-15 at, Niederdrucktopf 0-2 at)Wassergehaltsmessungen: Gravimetrische Bestimmung nach Trocknung b.105°CPorengrößenklassen: Ermittlung aus den pF-KurvenLuftkapazität: Bestimmung des Porenanteiles, der bei Feldkapazität (pF 2,0) noch luftgefüllt istBodenwassersaugspannung in at: Errechnung aus den pF-Kurven und den aktuellen FeuchtemessungenPflanzenverfügbares Wasser in mm im Profil: Errechnung aus den pF-Kurven, den aktuellen Wassergehalten und der Horizontmächtigkeit

12. Literatur

- BLUME, H.P.: (1968), Zum Mechanismus der Marmorisierung und Konkretionsbildung in Stauwasserböden; Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 119, 2, S. 124-134
- BRUNNAUER, S., EMMET, P. und TELLER, E.: (1938), Adsorption of gases in multimolecular layer; Z.J.Am.Chem.Soc. 60, S.309-319
- CHILDS, E.C.: (1969), An introduction to the Physical Basis of Soil Water Phenomena; John Wiley u. Sons Ltd., 493 S.
- FIEDLER, H.J.: (1964), Die Untersuchung der physikalischen Bodeneigenschaften im Laboratorium, Bd.II, 234 S.
(1965), Die Untersuchung der Böden, Bd. I., 255 S. Vlg. Th. Steinkopf, Dresden und Leipzig
- FINK, J.: (1960), Leitlinien einer österreichischen Quartärstratigraphie; Mitt. ÖBG. 53, S.249-266
(1966), Die Paläogeographie der Donau, Limnologie der Donau, III; Stuttgart 1966, S.1-50
- FRANZ, H.: (1960), Feldbodenkunde als Grundlage der Standortsbeurteilung und Bodenwirtschaft; Vlg. G. Fromme u. Co., Wien u. München, 583 S.
(1961), Die Böden Österreichs, Mitt. ÖBG. 6, S.5-20
- FRANZ, H. u. HUSZ, G.: (1961), Die Böden Österreichs. Das Neusiedlerseebecken. Hackelsberg-Neusiedl-Podersdorf-Illmitz. Mitt.ÖBG.6, S. 57-67
- GARDNER, W.H. u. MILLER, E.E.: (1962), Water infiltration into stratified soil; Soil.Sci.Soc.Amer.Proc. 19, S. 267-271
- GESSNER, H.: (1931), Die Schlämmanalyse; Akad.Vlgs.Ges., 1931
- HILLEL, D.: (1971), Soil and Water, Physical Principles and Processes; Acad. Press, New York, 288 S.
- HUSZ, G. u. SOLAR, F.: (1966), Beiträge zur Kenntnis der Pseudogleydyamik; Z. Bodenk. 17, 2, S. 95-128
- HEIDECKER, J.: (1970), Die zeitliche Veränderung sekundärer Solonetze; Dissertationarbeit a.d. Hochsch. f. Bodenkultur, Wien
- HARTGE, K.H.: (1971), Die physikalische Untersuchung der Böden; F.Enke Vlg., Stuttgart, 168 S.
- KOZLOWSKI, T.T.: (1969), Waterdeficits and Plantgrowth, Vol.I,II. Acad.Press. New York. Vol.I, 390 S., Vol.II, 333 S.
- LOÜB, W.: (1960), Die mikrobiologische Charakterisierung von Bodentypen; Habil.Schrift a.d.Hochschule f.Bodenk., Wien, Juli 1960

- MENGEL, K.: (1968), Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze; G.Fischer Vlg. Stuttgart, 493 S.
- MÜLLER H.: (1967), Der Wasserhaushalt eines Pseudogleys mit und ohne künstliche Beregnung; Mitt. ÖBG. 11, S. 17-29
- RINGLER, R.: (1970), Charakterisierung und kartographische Erfassung der Böden im Raume Großsiegharts-Karlstein; Dissertationsarbeit a.d. Hochschule für Bodenkultur, Wien, April 1970
- RODE, A.: (1969), Das Wasser im Boden; Akademie Vlg., Berlin, 464 S.
- ROTMISTROFF, W.G.: (1926), Das Wesen der Dürre, ihre Ursache und Verhütung; Dresden und Leipzig
- SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P.: (1970), Lehrbuch der Bodenkunde; F. Enke Vlg., Stuttgart, 448 S.
- SCHLICHTING, Z. u. BLUME, H.P.: (1966), Bodenkundliches Praktikum; Vlg. P. Parey, Hamburg u. Berlin, 209 S.
- SCHWERTMANN, U.: (1964), Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung; Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 105, 3, 194-202
- SCHWERTMANN, U. u. LENTZE, W.: (1966), Bodenfarbe und Eisenoxidform; Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 115,3, S.209-214
- SLATYER, R.O.: (1967), Plant-Water Relationships; Acad. Press, Lond. a. New York, 366 S.
- SOLAR, F.: (1970), Die Dispersität der Böden; Exkursionsführer ÖBG.1970, S. 93-96
- (1971), Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung hydromorpher Böden; Habil.Schrift a.d.Hochschule f.Bodenkultur
- (1972), Die Böden des Raumes Großglockner-Zell am See; Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., 16, S. 93-106
- STEINHAUSER: (1960), Klimatographie von Österreich; Springer Vlg., Wien, 380 S.

Tab. 1: Korngrößenzusammensetzung in % des Feinbodens

	R + Z < 20 μ	R < 2 μ	Z 2-20 μ	FZ 2-6 μ	GZ 6-20 μ	St 20-50 μ	fFS 50-100 μ	gFS 100- 200 μ	GS 200- 2000 μ
Z I 0- 20 cm	34,43	16,32	18,11	5,93	12,18	19,59	6,89	11,44	27,65
20- 45	36,98	19,17	17,81	6,47	11,34	18,47	6,47	12,33	25,75
45- 60	43,58	21,11	22,47	8,30	14,17	12,84	9,14	11,85	22,59
60- 85	54,90	21,13	33,77	14,92	18,85	12,68	6,26	7,25	18,91
85-110	17,15	7,03	10,12	1,60	8,52	11,53	4,84	10,48	56,00
110-140	14,22	6,26	7,96	2,72	5,24	10,46	4,80	10,69	59,83
Z II 0- 15 cm	28,29	13,61	14,68	7,23	7,45	16,10	7,09	8,64	39,88
15- 45	12,48	6,77	5,71	2,76	2,95	5,61	2,92	4,40	74,59
45- 70	7,09	5,18	1,91	0,89	1,02	1,18	1,48	4,21	86,04
70-110	12,94	7,62	5,32	0,98	4,34	7,11	7,55	36,06	36,34
Z III 0- 10 cm	51,35	23,55	27,80	8,34	19,46	27,77	11,34	4,58	4,96
10- 40	53,98	26,96	27,02	9,85	17,17	25,85	10,31	4,23	5,63
40- 65	54,69	27,62	27,07	11,54	15,53	24,76	9,23	4,65	6,67
65- 75	70,08	27,82	42,26	25,85	16,41	15,77	7,17	3,22	3,76
100-110	49,25	13,14	36,11	9,47	26,64	26,93	13,21	1,12	9,49

Tab. 2: Korngrößenzusammensetzung in % des Feinbodens

	R + Z < 20 μ	R < 2 μ	Z 2-20 μ	FZ 2-6 μ	GZ 6-20 μ	St 20-50 μ	fFS 50-100 μ	gfFS 100- 200 μ	GS 200- 2000 μ
N I 0- 5 cm	65,62	24,83	40,79	12,07	28,72	17,70	9,51	3,10	4,07
5-20	63,82	25,65	38,17	12,45	25,72	22,00	8,72	2,69	2,77
25-40	67,07	34,80	32,27	11,41	20,86	21,45	7,06	1,98	2,44
45-60	71,64	37,88	33,76	12,05	21,71	13,01	6,35	1,30	7,70
60-80	77,15	39,51	37,64	14,73	22,91	18,10	4,68	0,58	0,17
80-85	24,19	6,62	17,57	5,54	12,03	17,87	24,05	11,63	22,26
tiefer 85	75,27	28,15	47,12	15,31	31,81	3,53	6,55	1,73	12,92
N II 0-12 cm	57,72	24,32	33,40	11,67	21,73	22,41	13,28	4,23	2,36
12-30	63,77	27,71	36,06	12,15	23,91	22,41	11,93	1,61	0,28
30-65	68,64	37,02	31,62	12,26	19,36	18,77	8,49	2,74	1,36
65-85	69,56	35,77	33,79	11,94	21,85	18,06	9,29	2,48	0,61
85-110	69,22	27,25	41,97	16,66	25,31	16,81	8,44	2,92	2,61
tiefer 110	67,95	23,84	44,11	17,23	26,88	16,63	6,91	3,23	5,38
N III 0-12 cm	54,07	21,63	32,44	10,10	22,34	27,36	14,85	2,40	1,32
12-30	56,33	26,08	30,25	9,10	21,15	28,64	11,59	2,01	1,43
30-45	54,10	26,06	28,04	8,26	19,78	30,69	11,84	2,06	1,31
45-70	61,07	32,00	29,07	9,98	19,09	25,30	11,49	1,81	0,33
90-100	46,04	23,30	22,76	6,71	16,05	37,05	13,92	2,28	0,69
100-130	41,46	21,69	19,77	5,31	14,46	33,04	15,89	4,31	5,30

Tab. 3: Grobsandergebnisse in %, ermittelt durch nasse Siebung

	Feinboden 2 mm in %	Grobsand	
		2-5 mm	5 mm
Z I 0- 20 cm	100,00	0,00	0,00
20- 45	97,00	2,40	0,60
45- 60	37,18	8,54	54,28
60- 85	80,52	10,94	8,54
85-100	80,50	5,02	14,46
100-110	76,98	5,48	17,54
110-120	76,98	5,48	17,54
Z II 0- 20 cm	100,00	0,00	0,00
20- 45	39,46	8,48	52,06
45- 60	17,46	18,14	64,40
60- 70	25,70	30,70	43,60
70- 90	41,48	13,30	45,22
90-110	99,67	0,10	0,22
110-120	99,67	0,10	0,22

Tab. 4: Humus, Gesamt-N, C/N-Verhältnis, Glühverlust (600°),
 CaCO₃-Gehalt, % Rohton

	Humus %	N-Ges. %	C/N	Glühver- lust %	CaCO ₃ %	Rohton %
N I 0- 5 cm	4,48	0,168	15,5	7,26	-	24,83
5-20	2,76	0,102	15,7	5,75	-	25,65
20-40	1,23	0,045	15,9	4,57	-	34,80
40-60	0,52	0,018	16,7	4,53	-	37,88
60-80	0,34	0,011	17,9	4,43	0,14	39,51
tiefer 85	-	-	-	5,54	27,50	28,15
N II 0-12 cm	4,21	0,125	19,57	6,14	-	24,32
12-30	1,27	0,067	11,00	4,13	-	27,71
30-65	0,67	0,031	12,56	4,50	-	37,02
65-85	0,39	0,014	16,20	4,00	-	35,77
85-110	0,31	-	-	4,58	14,10	27,25
N III 0-12 cm	3,6	0,157	13,3	6,46	-	21,63
12-30	1,27	0,045	15,1	4,09	-	26,08
30-45	0,69	0,024	16,7	3,04	-	26,06
45-70	0,42	0,015	16,2	4,06	-	32,00
70-100	0,19	-	-	3,00	0,16	23,30
100-130	-	-	-	2,86	7,10	21,69
Z I 0-20 cm	5,03	0,173	16,9	6,73	0,91	16,32
20-45	3,13	0,115	15,8	6,55	15,18	19,17
45-60	1,29	0,056	13,4	5,21	42,00	21,11
60-85	0,47	-	-	4,24	49,91	21,13
85-110	-	-	-	1,64	15,59	7,03
110-130	-	-	-	1,62	9,87	6,26
Z II 0-15 cm	4,28	0,157	15,8	5,83	-	13,61
15-45	0,91	0,036	14,7	2,13	-	6,77
45-60	-	-	-	0,82	-	5,18
60-110	-	-	-	1,64	-	7,62
Z III 0-10 cm	3,79	0,148	14,9	6,11	-	23,55
10-40	1,06	0,045	13,6	3,95	-	26,96
40-65	0,85	0,025	19,7	4,87	2,40	27,62
65-75	0,75	0,022	19,8	5,54	47,40	27,82
75-110	0,51	-	-	4,26	17,80	13,14

Tab. 5: Sorptionsverhältnisse; Mehlich, modifiziert nach De Leenheer und Hofmann

(Angaben in mval/100 g Boden.)

	Na	K	Ca	Mg	T-Wert	S-Wert	H-Wert	V-Wert	Oberfl. m ² /g	pH-Wert
Z I 0-20 cm	0,8	0,28	20,68	0,74	22,5	22,5	0,0	100,0	47,5	7,90
20-45	0,048	0,070	7,34	0,19	7,65	7,65	0,0	100,0	13,91	8,10
45-60	0,061	0,048	12,22	0,46	12,8	12,8	0,0	100,0	20,7	8,0
60-85	0,081	0,070	9,66	0,82	10,6	10,6	0,0	100,0	20,9	8,02
85-110	0,048	0,047	6,37	0,30	6,7	6,7	0,0	100,0	13,1	8,0
110-135	0,069	0,027	7,46	0,37	7,93	7,93	0,0	100,0	-	8,03
Z II 0-15 cm	0,105	0,070	9,63	0,60	20,0	11,03	8,97	55,15	39,4	6,5
15-45	0,017	0,011	0,66	0,034	1,27	0,73	0,54	57,2	2,95	6,6
45-65	0,026	0,011	0,62	0,047	1,0	0,71	0,29	71,25	2,32	6,8
65-110	0,061	0,038	5,21	0,62	7,0	5,93	1,07	84,7	20,0	6,7
Z III 0-10 cm	0,061	0,22	17,09	2,24	23,0	19,61	3,39	85,26	54,8	6,92
10-40	0,11	0,22	14,59	2,27	18,5	17,19	1,31	92,91	56,2	6,55
40-65	0,093	0,22	15,29	2,40	18,0	18,0	0,0	100,0	68,0	7,41
65-75	0,067	0,09	13,75	2,0	15,9	15,9	0,0	100,0	47,3	7,65
75-110	0,065	0,09	12,12	2,73	15,0	15,0	0,0	100,0	46,0	7,95

Tab. 6: Sorptionsverhältnisse; Mehlich, modifiziert nach De Leenheer und Hofmann
(Angaben in mval/100 g Boden)

	Na	K	Ca	Mg	T-Wert	S-Wert	H-Wert	V-Wert	Oberfl. m ² /g	pH-Wert
N I	0-5 cm	0,11	0,64	20,8	1,7	26,0	23,24	89,3	62,6	6,86
	5-20	0,12	0,58	17,0	1,4	19,5	19,1	97,9	63,9	6,85
	20-40	0,18	0,35	16,8	1,65	24,0	18,98	79,08	79,5	6,0
	40-60	0,17	0,35	19,0	3,3	24,0	22,8	95,0	94,8	6,38
	60-80	0,14	0,21	21,1	3,7	25,1	25,1	100,0	99,7	7,23
tiefer 85	0,11	0,21	16,3	2,9	19,5	19,5	0,0	100,0	56,9	7,9
N II	0-12 cm	0,05	0,40	15,5	1,50	24,0	17,45	72,7	61,5	5,9
	12-30	0,034	0,25	14,58	1,40	20,0	16,26	81,3	62,6	5,3
	30-65	0,074	0,38	16,50	2,15	23,5	19,10	81,2	93,2	6,2
	65-85	0,093	0,30	17,7	2,23	24,0	20,32	84,6	96,1	6,18
	85-110	0,091	0,22	21,4	1,98	23,7	23,7	100,0	79,7	7,58
tiefer 110	0,11	0,26	18,22	1,71	20,3	20,3	0,0	100,0	61,5	7,75
N III	0-12 cm	0,076	0,36	20,72	2,45	23,6	23,6	100,0	64,1	7,25
	12-30	0,078	0,28	16,25	1,90	18,5	18,5	100,0	63,6	7,28
	30-45	0,108	0,29	14,73	1,90	18,0	18,8	100,0	60,5	7,20
	45-70	0,080	0,43	20,59	2,3	23,4	23,4	100,0	87,2	7,1
	70-100	0,086	0,22	15,84	1,76	17,9	17,9	100,0	60,0	7,52
100-130	0,086	0,22	15,08	1,62	17,0	17,0	0,0	100,0	51,9	7,85

Tab. 7: Na-, K-, Ca-, Mg-Sättigungsgrad in %;
bestimmt nach Mehlich (modifiziert nach De Leenheer und Hofmann)

		Na	K	Ca	Mg
N I	0- 5 cm	0,42	2,46	80,0	6,53
	5-20	0,61	2,9	87,1	7,17
	20-40	0,75	1,45	70,0	6,8
	40-60	0,71	1,45	79,1	13,7
	60-80	0,55	0,83	84,0	14,7
	tiefer 80	0,56	1,07	83,5	14,5
N II	0-12 cm	0,2	1,66	64,5	6,25
	12-30	0,17	1,25	72,9	7,0
	30-65	0,31	1,61	70,2	9,1
	65-85	0,38	1,25	73,7	9,3
	85-110	0,38	0,09	90,2	8,4
	tiefer 110	0,54	1,28	89,8	8,4
N III	0-12 cm	0,32	1,52	87,80	10,3
	12-30	0,42	1,51	87,83	10,27
	30-45	0,60	1,61	81,83	10,55
	45-70	0,34	1,83	88,0	9,82
	70-100	0,48	1,22	88,5	9,83
	tiefer 100	0,50	1,29	88,7	9,52
Z I	0-20 cm	3,5	1,24	91,9	3,28
	20-45	0,62	0,91	95,8	2,56
	45-60	0,47	0,38	95,5	3,62
	60-85	0,76	0,66	90,82	7,74
	85-110	0,71	0,70	94,1	4,54
	110-135	0,87	0,34	94,17	4,66
Z II	0-15 cm	0,52	0,35	48,1	3,0
	15-45	1,38	0,88	52,26	2,66
	45-65	2,6	1,07	62,75	4,75
	65-110	0,87	0,54	74,42	8,8
Z III	0-10 cm	0,26	0,95	74,3	9,73
	10-40	0,59	1,18	78,8	12,20
	40-65	0,51	1,22	84,9	13,3
	65-75	0,42	0,56	86,4	12,5
	75-110	0,43	0,60	80,8	18,2

Tab. 8: Oberflächen, Humus, Rohtongehalte, T-Werte und Ladungsdichten

	Oberfl. m ² /g	Humus %	Rohton %	T-Werte mval/100g	Ladungsdichte 10 ⁻⁶ mval/cm ²
N I 0- 5 cm	62,59	4,48	24,83	26,0	4,15
5-20	63,89	2,76	25,65	19,5	3,05
20-40	79,47	1,23	34,80	24,0	3,02
40-60	94,79	0,52	37,88	24,0	2,53
60-80	99,73	0,34	39,51	25,1	2,51
80-85	18,44	-	6,6	-	-
tiefer 85	56,88	-	28,15	19,5	3,42
N II 0-12 cm	61,55	4,21	24,32	24,0	3,89
12-30	62,95	1,27	27,71	20,0	3,19
30-65	93,23	0,67	37,02	23,5	2,52
65-85	96,09	0,39	35,77	24,0	3,47
85-110	79,73	0,31	27,25	23,7	2,97
110-130	61,55	-	23,84	20,3	3,29
N III 0-12 cm	64,15	3,6	21,63	23,6	3,67
12-30	63,63	1,17	26,08	18,5	2,90
30-45	60,51	0,69	26,06	18,0	2,97
45-70	87,26	0,42	32,0	23,4	2,68
70-100	60,01	0,19	23,30	17,9	2,98
100-130	51,94	-	21,69	17,0	3,27
Z I 0-20 cm	47,53	5,03	16,32	22,5	4,73
20-45	37,66	3,13	19,17	7,65	2,03
45-60	25,97	1,29	21,11	12,8	4,92
60-85	26,23	0,47	21,13	10,6	4,04
85-110	17,14	-	7,03	6,7	3,90
110-130	15,06	-	6,26	7,93	5,20
Z II 0-15 cm	39,47	4,28	13,61	20,0	5,06
15-45	17,40	0,91	6,77	1,27	7,29
45-65	9,35	-	5,18	1,0	1,06
65-110	20,26	-	7,62	6,9	3,40
Z III 0-10 cm	54,80	3,79	23,55	23,0	4,19
10-40	56,62	1,06	26,96	18,5	3,26
40-65	68,04	0,85	27,62	18,0	2,64
65-75	47,27	0,75	27,82	15,9	3,36
75-110	45,97	0,51	13,14	15,0	3,26

Tab. 9: Wasserlösliche Ionen in mg/100 g Boden

	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	PO ₄	Al	B	pH	Leitf. mikros
Z I 0-20 cm	0,5	1,0	9,5	0,75	1,0	0,2	0,045	0,035	0,08	7,5	185
20-45	1,25	0,6	15,0	1,0	0,75	0,15	0,03	0,005	0,06	8,1	240
45-60	0,75	0,4	12,5	1,5	0,85	0,15	0,01	0,015	0,02	8,0	195
60-85	0,75	0,45	10,0	3,2	1,0	0,15	0,01	0,002	0,03	8,0	210
85-110	0,45	0,45	8,0	2,2	0,85	0,15	0,02	-	0,01	8,0	150
Z II 0-20 cm	0,43	0,75	1,0	0,25	1,25	0,15	0,13	0,10	0,01	6,5	79
20-45	0,40	1,0	0,5	0,42	1,5	0,15	0,08	0,20	0,08	6,6	72
45-65	0,4	0,9	0,4	0,5	1,35	0,1	0,05	0,17	0,05	6,8	47
65-110	0,4	0,7	0,45	0,2	1,75	0,1	0,04	0,21	0,01	6,7	50
Z III 0-10 cm	0,4	0,75	2,5	1,3	1,25	0,25	0,21	0,12	0,06	6,82	100
10-40	0,5	0,85	0,75	0,75	1,0	0,20	0,07	0,16	0,04	6,55	73
40-65	0,75	0,65	11,0	1,35	1,25	0,20	0,05	0,02	0,06	7,41	170
65-75	0,55	0,50	9,5	1,3	1,0	0,15	0,03	0,08	0,11	7,55	145
75-110	0,50	0,55	6,5	1,32	1,0	0,15	0,032	0,015	0,04	7,95	120

Tab. 10: Wasserlösliche Ionen in mg/100 g Boden

	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	PO ₄	Al	B	pH	Leitf. mikros
N I											
0-5 cm	1,5	3,1	7,0	1,75	0,5	0,25	0,34	0,085	0,06	6,86	180
5-20	1,85	1,0	1,0	1,3	0,2	0,15	0,60	0,06	0,06	6,85	95
20-40	2,70	0,7	0,5	1,3	0,25	0,15	0,03	0,08	0,04	6,0	80
40-60	2,3	0,7	2,5	1,0	0,25	0,12	0,01	0,02	0,01	6,30	93
60-80	2,0	0,5	3,2	1,4	0,45	0,10	0,03	0,03	0,01	7,20	115
80-85	0,7	1,4	11,5	2,0	2,0	0,3	0,005	0,09	-	-	-
tiefer 85	1,5	0,8	8,7	1,8	0,5	0,1	0,012	0,01	0,04	7,90	170
N II											
0-12 cm	0,7	1,7	1,0	0,25	0,7	0,2	0,65	0,055	0,02	5,9	62
12-30	0,4	0,95	0,25	0,12	0,7	0,02	0,04	0,10	0,025	5,3	34
30-65	0,7	1,0	0,5	0,15	0,6	0,02	0,03	0,04	0,01	6,2	44
65-85	0,7	0,95	0,25	0,2	0,8	0,02	0,035	0,14	0,02	6,2	40
85-110	1,1	0,75	8,0	1,0	0,7	0,022	0,05	0,005	0,02	7,5	123
tiefer 110	1,2	1,20	8,5	0,95	0,75	0,02	0,02	0,005	0,05	7,75	135
N III											
0-12 cm	0,7	1,0	3,0	0,8	0,5	0,15	0,03	0,095	0,03	7,2	122
12-30	0,8	1,0	1,0	0,25	0,47	0,15	0,03	0,10	0,02	7,2	75
30-45	0,9	1,2	0,5	0,25	0,48	0,2	0,02	0,10	0,02	7,0	74
45-70	1,0	1,0	0,7	0,5	0,45	0,25	0,015	0,03	0,03	7,1	97
70-100	1,0	0,7	2,0	0,5	0,42	0,20	0,05	0,01	0,02	7,5	98

Tab. 11: In n-Ammonazetat lösliche Ionen in mg/100 g Boden

	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	PO ₄	Al	B
Z I 0-20 cm	18,5	11,0	929,0	13,7	39,0	3,2	0,64	0,13	0,7
20-45	3,0	7,6	1095,0	15,0	38,7	2,1	0,43	0,40	1,2
45-60	1,7	2,4	1212,0	18,5	42,8	2,1	0,50	0,11	0,7
60-85	2,3	3,4	1090,0	50,2	65,0	2,1	11,8	0,2	0,6
85-110	1,4	2,4	948,0	30,2	50,8	2,1	0,8	0,1	0,6
Z II 0-20 cm	2,4	2,75	193,0	7,25	31,2	6,15	1,73	0,5	0,05
20-45	2,4	2,6	78,5	2,4	19,5	3,1	0,6	0,4	0,3
45-65	2,0	1,7	50,4	2,3	17,3	2,7	0,05	0,17	0,05
65-110	1,4	1,5	104,0	7,6	27,7	3,0	0,2	0,41	0,40
Z III 0-10 cm	1,4	8,7	342,5	27,3	69,2	8,25	0,61	0,52	0,16
10-40	2,5	8,8	292,7	27,7	69,0	6,2	0,27	1,96	0,2
40-65	2,1	8,6	851,0	29,3	75,2	5,2	0,65	2,8	0,18
65-75	1,55	3,5	1049,0	24,3	69,0	4,9	1,43	2,0	0,2
75-110	1,5	3,5	1012,5	33,3	76,0	4,3	0,93	1,0	0,14

Tab. 13: In 0,5 n H₂SO₄ lösliche Fraktionen in mg/100g Boden

	Na	K	Fe	Mn	PO ₄	Al	B	Zn
N I	0-5 cm	2,7	156,5	20,2	35,0	102,2	0,66	1,0
	5-20	3,2	154,2	19,5	10,2	140,0	0,2	1,0
	20-40	4,5	148,2	12,5	6,6	100,1	0,48	0,8
	40-60	4,3	134,2	14,2	15,2	90,1	0,76	0,84
	60-80	3,6	149,4	16,1	76,0	80,0	0,6	0,94
N II	80-85	2,7	832,0	67,3	58,4	26,1	-	-
	tiefer 85	4,55	702,5	69,1	161,6	54,1	0,5	0,90
N III	0-12 cm	2,15	236,7	47,2	7,7	104,2	0,8	1,6
	12-30	2,0	190,7	24,4	3,12	132,3	0,8	-
	30-65	2,72	156,6	14,4	4,9	154,4	0,7	-
	65-85	3,75	157,8	17,6	15,8	99,0	0,26	1,2
	85-110	5,7	563,7	40,0	90,0	59,0	0,7	1,2
N III	tiefer 110	6,6	900,7	50,0	106,8	44,3	0,35	-
	0-12 cm	3,0	164,5	27,1	8,2	81,3	1,4	-
	12-30	3,0	182,5	19,2	5,8	96,5	7,4	1,0
	30-45	3,3	162,5	16,4	2,8	208,0	1,2	1,0
	45-70	3,4	130,4	17,0	8,6	116,3	1,5	1,0
N III	70-100	3,2	144,4	12,8	14,6	116,0	1,3	0,8
	tiefer 100	3,0	248,4	15,0	12,6	78,2	1,6	0,8

Tab. 14: In 0,5 n H_2SO_4 lösliche Fraktion in mg/100 g Boden

	Na	K	Fe	Mn	PO ₄	Al	B	Zn
Z I								
0-20 cm	37,5	14,0	1239,0	22,2	-	80,1	1,9	0,4
20-45	6,0	9,2	678,7	22,1	122,4	110,4	2,0	0,4
45-60	5,7	3,0	1142,8	21,5	4,5	48,1	2,0	0,0
60-85	5,9	3,8	1345,0	21,7	13,8	14,2	1,6	0,0
85-110	4,2	2,8	1391,0	26,1	4,8	16,1	1,2	0,1
Z II								
0-20 cm	2,4	4,7	11,2	13,1	5,7	135,5	0,4	0,2
20-45	3,0	3,6	81,5	9,1	3,6	35,4	0,3	0,1
45-65	2,4	2,1	63,3	7,1	2,0	11,2	0,09	0,0
65-110	1,4	2,5	61,7	10,1	8,2	58,4	0,45	0,2
Z III								
0-10 cm	2,4	9,7	124,2	24,0	2,6	62,5	0,9	0,2
10-40	3,5	9,8	109,0	10,8	2,3	57,9	0,7	0,2
40-65	3,1	9,6	203,2	14,2	12,6	70,8	0,7	0,2
65-75	7,5	4,1	2069,0	35,0	11,3	14,0	1,2	0,3
75-110	4,5	4,1	1016,0	19,3	64,0	37,1	0,7	0,3

Extraktion mit 0,5 n NaOH
mg/100 g Boden

Tab. 15: Extraktion mit Tamm'scher Lösung
mg/100 g Boden

	Na	K	Mg	Fe	Mn	B	PO ₄	Al	Si	Zn
Z I										
0-20 cm	38,5	15,8	16,7	1447,0	42,0	3,9	5,0	80,2	190,0	1,0
20-45	6,4	10,0	22,0	768,0	34,1	4,2	125,2	110,4	110,0	1,0
45-60	6,3	3,4	168,5	1572,8	36,1	3,4	0,3	48,1	120,0	0,0
60-85	6,5	2,0	360,2	2025,0	35,7	3,1	19,4	14,3	140,0	0,0
85-110	4,8	2,1	110,2	1702,8	88,1	2,7	9,6	16,1	188,0	0,6
Z II										
0-20 cm	3,8	6,7	8,12	367,2	67,1	1,0	35,7	151,5	160,0	1,4
20-45	4,6	5,0	3,0	393,5	219,1	0,7	9,6	43,4	152,0	0,3
45-65	4,0	3,1	2,9	159,3	44,1	0,1	6,0	11,1	100,0	0,0
65-110	2,8	2,9	8,6	183,7	30,0	0,4	14,2	65,4	188,0	0,2
Z III										
0-10 cm	2,4	9,7	29,3	380,2	70,2	2,0	21,6	462,5	130,0	2,0
10-40	3,6	9,8	29,6	323,0	41,8	1,3	15,2	352,0	150,0	2,2
40-65	3,1	9,6	30,6	459,2	45,6	1,4	33,6	72,8	188,0	1,0
65-75	7,5	4,1	104,3	2793,0	48,0	2,9	29,4	16,1	55,0	1,2
75-110	4,5	4,1	107,3	1406,0	24,3	0,9	66,5	38,1	70,0	1,1

Tab. 16: Extraktion mit Tamm'scher Lösung
mg/100 g Boden

Extraktion mit 0,5 n NaOH
mg/100 g Boden

	Na	K	Mg	Fe	Mn	B	PO ₄	Al	Si	Zn
N I	0-5 cm	3,7	29,1	28,7	1456,0	96,2	2,36	106,2	165,0	1,6
	5-20	3,9	14,4	36,0	1344,2	103,5	1,6	150,1	152,5	1,6
	20-40	5,6	17,2	57,3	1308,0	62,5	1,3	122,1	185,0	1,4
	40-60	5,0	16,3	69,8	1294,0	114,1	1,0	98,1	185,0	1,4
	60-80	4,6	11,5	109,4	1209,0	136,1	0,94	83,6	185,0	1,5
N II	80-85	-	15,4	-	1872,0	79,0	10,6	-	370,0	-
	tiefer 85	5,2	11,0	290,0	1222,5	90,1	0,5	61,7	185,0	1,5
	0-12 cm	2,5	18,7	18,9	378,7	59,2	-	106,2	50,0	2,5
	12-30	2,4	12,3	17,7	342,7	36,4	1,2	137,3	110,0	1,2
	30-65	3,1	16,9	26,5	268,6	21,4	0,83	173,4	136,0	2,0
N III	65-85	4,1	13,3	27,8	331,8	43,6	0,3	100,1	150,0	1,6
	85-110	6,1	11,7	58,1	1043,7	86,0	0,8	60,2	120,0	1,6
	tiefer 110	7,0	13,4	69,0	1500,0	72,0	0,4	45,0	130,0	1,1
	0-12 cm	3,9	17,0	31,2	508,5	105,0	1,7	83,3	240,0	1,6
	12-30	4,2	13,0	24,6	442,4	113,1	1,7	99,5	280,0	1,4
N III	30-45	4,5	13,6	24,6	474,5	95,4	1,4	211,5	320,0	1,4
	45-70	4,6	20,0	36,5	442,4	85,0	1,8	120,3	290,0	1,4
	70-100	3,8	10,7	27,5	396,4	61,8	1,4	120,2	290,0	1,4
	tiefer 100	3,6	10,0	28,8	426,4	51,0	1,8	79,3	220,0	1,4

Tab. 17: Extraktion mit Na-Dithionit/Na-Zitrat nach Chang-Jackson
mg/100 g Boden

	Fe	Mn	PO ₄	Zn
N I 0-5 cm	2636,5	190,2	90,0	3,4
5-20	1564,2	197,5	51,2	3,4
20-40	2588,2	162,5	45,6	3,2
40-60	1534,2	210,0	65,4	3,2
60-80	2450,0	222,1	100,0	3,1
80-85	3032,0	143,7	-	2,2
tiefer 85	2462,5	175,1	192,2	3,5
N II 0-12 cm	1180,0	200,0	32,0	3,5
12-30	1320,0	184,0	30,0	2,9
30-65	1360,0	170,0	36,0	2,9
65-85	1420,0	196,0	44,0	2,8
85-110	1360,0	184,0	114,0	1,2
tiefer 110	2740,7	160,0	116,4	-
N III 0-12 cm	1548,0	265,1	17,7	2,6
12-30	1482,4	265,1	20,6	2,6
30-45	1474,5	242,0	7,4	2,4
45-70	1442,4	235,0	169,0	2,4
70-100	1396,0	211,8	30,6	2,4
tiefer 100	1506,4	203,0	17,1	2,4
Z I 0-20 cm	1607,0	82,5	9,0	1,6
20-45	928,0	61,0	133,0	1,6
45-60	1712,8	-	48,0	0,6
60-85	2158,0	70,2	19,4	0,6
85-110	1852,8	110,2	15,6	1,5
Z II 0-20 cm	1567,2	137,1	43,7	2,0
20-45	1493,0	439,0	19,6	0,0
45-65	1179,3	244,1	14,0	0,0
65-110	1303,7	104,0	22,2	0,2
Z III 0-10 cm	1440,2	200,0	41,6	3,6
10-40	1523,0	151,8	28,8	2,2
40-65	1699,0	145,0	75,6	1,0
65-75	3480,0	120,0	49,0	1,2
75-110	2606,0	84,3	80,5	1,1

Tab. 18: Gesamtnährstoffe nach Aufschluß in konz. H_2SO_4 (in mg/100 g Boden)

	Na	K	Fe	Mn	PO ₄	Al	B	Zn
Z I								
0-20 cm	45,0	455,0	2500,0	170,0	179,0	2400,0	12,6	8,0
20-45	35,0	340,0	2520,0	160,0	135,0	2280,0	7,8	8,0
45-60	20,0	200,0	2000,0	125,0	96,0	1440,0	4,9	6,0
60-85	25,0	215,0	2300,0	110,0	58,0	1480,0	6,1	5,5
85-110	27,0	145,0	2600,0	240,0	58,0	1700,0	5,5	5,0
Z II								
0-20 cm	35,0	340,0	2520,0	255,0	139,0	1940,0	9,4	7,0
20-45	25,0	150,0	1800,0	650,0	71,0	1440,0	3,3	6,0
45-65	15,0	90,0	1300,0	245,0	32,0	800,0	5,7	5,5
65-110	25,0	130,0	1900,0	140,0	50,0	1300,0	7,4	6,0
Z III								
0-10 cm	60,0	705,0	3100,0	210,0	67,0	2920,0	15,0	9,0
10-40	45,0	665,0	3500,0	160,0	31,0	3580,0	9,2	9,0
40-65	40,0	800,0	2800,0	155,0	120,0	2340,0	9,1	8,0
65-75	30,0	350,0	3800,0	130,0	184,0	2230,0	7,5	6,0
75-110	43,0	435,0	3900,0	120,0	160,0	3360,0	14,0	13,0

Tab. 19: Gesamtnährstoffe nach Aufschluß in konz. H_2SO_4 (in mg/100 g Boden)

	Na	K	Fe	Mn	PO_4	Al	B	Zn
N I								
0-5 cm	11,5	890,0	3500,0	385,0	208,0	:200,0	20,0	12,0
5-20	100,0	810,0	3520,0	390,0	192,0	:300,0	23,0	10,0
20-40	80,0	900,0	4000,0	285,0	137,0	:700,0	9,7	8,0
40-60	85,0	875,0	4200,0	375,0	147,0	:700,0	18,2	10,0
60-80	90,0	775,0	3900,0	320,0	150,0	:740,0	16,6	20,0
80-85	40,0	290,0	4000,0	395,0	150,0	:300,0	5,4	7,0
tiefer 85	80,0	780,0	4000,0	295,0	137,0	:300,0	17,8	5,0
N II								
0-12 cm	90,0	805,0	3200,0	390,0	117,0	:000,0	10,0	5,0
12-30	90,0	915,0	3500,0	320,0	107,0	:500,0	14,5	3,0
30-65	80,0	945,0	4150,0	305,0	104,0	:200,0	8,7	10,0
65-85	80,0	920,0	4150,0	385,0	112,0	:500,0	10,3	13,0
85-110	120,0	945,0	3900,0	280,0	187,0	:500,0	8,5	12,0
tiefer 110	-	-	-	-	-	-	-	-
N III								
0-12 cm	80,0	665,0	3000,0	320,0	113,0	:920,0	21,2	10,0
12-30	78,0	670,0	3200,0	350,0	113,0	:260,0	15,8	18,0
30-45	70,0	630,0	3200,0	315,0	99,0	:260,0	15,0	13,0
45-70	65,0	700,0	3800,0	300,0	160,0	:660,0	13,9	10,0
70-100	70,0	560,0	3500,0	215,0	163,0	:300,0	19,0	10,0
tiefer 100	55,0	800,0	3500,0	205,0	148,0	:300,0	17,0	13,0

Tab. 20: Sesquioxiddynamik

	Mobilitätsgrad in %		% - Anteil der amorphen an den gesamtfr. Sesquioxiden		Freisetzungsgrad in %			
	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn	Al	
N I	0- 5 cm	5,9	10,6	55,2	50,5	75,3	49,3	3,3
	5-20	9,8	9,8	85,9	52,2	44,4	50,5	4,5
	20-40	5,7	7,6	50,5	38,2	64,7	56,8	3,2
	40-60	8,7	6,7	84,3	54,2	36,5	56,0	2,6
	60-80	6,0	7,2	49,3	61,2	62,8	69,3	2,3
	80-85	27,4	46,8	61,7	54,9	75,8	36,2	-
	tiefer 85	28,0	39,4	49,6	51,4	61,5	59,3	1,8
N II	0-12 cm	20,0	23,6	32,0	29,6	36,8	51,2	3,5
	12-30	14,4	13,2	25,9	19,7	37,7	57,5	3,9
	30-65	11,5	8,4	19,7	12,5	32,7	55,7	5,3
	65-85	11,1	8,9	23,3	22,2	34,2	50,9	2,8
	85-110	41,4	21,7	76,6	46,4	34,8	65,7	1,6
	tiefer 110	32,8	31,2	54,7	45,0	-	-	-
N III	0-12 cm	10,6	10,2	32,8	39,6	51,6	82,8	2,8
	12-30	12,3	7,2	29,8	42,6	46,3	75,7	3,0
	30-45	11,0	6,7	32,1	39,2	46,0	76,8	6,4
	45-70	9,0	7,2	30,6	36,1	37,9	78,3	3,2
	70-100	10,3	6,0	28,3	29,2	39,8	98,1	3,6
	tiefer 100	16,4	7,4	28,2	25,1	43,0	99,0	2,3
Z I	0-20 cm	77,1	26,9	90,0	50,9	64,2	48,5	3,4
	20-45	73,0	36,2	82,7	17,8	36,8	38,1	4,8
	45-60	66,7	-	91,8	-	85,6	-	3,3
	60-85	61,5	12,7	92,6	32,3	95,0	63,8	1,0
	85-110	75,0	23,6	91,9	79,8	71,2	45,8	0,9
Z II	0-20 cm	0,7	9,5	23,4	48,9	62,1	53,7	8,0
	20-45	5,4	2,1	26,3	49,8	82,9	67,5	3,0
	45-65	5,3	2,9	13,4	18,0	90,6	99,0	1,3
	65-110	4,7	9,7	14,0	28,8	68,5	74,2	4,9
Z III	0-10 cm	8,6	12,0	26,3	35,1	46,4	95,2	15,8
	10-40	7,1	7,1	21,2	27,5	43,5	94,3	9,8
	40-65	11,9	9,7	27,0	31,4	60,0	93,5	3,0
	65-75	59,4	29,1	80,2	40,0	91,5	92,3	0,7
	75-110	38,9	22,8	53,9	28,8	66,8	70,2	1,1

Tab. 21: Sesquioxiddynamik

	Schwerlösliche Oxidformen in mval/100 g			% - Anteil an den gesamtfreien Mengen		
	Fe	Mn	Fe+Mn	Fe %	Mn %	
N I	0- 5 cm	133,3	9,3	142,6	94,0	89,4
	5-20	7,6	9,7	17,3	9,0	9,0
	20-40	131,2	8,1	139,3	94,3	92,2
	40-60	75,2	10,6	85,8	91,2	93,2
	60-80	123,7	11,23	134,9	93,8	92,8
	80-85	118,3	4,2	122,5	72,5	53,8
	tiefer 85	94,6	5,8	100,4	71,5	61,0
N II	0-12 cm	50,7	8,4	59,1	80,1	77,0
	12-30	60,7	8,7	69,4	85,6	87,0
	30-65	64,8	8,4	73,2	88,6	91,5
	65-85	67,8	9,7	77,5	88,8	91,0
	85-110	42,9	7,9	50,8	58,6	79,0
	tiefer 110	98,8	6,0	104,8	67,1	68,9
N III	0-12 cm	74,4	13,0	87,4	89,4	90,2
	12-30	69,9	13,4	83,3	87,8	93,0
	30-45	70,5	12,3	82,8	89,0	93,1
	45-70	70,5	11,8	82,3	90,9	92,1
	70-100	67,3	10,8	78,1	89,7	93,9
	tiefer 100	67,6	10,1	77,7	83,5	91,8
Z I	0-20 cm	19,8	3,3	23,1	22,9	73,3
	20-45	13,4	2,1	15,5	26,9	63,6
	45-60	30,7	-	-	33,3	-
	60-85	44,8	2,7	47,5	38,2	71,0
	85-110	24,8	4,6	29,4	24,9	76,6
Z II	0-20 cm	83,6	6,7	90,3	99,2	90,5
	20-45	75,9	23,5	99,4	94,6	98,3
	45-65	59,9	13,0	72,0	94,6	97,7
	65-110	66,7	5,1	71,8	95,2	91,0
Z III	0-10 cm	70,8	9,6	80,4	91,4	88,0
	10-40	76,1	7,6	83,7	92,9	92,6
	40-65	80,4	7,2	87,6	88,0	91,1
	65-75	75,8	4,6	80,4	40,5	70,7
	75-110	85,4	3,6	89,0	61,0	78,2

Tab. 22: Eisen und Mangan; verschiedene Löslichkeitsformen
 in mval/100 g Boden

		Eisen			Mangan		
		Dithionit	Tamm	0,5n H ₂ SO ₄	Dithionit	Tamm	0,5n H ₂ SO ₄
N I	0- 5 cm	141,7	78,2	8,4	10,4	5,2	1,1
	5-20	84,0	72,2	8,2	10,7	5,6	1,0
	20-40	139,1	70,3	7,9	8,8	3,4	0,68
	40-60	82,4	69,5	7,2	11,4	6,2	0,77
	60-80	131,7	65,0	8,0	12,1	7,4	0,87
	80-85	163,0	100,6	44,7	7,5	4,9	3,7
	tiefer 85	132,3	65,6	37,7	9,5	4,9	3,7
N II	0-12 cm	63,4	20,3	12,7	10,9	3,2	2,5
	12-30	70,9	18,3	10,2	10,0	1,9	1,3
	30-65	73,1	14,4	8,3	9,2	1,1	0,78
	65-85	76,3	17,7	8,5	10,7	2,3	0,96
	85-110	73,1	56,0	30,2	10,0	4,6	2,1
	tiefer 110	147,1	80,6	48,3	8,7	3,9	2,7
	N III	0-12 cm	83,2	27,3	8,8	14,4	5,7
12-30		79,6	23,7	9,7	14,4	6,1	1,0
30-45		79,2	25,4	8,7	13,2	5,2	0,89
45-70		77,5	23,7	7,0	12,8	4,6	0,92
70-100		75,0	21,2	7,7	11,5	3,3	0,69
tiefer 100		80,9	22,9	13,3	11,0	2,7	0,81
Z I		0-20 cm	86,3	77,7	66,5	4,5	2,2
	20-45	49,8	41,2	36,4	3,3	1,8	1,2
	45-60	92,0	84,5	61,3	-	1,9	1,1
	60-85	117,1	108,8	72,3	3,8	1,9	1,1
	85-110	99,5	91,5	74,7	6,0	4,8	1,4
	Z II	0-20 cm	84,2	19,7	0,60	7,4	3,6
20-45		80,2	21,1	4,3	23,9	11,9	0,4
45-65		63,3	8,5	3,4	13,3	2,4	0,3
65-110		70,0	9,8	3,3	5,6	1,6	0,5
Z III		0-10 cm	77,4	20,4	6,6	10,9	3,8
	10-40	81,9	17,3	5,8	8,2	2,2	0,6
	40-65	91,3	24,6	10,9	7,9	2,4	0,7
	65-75	187,0	150,1	111,2	6,5	2,6	1,9
	75-110	140,0	75,5	54,6	4,6	1,3	1,0

Tab. 23: Gesamtfreie Sesquioxide in mval/100 g Boden;
%-Verhältnis der gesamtfreien Sesquioxide zueinander

	mval/100 g Boden				% - Verhältnis			
	Al	Fe	Mn	Summe	Al	: Fe	: Mn	
N I	0- 5 cm	11,8	141,7	10,4	163,9	7,2	86,4	6,3
	5-20	16,6	84,0	10,7	111,3	14,9	75,4	9,6
	20-40	13,5	139,1	8,8	161,4	8,3	86,1	5,4
	40-60	10,9	82,4	11,4	104,7	10,4	78,7	10,8
	60-80	9,2	131,7	12,1	153,0	6,0	86,0	7,9
	80-85	-	163,0	7,9	-	-	-	-
	tiefer 85	6,8	132,3	9,5	148,6	4,5	89,0	6,4
N II	0-12 cm	11,8	63,4	10,9	86,1	13,7	73,6	12,6
	12-30	15,2	70,9	10,0	96,1	15,8	73,7	10,4
	30-65	19,2	73,1	9,2	101,5	18,9	72,0	9,0
	65-85	11,1	76,3	10,7	98,1	11,3	77,7	10,9
	85-110	6,6	73,1	10,0	89,7	7,3	81,4	11,1
	tiefer 110	5,0	147,1	8,7	160,8	3,1	91,4	5,4
N III	0-12 cm	9,2	83,2	14,4	106,8	8,6	77,9	13,4
	12-30	11,0	79,6	14,4	105,0	10,4	75,8	13,7
	30-45	23,5	79,2	13,2	115,9	20,2	68,3	11,3
	45-70	13,3	77,5	12,8	103,6	12,8	74,8	12,3
	70-100	13,3	75,0	11,5	99,8	13,3	75,1	11,5
	tiefer 100	8,8	80,9	11,0	100,7	8,7	80,3	10,9
Z I	0-20 cm	8,9	86,3	4,5	99,7	8,9	86,5	4,5
	20-45	12,2	49,8	3,3	65,3	18,6	76,2	5,0
	45-60	5,3	92,0	3,3	100,3	5,2	91,7	3,2
	60-85	1,5	117,1	3,8	122,4	1,2	95,6	3,1
	85-110	1,7	99,5	6,0	107,2	1,6	92,8	5,5
Z II	0-20 cm	16,8	84,2	7,4	108,4	15,4	77,6	6,8
	20-45	4,8	80,2	23,9	108,9	4,4	73,6	21,9
	45-65	1,2	63,3	13,3	77,8	1,5	81,3	17,0
	65-110	7,2	70,0	5,6	82,8	8,6	84,5	6,7
Z III	0-10 cm	51,4	77,4	10,9	139,7	36,7	55,4	7,8
	10-40	39,1	81,9	8,2	129,2	30,2	63,3	6,3
	40-65	8,0	91,3	7,9	107,2	7,4	85,1	7,3
	65-75	1,7	187,0	6,5	195,2	0,8	95,7	3,3
	75-110	4,2	140,0	4,6	148,8	2,8	94,0	3,0

Tab. 24: Spezifisches Gewicht (SpG), Raumgewicht (RG), Permanenter Welkepunkt (PWP) in Gew.% und Vol.%, Porenvolumen (PV), Porenverteilung, Luftkapazität (LK) und Wassergehalt bei pf 2,0

	SpG	RG	PWP		PV	Porenverteilung in % PV			LK	Wassergehalt bei pf 2,0	
			Gew.%	Vol.%		Fein-poren	Mittel-poren	Grob-poren		Gew.%	Vol.%
N I	0-10 cm	1,48	13,4	19,8	45,0	19,8	16,7	8,5	6,48	26,2	38,7
	10-30	2,72	14,7	21,6	46,0	21,6	18,5	5,9	4,97	28,4	41,7
	30-45	2,73	-	-	46,0	-	-	-	-	-	-
	45-65	2,72	15,6	22,6	47,0	22,6	22,3	2,1	1,23	31,6	45,8
	65-85	2,72	1,49	-	46,0	-	-	-	-	-	-
85-110	2,73	1,62	12,0	19,4	41,0	19,4	17,0	4,6	1,2	24,5	39,7
N II	0-10 cm	2,59	12,6	16,3	50,0	16,3	15,6	18,1	14,7	27,2	35,3
	10-30	2,70	13,2	18,7	48,0	18,7	17,9	11,4	7,7	28,4	40,3
	30-60	2,73	15,0	21,9	46,5	21,9	21,2	3,4	1,50	31,1	45,4
	60-90	2,73	-	-	46,0	-	-	-	-	-	-
	90-130	2,73	11,6	18,6	41,0	18,6	15,4	7,0	2,30	24,0	38,6
N III	0-10 cm	2,64	12,2	16,4	49,0	16,4	15,4	17,2	11,92	26,2	35,3
	10-30	2,72	12,8	18,9	46,0	18,9	16,5	10,6	7,0	26,0	38,4
	30-70	2,72	14,8	22,0	45,0	22,0	16,1	6,9	3,3	28,0	41,7
	70-90	2,72	-	-	45,0	-	-	-	-	-	-
	90-120	2,73	1,60	10,4	42,0	16,6	17,4	8,0	5,0	23,2	37,1
Z I	2,59	1,31	8,0	10,4	49,5	10,4	12,8	26,3	16,8	25,0	32,7
Z II	2,58	1,32	8,0	10,4	49,0	11,8	10,5	26,6	17,3	24,0	31,7
Z III	0-15 cm	2,62	9,8	13,1	49,0	13,1	16,5	19,4	15,0	25,4	34,0
	15-40	2,69	12,3	17,8	46,0	18,8	17,5	11,7	5,71	27,5	38,2
	40-65	2,69	-	-	48,0	-	-	-	-	-	-
65-100	2,69	1,44	8,0	11,5	46,5	11,5	16,5	18,6	10,5	23,0	33,1

Tab. 25: Bodenwassersaugspannung in at, ermittelt auf Grund periodischer Bodenfeuchtebestimmung in den Jahren 1971 und 1972

		1971					
		24.4.	21.5.	22.6.	20.7.	15.8.	19.9.
Z I	0-10 cm	0,5	10,5	0,1	0,2	17,0	17,0
	10-30	0,7	9,5	0,12	10,5	20,0	-
Z III	0-10 cm	0,3	2,9	0,1	0,3	14,0	9,2
	10-30	3,0	9,0	7,0	40,0	40,0	30,0
	30-50	3,4	6,0	11,0	30,0	37,0	33,0
	50-90	0,3	0,6	2,3	12,0	17,0	30,0
	90-110	1,4	1,4	2,3	8,5	25,0	35,0
		1972					
		12.4.	3.5.	23.6.	22.7.	17.8.	29.9.
Z I	0-10 cm	0,2	11,0	2,5	0,1	0,6	0,3
	10-30	1,5	7,3	7,5	5,5	3,4	0,6
Z III	0-10 cm	0,1	0,1	4,0	2,0	0,2	1,8
	10-30	2,5	2,7	11,5	4,5	7,5	11,0
	30-50	4,1	4,3	13,5	5,0	13,5	30,0
	50-90	3,2	2,2	0,7	1,3	6,0	13,0
	90-110	5,5	5,1	5,0	2,0	7,2	20,0

Tab. 26: Bodenwassersaugspannung in at, ermittelt auf Grund periodischer Bodenfeuchtebestimmung in den Jahren 1971 und 1972

		1971					
		24.4.	21.5.	21.6.	20.7.	15.8.	19.9.
N I	0-25 cm	3,4	6,5	1,8	10,5	40,0	23,0
	25-45	3,7	8,5	2,0	13,0	24,0	10,0
	45-85	4,5	2,7	8,0	13,0	14,0	9,0
	85-120	1,2	1,2	2,2	4,0	9,0	12,5
N II	0-15 cm	0,1	0,6	0,1	0,8	3,6	5,1
	15-30	0,8	2,1	0,9	2,7	18,0	16,0
	30-65	4,2	5,8	5,0	8,4	11,5	13,0
	65-120	0,4	0,2	0,2	0,6	1,3	1,4
N III	0-10 cm	0,2	1,7	0,3	0,4	14,0	1,9
	10-40	0,9	4,1	0,7	2,7	15,0	17,0
	40-70	1,4	1,3	6,0	6,0	11,0	19,0
	70-90	3,0	2,5	6,0	6,1	12,0	18,0
	90-120	1,2	0,9	0,9	1,6	4,5	7,0
		1972					
		12.4.	2.5.	23.6.	22.7.	17.8.	29.9.
N I	0-25 cm	3,4	0,7	2,4	1,4	3,0	6,0
	25-45	2,2	3,0	3,3	2,7	6,2	8,0
	45-85	4,5	3,7	3,6	3,5	9,0	10,5
	85-120	2,7	2,9	3,2	2,1	2,0	3,0
N II	0-15 cm	0,1	0,05	0,9	0,1	1,7	0,4
	15-30	0,4	0,8	1,0	1,0	2,4	4,3
	30-65	3,5	1,7	5,1	3,4	9,0	11,5
	65-120	0,2	0,1	0,8	0,3	0,5	1,3
N III	0-10 cm	0,2	0,1	2,0	0,1	1,7	0,3
	10-40	0,6	1,1	3,8	0,7	3,4	1,6
	40-70	2,3	1,6	1,4	2,2	3,2	4,3
	70-90	2,6	1,2	2,3	4,0	4,2	4,2
	90-120	3,4	0,5	1,0	1,2	0,1	0,5

Tab. 27: Pflanzenverfügbares Wasser in mm (Saugspannung kleiner pF 4,2) im Profil bis 120cm Tiefe, ermittelt auf Grund periodischer Bodenfeuchtebestimmungen in den Jahren 1971

		1971						
		24.4.	21.5.	22.6.	20.7.	15.8.	19.9.	17.10.
N I	0-25 cm	19,2	9,6	26,0	4,1	-12,5	-4,4	
	25-45	22,0	11,6	20,0	4,6	- 1,4	4,1	
	45-85	43,4	36,3	26,1	12,7	2,3	5,2	
	85-120	<u>53,7</u>	<u>49,2</u>	<u>48,1</u>	<u>28,0</u>	<u>20,7</u>	<u>11,7</u>	
	Summe	138,3	106,7	120,2	49,4	9,1	16,6	
N II	0-15 cm	34,9	18,5	28,5	16,5	5,5	3,2	
	15-30	19,8	10,6	17,2	8,6	-0,7	-0,6	
	30-65	44,3	31,6	35,6	26,0	9,7	4,1	
	65-120	<u>62,4</u>	<u>48,8</u>	<u>49,6</u>	<u>47,2</u>	<u>12,8</u>	<u>11,2</u>	
	Summe	161,4	109,5	131,0	98,3	27,3	17,9	
N III	0-10 cm	14,7	5,7	13,0	12,7	0,4	5,5	12,0
	10-40	30,8	10,9	35,8	16,3	0,0	-1,3	30,3
	40-70	29,0	28,1	12,3	6,1	3,1	-4,4	1,3
	70-90	12,6	14,4	7,9	6,3	4,8	-6,3	2,1
	90-120	<u>26,9</u>	<u>25,4</u>	<u>30,7</u>	<u>22,1</u>	<u>7,7</u>	<u>5,7</u>	<u>11,0</u>
	Summe	114,0	84,5	99,7	63,5	16,0	-0,8	56,7
Z I	0-30 cm	31,7	4,13	52,8	22,6	-1,36	-5,15	15,2
Z III	0-15 cm	26,0	13,4	28,5	25,7	0,8	4,2	
	15-55	46,4	23,2	5,8	-11,6	-12,2	-7,5	
	55-120	<u>49,3</u>	<u>74,4</u>	<u>40,0</u>	<u>15,8</u>	<u>- 8,3</u>	<u>-8,3</u>	
	Summe	121,7	111,0	74,3	29,9	-19,7	-11,6	

Tab. 28: Pflanzenverfügbares Wasser in mm (Saugspannung kleiner pF 4,2) im Profil bis 120cm Tiefe, ermittelt auf Grund periodischer Bodenfeuchtebestimmungen in den Jahren 1972

		1972						
		12.4.	3.5.	23.6.	22.7.	17.8.	29.9.	
N I	0-25 cm	34,7	34,7	22,5	27,7	19,2	10,7	
	25-45	22,0	21,7	18,5	64,6	10,7	6,4	
	45-85	37,7	49,9	39,4	48,7	21,4	21,4	
	85-120	<u>52,1</u>	<u>54,3</u>	<u>31,9</u>	<u>41,4</u>	<u>38,6</u>	<u>33,0</u>	
	Summe	146,5	160,6	112,3	182,4	89,9	71,5	
N II	0-15 cm	36,1	46,5	15,7	28,1	11,5	21,6	
	15-30	23,3	17,8	17,4	16,0	9,6	6,3	
	30-65	43,8	49,0	33,1	38,2	21,4	14,8	
	65-120	<u>50,4</u>	<u>60,0</u>	<u>40,0</u>	<u>59,2</u>	<u>32,0</u>	<u>16,8</u>	
	Summe	153,6	173,3	106,2	141,5	61,5	59,5	
N III	0-10 cm	14,7	17,8	4,6	20,0	5,9	13,1	
	10-40	37,0	29,5	12,3	34,7	13,2	23,7	
	40-70	22,8	24,2	23,3	26,4	17,1	11,0	
	70-90	13,8	21,9	15,3	10,5	10,2	9,6	
	90-120	<u>39,8</u>	<u>41,2</u>	<u>29,7</u>	<u>27,3</u>	<u>55,6</u>	<u>42,2</u>	
Summe	128,1	134,6	85,2	118,9	102,0	99,6		
Z I	0-30 cm	32,7	5,6	13,2	32,7	24,5	34,3	3,9
Z III	0-15 cm	23,1	28,5	11,3	16,2	26,2	17,3	
	15-55	33,6	31,3	4,1	20,8	1,0	-12,7	
	55-120	<u>22,3</u>	<u>40,0</u>	<u>38,1</u>	<u>44,6</u>	<u>5,6</u>	<u>1,0</u>	
	Summe	79,0	99,8	53,5	81,6	32,8	5,6	

Tab. 29: Bodenwasser in Gewichtsprozent; Profil Z I in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972

Profil Z I Tiefe in cm	1971												
	24.4	9.5.	21.5.	8.6.	22.6.	6.7.	20.7.	15.8.	3.9.	19.9.	5.10.	17.10.	6.11.
0- 10	16,4	10,4	8,9	12,1	22,5	14,2	18,1	7,7	12,1	7,6	20,4	12,3	15,6
20- 30	15,8	13,1	9,2	8,3	20,5	15,6	9,4	7,5	8,2	5,7	11,0	11,4	15,7
40- 50	13,6	8,6	11,4	10,2	12,8	17,0	17,8	5,3	14,9	6,0	15,4	6,8	10,9
60- 70	14,6	15,6	13,8	14,5	22,6	18,7	17,4	13,4	13,6	11,1	12,4	10,7	13,0
80- 90	9,6	15,1	12,8	12,2	13,4	13,1	17,7	13,2	8,6	13,5	7,0	10,6	8,1
100-110	6,9	13,0	11,0	10,8	10,3	11,5	7,1	8,5	8,2	7,7	6,2	10,2	6,1
120-130	7,4	13,5	9,7	10,0	8,9	9,2	8,1	7,4	7,5	6,7	7,1	-	-
1972													
	23.3.	12.4.	3.5.	3.6.	23.6.	22.7.	17.8.	10.9.	29.9.	4.11.			
0- 10	23,0	18,7	8,7	28,0	12,8	21,8	16,3	11,3	17,6	9,6			
20- 30	16,4	14,1	10,1	24,4	9,9	10,9	12,2	11,2	16,1	8,4			
40- 50	7,1	8,2	-	19,0	13,8	15,2	12,1	10,8	-	8,5			
60- 70	8,1	9,3	-	17,2	14,2	18,7	8,2	-	-	-			
80- 90	10,7	11,4	-	16,1	13,5	17,3	-	-	-	-			
100-110	9,8	11,0	-	15,6	16,3	15,9	-	-	-	-			
120-130	10,2	9,4	-	14,0	14,9	15,4	-	-	-	-			

Tab. 30: Bodenwasser in Gewichtsprozent; Profil Z II in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972

Profil Z II Tiefe in cm	1971												
	24.4.	9.5.	21.5.	8.6.	22.6.	6.7.	20.7.	15.8.	3.9.	19.9.	5.10.	17.10.	6.11.
0-10	10,8	9,1	6,7	11,9	18,9	12,7	19,3	4,7	11,1	5,7	17,4	14,3	11,4
20-30	2,6	8,1	3,7	5,6	5,8	4,0	6,8	1,7	1,9	1,4	3,6	3,0	3,1
40-50	2,7	3,6	1,8	2,1	4,7	3,6	2,5	2,0	1,8	2,2	1,8	2,0	2,1
60-70	2,8	3,2	2,4	1,8	4,6	3,9	2,7	1,9	2,6	1,9	1,5	2,2	2,1
80-90	4,0	4,1	3,2	2,9	10,2	8,8	-	2,9	2,8	6,1	3,1	1,9	6,9
100-110	4,5	5,2	5,8	5,6	-	9,8	8,0	7,8	8,0	8,0	6,7	8,4	7,6
120-130	-	8,5	8,5	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972													
23.3.	12.4.	2.5.	2.6.	23.6.	22.7.	17.8.	10.9.	29.9.	4.11.				
18,3	18,2	13,0	21,5	9,6	11,5	16,1	11,2	14,7	7,9				
7,8	8,0	3,6	6,8	6,3	4,3	5,1	3,6	3,8	4,1				
3,6	3,8	3,3	2,9	3,1	4,1	3,7	4,2	4,5	3,8				
3,7	3,5	3,7	4,2	-	4,7	-	-	-	-				
4,0	3,9	6,1	3,1	-	5,0	-	-	-	-				
10,4	9,3	9,9	-	-	5,2	-	-	-	-				
8,1	7,0	7,3	-	-	6,1	-	-	-	-				

Tab. 31: Bodenwasser in Gewichtsprozent; Profil Z III im Untersuchungsjahr 1972 (1973)

Profil Z III Tiefe in cm	1972											1973	
	23.3.	12.4.	3.5.	3.6.	23.6.	22.7.	17.8.	10.9.	29.9.	1.11.	16.5.		
0-10	24,0	21,1	24,0	25,5	15,4	17,9	22,8	11,8	18,4	11,2	14,3		
20-30	18,3	20,1	20,0	20,7	13,2	17,5	14,9	10,6	11,4	10,3	14,9		
40-50	16,8	19,2	17,8	20,5	12,7	16,9	12,4	10,5	10,4	10,4	12,6		
60-70	15,0	16,2	15,3	19,3	13,2	13,2	10,3	12,0	8,5	10,6	9,5		
80-90	10,9	11,2	11,7	14,2	15,5	13,2	9,6	8,4	8,4	7,1	9,6		
100-110	9,1	9,7	10,2	12,6	10,1	12,1	9,4	7,4	7,1	7,4	9,5		
120-130	8,4	8,7	9,1	11,4	10,6	7,4	6,9	8,6	8,7	7,2	-		
150-160	-	-	-	-	10,5	6,5	5,1	5,9	7,0	4,3	9,3		
160-170	-	-	-	-	9,7	7,2	6,2	5,8	6,2	5,1	-		
180-190	-	-	-	-	9,8	8,5	7,8	7,5	8,4	8,5	9,7		
190-200	-	-	-	-	11,0	9,5	8,4	8,1	10,1	10,5	9,9		
200-210	-	-	-	-	16,5	16,7	15,9	-	15,3	19,4	15,2		
210-220	-	-	-	-	21,1	20,9	-	-	19,8	19,5	-		
230-240	-	-	-	-	20,0	19,7	-	-	20,1	20,9	-		
250-260	-	-	-	-	19,3	19,0	-	-	17,5	16,8	10,3		
260-270	-	-	-	-	17,6	18,3	-	-	17,1	16,9	-		
270-280	-	-	-	-	15,1	16,4	-	-	15,3	15,8	10,5		
290-300	-	-	-	-	11,8	14,7	-	-	12,4	11,6	10,4		

Tab. 32: Bodenwasser in Gewichtsprozenten; Profil Z III im Untersuchungsjahr 1971 sowie Vergleichsstandort für Profil Z III (Maisfeld neben Eichenwald) im Untersuchungsjahr 1972

Profil Z III	1971											
	24.4.	9.5.	21.5.	22.6.	6.7.	20.7.	15.8.	3.9.	19.9.	5.10.	17.10.	6.11.
Tiefe in cm												
0-10	22,7	20,0	16,5	24,0	15,8	22,6	10,1	13,3	11,9	18,9	18,0	16,8
20-30	19,5	16,8	13,8	15,3	12,1	10,0	9,7	9,4	11,2	11,8	12,7	11,2
40-50	19,1	17,0	16,1	13,6	10,9	10,8	10,4	11,7	10,7	9,9	10,3	10,4
60-70	17,3	18,6	19,2	10,9	11,2	9,9	10,5	8,6	7,3	6,5	8,6	9,4
80-90	17,7	16,8	15,4	11,8	11,5	8,7	7,7	7,3	6,0	5,2	5,7	6,7
100-110	13,3	13,5	15,9	11,8	12,4	9,3	6,7	5,7	4,7	5,5	6,3	5,6
120-130	9,5	13,7	13,0	13,5	11,3	11,2	7,1	5,7	5,8	5,7	6,9	5,4
Vergleichs-	1972											
standort												
0-10	23.6.	22.7.	17.8.	10.9.	29.9.	4.11.						
20-30	16,6	16,6	20,2	16,7	19,1	17,4						
40-50	15,2	17,8	18,8	20,9	26,1	17,0						
60-70	13,6	20,5	21,3	29,3	28,2	26,8						
80-90	11,1	22,7	21,5	28,9	29,2	28,3						
100-110	17,1	25,9	19,2	28,9	28,6	27,4						
120-130	15,2	24,7	23,5	29,9	27,1	28,3						
140-150	-	23,6	17,1	25,9	25,2	19,1						
160-170	-	23,6	18,5	25,3	15,9	-						
190-200	-	21,2	14,9	22,8	16,3	23,5						
200-230	-	21,6	15,9	22,0	21,7	23,6						
	-	21,7	16,3	21,8	20,9	23,8						

Tab. 35: Bodenwasser in Gewichtsprozenten; Profil N III in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972

Profil N III	1971												1972											
	25.4.	9.5.	21.5.	8.6.	21.6.	8.7.	20.7.	15.8.	3.9.	19.9.	5.10.	17.10.	6.11.	23.3.	12.4.	2.5.	3.6.	23.6.	22.7.	17.8.	10.9.	29.9.	4.11.	
0-10	23,1	26,1	16,4	21,4	21,8	20,6	21,6	12,4	17,0	16,3	23,2	21,1	24,5	27,4	23,1	25,3	19,3	15,6	27,0	16,5	15,8	21,9	22,8	
20-30	19,8	20,3	15,2	18,4	20,9	15,7	16,5	12,8	17,6	12,4	16,8	19,7	17,6	20,8	21,3	19,5	18,5	15,5	20,7	15,8	16,3	18,2	19,3	
40-50	21,8	19,1	21,1	18,5	17,6	15,9	15,4	16,6	13,7	12,5	15,1	17,1	16,8	19,3	20,1	19,5	18,4	18,5	22,0	18,5	17,0	18,5	18,3	
60-70	21,1	21,4	21,3	17,8	17,2	18,8	17,1	14,5	14,5	15,0	15,5	13,1	15,4	19,3	19,8	21,0	20,1	21,7	19,8	18,8	17,6	16,0	20,2	
80-90	19,0	20,5	19,6	19,1	17,4	16,7	16,9	11,9	14,6	12,6	12,8	15,5	11,4	19,6	19,4	22,1	21,7	19,9	18,3	18,2	17,5	18,1	17,1	
100-110	16,0	18,3	17,1	17,5	16,8	16,9	15,0	12,0	12,6	11,6	10,9	12,7	12,0	20,0	18,7	19,0	19,8	16,6	16,0	22,0	-	19,2	17,5	
120-130	16,6	16,9	16,6	15,4	15,9	17,1	13,9	13,0	13,2	11,8	11,4	11,9	12,9	16,8	16,7	16,2	16,8	17,5	14,6	20,6	19,9	19,8	17,9	
130-140					17,4	-	20,1	20,0	20,8	-	-	-	-					17,4	-	20,1	20,0	20,8	-	
140-150					21,1	14,6	19,2	19,7	-	16,7								21,1	14,6	19,2	19,7	-	16,7	
160-170					21,8	19,5	20,4	20,0	20,5	19,5								21,8	19,5	20,4	20,0	20,5	19,5	
190-200					21,1	20,2	20,3	20,1	20,6	20,6								21,1	20,2	20,3	20,1	20,6	20,8	

Tab. 36: Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l bei verschiedenen Boden-Wasser-Verhältnissen, nämlich 1:5, 1:1, 3:1, 4,2:1

	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	PO ₄	Al	pH	Leitf. mikroS
Z III 0-20 cm	1:5	0,03	0,13	0,10	0,04	0,001	0,0004	0,09	6,82	100
	1:1	0,11	0,42	0,28	0,08	0,01	0,0036	0,28	6,84	240
	3:1	0,18	2,04	0,88	0,15	0,03	0,0014	0,08	7,6	650
	4,2:1	0,37	2,2	0,89	0,17	0,025	-	0,05	-	750
20-40	1:5	0,03	0,03	0,04	0,03	0,009	0,0013	0,12	6,55	73
	1:1	0,13	0,06	0,14	0,06	0,005	0,0002	0,10	6,90	160
	3:1	0,24	0,05	0,62	0,10	0,010	0,0002	0,025	7,74	370
	4,2:1	0,40	0,05	1,21	0,76	0,12	-	0,02	7,40	450
70-90	1:5	0,03	0,022	0,33	0,12	0,008	0,0004	0,015	7,55	120
	1:1	0,20	0,02	0,76	0,30	0,008	0,0005	0,03	7,62	258
	3:1	0,31	0,025	1,31	0,58	0,10	0,0002	0,01	8,25	430
	4,2:1	0,48	0,03	1,50	0,64	0,11	-	0,02	8,26	475
Z I 0-20 cm	1:5	0,05	0,06	0,49	0,06	0,009	0,0008	0,04	7,5	185
	1:1	0,15	0,14	4,25	0,22	0,16	0,0043	0,52	7,55	830
	3:1	0,38	0,15	7,5	0,82	0,35	0,0032	0,34	7,97	1540
	4,2:1	0,35	0,17	8,5	1,2	0,35	0,0003	0,27	8,27	1620
Z II 0-20 cm	1:5	0,02	0,028	0,10	0,025	0,009	0,0030	0,12	6,41	58
	1:1	0,22	0,06	1,11	0,30	0,12	0,0035	0,31	6,93	490
	3:1	0,30	0,11	2,20	0,54	0,18	0,0035	0,40	7,0	800
	4,2:1	0,45	0,12	2,60	0,58	0,25	0,0020	0,38	7,10	860

Tab. 37: Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l bei verschiedenen Boden-Wasser-Verhältnissen, nämlich 1:5, 1:1, 3:1, 4,2:1

	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	PO ₄	Al	pH	Leitf. mikroS
N I 0-5 cm	1:5	0,17	0,37	0,14	0,03	0,010	0,007	0,065	5,30	180
	1:1	0,34	1,85	0,34	0,12	0,04	0,023	0,012	5,23	580
	3:1	0,34	2,25	0,44	0,15	0,06	0,008	0,011	6,20	750
	4,2:1	0,50	3,5	0,35	0,30	0,09	0,004	0,020	6,30	1150
5-20	1:5	0,17	0,08	0,10	0,02	0,005	0,0011	0,05	6,65	95
	1:1	0,35	1,25	0,19	0,09	0,02	0,0028	0,009	6,82	385
	3:1	0,55	2,25	0,50	0,14	0,035	0,0011	0,006	7,26	700
	4,2:1	0,60	2,60	0,54	0,16	0,045	0,0010	0,010	6,80	890
20-40	1:5	0,23	0,04	0,10	0,02	0,004	0,0006	0,06	6,0	80
	1:1	0,46	0,60	0,08	0,07	0,015	0,0002	0,0085	5,09	230
	3:1	0,85	1,5	0,28	0,12	0,05	0,0017	0,014	4,91	530
	4,2:1	0,80	1,9	0,30	0,15	0,06	0,007	0,006	4,88	640
40-60	1:5	0,20	0,15	0,08	0,02	0,003	0,0003	0,02	5,38	93
	1:1	0,40	0,31	0,07	0,06	0,012	0,0004	0,008	5,37	200
	3:1	0,65	0,55	0,10	0,085	0,015	0,0009	0,0008	6,35	310
	4,2:1	0,8	0,85	0,13	0,11	0,030	0,0006	0,0075	6,10	390
60-80	1:5	0,18	0,18	0,10	0,028	0,002	0,0005	0,025	4,83	115
	1:1	0,42	0,5	0,11	0,07	0,010	0,0004	0,007	4,93	260
	3:1	0,65	0,9	0,15	0,095	0,015	0,0005	0,009	6,64	410
	4,2:1	0,75	1,25	0,18	0,12	0,022	0,0006	0,010	6,60	480
tiefer 85	1:5	0,14	0,44	0,14	0,03	0,003	0,0002	0,015	7,90	170
	1:1	0,39	1,25	0,20	0,09	0,015	0,0004	0,009	8,48	410
	3:1	0,6	1,95	0,45	0,12	0,020	0,0003	0,007	8,40	650
	4,2:1	0,65	2,05	0,54	0,14	0,025	0,0008	0,007	8,40	720

Tab.38: Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l bei verschiedenen Boden-Wasser-Verhältnissen, nämlich 1:5, 1:1, 3:1, 4,2:1; Profil N II (Pseudogley unter Wald)

Tiefe in cm	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	PO ₄	Al	pH	Leitf. mikroS
0- 12	1:5	0,10	0,05	0,02	0,02	0,01	0,0125	0,045	5,90	62
	1:1	0,18	0,18	0,75	0,18	0,11	0,0230	0,80	5,88	310
	3:1	0,34	0,22	1,10	0,28	0,14	0,085	0,32	5,85	490
	4,2:1	0,30	0,25	1,25	0,45	0,35	0,13	1,05	-	520
12- 30	1:5	0,04	0,055	0,01	0,01	0,018	0,0007	0,075	5,30	34
	1:1	0,11	0,08	0,22	0,09	0,05	0,0032	0,32	5,07	152
	3:1	0,38	0,10	0,42	0,17	0,08	0,0034	0,67	4,76	285
	4,2:1	0,25	0,14	0,42	0,17	0,085	0,048	0,47	4,71	300
30- 65	1:5	0,06	0,06	0,015	0,015	0,010	0,0004	0,035	6,20	44
	1:1	0,17	0,07	0,20	0,06	0,050	0,0014	0,11	6,40	134
	3:1	0,38	0,08	0,45	0,13	0,065	0,0014	0,09	6,4	265
	4,2:1	0,32	0,10	0,55	0,12	0,070	0,0095	0,9	-	280
85-110	1:5	0,10	0,04	0,41	0,08	0,02	0,001	0,015	6,18	123
	1:1	0,26	0,04	0,50	0,11	0,06	0,0017	0,065	7,65	260
	3:1	0,58	0,04	0,68	0,17	0,08	0,0010	0,030	7,90	410
	4,2:1	0,45	0,05	1,5	0,3	0,20	0,0045	0,320	-	430
tiefer 110	1:5	0,11	0,07	0,43	0,075	0,02	0,0004	0,010	7,75	135
	1:1	0,28	0,06	0,54	0,14	0,06	0,0006	0,08	7,81	310
	3:1	0,65	0,05	0,70	0,20	0,09	0,0007	0,08	7,90	465
	4,2:1	0,40	0,07	0,91	0,22	0,10	0,0020	0,15	7,98	510

Tab. 39: Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l bei verschiedenen Boden-Wasser-Verhältnissen
1:5, 1:1, 3:1, 4,2:1; Profil N III (Pseudovergleyte Braunerde unter Wiese)

Tiefe in cm	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	PO ₄	Al	pH	Leitf. mikroS
0- 12	1:5	0,06	0,18	0,03	0,04	0,005	0,0005	0,07	6,2	122
	1:1	2,5	1,9	0,38	0,13	0,09	0,0066	0,22	5,3	760
	3:1	0,5	3,4	1,50	0,2	0,125	0,0021	0,165	6,10	1000
	4,2:1	0,46	3,7	1,60	0,17	0,085	0,0006	0,040	6,20	1120
12- 30	1:5	0,06	0,04	0,015	0,035	0,005	0,0006	0,08	6,2	75
	1:1	0,2	0,045	0,16	0,05	0,015	0,0013	0,075	5,2	162
	3:1	0,3	0,060	0,42	0,095	0,052	0,0012	0,085	5,27	330
	4,2:1	0,4	0,08	0,40	0,095	0,047	0,0013	0,090	5,25	390
30- 45	1:5	0,09	0,02	0,015	0,037	0,007	0,0004	0,075	7,0	74
	1:1	0,20	0,32	0,11	0,04	0,015	0,0008	0,050	5,24	140
	3:1	0,25	0,52	0,18	0,05	0,020	0,0005	0,035	6,10	210
	4,2:1	0,36	0,53	0,19	0,052	0,022	0,0004	0,021	5,7	250
45- 70	1:5	0,06	0,035	0,03	0,025	0,010	0,0003	0,03	7,1	97
	1:1	0,21	0,29	0,10	0,04	0,010	0,0007	0,035	5,65	160
	3:1	0,25	0,48	0,14	0,05	0,012	0,0003	0,021	6,60	200
	4,2:1	0,4	0,75	0,22	0,06	0,015	0,0002	0,020	6,40	270
70- 85	1:5	0,09	0,11	0,025	0,02	0,007	0,0011	0,015	7,52	98
	1:1	0,24	0,84	0,24	0,062	0,012	0,0005	0,020	7,9	320
	3:1	0,34	1,3	0,46	0,095	0,011	0,0010	0,025	8,2	540
	4,2:1	0,40	1,7	0,43	0,095	0,013	0,0005	0,017	8,2	610
110-130	1:5	0,09	0,60	0,03	0,018	0,005	0,0001	0,010	7,85	189
	1:1	0,18	0,80	0,22	0,055	0,010	0,0050	0,030	8,1	275
	3:1	0,26	1,25	0,30	0,070	0,012	0,0003	0,016	8,1	385
	4,2:1	0,30	1,8	0,38	0,080	0,013	0,0003	0,010	8,2	470

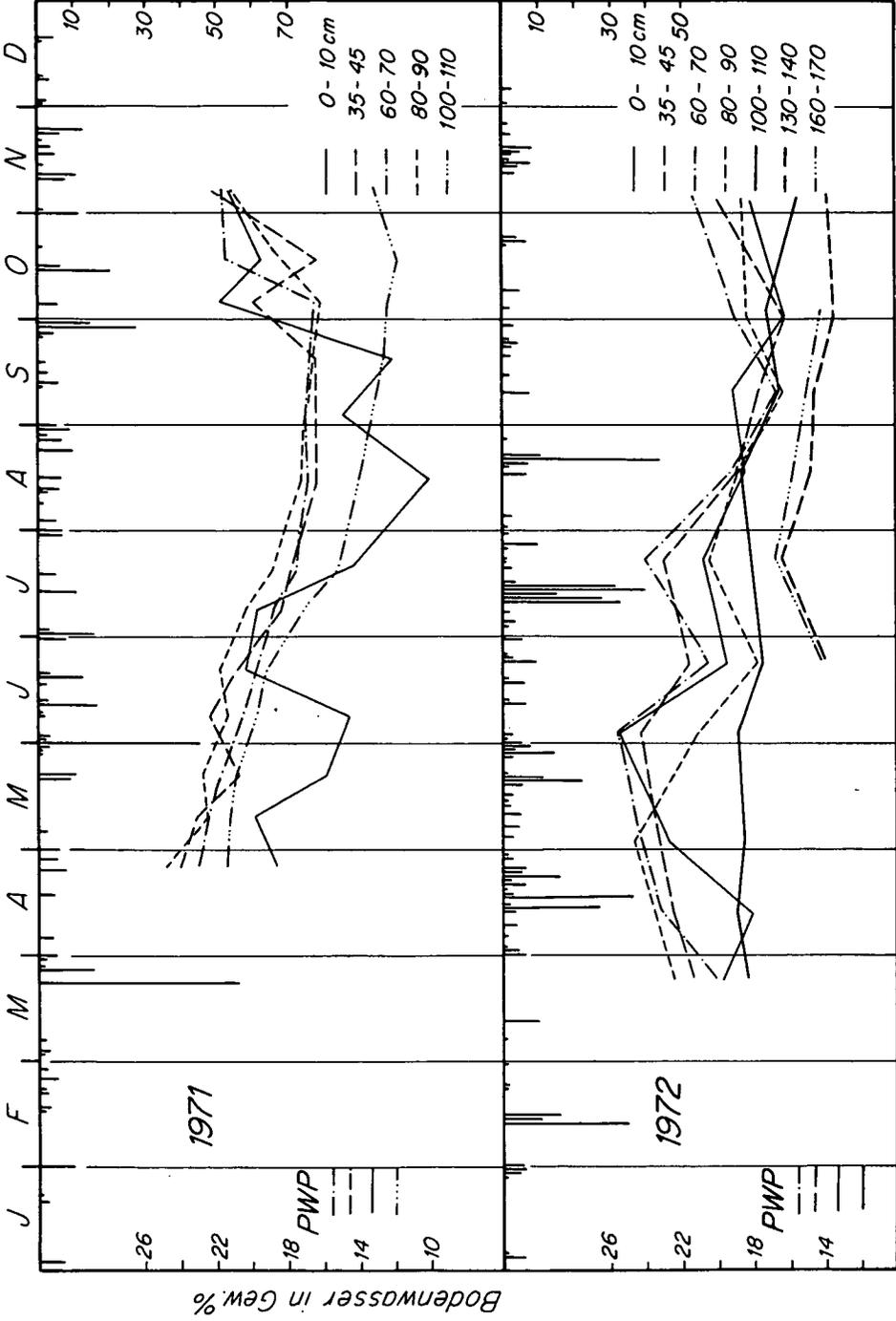
Tab. 40: Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l während der häufigsten Bodenfeuchtegehalte in Gew. %

	Gew. %	Na	K	Ca	Mg
N I 0-20 cm 45-60 tiefer 85	18-23	$7,0 \cdot 10^{-1} - 1,4 \cdot 10^0$	$2,0 \cdot 10^{-1} - 5,0 \cdot 10^{-1}$	$5,5 \cdot 10^0 - 2,4 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^0 - 6,0 \cdot 10^0$
	18-23	$1,0 \cdot 10^0 - 3,0 \cdot 10^0$	$4,5 \cdot 10^{-1} - 2,0 \cdot 10^0$	$1,4 \cdot 10^0 - 1,0 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^{-1} - 1,6 \cdot 10^0$
	14-20	$9,0 \cdot 10^{-1} - 3,8 \cdot 10^0$	$4,5 \cdot 10^{-1} - 5,0 \cdot 10^0$	$2,5 \cdot 10^0 - 9,5 \cdot 10^0$	$7,0 \cdot 10^{-1} - 1,2 \cdot 10^1$
N III 0-12 cm 45-70 90-100	18-23	$6,5 \cdot 10^{-1} - 1,2 \cdot 10^0$	$6,0 \cdot 10^{-1} - 2,5 \cdot 10^0$	$5,5 \cdot 10^0 - 2,4 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^0 - 1,0 \cdot 10^1$
	18-23	$4,5 \cdot 10^{-1} - 1,0 \cdot 10^0$	$6,5 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-1}$	$7,5 \cdot 10^{-1} - 2,0 \cdot 10^0$	$3,6 \cdot 10^{-1} - 2,4 \cdot 10^0$
	18-23	$5,5 \cdot 10^{-1} - 1,6 \cdot 10^0$	$3,4 \cdot 10^{-1} - 2,2 \cdot 10^0$	$1,8 \cdot 10^0 - 3,9 \cdot 10^0$	$1,8 \cdot 10^{-1} - 1,6 \cdot 10^0$
Z III 0-20 cm 20-40 90-100	8-22	$5,0 \cdot 10^{-1} - 1,8 \cdot 10^0$	$5,0 \cdot 10^{-1} - 2,5 \cdot 10^0$	$8,0 \cdot 10^0 - 6,0 \cdot 10^1$	$3,2 \cdot 10^0 - 1,7 \cdot 10^1$
	12-22	$6,5 \cdot 10^{-1} - 2,2 \cdot 10^0$	$1,8 \cdot 10^{-1} - 2,0 \cdot 10^0$	$5,0 \cdot 10^0 - 6,0 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^0 - 1,4 \cdot 10^1$
	10-14	$1,2 \cdot 10^0 - 2,4 \cdot 10^0$	$6,0 \cdot 10^{-1} - 5,0 \cdot 10^0$	$2,0 \cdot 10^1 - 2,5 \cdot 10^2$	$5,0 \cdot 10^0 - 2,4 \cdot 10^1$
Z I 0-20 cm	10-16	$4,0 \cdot 10^0 - 1,5 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^0 - 4,5 \cdot 10^0$	$2,0 \cdot 10^1 - 1,2 \cdot 10^2$	$5,5 \cdot 10^0 - 1,4 \cdot 10^1$
Z II 0-20 cm	10-16	$1,8 \cdot 10^0 - 4,5 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^0 - 2,4 \cdot 10^0$	$1,5 \cdot 10^1 - 4,5 \cdot 10^1$	$3,5 \cdot 10^0 - 8,5 \cdot 10^0$

Tab.41: Ionenkonzentration der Bodenlösung in mmol/l während der häufigsten Bodenfeuchtegehalte in Gew. %

	Gew. %	Fe	Mn	PO ₄
N I 0-20 cm 45-60 tiefer 85	18-23	$7,0 \cdot 10^{-1} - 4,0 \cdot 10^0$	$8,0 \cdot 10^{-2} - 4,5 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-4}$
	18-23	$2,2 \cdot 10^{-1} - 1,4 \cdot 10^0$	$6,0 \cdot 10^{-2} - 4,0 \cdot 10^{-1}$	$6,5 \cdot 10^{-4} - 4,5 \cdot 10^{-4}$
	14-20	$5,5 \cdot 10^{-1} - 7,0 \cdot 10^0$	$5,5 \cdot 10^{-2} - 8,0 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-4} - 7,0 \cdot 10^{-5}$
N III 0-12 cm 45-70 90-100	18-23	$7,0 \cdot 10^{-1} - 3,4 \cdot 10^0$	$2,6 \cdot 10^{-1} - 1,0 \cdot 10^0$	$5,0 \cdot 10^{-4} - 3,6 \cdot 10^{-4}$
	18-23	$7,0 \cdot 10^{-2} - 2,8 \cdot 10^{-1}$	$5,5 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-4} - 9,0 \cdot 10^{-5}$
	18-23	$3,2 \cdot 10^{-1} - 1,8 \cdot 10^0$	$6,0 \cdot 10^{-2} - 4,0 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-4} - 2,1 \cdot 10^{-4}$
Z III 0-20 cm 20-40 90-100	8-22	$2,5 \cdot 10^{-1} - 7,0 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-1} - 9,0 \cdot 10^{-1}$	$5,0 \cdot 10^{-5} - 2,0 \cdot 10^{-5}$
	12-22	$3,5 \cdot 10^{-1} - 2,5 \cdot 10^0$	$8,0 \cdot 10^{-2} - 7,0 \cdot 10^{-1}$	$5,0 \cdot 10^{-5} - 1,4 \cdot 10^{-5}$
	10-14	$1,5 \cdot 10^0 - 6,0 \cdot 10^0$	$3,0 \cdot 10^{-1} - 1,2 \cdot 10^0$	$3,5 \cdot 10^{-5} - 2,2 \cdot 10^{-5}$
Z I 0-20 cm	10-16	$3,0 \cdot 10^0 - 9,0 \cdot 10^0$	$2,0 \cdot 10^{-1} - 6,0 \cdot 10^{-1}$	$3,5 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-4}$
Z II 0-20 cm	10-16	$2,0 \cdot 10^0 - 5,0 \cdot 10^0$	$4,5 \cdot 10^{-1} - 1,4 \cdot 10^0$	$2,2 \cdot 10^{-4} - 1,6 \cdot 10^{-4}$

Abb. 4 Profil NI, Pseudogley unter Wiese Bodenfeuchte und Niederschläge



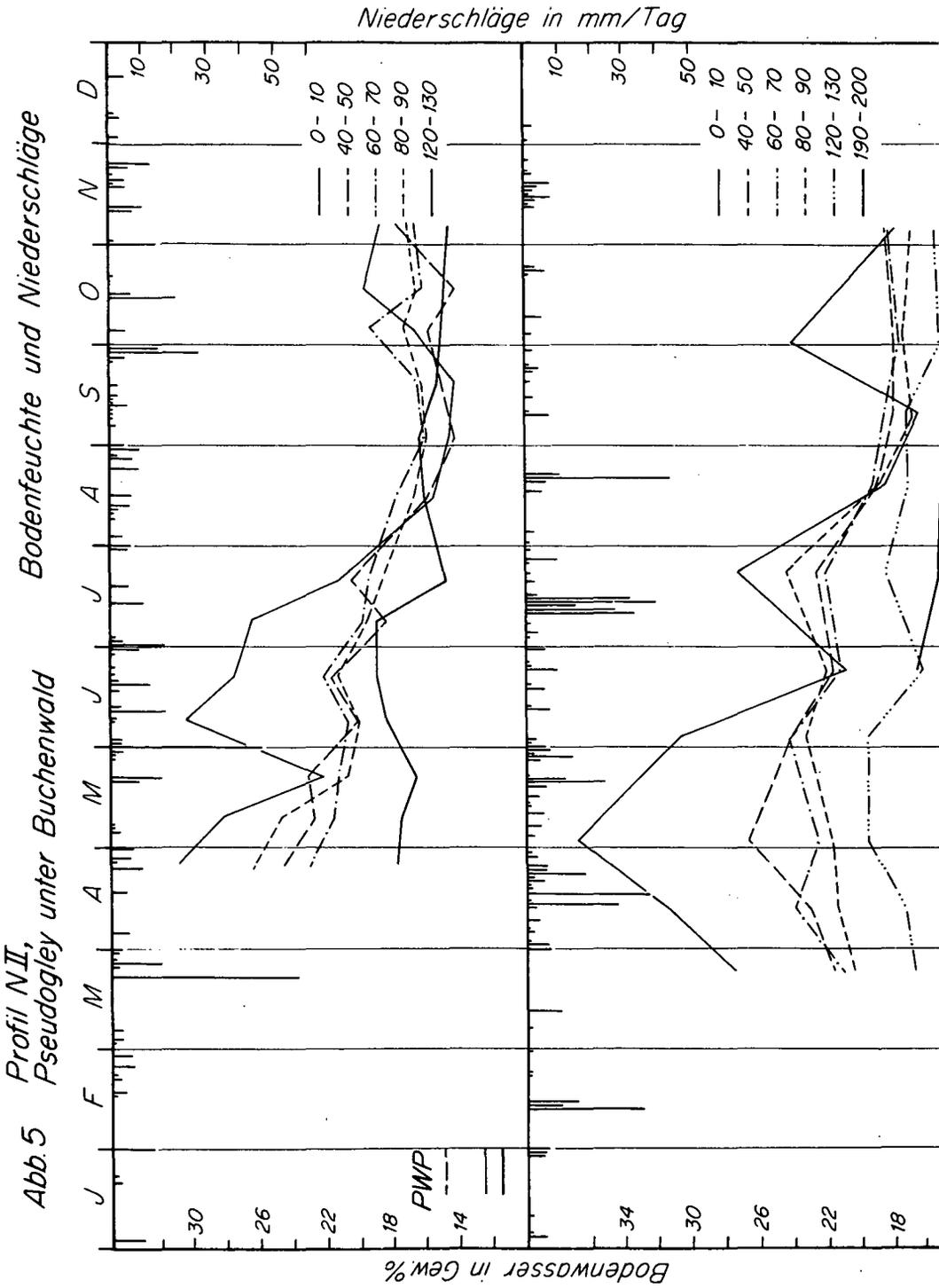
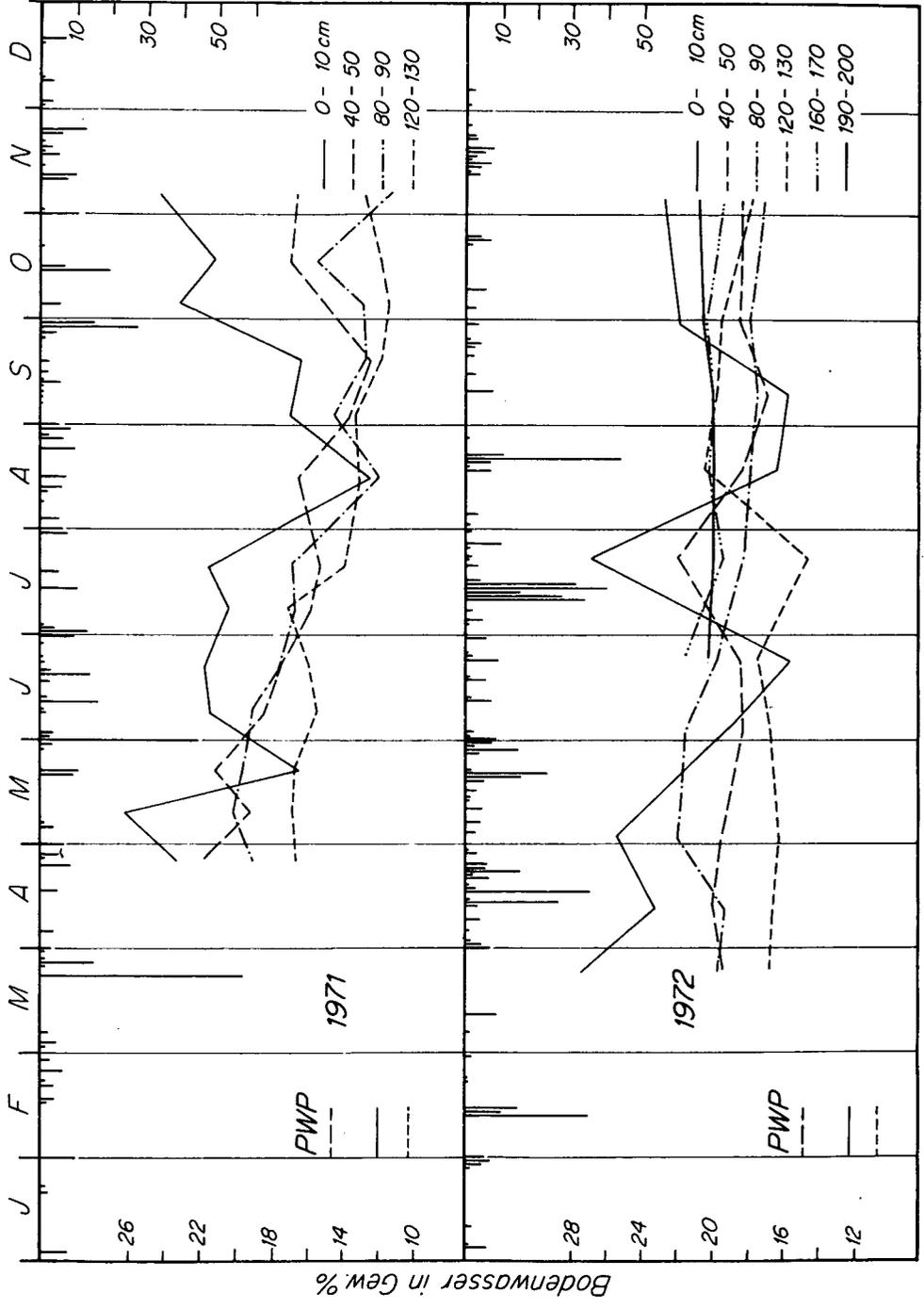


Abb. 5 Profil NII,
Pseudogley unter Buchenwald

Niederschläge in mm/Tag

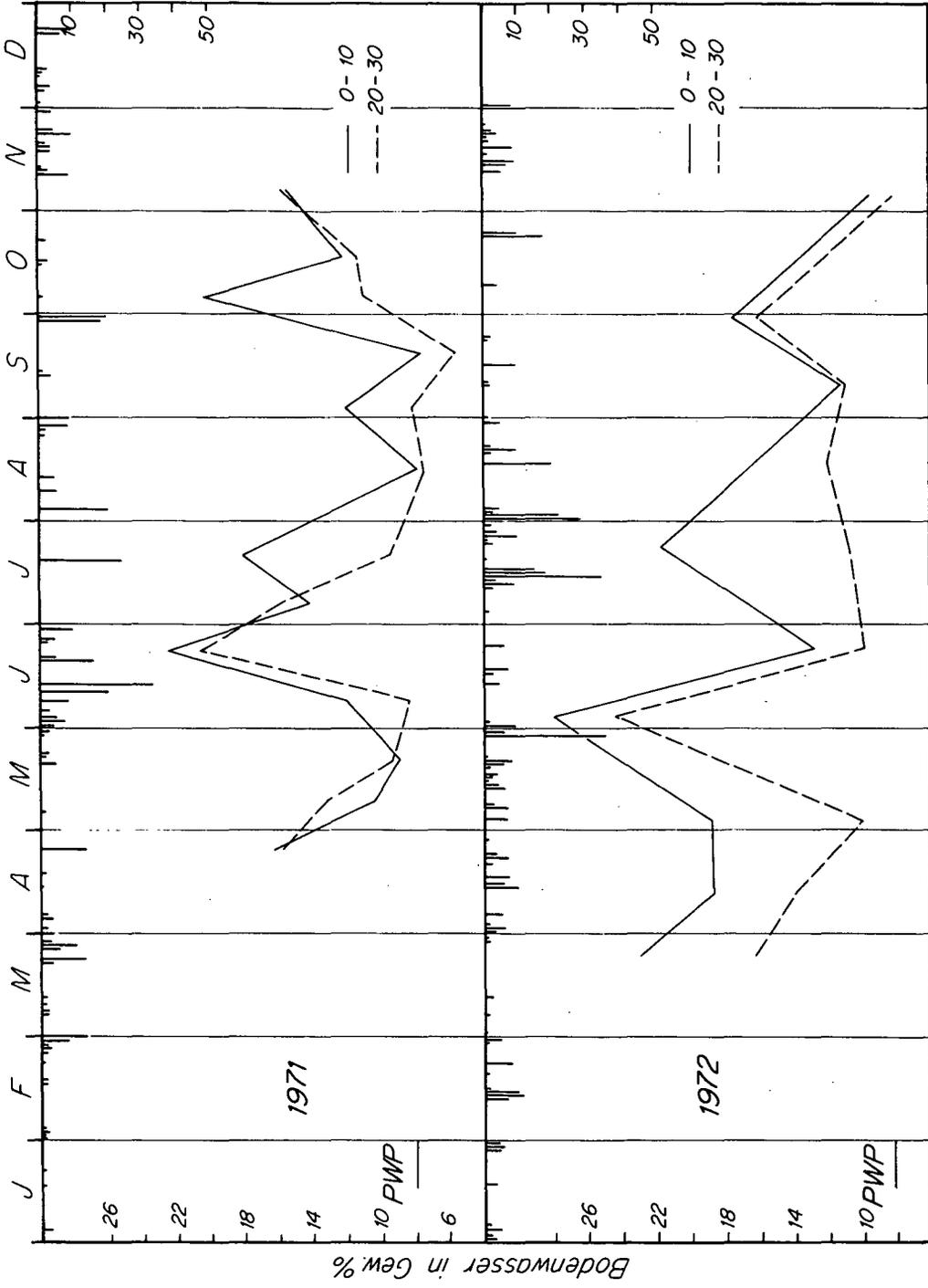
Abb.6 Profil NIII, Pseudovergleyte Braunerde unter Wiese Bodenfeuchte und Niederschläge



Niederschläge in mm/Tag

Bodenfeuchte und Niederschläge

Abb. 7 Profil ZI,
Tschenseem Trockenrasen



Bodenwasser in Gew%

10 PWP

10 PWP

Niederschläge in mm/Tag

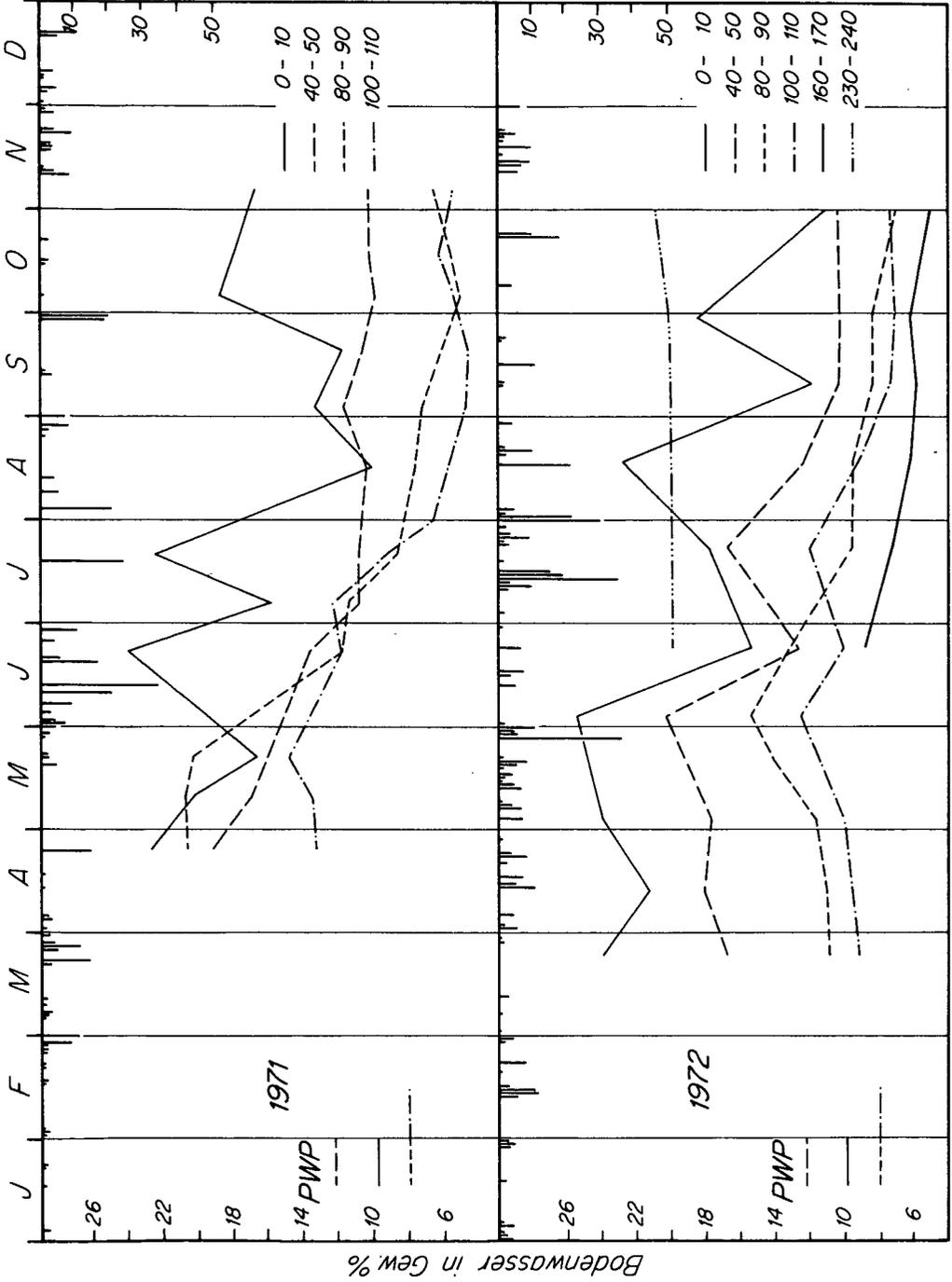
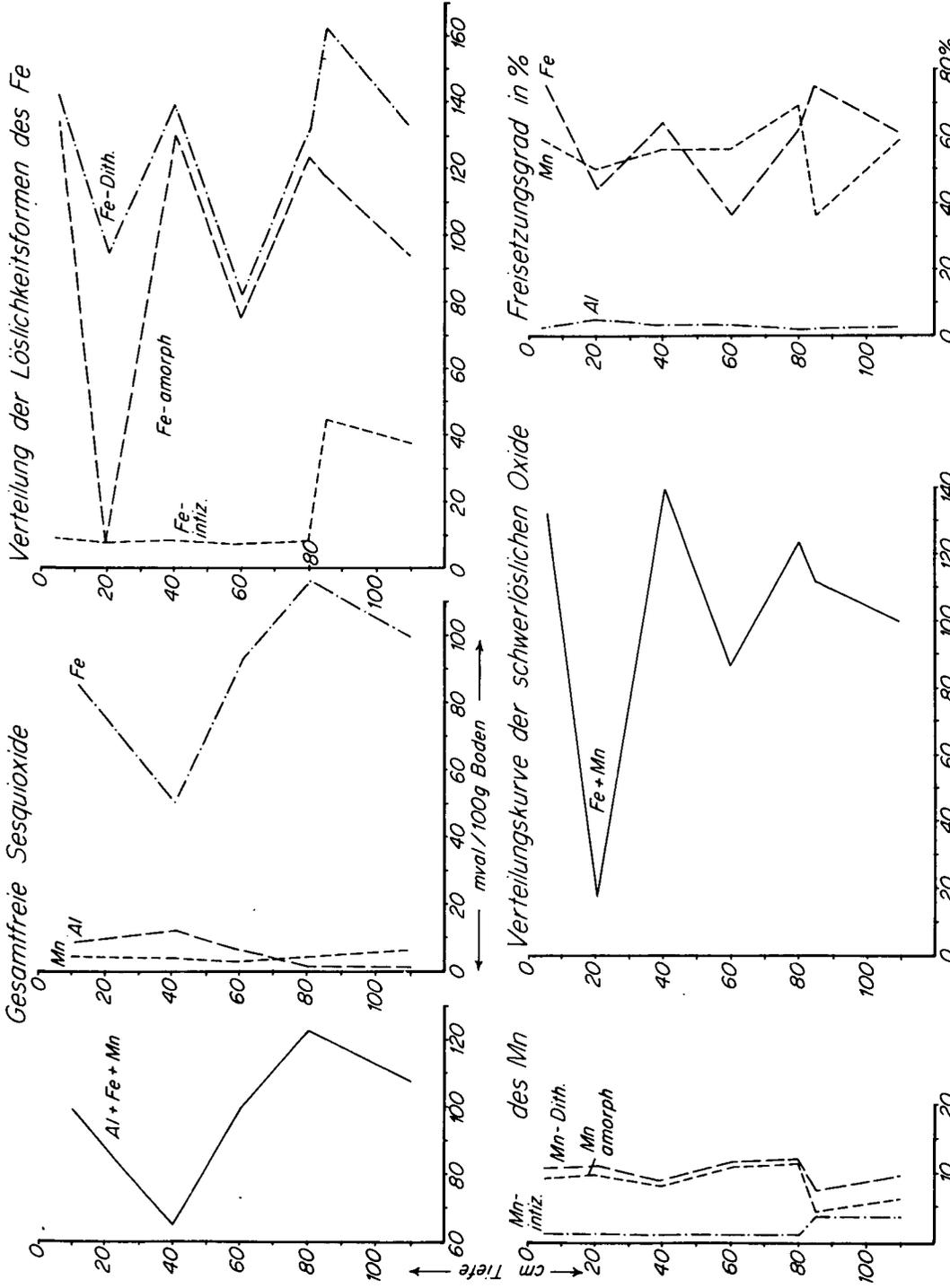


Abb.8 Profil Z.III, Lößbraunerde im Wald Bodeneuchte und Niederschläge

Abb. 9 Profil NI



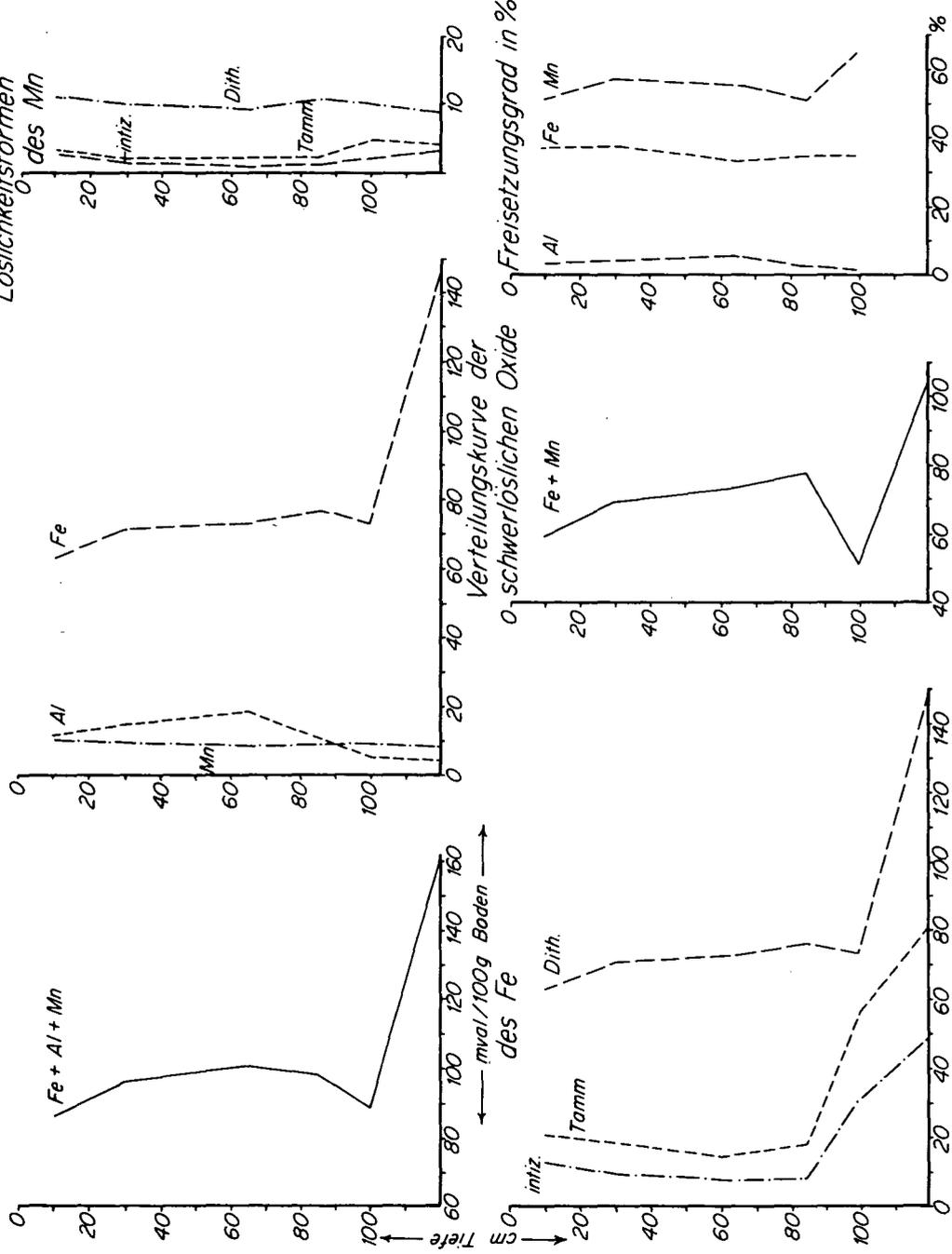
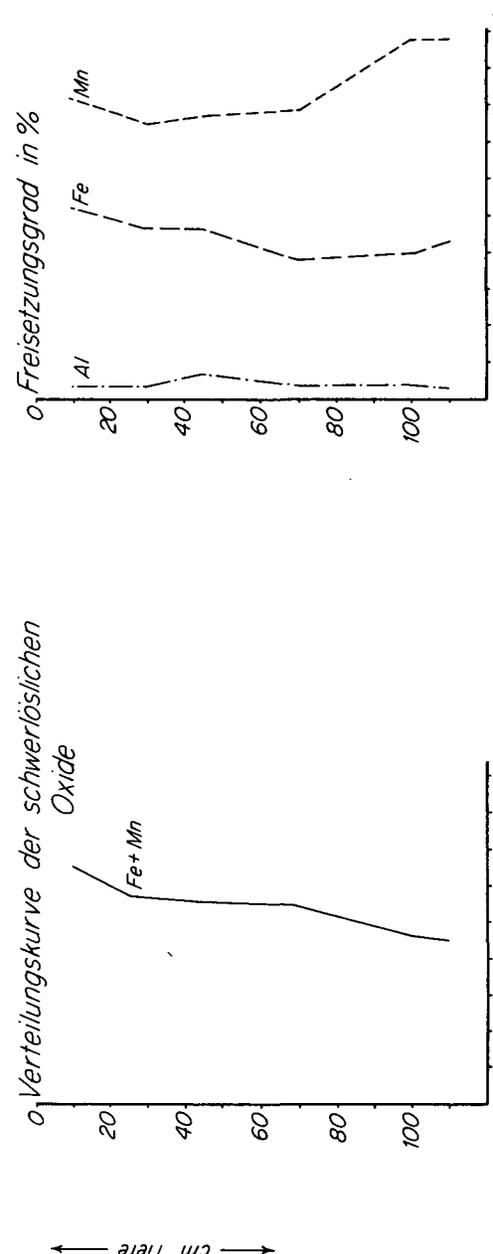
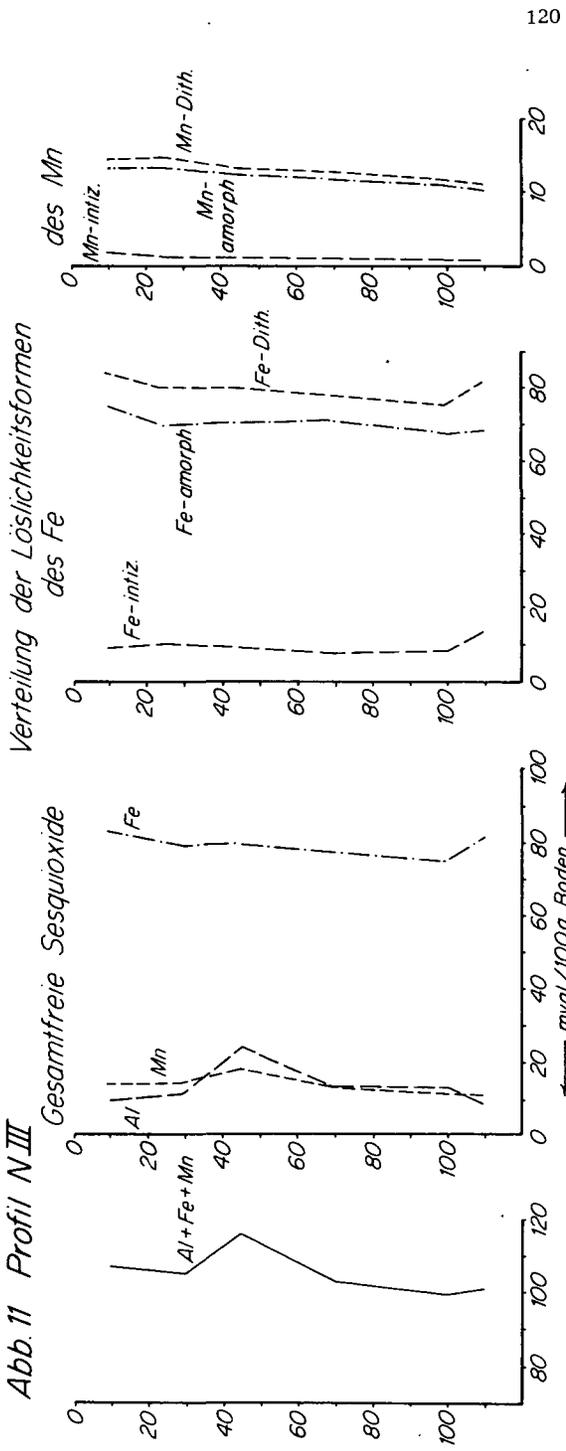
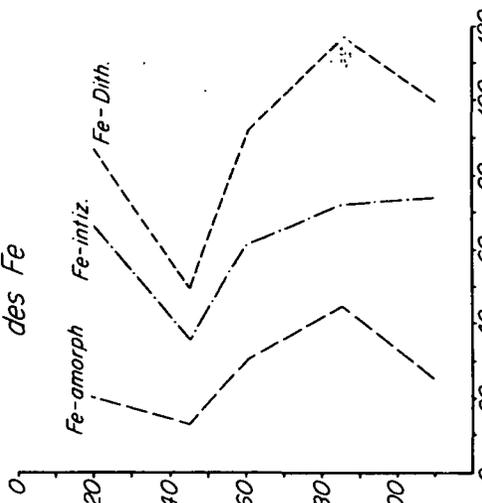


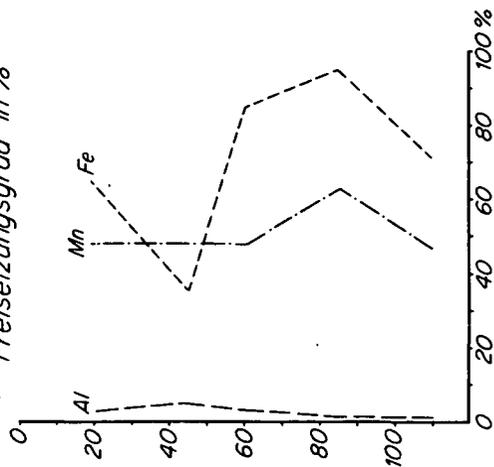
Abb. 11 Profil N III



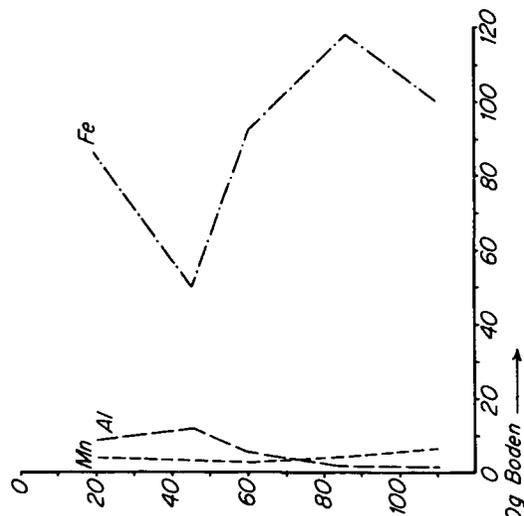
Verteilung der Löslichkeitsformen des Fe



Freisetzunggrad in %



Gesamtfreie Sesquioxide



Verteilungskurve der schwerlöslichen Oxide

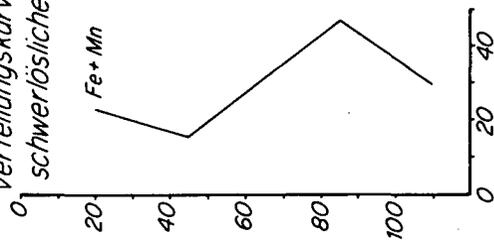
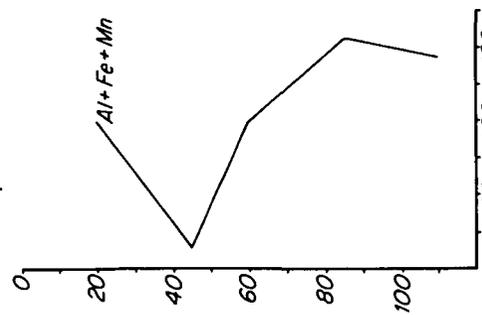
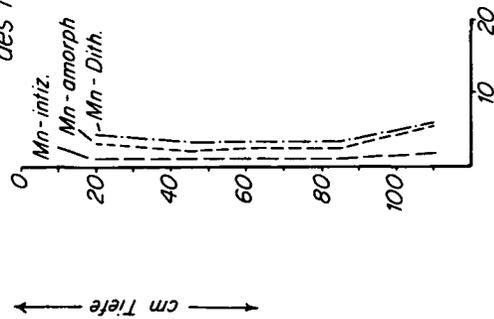


Abb. 12 Profil ZI



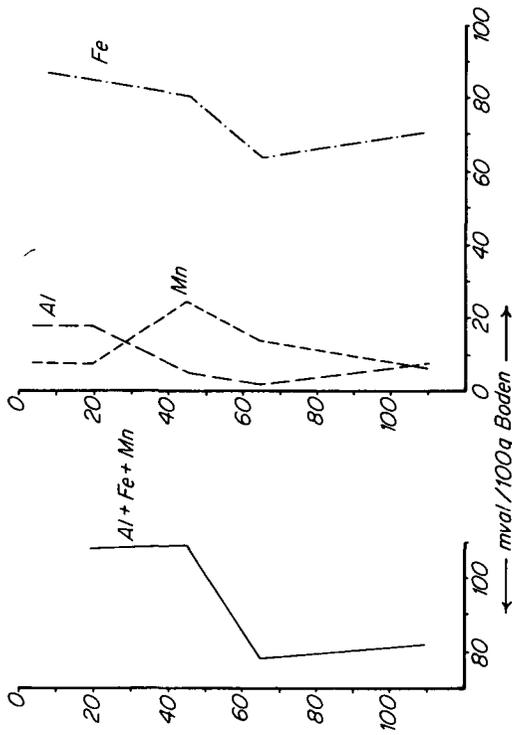
des Mn



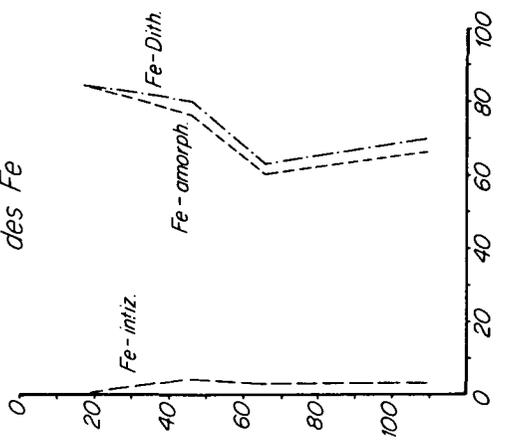
cm Tiefe

Abb. 13 Profil Z II

Gesamtfreie Sesquioxide

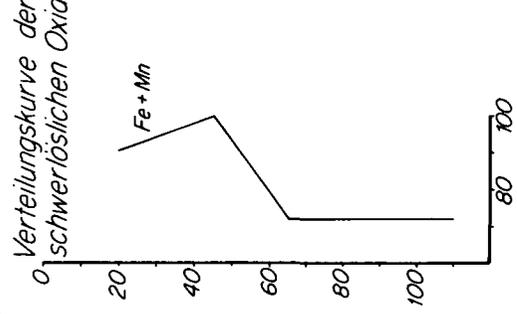


Verteilung der Löslichkeitsformen des Fe



cm Tiefe

Verteilungskurve der schwerlöslichen Oxide



des Mn

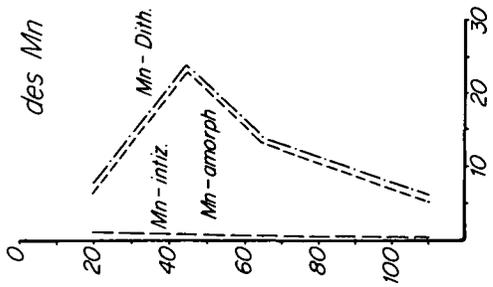


Abb. 14 Profil Z III

