

Material um Grob- bis Mittelsande, zum Teil mit Bauschutt versehen, handelt. Im Inneren des Altbaumbestandes wurde stellenweise die vom Deichbruch stammende Übersandung tiefgreifend mit der stark bindigen Deckschicht (Bodenart: Tu2) zusammen gepflügt, so daß ein sandiger Lehm bzw. lehmiger Sand entstand. Typisch für diese Areale, aber natürlich auch für die noch ursprünglich geschichteten Bereiche (Sand über Ton), sind die neben der Grundwasserbeeinflussung vorherrschenden Stauwassermerkmale der Böden, weshalb sie als Auen-Amphigley anzusprechen sind (s. Kap. 6.2.4). Ein in der Nähe des Teststandortes befindlicher Auen-Amphigley ist in SCHWARTZ [1999a] beschrieben. Die bereits in Kapitel 7.2 vorgestellten A-C Böden auf den deichnahen Sandflächen sind eine weitere Besonderheit der Testfläche. Neben diesen Bodensubtypen lassen sich vor allem die Auen-Naßgleye und die Norm-Auengleye auf der Testfläche finden.



Abb. 49: Luftbildausschnitt der Testfläche ‚Eichwald‘

Das Profilbild (Abb. 50) zeigt nicht den Teststandort, sondern den ca. 100 m von diesem entfernt gelegenen, elbnäheren, oben bereits erwähnten Auen-Amphigley. Das Profil des Teststandortes unterscheidet sich von diesem dahingehend, daß der Sanddurchmischungs-Horizont weniger mächtig ist und einen deutlich geringeren Sandanteil aufweist. Außerdem ist es an dieser Stelle nicht zu einem anthropogen bedingten Umwälzen der obersten beiden Lagen gekommen. Darüber hinaus konnte im Gelände kein fossiler Horizont angesprochen werden. Dies mag unter anderem an den ungünstigen Lichtverhältnissen bei der Profilaufnahme gelegen haben, da sich der Standort im dichtest bestandenen Areal des Auwaldrestes befindet. Aus diesem Grund liegt

auch kein ansprechendes Bildmaterial vor. Ansonsten sind sich die Eigenschaften beider Standorte aber sehr ähnlich. Die Koordinaten des Standortes ‚EW‘ lauten: GK-Rechtswert 4465 741, GK-Hochwert 5881 564. Die absolute Höhe beträgt 16,64 m NN. Bei einem Mittelwasserstand von 15,90 m MW ergibt dies eine relative Höhe von + 0,74 m MW, folglich ist dies der höchste binnendeichs gelegene Teststandort. Aus den Höhenvorgaben errechnet sich eine (theoretische) Überflutungswahrscheinlichkeit von 91 d/a. Trotz der relativ hohen Lage finden sich im Oberboden bereits hydromorphe Merkmale, die aber bis in eine Tiefe von 70 cm GOF von untergeordneter Bedeutung sind. Erst anschließend folgt der erste reine Grundwasserhorizont (aGor). Im anschließenden Auensand nehmen die Eisen- und Manganausfällungen wesentlich stärkere Ausmaße an. Ist im fünften Horizont (II aGksor) noch von einer stark konkretionären Anreicherung zu sprechen, steigert sie sich im sechsten (II aGmsor) sogar bis zur Ausbildung von Raseneisenstein. Der Gr-Horizont folgt in einer Tiefe von 2,6 m GOF (- 1,86 m MW). Pedologische und geologische Profilvermerkmale vereinigt, ergibt dies die Bodenform Gley-Vega aus flachem Auennormallehm über Auenlehmtun über Auentonschluff über tiefem Auenreinsand. Die Meßapparatur ist in den Tiefen 10, 35, 70, 100 und 125 cm GOF eingebaut. Die Vegetation zeigt einen lückigen Eichen-Ulmen-Altbestand (‚*Quercus-Ulmetum*‘) mit dichtem Weißdorngebüsch im Bereich des Teststandortes. Typisch ist das bis an die Unterkante reichende prismatische Gefüge.

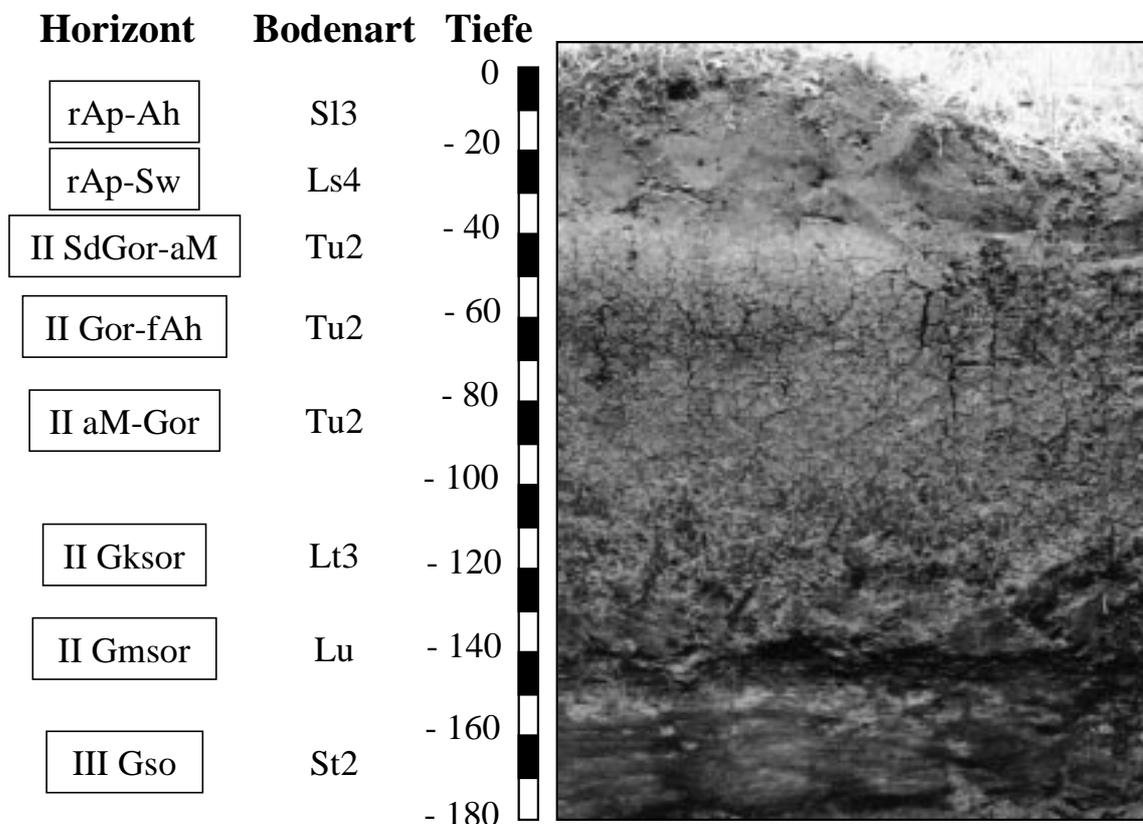


Abb. 50: Profilbild eines nahe dem Teststandort ‚Eichwald‘ gelegenen Standortes

Der am Übergang von stark humos zu mittel humos befindliche Gehalt an organischer Substanz im Oberboden (4,6 %) ist möglicherweise aufgrund der biogen bedingten Durchmischung der geringste aller sechs Teststandorte (s. Tab. 32). Dementsprechend hoch ist für einen A-Horizont sein Raumgewicht (1,36 g/cm³). Das Porenvolumen reicht von 60,8 Vol.-% im schwach schluffig-tonigen aGro-aM bis 42,7 Vol.-% im reinsandigen, stark Eisen- und Mangan angereicherten II aGmsor. Die Luftkapazität ist im ersten Horizont als hoch (12,3 Vol.-%) und im untersten sogar als sehr hoch (23,5 Vol.-%) einzustufen. Die dazwischen liegenden Horizonte weisen jeweils einen mittleren Grobporenanteil auf (6,7 - 10,0 Vol.-%). Auf einen Meter Profiltiefe ergibt dies 8,5 Vol.-% - auch ein mittlerer Wert. Die nutzbare Feldkapazität variiert über das gesamte Profil ebenfalls um nahezu das dreifache. Minimal werden geringe 10,9 mm/dm (aGor-aM) und maximal hohe 28,8 mm/dm (II aGksor) festgestellt. Der Wert für einen Meter Profiltiefe (137,7 mm) liegt im Grenzbereich von gering zu mittel.

Tab. 32: Bodenkundliche Kennwerte des Teststandortes ‚Eichwald (EW)‘

Nr.	Horizont	Tiefe [cm]	BA [KA 4]	PV [Vol.-%]	LK [Vol.-%]	RG [g/cm ³]	nFK [mm/dm]	Org. Sub. [%]
1	aGo-aAh	0 - 20	Lt2	59,4	12,3	1,36	13,6	4,6
2	aGro-aM	- 35	Tu2	60,8	8,2	1,32	18,0	2,6
3	aGor-aM	- 70	Tu2	54,2	7,9	1,44	10,9	1,0
4	aGor	- 110	Lu	46,1	6,7	1,54	15,1	0,7
5	II aGksor	- 140	Ss	45,3	10,0	1,48	28,8	0,3
6	II aGmsor	> 150	Ss	42,7	23,5	1,53	18,1	0,2

Der aGro-aM-Horizont weist mit einem Anteil der Fraktion < 20 µm an der gesamten Festsubstanz von 82 % das Maximum innerhalb des Profiles ‚EW‘ auf. Die größte Teilfraktion (52 %) stellt der Ton. Fein- und Mittelschluff machen, bei annähernd gleichen Anteilen, zusammen 31 % aus. Im schluffreichsten Horizont (aGor) ist die Grobschluff- (31 %) die dominierende der drei Schlufffraktionen. Es folgen Mittel- (13 %) und Feinschluff (9 %). Insgesamt besteht die Festsubstanz in diesem Horizont demzufolge zu 53 % aus Partikeln mit einem Korndurchmesser zwischen 2 und 63 µm. Ton (26 %) und Sand (21 %) machen hier jeweils ungefähr ein Viertel der festen Bestandteile aus. Im II aGksor und II aGmsor steigt der Sandanteil auf 95 bzw. 98 %, wobei die Mittelsandfraktion eindeutig überwiegt. Im fünften Horizont weisen 85 % der Sandkörner einen Durchmesser von 0,2 bis 0,63 mm auf. Im sechsten sind es sogar 91 %. Gut die Hälfte bis 2/3 des Porenraums werden in der ersten Schicht von den Feinporen gestellt, wohingegen es in der zweiten Schicht die Grobporen sind, die mit 46 bzw. 77 % der gesamten Poren den Großteil ausmachen.

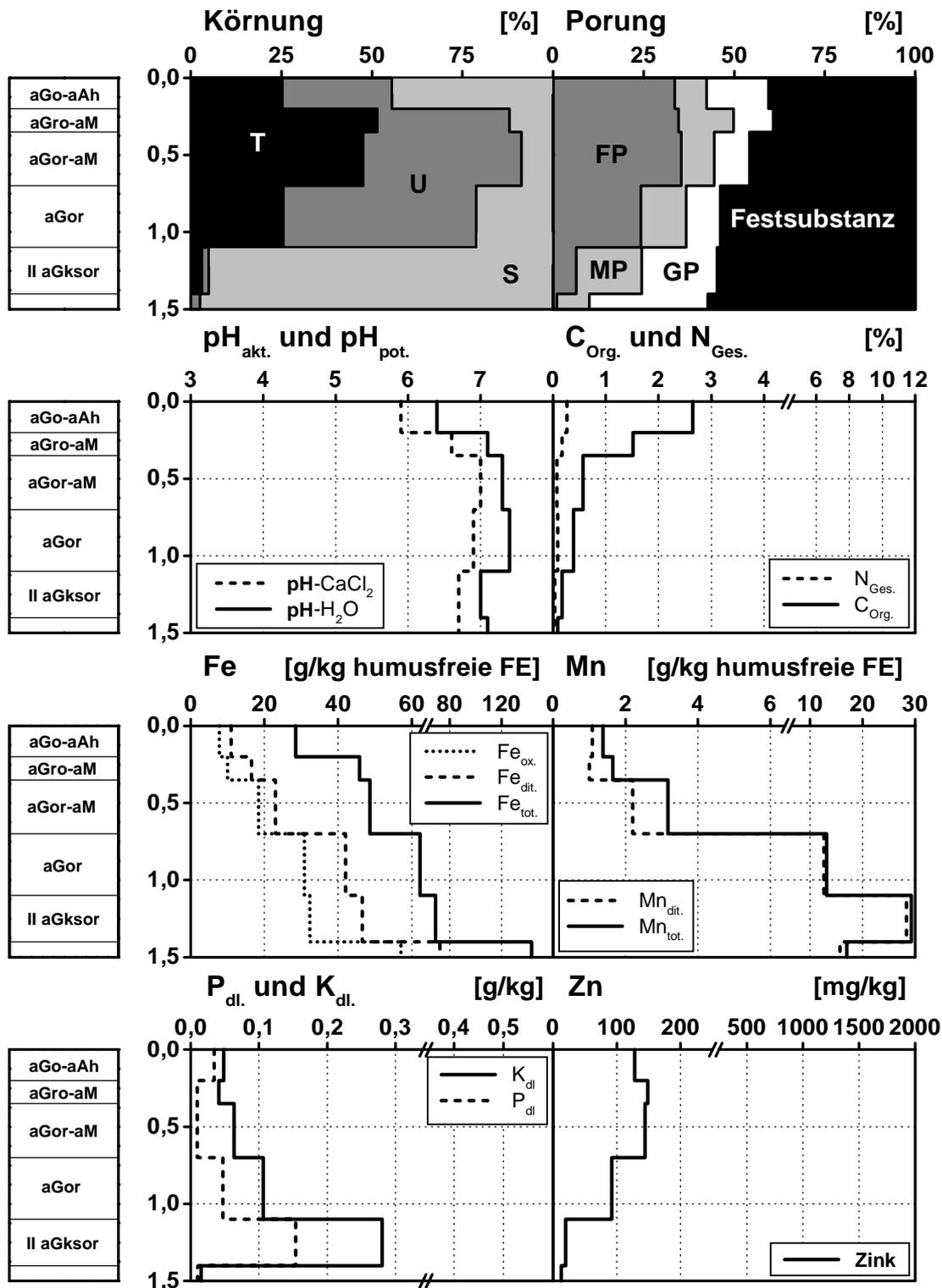


Abb. 51: Feststoffkennwerte des Teststandortes ‚Eichwald‘

Das pH-Maximum (aktuell) innerhalb des Profiles läßt sich im aGor-Horizont feststellen ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,4). Zur Geländeoberfläche nimmt der pH-Wert in den beiden darüber liegenden Horizonten zunächst bis auf $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,1 ab, um dann im aGo-aAh nochmals um 0,7 pH-Stufen zurück zu gehen. Der Oberboden ist mit einem aktuellen pH-Wert von 6,4 als schwach sauer zu bewerten. Die Differenz zwischen aktuellem und potentielltem pH-Wert schwankt zwischen 0,3 und 0,5. Warum die pH-Werte in der zweiten Schicht unter denen der direkt oberhalb angrenzenden Auenlehmhorizonte liegen, ist noch nicht geklärt. Möglicherweise kommt es in den tieferen Auenlehmschichten zu einer Aufkonzentrierung von Carbonaten aus dem Elbwasser. Die, während der Hochwasserphasen mit dem aufsteigenden Grundwasser in die bindigen Schichten gedrückten, elbbürtigen Inhaltsstoffe verbleiben bei Rückgang des Elbpegels zunächst gelöst in den jeweiligen Horizonten, um dann im späteren Verlauf des Jahres bei rückgängigen Wassergehalten und Überschreitung des Löslichkeitsproduktes in fester Form auszufallen. Vereinzelt, auf den HCl-Test schwach positiv reagierende Ausfällungen an der Wand einer dauerhaft offen gehaltenen Profilgrube deuten zumindest darauf hin. Die C_{org} -Gehalte zeigen einen eindeutigen Tiefengradienten, der mit Ausnahme des Oberbodens dem Rückgang des Tonanteils folgt. Daraus läßt sich ableiten, daß der organische Kohlenstoff zusammen mit den Tonpartikeln als Ton-Humus-Komplex sedimentiert wurde. Die Gesamt-Stickstoffkonzentration von 0,26 % im ersten und 0,17 % im zweiten Horizont ergeben ein enges bis sehr enges C/N-Verhältnis von 10 bzw. 9. Wie bereits an den übrigen Standorten zu beobachten war, ist in den C_{org} -armen Unterbodenhorizonten der Auenlehmdecke das C/N-Verhältnis zumeist unterhalb von 10.

Das besondere an diesem Profil sind die teilweise extrem hohen Eisen- und Mangangehalte und die Auftrennung der Konzentrationsspitzen der beiden Elemente in unterschiedlichen Horizonten. Während das Maximum des Eisens (144 g/kg humusfreie FE) im II aGmsor zu finden ist, liegt das des Mangans (29 g/kg humusfreie FE) im aGor. Ursache für diese außergewöhnlichen Werte ist das Eindringen von reduziertem, elbwassergespeistem Grundwasser in das Bodenprofil und anschließender Ausfällung der darin enthaltenen Eisen- und Manganionen bei Rückgang des Wasserstands und Oxidation des Bodens. Räumlich betrachtet finden sich die Stark-Anreicherungshorizonte bevorzugt in der unmittelbaren Qualmwasserzone binnenseitig entlang der gesamten Deichstrecke des Untersuchungsgebietes [FITTSCHEN 1999]. Daß es sich um pedogen bedingte Akkumulationen handelt, belegen nicht nur die Gesamtgehalte, die insbesondere im Falle des Mangans eine erhebliche Überschreitung des geogenen Hintergrundwertes bedeuten (aGor: $AF_{\text{Fe}} = 1,2 / AF_{\text{Mn}} = 19,9$, aGksor: $AF_{\text{Fe}} = 1,4 / AF_{\text{Mn}} = 44,2$, aGmsor: $AF_{\text{Fe}} = 2,8 / AF_{\text{Mn}} = 25,7$), sondern vor allem die hohen Anteile der dithionitlöslichen Fraktion beider Elemente am jeweiligen Gesamtgehalt (aGor: 67 % Fe_{dith} / 96 % Mn_{dith} , II aGksor: 68 % Fe_{dith} / 97 % Mn_{dith} , II aGmsor: 50,4 % Fe_{dith} / 93 % Mn_{dith}). Aus den unterschiedlichen Anreicherungsfaktoren ableitend, zeigt sich, daß Mangan sich im Vergleich zu Eisen, relativ gesehen, stärker angereichert hat. Das Mangan / Eisen-Verhältnis beträgt in den

drei Mn-Hauptanreicherungshorizonten 1:2 bis 1:8. Aufgrund der voneinander abweichenden Mobilität (Mn^{2+} besitzt im Vergleich zum Fe^{2+} ein wesentlich größeres Stabilitätsfeld und fällt deshalb bei ansteigenden Redoxpotentialen erst später aus), trennen sich die beiden Elemente mit ihren Hauptanreicherungszone innerhalb des Profils auf. Da die des Mangans oberhalb der des Eisens liegt, spricht dies für einen aufwärts gerichteten Stofftransport. Eine für die gegebenen klimatischen Verhältnisse ungewöhnliche Erscheinung. Ursache sind die zeitweilig vorherrschenden artesischen Grundwasserverhältnisse. Aus dem über das gesamte Profil hohen Aktivitätsgrad (minimal: 0,61 aGro-aM, maximal: 0,80 aGor-aM) rückschließend, handelt es sich bei der Eisenanreicherung um einen in allen Profilmereichen aktuellen Prozeß.

Sowohl die höchsten doppellactatlöslichen Gehalte von Phosphor (35 mg P_2O_5 / 100 g Boden) als auch von Kalium (34 mg K_2O /100 g Boden) finden sich im eisen- und manganoxidreichen II aGksor-Horizont. Dies bedeutet in beiden Fällen in dieser Tiefe eine Luxusversorgung (Gehaltsklasse D bzw. E). Dagegen herrscht im restlichen Profil, so auch im Oberboden, an diesen Makronährelementen (zumindest in der pflanzenverfügbaren Form) ein starker bis sehr starker Mangel (Gehaltsklasse A bzw. B). Die (mathematisch) auf die Fraktion $< 20 \mu m$ normierte Zinkkonzentration von 279 mg/kg belegt eine anthropogen bedingte Anreicherung dieses Schwermetalls gegenüber der natürlichen Ausgangskonzentration. Da die Belastung in den darunter liegenden Horizonten zurückgeht, ist wiederum von einem oberirdischen Anreicherungspfad auszugehen. Ursache hierfür ist die Überstauung mit Qualmwasser während ausgedehnter Hochwasserphasen.

8.4 Drei-Felder

Die landwirtschaftlich genutzte Testfläche ‚Drei-Felder (DF)‘ ist die am weitesten von der Elbe entfernte Untersuchungsfläche. Der Abstand zum Hochwasserschutzdeich beträgt am Strom-km 481,1 - 481,3 zwischen 800 und 1400 m (Teststandort: 1300 m). Auf dem Luftbildausschnitt sind deutlich die unterschiedlich genutzten Schläge des namensgebenden ‚Drei-Felder-Versuches‘ der Humboldt-Universität Berlin [SCHUBERT & SCHWARTZ 1997, SCHWARTZ & SCHUBERT 2000], bei dem die Auswirkungen von Weide, Mahd und Brache auf die Ertragszahlen, aber auch auf das Arteninventar untersucht werden, auszumachen. Darüber hinaus treten die zumeist stromparallelen ehemaligen Hochwasserrinnen deutlich hervor (s. Abb. 52). Die Höhenunterschiede im Gelände sind nur gering. In den Rinnenpositionen werden 15,8 m NN nicht unter- und auf den Anhöhen 16,7 m NN nicht überschritten. Die mittlere Höhe von 16,4 m NN liegt lediglich um einen halben Meter über dem berechneten Mittelwasserstand der Elbe (15,92 - 15,95 m NN). Resultierend aus der niedrigen relativen Lage und den geringen Höhenunterschieden sind überwiegend stark hydromorphe Bodensubtypen (Norm-Auengley und Auen-Naßgley) gebietsprägend (s. Kap 7.2). Abgesehen von einer weitverbreiteten, jedoch

geringmächtigen (< 2 dm) oberflächlich anstehenden Lehmschicht, die sich als Folge eines Abmagerungsversuches des schweren Bodens aus künstlich aufgetragenen Sanden und natürlicherweise anstehenden Tonen im Laufe der Zeit aufgrund von anthropogen bedingten und natürlichen Prozessen (Bioturbation) gebildet hat, dominieren in den obersten 0,5 bis 1,5 m die schluffigen Tone. Der Teststandort befindet sich auf einer leichten Anhöhe zwischen einer ehemaligen Hochwasserrinne und einem Entwässerungsgraben am Rande einer seit langem betriebenen Dauerweide.



Abb. 52: Luftbildausschnitt der Testfläche ‚Drei-Felder‘

Würde es den bestehenden Deichkörper zum jetzigen Zeitpunkt nicht geben, betrüge die Überflutungsdauer aufgrund der Geländehöhe des Teststandortes (GK-Rechtswert: 4466 956, GK-Hochwert: 5881 688) von 16,49 m NN, bei einem zugehörigen Mittelwasserstand der Elbe von 15,93 m MW und daraus resultierend einer relativen Höhe von + 0,56 m MW, durchschnittlich 118 Tage im Jahr. Der im Profil deutlich erkennbare fossile Oberbodenhorizont findet sich auf der gesamten Testfläche. Die Mächtigkeit beträgt im Mittel 10 cm, die Oberkante liegt durchschnittlich bei 16,09 m NN, das entspricht + 0,16 m MW. Dafür, daß es sich um eine ehemalige Geländeoberfläche und nicht um eine humosere Ablagerungsphase handelt, spricht, daß die Mächtigkeit des Horizontes bei allen Funden annähernd gleich groß ist und daß die Höhenlage des Horizontes uneinheitlich ist. Würde es sich um eine reine Ablagerungsschicht handeln, müßte die Mächtigkeit dem Relief entsprechend in höheren Positionen geringer und in Senkenpositionen stärker sein. Außerdem sollte sich die Oberkante ungefähr auf einem

Höhenniveau befinden.

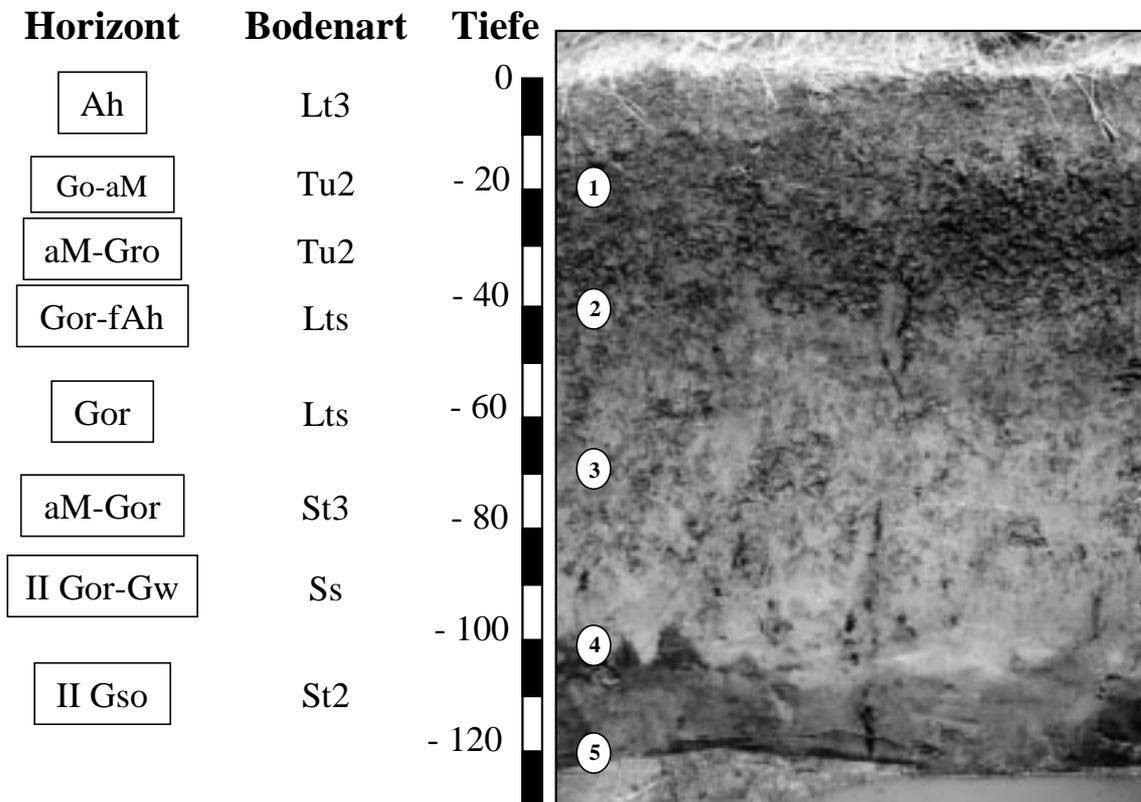


Abb. 53: Profilbild des Teststandortes ‚Drei-Felder‘

Die Gesamtmächtigkeit der Auenlehmdecke beläuft sich auf 85 cm. In ihrem Aufbau ist sie inhomogen, so daß die einzelnen übereinanderliegenden Lagen gemeinsam mit den unterliegenden Sanden bei der Substrattypisierung in insgesamt sechs unterschiedliche Bodenartengruppen einzuteilen sind. Die vollständige substratsystematische Einheit lautet demzufolge: flacher Auenschluffton über Auenlehmton über Auentonlehm über tiefem Auensandlehm über tiefem Auenreinsand über tiefem Auenlehmsand. Auf dem Niveau der Bodenartenhauptgruppe reduzieren sich die Angaben auf Auenton über Auenlehm über tiefem Auensand. Neben den starken Körnungsunterschieden ist es vor allem die auffällige Hydromorphierung im Untergrund des Profiles, die den Standort kennzeichnet (s. Abb. 53). Insbesondere der flächenhaft rostfarbene II Gso-Horizont ist erwähnenswert. Die Oberkante des Gr-Horizontes beginnt in einer Tiefe von 2,8 m GOF. Dies entspricht 13,69 m NN bzw. - 2,24 m MW. Damit liegt die Gr-Oberkante wesentlich niedriger (absolut und relativ) als an den anderen behandelten Teststandorten. Wahrscheinlich ist die Absenkung des Grundwasserstandes über das Grabensystem und die damit verbundene teilweise Entkoppelung vom Elbpegel dafür verantwortlich. SCHWARTZ et al. [1999b] machen in diesem Zusammenhang auf die

Auswirkungen der Eindeichung und Entwässerung an dem Standort ‚DF‘ aufmerksam. Aufgrund der Eisen- bzw. Manganoxidanreicherungen, die bereits ab 30 cm horizontdominierend sind, sowie dem obersten überwiegend reduktiv geprägten Grundwasserhorizont, der gleichzeitig relativ tief einsetzt, handelt es sich bei diesem Profil um einen Auengley. Die Vegetation ist geprägt durch das Vorkommen des Glatthafters (‚*Dauco-Arrhenaterum*‘). Die Meßsonden sind in den Tiefen 20, 40, 70, 100 und 120 cm unter GOF in die Profilwand eingebaut worden.

Die nutzbaren Feldkapazitäten der einzelnen Horizonte dieses Standortes sind sehr unterschiedlich (s. Tab. 33). Die Spanne reicht im reinsandigen (mSfs) siebten Horizont von 26 mm/dm, was einen hohen Wert darstellt, bis zu 15 mm/dm im direkt darüber befindlichen. Für einen Meter Profiltiefe ergibt sich mit 208 mm ein mittlerer Wert. Die Luftkapazität variiert noch stärker. Vor allem der ehemalige Oberboden weist mit einer Luftkapazität von 2,1 Vol.-% einen im Übergang von gering zu sehr gering befindlichen Anteil an Grobporen auf. Sowohl darüber (humusbedingt) als auch darunter (körnungsbedingt) werden höhere Werte erzielt. Maximal beträgt die Luftkapazität im II aGso 20,9 Vol.-%. Dies ist ein sehr hoher Wert. Auf einen Meter Profiltiefe berechnet ergibt sich mit 6,0 Vol.-% ein mittlerer Wert. Anhand des Raumgewichtes der einzelnen Horizonte lassen sich an diesem Profil gut Rückschlüsse auf den Gehalt an organischer Substanz sowie der Körnung tätigen. Der stark humose Oberboden zeigt bei einem Feinkornanteil von 66 % mit 0,93 g/cm³ das geringste Raumgewicht. Darunter folgen die tonreicheren Horizonte mit einer Spanne von 1,17 g/cm³ (Tu2, org. Sub.: 2,3 %) bis 1,52 g/cm³ (Lts, org. Sub.: 0,5 %), bevor in den beiden nachfolgenden, sandreichen Horizonten die höchsten Werte des Profiles ermittelt werden können (1,57 - 1,60 g/cm³). Der II aGso weist wiederum ein etwas geringeres Raumgewicht auf (1,50 g/cm³), eine Folge des höheren Porenvolumens, insbesondere des Grobporenanteils.

Tab. 33: Bodenkundliche Kennwerte des Teststandortes ‚Drei-Felder (DF)‘

Nr.	Horizont	Tiefe [cm]	BA [KA 4]	PV [Vol.-%]	LK [Vol.-%]	RG [g/cm ³]	nFK [mm/dm]	Org. Sub. [%]
1	aAh	0 - 10	Lt3	69,3	7,1	0,93	24,3	7,6
2	aGo-aM	- 30	Tu2	57,9	5,0	1,17	23,9	2,3
3	aM-aGro	- 40	Tu2	50,0	3,1	1,39	21,4	1,7
4	aGor-afAh	- 50	Lts	47,8	2,1	1,44	18,1	0,9
5	aGor	- 70	Lts	43,8	3,1	1,52	17,0	0,5
6	aM-aGor	- 85	St3	41,3	7,1	1,60	15,0	0,4
7	II aGor-aGw	- 100	Ss	44,1	13,8	1,57	26,4	0,2
8	II aGso	- 120	St2	46,9	20,9	1,50	20,8	0,3

Das Körnungsvertikalprofil zeigt ein Maximum der Feinkornfraktion von rund 77 % im zweiten

Horizont. Sowohl darüber als auch darunter nimmt der Ton- aber auch der Schluffgehalt stark zugunsten des Sandanteils ab. Den höchsten Sandgehalt hat mit 94 % der II aGor-aGw. Innerhalb der Schlufffraktion dominieren über das gesamte Profil in den einzelnen Horizonten abwechselnd die Fein- oder die Mittelschluffbestandteile. Der Anteil der Grobschluffe ist in jedem Fall diesen beiden Fraktionen untergeordnet. Mit Ausnahme des aM-aGro, der mit 4,4 % Grobsand der einzige Horizont mit einem nennenswerten Anteil an gröberen Bestandteilen ist, beträgt das Verhältnis von Fein- zu Mittelsand in der ersten Schicht 1:2 und in der zweiten Schicht 1:6 (II aGor-aGw) bzw. 1:4 (II aGso). Das Gesamtporenvolumen verringert sich ausgehend vom Oberboden mit 63,9 % in der Auenlehmdecke um 22,6 % bis auf 41,3 % an der Unterkante der bindigen ersten Schicht. Etwas mehr als die Hälfte des Rückgangs (13,3 %) ist auf die Minderung der Feinporen zurückzuführen, wobei sich der prozentuale Anteil der Feinporen am Gesamtporenvolumen kaum verschiebt. Er bleibt nahezu unverändert bei ungefähr 50 %. Im Gegensatz zu den Feinporen verhalten sich die Mittel- und Grobporen uneinheitlich. Im aAh noch jeweils 1/4 des Porenvolumens ausmachend, erhöht sich im nachfolgenden Horizont der Anteil der Mittelporen an den Gesamtporen zugunsten der groben Poren um 10 auf 30 %. Im aM-aGor ist das Verhältnis wieder nahezu ausgeglichen (GP: 11,7 %, MP: 10,4 %). Im Auensand dominieren körnungsbedingt mit Abstand die Grobporen. Mittel- und Feinporen machen zusammen nur noch 16,5 bzw. 12,1 % aus. Dies sind im ersten Fall etwas mehr und im zweiten etwas weniger als 1/3 des Gesamtporenvolumens.

Der aktuelle pH-Wert nimmt in Richtung Geländeoberfläche, ausgehend von einem sehr schwach alkalischen Wert von pH 7,2, ab einer Tiefe von 75 cm zunächst stetig und im aAh-Horizont dann sprunghaft bis auf pH 6,1 (schwach sauer) ab. Der potentielle pH-Wert des Oberbodens (pH 5,7) ist bereits als mittel sauer zu bezeichnen. Der Abstand zwischen beiden Bestimmungsmethoden ist mit 0,4 im Oberboden am geringsten und mit 0,8 im dritten Horizont (aM-aGro) am größten. Im tieferen Unterboden schwankt die Differenz auf mittlerem Niveau dagegen nur wenig (0,5 - 0,6). Ein Grund für den verhältnismäßig geringen Unterschied im Oberboden könnte der teilweise Ersatz von Protonen durch Calciumionen aufgrund einer früheren Kalkung sein. Der Gehalt an organischer Substanz liegt im aAh-Horizont (7,6 %) am Übergang von stark zu sehr stark humos. Bis auf den zweiten (2,3 %) und den dritten Horizont (1,7 %) weisen alle weiteren Horizonte Humusgehalte unterhalb von einem Prozent auf. Die ersten drei Horizonte sind mit einem N_{tot} -Gehalt von 0,40 % / 0,13 % / 0,11 % auch die einzigen, bei denen eine Ausweisung des C/N-Verhältnisses Sinn macht. Es verengt sich von 11 im Oberboden über 10 im aGo-aM bis auf 9 im aM-Gro, mithin eine hohe bis sehr hohe Humusqualität. Die Ausweisung des im Gelände anhand seiner, im Vergleich zu den angrenzenden Horizonten dunkleren Färbung eindeutig erkennbaren fossilen aAh-Horizontes, kann aufgrund der Analysenbefunde nicht verifiziert werden.

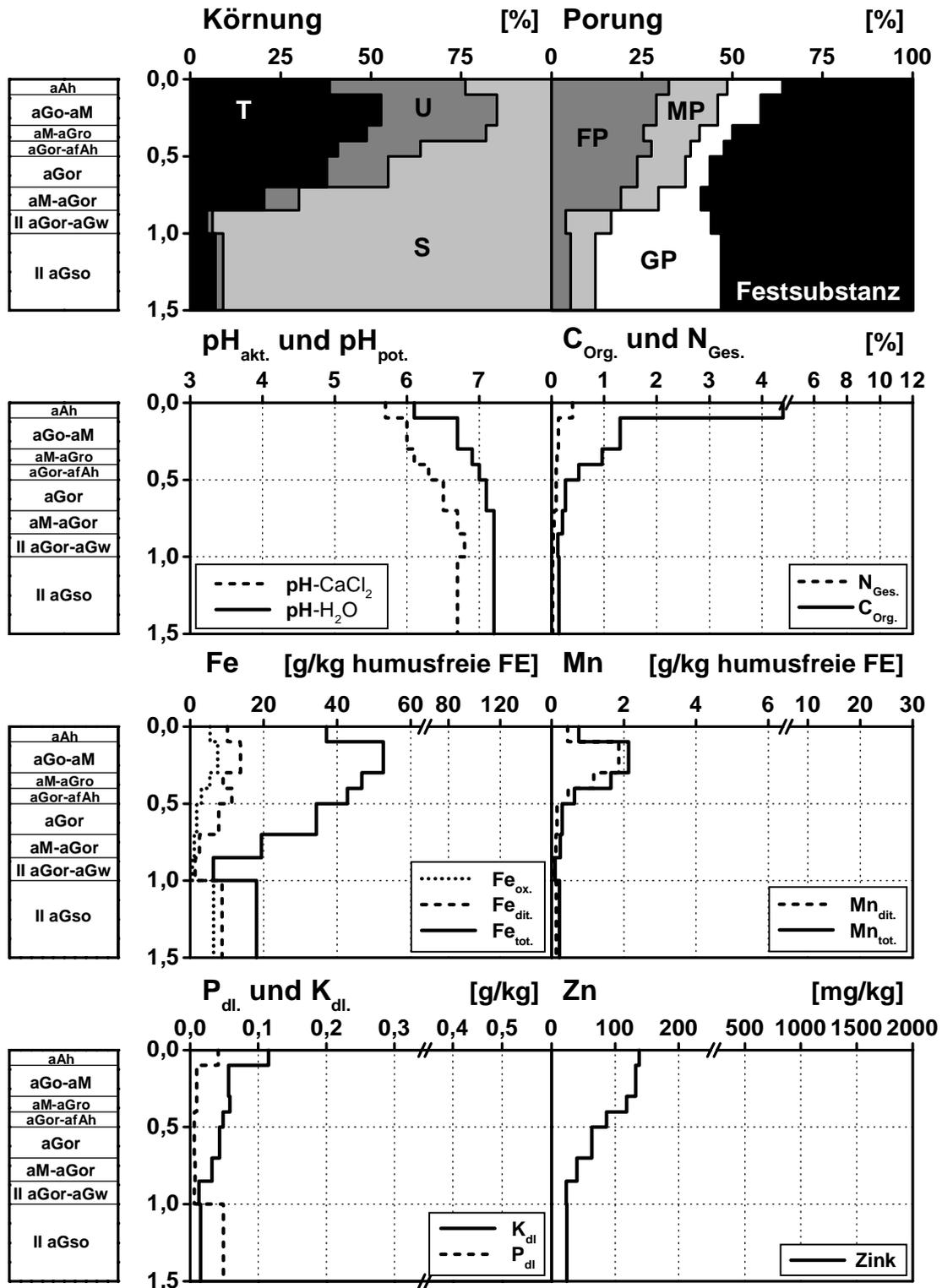


Abb. 54: Feststoffkennwerte des Teststandortes ‚Drei-Felder‘

Die Tiefenfunktion der Gesamt-Eisengehalte korreliert eng mit dem Tongehalt. Bei den beiden extrahierbaren Anteilen ist im Gegensatz dazu eine horizontabhängige, unterschiedlich starke Anreicherung auszumachen. Besonders auffällig ist sie, bedenkt man den geringen Feinkornanteil in diesem Horizont, im II aGso. Der Anteil an primärem Eisen ist hier mit 55 % am geringsten. Maximal beträgt er im aM-aGor 87 %. Die unterschiedlichen Aktivitätsgrade (aGor = 0,22 / II aGso = 0,74) geben, bei annähernd gleichen Humusgehalten, einen Hinweis auf den Kristallisationsgrad und damit das Alter der Ausfällungen. Demnach müßten die Eisenoxide im aGor-Horizont jüngeren Datums sein als im II aGso. Die Gesamt-Mangangehalte spiegeln ebenfalls die Körnung des Profiles wider. Der dithionitlösliche Mn-Anteil bewegt sich in einem Rahmen von 26 % (aM-aGor) bis 87 % (aGo-aM). Im letzteren der beiden Horizont ist das Verhältnis von Mangan zu Eisen ungewöhnlich eng (1:25). Ein Vergleich mit den natürlichen Mn-Gehalten (0,66 g/kg in der Fraktion < 20 µm) zeigt, daß es an dieser Stelle aber nicht nur zu einer relativen Anreicherung dieses Elementes gekommen ist, sondern auch zu einer absoluten um mehr als das Vierfache.

Die höchsten Gehalte an doppelactatlöslichem Phosphor finden sich nicht im aAh (9,4 mg P₂O₅ / 100 g Boden), sondern im II aGso (11,2 mg P₂O₅ / 100 g Boden). Ursache ist, wie bereits an anderer Stelle ausführlich behandelt, die Copräzipitation von Phosphor im Zusammenhang mit der Ausfällung von Eisen-Oxiden. Während der Gehalt im Oberboden nicht ausreicht, um die Gehaltsklasse A zu verlassen, befindet sich der Unterboden in dem Bereich der Gehaltsklasse B. Über das gesamte Profil betrachtet herrscht aber ein starker Phosphormangel vor. Bis auf den Oberboden (13,9 mg K₂O / 100 g Boden = Gehaltsklasse B) liegen alle anderen horizontbezogenen, pflanzenverfügbaren Kaliumkonzentrationen deutlich unterhalb von 10 mg / 100 g Boden und damit im Bereich der Gehaltsklasse A, so daß auch an diesem Makronährelement bei landwirtschaftlicher Nutzung starker Mangel herrscht. Die auf die Feinkornfraktion normierte Zinkkonzentration des Oberbodens von 210 mg/kg überschreitet den Bereich des natürlich bedingten um gut 60 %. In den weiteren Horizonten der Auenlehmdecke geht die Belastung auf das geogen bedingte Maß zurück. Ursache kann hier jedoch aufgrund des fehlenden Qualmwasser-Einflusses kein Eintrag über das Elbwasser sein, sondern die Kombination aus landwirtschaftlicher Tätigkeit gekoppelt mit atmosphärischen Einträgen.

8.5 Oberholz

Zwischen den Strom-km 478,3 und 478,8 liegt die Testfläche ‚Oberholz (OH)‘. Es handelt sich dabei um die größte Anpflanzungsfläche von auwaldtypischen Gehölzen (Eiche, Ulme, Ahorn, Buche, Schwarzdorn, Esche, Pappel, Erle, verschiedene Weidenarten) im Untersuchungsgebiet [PATZ et al. 1999]. Mit einer Größe von 8,6 ha stellt die eigentliche Pflanzungsfläche (durchschnittliche Pflanzdichte: 3.500 Setzlinge / ha) aber nur einen Teil der Gesamtfläche dar.

Auf einer deichnahen Sukzessionsfläche von 3,5 ha kann im Gegensatz zur anthropogen induzierten Entwicklung die natürliche beobachtet werden. Westlich dieser beiden Teilareale schließt sich ein 9,1 ha großer Mähweidestreifen an. Dem ‚Oberholz‘ vorgelagert liegt ein 50 - 150 m breites Außendeichsareal. Die weiteste Entfernung vom nördlichen Ende der Testfläche bis zum Deichkörper beträgt gut 600 m. Der Mittelwasserstand der Elbe beläuft sich auf rund 16,35 m NN. Daraus ergibt sich, daß sich weite Bereiche der nur wenig reliefierten Fläche mit ihrem Höhengniveau von 16,80 bis 17,30 m NN im Mittel lediglich einen halben bis einen Meter oberhalb dieser Marke befinden. Minimale Höhen finden sich mit 16,20 m NN in den ehemaligen Hochwasserrinnen. Die maximal erreichte Geländehöhe beträgt 17,60 m NN. Während in den niedrigen Positionen die Grundwasserbeeinflussung profilbestimmend hervortritt und zumeist Norm-Auengleye vorherrschen, geht sie in den höher gelegenen Bereichen soweit zurück, das es häufig zur Bildung des Übergangstyps Vega-Gley kommt (s. Kap. 7.2). Die vorherrschende Bodenart ist fast auf der gesamten Fläche einheitlich schluffiger Ton, wobei die Mächtigkeit des Auenlehmpaketes aufgrund des wesentlich bewegteren Reliefs der unterliegenden Sande stark variiert. Allerdings wird nur in wenigen Fällen die Ein-Meter-Marke unter- bzw. die Zwei-Meter-Marke überschritten. Aus dem starken Quell- bzw. Schrumpfungsvermögen und dem polyedrischen Gefüge rückschließend, dominieren Dreischicht-Tonminerale (z.B. Montmorillonite und Vermiculite) über den zweischichtigen. Der Teststandort befindet sich im nordöstlichen Bereich der Testfläche inmitten einer Pflanzreihe. Der Abstand zum Deich beträgt an dieser Stelle 450 m (s. Abb. 55).



Abb. 55: Luftbildausschnitt der Testfläche ‚Oberholz‘

Mit einer absoluten Höhe von 16,77 m NN, bei einem Mittelwasserstand der Elbe von 16,38 m MW und daraus resultierend einer relativen Höhe von + 0,39 m MW nur wenig höher gelegen als der Standort ‚LS‘, beträgt die (theoretische) Überflutungsdauer des Standortes ‚OH‘ (GK-Rechtswert: 4468 167, GK-Hochwert: 5880 231) durchschnittlich 122 d/a. Der niedrigen Lage entsprechend finden sich im Gegensatz zum Standort ‚DF‘ hier bereits im Oberboden deutlich hydromorphe Merkmale. Bis in eine Tiefe von 40 cm GOF sind sie aber von untergeordneter Bedeutung. Auch bei den nachfolgenden vier Horizonten handelt es sich um hydromorphe Übergangshorizonte. Erst ab einer Tiefe von 120 cm GOF ist die Fleckungsintensität so hoch, daß ein reiner Grundwasserhorizont ausgewiesen werden kann. Die Oberkante des Gr-Horizontes befindet sich bei 2,1 m GOF, dies entspricht - 1,7 m MW. Die mittlere Mächtigkeit des fossilen Oberbodenhorizontes beträgt hier im Gegensatz zur Testfläche ‚DF‘ ca. 20 cm. Ihre Oberkante findet sich absolut gesehen auf ähnlichem Höhengniveau (15,97 m NN). Wird jedoch der Mittelwasserstand als Bezugsebene genommen, zeigen sich zwischen beiden Standorten größere Differenzen (‚OH‘: - 0,41 m MW, ‚DF‘: + 0,16 m MW). Das Substrat ist über die gesamte Profiltiefe gleichbleibend bindig. Es handelt sich um Auenschluffton. Aus der Abfolge der Horizonte ergibt sich, obgleich im Verhältnis zum Mittelwasserstand der Elbe ca. 35 cm niedriger gelegen und deshalb graduell auch stärker redoximorph geprägt, für den Teststandort ‚Oberholz‘ gleich dem Standort ‚EW‘ der Bodensubtyp Gley-Vega.

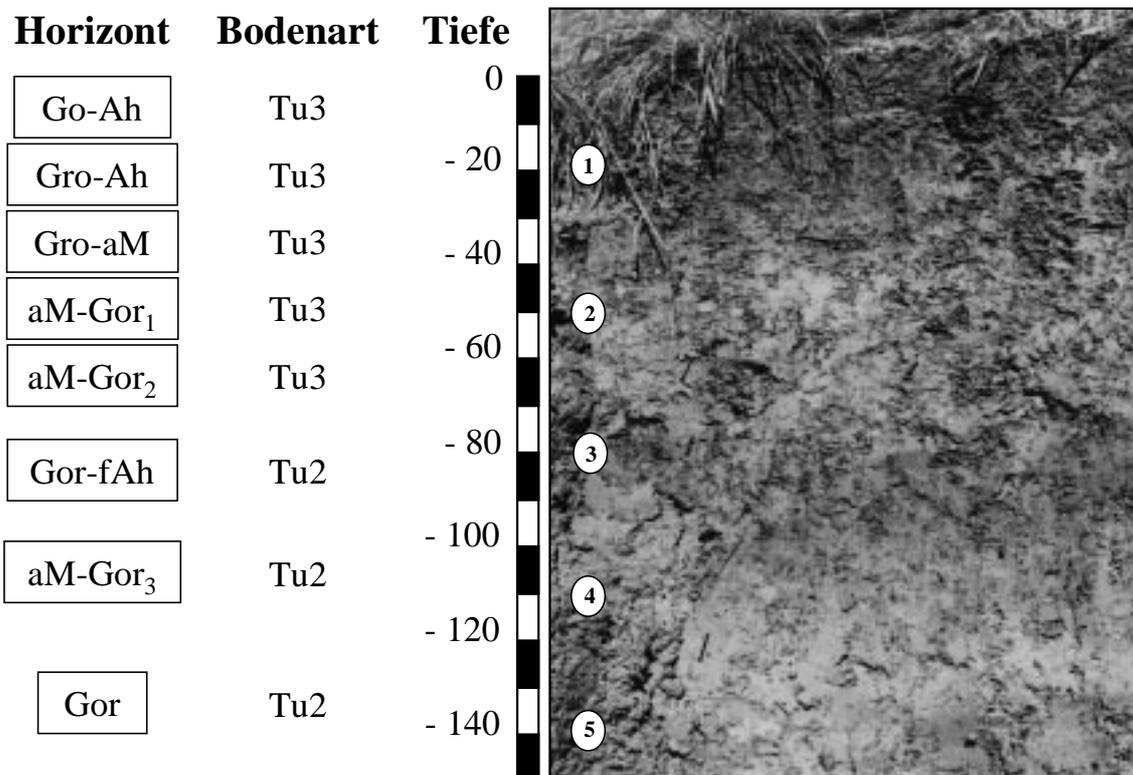


Abb. 56: Profilbild des Teststandortes ‚Oberholz‘

Den stark humosen ersten Horizont ausgeschlossen, schwankt das Porenvolumen im restlichen Profil zwischen 51,0 und 56,4 % (s. Tab. 34). Trotz des relativ hohen Porenvolumens ist die Luftkapazität nur mittelmäßig. Ebenso verhält es sich mit der nutzbaren Feldkapazität. Für einen Meter Profiltiefe lauten die Kennzahlen: LK = 5,9 Vol.-%, nFK = 152,8 mm/dm. Im Vergleich zu dem sandigen Standort ‚EH‘, ist das Raumgewicht hier deutlich geringer. Abhängig vom Gehalt an organischer Substanz variiert es zwischen 0,68 und 1,43 g/cm³. Der sehr hohe Humusgehalt in Verbindung mit den vorgefundenen Eisen- und Manganausfällungen im aGo-aAh-Horizont deuten auf eine verminderte Mineralisierungsgeschwindigkeit aufgrund ungünstiger Wasserverhältnisse hin. Der begrabene Oberbodenhorizont grenzt sich mit seinen Eigenschaften von den ober- und unterhalb befindlichen Horizonten deutlich ab. Der Wert der Luftkapazität von 2,0 Vol.-% beispielsweise ist der geringste aller untersuchten Horizonte. Begründet ist er in dem hohen Feinkornanteil von 86,2 %, wobei die Tonfraktion allein bereits 65,8 % ausmacht.

Tab. 34: Bodenkundliche Kennwerte des Teststandortes ‚Oberholz (OH)‘

Nr.	Horizont	Tiefe [cm]	BA [KA 4]	PV [Vol.-%]	LK [Vol.-%]	RG [g/cm ³]	nFK [mm/dm]	Org. Sub. [%]
1	aGo-aAh	0 - 10	Tu3	72,8	8,5	0,68	37,0	10,2
2	aGro-aAh	- 30	Tu3	56,4	5,6	1,18	15,0	3,8
3	aGro-aM	- 40	Tu3	56,4	8,6	1,18	13,1	2,4
4	aM-aGor ₁	- 60	Tu3	55,6	7,8	1,35	13,1	1,2
5	aM-aGor ₂	- 80	Tu3	52,0	5,3	1,37	8,6	1,4
6	aGor-afAh	- 100	Tu2	53,9	2,0	1,28	14,7	1,6
7	aM-aGor ₃	- 120	Tu2	51,0	6,0	1,43	8,6	0,8
8	aGor	> 150	Tu2	54,7	3,4	1,25	9,7	0,9

Das Profil des Standortes ‚OH‘ ist das sandärmste der sechs Teststandorte. Lediglich in vier Horizonten (1, 3, 7, 8) werden überhaupt Sandbestandteile nachgewiesen. Maximal beträgt der Gehalt im aGor-Horizont 11,3 %, wobei interessanterweise die Mittelsande, gefolgt von der Grobsandfraktion, den größten Anteil ausmacht. Mit Ausnahme des aktuellen und des fossilen Oberbodens beträgt der Tongehalt durchschnittlich 50 %. Die Aufteilung in die drei Schluffgrößenklassen ist nahezu gleich. Mit abnehmender Durchwurzelungsintensität und Rückgang der Aggregation steigt von der Geländeoberfläche ausgehend in die Tiefe der Feinporenanteil von 37,5 auf 76,1 % des Gesamtporenvolumens an. Absolut machen die Feinporen im untersten Horizont 41,6 % der Probe aus. Bei einer Festsubstanz von 45,3 % bleibt ein Rest von 13,4 %, den sich die Mittel- und Grobporen gleichstark teilen.

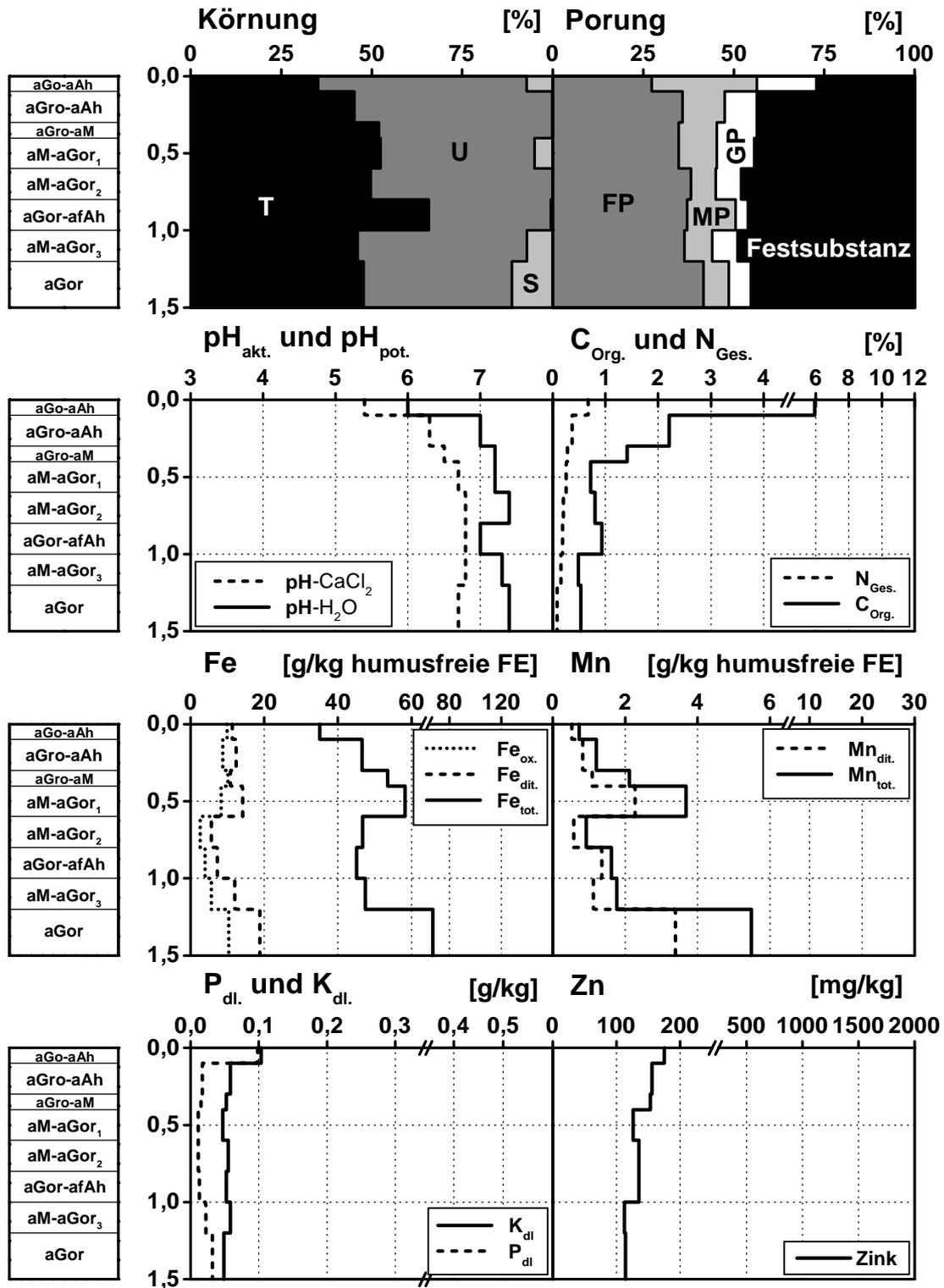


Abb. 57: Feststoffkennwerte des Teststandortes ‚Oberholz‘

Im Gegensatz zu den drei außendeichs gelegenen Standorten trifft bzw. überschreitet der aktuelle pH-Wert am Teststandort ‚OH‘ bis auf den ersten Horizont die Grenze von 7,0 und erreicht damit den neutralen bis sehr schwach alkalischen Bereich. Im Vergleich zu den angrenzenden Horizonten ist der aktuelle pH-Wert des aGor-afAh-Horizontes deutlich geringer (pH 7,0 zu pH 7,4 bzw. 7,3). Beim potentiellen pH-Wert ist dies dagegen nicht so. Die Differenz zwischen beiden Bestimmungsmethoden variiert unter Nichtberücksichtigung dieses Horizontes von 0,5 bis 0,7. Im aktuellen Oberboden ist aufgrund des deutlichen pH-Rückgangs, der potentielle pH-Wert liegt mit pH 5,4 bereits im mittel sauren Bereich, von einer beginnenden Versauerung auszugehen. Die Ursachen des sehr hohen C_{org} -Gehaltes im aGo-aAh-Horizont wurden bereits angesprochen. Auch im zweiten und dritten Horizont ist mit 2,2 % bzw. 1,4 % C_{org} (das entspricht 3,8 % bzw. 2,4 % Humus) eine in-situ-Humusanreicherung erkennbar. In den nachfolgenden Horizonten beruht der Gehalt an organischer Substanz darauf, daß einstmals humoses Material stromauf erodiert, mit dem Fluß transportiert und schließlich an dieser Stelle sedimentiert wurde. Der Hypothese des fossilen aAh folgend, handelt es sich bei dem leicht erhöhten Humusgehalten in diesem Horizont sowohl um allochthonen als auch autochthonen organischen Kohlenstoff. Die Gesamt-Stickstoffkonzentration nimmt nach einem ersten starken Rückgang von 0,68 g/kg N in den weiteren Horizonten fast kontinuierlich bis auf 0,08 g/kg N ab. Das C/N-Verhältnis ist mit Werten unter 10 für alle Horizonte als sehr eng anzusehen. Im aktuellen Oberboden beträgt der Wert 9 und im fossilen sogar 5.

Das Tiefenprofil der Gesamt-Eisenkonzentration weist eine Spanne von 35 bis 67 g/kg auf. Wie bereits bei den zuvor behandelten Standorten ist auch beim Teststandort ‚OH‘ der geringste Anteil primär gebundenen Eisens mit 68 % im Oberboden festgestellt worden. In den übrigen Profilbereichen ist dieser zum Teil aber wesentlich höher. Über 80 % sind es beispielsweise im dritten, fünften und sechsten Horizont. Der Aktivitätsgrad ist, entgegen der Regel, daß der höchste Aktivitätsgrad in dem Horizont mit dem geringsten Anteil an primärem Eisen zu finden ist, nicht im Oberboden, sondern im dritten Horizont (aGro-aM) am größten. Rund 95 % des pedogenen Eisens befindet sich in diesem Horizont in einem amorphen (oder gelösten) Zustand. Im aGo-aAh-Horizont ist er mit 0,87 aber auch noch sehr hoch, wohingegen er in den übrigen Horizonten (unter Ausschluß des zweiten Horizontes) kleiner als 0,6 ist. Normiert man die Eisengehalte auf die Feinkornfraktion $< 20 \mu\text{m}$, zeigt sich, daß im aGor-Horizont eine Eisenanreicherung über das Grundwasser stattgefunden haben muß, da die (berechnete) Konzentration von 90,6 g/kg deutlich über dem geogenen Hintergrundwert liegt. Die Mn-Anreicherung ist in diesem Horizont noch wesentlich ausgeprägter. Bereits der gemessene Gesamtgehalt von 5,5 g/kg liegt um das Achtfache über dem geogen vorgegebenen. Nach Normierung erhöht sich der Anreicherungsfaktor (AF) sogar auf 11. Eine zweite Hauptanreicherungszone befindet sich im aM-aGor₁-Horizont. Hier beträgt die Mangankonzentration 3,7 g/kg (AF = 6). Ein Beleg dafür, daß sich Mangan in der Relation zum Eisen stärker angereichert hat, ist der geringe Quotient (Fe/Mn) in diesen beiden Horizonten (aM-aGor₁ = 16, aGor = 12). Innerhalb des Profiles ist der Anteil an dithionitlöslichem Mangan mit 83 % im

aGor-afAh-Horizont am größten und mit 52 % im aGro-aM-Horizont am geringsten.

Bis auf den Oberboden, der etwas höhere doppellactatlösliche Phosphor und Kaliumwerte aufweist (22,5 g/kg P_2O_5 = Gehaltsklasse C, 12,4 g/kg K_2O = Gehaltsklasse B), sind im restlichen Profil die Kalium-Konzentrationen einheitlich sehr gering (5,7 - 7,0 g/kg K_2O = Gehaltsklasse A). Beim Phosphor dagegen zeigt sich, bedingt durch die erhöhte Eisen- und Manganoxidgehalte, ein zweites Maximum im untersten Horizont (7,3 g/kg P_2O_5). Dieser Wert fällt wie auch der der anderen Zwischenhorizonte in die Gehaltsklasse A. Die Zinkgehalte des Binnendeichsstandortes ‚OH‘ unterscheiden sich entsprechend der anderen beiden Binnendeichsstandorte gravierend von den außendeichs gelegenen. Trotz eines sehr hohen Feinkornanteils (s.o.) bleiben die Gesamtgehalte unterhalb von 200 mg/kg Zn. Normiert man die Werte allerdings, zeigt sich, daß der Oberboden mit einem Wert von 234 mg/kg Zn trotzdem bereits fast das zweifache des natürlichen aufweist. Als überwiegender Anreicherungs-pfad ist hier das Elbwasser mit seinen Schwebstoffen anzusehen. Da bis in die Mitte der 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts Teile des Rückdeichungsgebietes mit Elbwasser bewässert wurden [FLEMMING 1999], ist es stellenweise zu einem Schadstoffeintrag auf diesem Weg gekommen. Welchen Anteil dieser Anreicherungs-pfad im Vergleich zum regelmäßigen Qualmwassereintrag, der landwirtschaftlichen Tätigkeit oder dem atmosphärischen Eintrag an den erhöhten Zinkgehalten an diesem Standort hat, ist unklar.