

Zum Problem der haftnassen Böden Merkmale und Eigenschaften von Haft(nässepseudo)gleyen in hochalpinen Lage

Franz Blümel, Werner Müller & G. Stoops

Eingelangt am 17.03.1997

1 Zusammenfassung

Im Bereich der Großglockner-Hochalpenstraße fanden sich Böden, die als tagwasservergleyte alpine Podsolböden oder als alpine Pseudogleye angesprochen wurden, deren endgültige Einstufung aber noch in Diskussion stand. Das profilmorphologische Erscheinungsbild der Böden wies große Ähnlichkeit mit Haft(nässepseudo)gleyen auf, wie sie oft in nordwestdeutschen Lößgebieten auftreten, in der hier beobachteten Form mit völliger Reduktion der Sg-Horizonte jedoch nur auf Böden der Ufer- und Brandungswälle in der Marsch am Beginn der Vegetationsperiode beobachtet wurden. Die im Großglocknergebiet durchgeführten Untersuchungen dieser Böden ergaben, daß sie tatsächlich die morphologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften der Haftnässeböden aufweisen. Bei den gegenwärtig vorherrschenden Klimabedingungen wird in den grobporenen Sg-Horizonten Wasser gebunden, das wegen der geringen Luftkapazität zu völliger Reduktion führt, ohne daß freies Wasser auftritt. In den darunterliegenden gröberporigen So-Horizonten mit höherer Luftkapazität werden die vom austretenden Wasser mitgeführten reduzierten Fe-Ionen oxidiert.

Für diese Böden wird die Bezeichnung hochalpine Varietät des Subtyps (Norm-)Haft(nässepseudo)gley, alternativ (Norm-)Haftgley, mit der Horizontfolge: Aah/Ah-Sgr/So-IICv vorgeschlagen.

2 Summary

The problem of „haftnasse“ soils. Characteristics of „Haft(nässepseudo)gley“-soils in high alpine regions

In the surroundings of the "Großglockner-Hochalpenstraße" (Austria) soils were designated as "tagwasservergleyte alpine Podsolböden". The profile-morphology of these soils is very similar to those of soils in Northwest-Germany, in the loess-area on river banks and sea shores. These soils have a very great reduction in the Sg-horizons at the beginning of the vegetation-period. The investigated soils in the surrounding of the "Großglockner-Hochalpenstraße" have morphological, chemical and physical characteristics of the „Haft(nässepseudo)gley“. Because of the climatic conditions in the mountains of the "Großglockner"-region the soils hold the water in the very small pores for a long time. Therefore the soils (Sg-horizons), especially the iron-compounds and the organic material are reduced. But there is no "free water". In deeper horizons (So-horizons) there are larger pores and more air; the Fe-ions and Fe-compounds are oxidized.

For these soils we suggest the name "high alpine subtype of the (Norm-)Haft(nässepseudo)gley", alternatively "(Norm-)Haftgley", with the horizon-sequence: Aah/Ah-Sgr/So-IICv.

3 Keywords

Alpine soils, "Haftgley"-soils, "Haft(nässepseudo)gley", soil analysis, Großglockner-region, Hohe Tauern National Park

4 Einleitung

Im Rahmen einer Exkursion des Fachnormenausschusses Wasserwesen im Deutschen Normenausschuß 1984 führte Blümel im Gebiet der Großglockner-Hochalpenstraße Böden vor, die im Rahmen umfangreicher geologischer, meteorologischer, botanischer und ökologischer Untersuchungen (MaB-Hochgebirgsprogramm der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 1974 bis 1978) als „tagwasservergleyte alpine Podsolböden“ (BLÜMEL & KLAGHOFER 1977) oder als alpine Pseudogleye (MÜLLER 1980) angesprochen worden waren. Dabei wurde diskutiert, ob diese Böden nicht als Vertreter der noch wenig bekannten „Haft(nässepseudo)gleye“ (MÜLLER et al. 1972)

eingestuft werden sollten. Zur Klärung der Frage beschlossen die Autoren im Sommer 1994 spezielle Untersuchungen mit Unterstützung der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen und des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung in Hannover durchzuführen. Weiters konnte die Mitwirkung des Laboratoriums für Mineralogie, Petrologie und Mikropedologie der Universität Gent für mikromorphologische Untersuchungen gewonnen werden.

Die deutschen Bodensystematiker hatten den Bodentyp „Haft(nässepseudo)gley“ in ihre Systematik mit dem Vorbehalt aufgenommen, daß sein Wasserhaushalt bodenphysikalisch schwer erfaßbar sei und er daher noch in Diskussion stehe. Bislang waren Böden mit den für diesen Typ charakteristischen Merkmalen und Eigenschaften vor allem in den nordwestdeutschen Marsch- und Lößgebieten gefunden worden. Besonders ausgeprägte Vertreter mit mächtigen, im Winter und Frühjahr völlig reduzierten, türkisgrüngrauen Horizonten, in denen kein freies Grund- oder Stauwasser vorhanden war, fanden sich auf tonarmen, schluffreichen Ufer- und Brandungswällen in der Marsch.

Böden mit ähnlichem Erscheinungsbild kommen auch im Gebiet der Großglockner-Hochalpenstraße vor. Es erhob sich somit die Frage, in welchem Ausmaß diese Böden aus völlig anderen Substraten den typischen Profilaufbau und die bodenphysikalischen Eigenschaften der Haft(nässepseudo)gley aufweisen (vgl. MÜLLER et al. 1972, MÜLLER 1997) und ob die starken Reduktionserscheinungen in der Marsch und im Hochgebirge auf Besonderheiten des Klimas in Verbindung mit bestimmten Bodeneigenschaften zurückgeführt werden könnten.

Die typische Geländesituation eines hochalpinen Haft(nässpseudo)gleys wird in Abb. 1 wiedergegeben.



Abb. 1: Geländesituation eines hochalpinen Haft(nässepseudo)gleys: Profil 8, Westhang, Mittelhanglage (Juli 1995)

Fig. 1: Location of a high alpine "Haft(nässepseudo)gley": Profile 8, western slope, mid hillside location (July 1995)

Foto: Kulhanek

Die Angaben über die naturräumlichen Gegebenheiten stammen im wesentlichen aus den Ergebnissen des MaB-Hochgebirgsprogramms der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 1974 bis 1978.

Die Aufnahme der Bodenprofile im Felde erfolgte nach den Richtlinien der deutschen „Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 3“ (AG BODEN 1982) und „KA 4“ (AG BODEN 1994), bei „normaler Aufnahmeintensität“ mittels Handbohrgeräten (Pürkhauer, Anderson-Bohrer, Flügelbohrer), bei „umfassender Aufnahmeintensität“ in Schürfruben, die bis zum steinreichen Untergrund ausgehoben wurden. Die Probenahmen in ungestörter Lagerung erfolgten bei den Horizonten in Stechzylindern von 200 ccm (je 5 Parallelen) bzw. in Stechzylindern von 1000 ccm Rauminhalt (je 3 Parallelen). Bei Horizont 8/2 wurde ein Bodenwürfel von 13 cm Kantenlänge (3 Parallelen) entnommen.

Die subjektive Farbansprache wurde nach der KA 3 durchgeführt. Probleme ergaben sich bei der Festlegung der Farben der Sg-Horizonte mittels der MUNSELL STANDARD SOIL COLOR CHARTS (1970). Bei diesen Horizonten traten bläuliche und grünliche Farbtöne auf, die in dieser Intensität auf den verwendeten Farbtafeln nicht vorhanden waren. Die farbige Abb. 3 gibt in etwa die auftretenden Farbabstufungen wieder.

Bei den Feldmessungen und Laboranalysen wurden die in DIN 19680 bis 19684 aufgeführten Methoden angewendet. Die Korngrößen-, chemischen und tonmineralogischen Analysen wurden im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB), Hannover, die bodenphysikalischen Untersuchungen in der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen, durchgeführt.

Zur Ermittlung der Porengrößenanteile aufgrund von Bodenart und Lagerungsdichte unter Berücksichtigung des Humusgehaltes wurden die Tabellen „Technische Berichte, H 3, Dokumentation zur Methodenbank Bodenkunde“ (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG 1992) verwendet. Bei dieser Ermittlung wurde eine korrigierte Bodenart zugrunde gelegt. Die Anteile der Fraktionen 2 µm bis 125 µm wurden dabei als erweiterte Schlufffraktion zusammengefaßt. Begründung: Die hauptsächlich aus plättchenförmigen Teilchen bestehende Fraktion 63 µm bis 125 µm ist weniger als 63 µm dick, gehört also in dieser Dimension zur Schlufffraktion. Entscheidend ist, daß sie sowohl vom Ansprachegefühl im Gelände als auch in Bezug auf ihre Auswirkungen auf das Bodengefüge, den Wasser- und Lufthaushalt mehr zur Schlufffraktion gehört. Die Anwendbarkeit des Ermittlungsverfahrens aufgrund der genannten bodenkundlichen Grunddaten wird so verbessert (vgl. MÜLLER 1994, 1997).

Für die mikromorphologischen und mineralogischen Untersuchungen wurden die Proben in „Kubienarahmen“ entnommen, luftgetrocknet und mit ungesättigtem Polyesterharz imprägniert. Nach dem Härten wurden Dünnschliffe (60 mm x 90 mm) von 25 µm Stärke präpariert. Für die mikromorphologischen Beschreibungen wurde die Terminologie von BULLOCK et al. (1985) verwendet. Eine ausgewählte Extraktion von amorphen und schwach kristallinen Eisen-(hydro-)oxiden wurde von unbedeckten Dünnschliffen realisiert entsprechend der Methode von AROCENA et al. (1989). Humose Substanzen wurden mit Na-Hypochlorit gebleicht (BABEL 1964).

Ton- und Schlufffraktionen wurden nach der Dispersion von der Gesamtprobe separiert. XRD-Kurven wurden unter Verwendung einer Co-Antikathode erstellt, nachdem die Proben mit Mg⁺⁺, Mg⁺⁺ und Glycol, K⁺ (erhitzt) gesättigt und auf 350 °C und 550 °C erhitzt wurden.

Qualitative Untersuchungen im Felde zum Nachweis von Fe II-Ionen erfolgten nach DIN 4220, Blatt 3/10.

6 Der Naturraum an der Großglockner-Hochalpenstraße

6.1 Die geographische Situation

Das Untersuchungsgebiet liegt in den österreichischen Ostalpen, im Massiv der Hohen Tauern, im Gebiet des Großglockners, des mit 3798 m über Seehöhe höchsten Berges des Landes. Die

Untersuchungen wurden beiderseits der Großglockner-Hochalpenstraße durchgeführt, mit Schwerpunkt südlich der Paßhöhe in der weiteren Umgebung des Wallackhauses (2235 m NN). Ergänzende Untersuchungen erfolgten nördlich des Hochtores bei der Fuscher Lacke (2260 m NN). In Abb. 2 ist die Lage der Untersuchungsgebiete eingetragen, wobei (S) für südliches Hauptuntersuchungsgebiet und (N) für nördliches Ergänzungsuntersuchungsgebiet steht.



Abb. 2: Lage der Untersuchungsgebiete, (S) - südliches Hauptuntersuchungsgebiet, (N) - nördliches Untersuchungsgebiet

Grundlage: Alpenvereinskarte Nr. 40/1992, Maßstab 1:25000, verkleinert

Fig. 2: Location of the areas of investigation, (S) - southern main area, (N) - northern area

Basis: Alpenvereinskarte (map) Nr. 40/1992, scale 1:25000, scaled down

Nach WAKONIGG (1973) bilden die Hohen Tauern eine Barriere gegen die von Nord bis Nordwest einströmenden Luftmassen. Die Monats- und Jahressummen der Niederschlagsmengen liegen daher im langjährigen Mittel an der Nordseite des Tauernhauptkammes deutlich höher als an der Südseite (Fusch: 1148 mm, Heiligenblut: 779 mm Jahresniederschlag).

Mit der Seehöhe nehmen die Niederschläge zu. So wurden von WEISS (1980) an der Meßstation am Wallackhaus im Zeitraum 1977/78 1270 bis 1990 mm gemessen. Dabei entfielen die höchsten Niederschlagsmengen auf das Sommerhalbjahr. Von März bis Mai fielen ca. 600 mm, zum Teil als Schnee, von Juni bis August ca. 500 mm. Von März bis Ende Mai wurden Schneehöhen von 300 bis 450 cm gemessen, erst Ende Juni gab es größere schneefreie Flecken. In den Schneetälchen liegt der Schnee naturgemäß noch länger.

Die bei der Meßstation Wallackhaus in den Jahren erfaßten Temperaturen lagen im Jahresmittel bei 0,2 °C (1977) und bei -1,2 °C (1978). Im Winter wurden Tiefstwerte von -20 °C und Höchstwerte von +9 °C gemessen, im Sommer betragen die Tiefstwerte -6 °C, die Höchstwerte (Juliwerte) +17 °C (WEISS 1980).

6.3 Geologische, petrographische und mineralogische Gegebenheiten

Die Geländeformen um die Großglockner-Hochalpenstraße bestehen aus Steilhängen, flachen Berg Rücken und Mulden. In kleinflächigen Mulden kann sich bis weit in den Sommer hinein Schnee halten.

Die Hänge tragen eine mehr oder weniger stark verwitterte Schieferhülle. In den Mulden liegt Moränenmaterial. Nach CORNELIUS & CLAR (1939) und MÜLLER (1980) setzen sich die Gesteine aus schwarzen Phylliten, Quarziten, Grünschiefern, Granatglimmerschiefern und Serpentin zusammen.

Die Schieferhüllen streichen generell um Ost-West und bilden Schichtpakete, die man in Osttirol und Kärnten Bretter nennt. Im Süden folgt auf die junge Schieferhülle die Matreier Schuppenzone (penninisch-ostalpine Schuppenzone). Nach MÜLLER (1980) ist die Morphologie durch glaziale Ablagerungen, Hangschuttverkleidungen, Bergsturzmaterial und Hangbewegungen geprägt.

Für die Geländemorphologie und die Bodenentwicklung ist die hohe Wasseraufnahmefähigkeit hervorzuheben. In diesem Zusammenhang könnte auch die Zufuhr von Flugstaub eine Rolle spielen (FRANZ 1977, GRUBER 1980).

6.4 Die Vegetation

Die pflanzensoziologischen Einheiten sind je nach Geländemorphologie, Gestein und daraus resultierendem Bodenwasserhaushalt sehr unterschiedlich. Sie reichen von Kalkschieferschuttgesellschaften, Silikatschuttgesellschaften bis zu bodensauren Schneetälchengesellschaften. In den Schneetälchen konnte das Salicetum herbaceae (Krautweiden-Flur) festgestellt werden. Diese Pflanzengesellschaft sowie die von POSCH (1980) angeführte Vegetation mit *Deschampsia cespitosa* besiedeln saure Böden, die von POSCH als gut ausgebildete alpine Pseudogleye bezeichnet wurden.

6.5 Die Böden

Durch kleinräumige geologische Unterschiede, wechselnde Exposition und große Reliefunterschiede entsteht ein kleinflächiges Mosaik von Böden, die von Initialstadien der Bodenbildung bis zu reifen Formen reichen (PEER 1993). MÜLLER (1980) unterscheidet im Gebiet Wallackhaus Hochtoralpine Rohböden, Ranker, Braunerden und alpine Pseudogleye. Hydromorphe Böden treten nach MÜLLER auf mäßig bis steil geneigten Hängen, in Verebnungen oder in Muldenlagen auf.

Die nachstehenden Untersuchungen befassen sich mit solchen hydromorphen Böden, die einige besondere Merkmale und Eigenschaften aufweisen und im engeren Untersuchungsgebiet weit verbreitet sind.

7 Ergebnisse

7.1 Profilmorphologische Erhebungen

An der Großglockner-Hochalpenstraße wurden 1994 südlich der Paßhöhe in der Umgebung des Wallackhauses 11 Profile mit „normaler Aufnahmeintensität“ (Bodenkundliche Kartieranleitung KA 3, AG BODEN 1982) untersucht. Bei 4 Profilen (Profil-Nr. 1, 4, 8 und 15) erfolgten Aufnahmen mit „umfassender Aufnahmeintensität“ in Verbindung mit Probenentnahmen in Schürfgruben. Nördlich der Paßhöhe wurden 1995 im Bereich der Fuscher Lacke 12 weitere Profile untersucht und bei einem Profil Proben entnommen. Die Lage der untersuchten Flächen ist in Abb. 2 eingetragen. Bei den Untersuchungen wurde das Kleinrelief geländemorphologisch unterschiedlicher Standorte sowohl in Hangbereichen als auch in Verebnungsflächen berücksichtigt und bei den Profilbeschreibungen charakterisiert.

Profil 1, Wallackhaus: Oberhanglage, Verebnungsfläche, ca. 2355 m NN;
Aufnahme am 22.06.1994 durch MÜLLER & BLÜMEL

Proben Nr.	Tiefe in cm	Horizont	Bodenart	Bodenfarbe	Humus h	Eisenflecken	Durchwurz.	Bodengefüge	Lagerdichte Ld	Bodenfeuchte
1/1	0 - 4	Sg-Aah	U,1,gr	dgnligr 10G4/1	6		Wf	kru	3	3
1/2	-15	Ah-Sgr	U,1,gr2	dgng 5G5-4/1	4	rg	4	koh	4	3
1/3	-35	So	U,1,gr3	ol 5Y5/3		ed fl3	2		2-3	4
1/4	-50	So	U,1,gr4	olge 5Y6/4		ed fl2>	1		2	3
1/5	>60	IICv	U,1,gr5	olgr 5Y5/2					2	

Profil 4, Wallackhaus, Schneetälchen: Muldenlage, ca. 2350 m NN;
Aufnahme am 11.07.1995 durch MÜLLER & BLÜMEL

Proben Nr.	Tiefe in cm	Horizont	Bodenart	Bodenfarbe	Humus h	Eisenflecken	Durchwurz.	Bodengefüge	Lagerdichte Ld	Bodenfeuchte
GG S4/1	0 - 4	Sg-Aahr	L,gr1	bnlidgr 5Y4/1	6		Wf	kru1	2	3
GG S4/2	-15	Ah-Sgr	Sl,u,gr2	bl-gnligr 5B6/1	3	rg	4	koh	4	3
GG S4/3	-30	So	Sl,u,gr3	olbn 5Y5/6	2	edfl3	2		3	4
GG S4/4	-45	So	Slu,gr4<	olgr 5Y5/2		efl2			3	3
GG S4/5	-60	IICv	Slu,gr4-5	olgr 5Y5/2					2-3	3
GG S4/6	>60	IICv	Gr,1	gr 5Y5/1						

Profil 8, Wallackhaus: Mittelhanglage, ca. 2300 m NN; www.biologiezentrum.at
Aufnahme am 03.08.1995 durch STENITZER

Proben Nr.	Tiefe in cm	Horizont	Bodenart	Bodenfarbe	Humus h	Eisenflecken	Durchwurz.	Bodengefüge	Lagerdichte Ld	Bodenfeuchte
8/1	0 - 4	Sg-Aah	Lu	ddbng	6		Wf	kru	2	3
8/2	-10	Ah-Sgr	Lu,gr1	dlgr 5Y4/1	4		4	koh	3	3
8/3	-30	Sgr	Sl,u,gr2	bl-gnligr 5B6/1	3	rg	3	koh	3 - 4	3
8/4	-40	So	Sl,gr3	olbn 5Y5/2	1	edfl	1		3	4
8/5	-60		Sl,gr4<	olgr 5Y5/2					2 - 3	3
8/6	-70	IICv	Sl2,gr5	olgr 5Y5/1						3

Profil 15, Fuscherlacke: ca. 2262 m NN;
Aufnahme im Juni 1996 durch BLÜMEL

Proben Nr.	Tiefe in cm	Horizont	Bodenart	Bodenfarbe	Humus h	Eisenflecken	Durchwurz.	Bodengefüge	Lagerdichte Ld	Bodenfeuchte
15/1	0 - 4	Sg-Aah	U1	ddgr	6		Wf	kru2	3	4
15/2	-10	Ah-Sgr	U1	bl-gnlidgr	4		4	koh	4	3
15/3	-30	Sgr	U1	bl-gnlidgr	2	rg	3	koh	4	-3
15/4	-70	So	L s,u,gr	olgr		edfl4			2	4
15/5	-110	IICv	Gr,x	gr					2	3

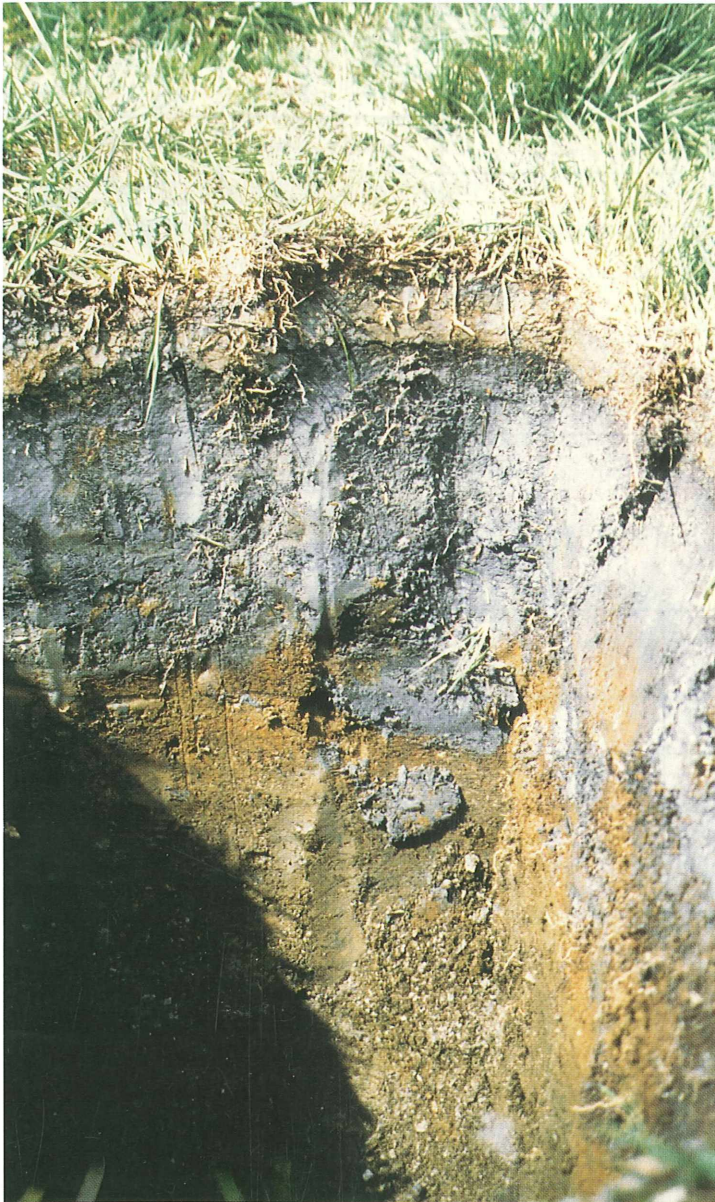
Erläuterungen zu den Bodenprofilen:

Horizontbezeichnungen: Aa = anmooriger Horizont; Ah = dunkler, humoser Horizont; So = durch oxidierte Eisenverbindungen gekennzeichnete Horizont mit hoher Luftkapazität; Sgr = durch Haftwasser reduzierter Horizont; Sg-Aah = anmooriger, dunkel gefärbter Humushorizont mit Bleich- und Rostflecken; Ah-Sgr = dunkler, humoser, reduzierter Haftwasser-Horizont; IICv = verwitterter Gesteinshorizont (Ausgangsgestein?) - Schichtwechsel. Bodenart: U = Schluff, T = Ton, S = Sand, Gr = Grus (eckig), G = Kies (rund), X = Steine. Bodenfarbe: bl = blau, bn = braun, d = dunkel, dd = sehr dunkel, ge = gelb, gn = grün, gr = grau, li = stichig, ol = oliv. Humus: h 1 = schwach humos, h 6 = stark humos. Eisenflecken: rg = grüngrau/reduziertes Eisen, ed = dunkelrostfleckig, 2 = schwach fleckig, 4 = stark fleckig. Durchwurzelung: Wf = Wurzelfilz, 1 = schwach durchwurzelt, 4 = stark durchwurzelt. Bodengefüge: kru = Krümelgefüge, koh = Kohärentgefüge, Zahlen = Intensitätsstufen. Lagerungsdichte Ld: 1-2 = gering, 4-5 = hoch sehr hoch. Bodenfeuchte: 1 = trocken, 4 = stark feucht.

Explanation of the soil profiles:

Horizon description: Aa = boggy horizon; Ah = dark humus rich horizon; So = horizon characterized by oxidized iron compounds, high air (pore) capacity; Sgr = reduced horizon due to bound water; Sg-Aah = dark, boggyhumus horizon with bleached and rust colored spots; Ah-Sgr = dark, humus, reduced bound-water horizon; IICv = weathered rock horizon (basic ground?) - shift change. Soil types: U = loam, T = clay, S = sand, Gr = coarse loam (angular), G = gravel (round), X = rocky. Soil color: bl = blue, bn = brown, d = dark, dd = very dark, ge = yellow, gn = green, gr = grey, li = mottled, ol = olive. Humus: h 1 = slight humus, h 6 = heavy humus. Iron spots: rg = greenish-grey/reduced iron, ed = dark rusty spots, 2 = lightly spotted, 4 = heavily spotted. Rooting: Wf = root mat, 1 = slight root development, 4 = intense root development. Soil structure: kru = crumbly structure, koh = coherent structure, numbers = degree of intensity. Compaction Ld: 1-2 = lightly compacted, 4-5 = high - very high compaction. Soil moisture: 1 = dry, 4 = very wet.

Den Profilaufbau eines typischen Haftgley in Mittelhanglage beim Wallackhaus zeigt Abb. 3.



Sg-Aahr

Sgr

IISo

So-IICv

IICv

Abb. 3: Profil 8, Wallackhaus

Fig. 3: Profile 8, Wallackhaus

Foto: Stenitzer

7.2 Analysendaten und Meßergebnisse

Bodenchemische und -physikalische Untersuchungen wurden nur an den Profilen 1, 4 und 8 durchgeführt.

7.2.1 Bodenchemische Untersuchungen

Mit pH-Werten von 3,9 bis 5,3 sind die Böden stark bis mittel sauer, entsprechend hoch ist der H-Ionenanteil an der Kationenverteilung (Tab. 1). Eine bessere Basenversorgung tritt nur im obersten

Horizont von Profil 4 auf, die übrigen Horizonte sind extrem basenarm. Dies gilt auch für den Stickstoff, der lediglich im humusreichen A-Horizont einen höheren Gehalt erreicht. Die Herkunft der organischen Substanz in den tieferen Horizonten läßt sich aus der Genese des Ausgangsmaterials erklären. Es ist zum großen Teil Hangschuttmaterial, in dem mehr oder weniger Solummaterial eingearbeitet ist. Die auffallend hohen KAK-Werte sind auf den enthaltenen Glimmer zurückzuführen. Bei den Fe-Oxiden dominiert dithionitlösliches pedogenes Eisen über oxalatlösliches amorphes Eisen, wobei das relativ enge Verhältnis von unter 10 auf junge Ausfällungen hindeutet.

Proben-Nr.		Entn. tiefe cm	Horizont	pH cat.	HUM el %	Fe dit %	Fe ox %	Fe dit/ox	N el %	C/N	KAK	H	Ca	Mg	K	Na	OH
Labor	Feld Profil										pot. in mmol IAE / 100g Boden						
78379	1/1	0-4	Sg-Aah	4,8	33,5				1,26	15,4							
78380	1/2	10-15	Ah-Sgr	3,9	4,1	1,46	0,22	6,6	0,21	11,6	9,5	9,9	1,5	0,4	0,1	0,1	0,1
78381	1/3	20-30	So	4,0	3,4	2,67	0,91	2,9	0,15	13,3	15,8	18,0	0,6	0,1	0,0	0,0	0,1
78382	1/4	40-45	So	4,6	1,7	2,33	0,41	5,7	0,08	13,3	6,8	8,3	0,3	0,1	0,0	0,0	<0,1
78383	1/5	55-60	IICv	4,5	1,9	2,44	0,34	7,2	0,08	14,4	6,1	7,7	0,2	0,0	0,0	0,0	<0,1
79572	4/1	2-4	Sg-Aah	5,3	19,7						34,8	20,6	11,0	3,0	0,6	0,1	<0,1
79573	4/2	6-11	Ah-Sgr	4,0	4,5						17,7	16,4	2,2	0,7	0,1	0,0	<0,1
79574	4/3	20-25	So	4,3	2,9						15,5	15,7	0,6	0,2	0,0	0,1	<0,1
79575	4/4	30-36	SoIICv	4,8	1,4						5,7	5,5	0,4	0,1	0,1	0,0	<0,1
A60678	8/1	0-4	Sg-Aah	5,2	23,5												
A60679	8/3	10-20	Sgr	4,2	2,8	0,83	0,26	3,2									
A60680	8/4	30-40	So	4,3	1,4	2,70	0,49	5,5									

Tab.1: Ergebnisse der chemischen Analysen

Table 1: Results of the chemical analyses

7.2.2 Bodenphysikalische Untersuchungen

7.2.2.1 Korngrößen

In allen drei ausgewerteten Profilen dominiert der Sand- und Schluffanteil mit über 40 %. Die Tongehalte sind generell niedrig, in der Regel liegen sie unter 10 % (Tab. 2). Bei derartigen Gehalten sind ohne höhere Humusgehalte die Voraussetzungen für die Bildung eines Absonderungsgefüges nicht gegeben. Die Bodenart liegt zwischen schwach schluffigem Sand (Su2) und stark lehmigem Sand (SI4), es überwiegt der schwach und mittel lehmige Sand. Die Skelettanteile sind in den oberen Horizonten gering, unterhalb dieser Horizonte steigen sie - vor allem im Profil 4 - stark an, in etwa 60 cm bis 100 cm Tiefe steht Gestein an.

Proben-Nr.		Entn. tiefe cm	Horizont	Feinboden %									Skelett Grus + Steine	Feinboden berechnet	
Labor	Feld Profil			T	fU-mU	gU	ges.U	ffS	2-125 µm	fS	mS	gS			ges.S
78379	1/1	0-4	Sg-Aah										26,9		
78380	1/2	10-15	Ah-Sgr	7,9	14,3	12,7	27,0	15,8	42,8	10,2	17,8	21,4	49,4	19,0	Su3
78381	1/3	20-30	So	8,0	13,3	13,9	27,2	16,7	43,9	12,2	18,2	17,8	48,2	18,0	Su3
78382	1/4	40-45	So	8,0	15,4	13,2	28,6	13,2	51,8	12,3	17,5	20,4	50,2	26,9	SI3
78383	1/5	55-60	IICv	8,2	17,4	13,9	31,3	15,0	46,3	9,6	15,6	20,3	45,5	19,5	SI3
79572	4/1	2-4	Sg-Aah											6,4	
79573	4/2	6-11	Ah-Sgr	14,6	14,1	13,2	27,3	17,7	45,0	13,9	16,3	10,2	40,4	14,6	SI4
79574	4/3	20-25	So	8,9	13,2	13,2	26,4	15,2	41,6	11,5	19,1	18,8	49,4	23,0	SI3
79575	4/4	30-36	So-Cv	4,7	11,0	11,4	22,4	12,8	35,2	12,1	22,4	25,7	60,2	30,9	Su2
A60678	8/1	0-4	Sg-Aah	7			20	24	28				49		SI2
A60679	8/3	10-20	Sgr	9			25	26	51				40		SI3
A60680	8/4	30-40	So	6					30				64		SI2

Tab. 2: Ergebnisse der Korngrößenanalyse (Angaben in Masseprozent)

Table 2: Results of the particle size distribution, given in per cent of weight

7.2.2.2 Kennwerte der Wasserbindung und der Porengrößenverteilung

Zur Ergänzung der physikalischen Messungen wurden die Porengrößenverteilung bzw. die entsprechenden LK-, nFK- und GPV-Werte auf der Grundlage von Bodenart, Lagerungsdichte und Humusgehalt ermittelt. Dabei wurde eine korrigierte Bodenart zugrunde gelegt, bei der die Fraktion 63 µm bis 125 µm zur Schlufffraktion zugeschlagen wurde. Ein grundsätzliches Problem dieser Art der Ermittlung liegt darin, daß das zugrundeliegende Datenmaterial im wesentlichen aus grus- und steinfreien Substraten stammt. Die hier zu erwartende Tendenz der Auswirkung höherer Skelettanteile wurde durch die Zeichen für kleiner (<) und größer (>) als ermittelt angedeutet.

Die korrigierte Bodenart unterstreicht den schluffigen Charakter der Böden, wobei durch den in der Tiefe zunehmenden Skelettanteil auch der Grobporenanteil ansteigt (Tab. 3). Die aus Bodenart und Lagerungsdichte ermittelten Werte für die Luftkapazität (LK) der Sg-Horizonte liegen in einem mittleren Bereich von 4 bis 12 Vol.%. Bei den Vergleichsböden in den nordwestdeutschen Löß- und Marschgebieten sind diese Werte tiefer (meist unter 3 Vol.%). Dies dürfte zum Teil auf den Anteilen an Skelettmaterial beruhen.

Proben-Nr.		Tiefe cm	Hori- zont	Kornfraktion µm		korrig. Boden- art	Hum. h	Ld gesch.	Poren > 50µm %		Poren 0,2-50µm %		Gesamtporen- volumen GPV	
Labor	Feld Profil			< 2	2-125				gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.
78380	1/2	4-15	Ah-Sg	8	43	Su4,gr2	4	3	8	9	28	29	53	54
78381	1/3	15-35	So	8	44	Su4,gr3	3	4	21	4	15	(Ust 16)	53	~44
78382	1/4		So	8	52	Us,gr4	2	3		>11		<22		>44
78383	1/5		IICv	8	46	Gr,su4	2	2						
79573	4/2	4-15	Ah-Sgr	15	45	Slu	5	4		6		24		45
79574	4/3	15-30	So	8	42	Slu,gr2	3	3		>11		<21		>51
79575	4/4	30-45	So	5	35	Su3,gr4	1	3		>>17		<<18		>>41
A60678	8/2	4-10	Ah-Sgr	7	44	Su4	3	2		10		31		56
A60679	8/3	10-30	Sgr	9	51	Uls	2	3-4	7	5	36	26	50	38
A60680	8/4	30-40	So	6	30	Su3,gr4	1	3	17	>17	25	<18		>41

Tab. 3: Kennwerte der Wasserbindung und der Porengrößenverteilung

Table 3: Data of waterholding capacity and distribution of the size of pores

Den typischen Verlauf der Porenverteilung und Saugspannung in zwei Horizonten eines Haftgley zeigen die pF-Kurven in Abbildung 4.

Bei der Probennahme wurde versucht, den deutlich reduzierten Ah-Sgr-Horizont mit höherer Lagerungsdichte und den durch Rostflecken gekennzeichneten steinigen So-Horizont mit deutlich geringerer Lagerungsdichte zu erfassen. Infolge des Grus- und Steingehaltes war die Probenahme nicht unproblematisch, die Streuung der Werte ist im steinigen So-Horizont größer. Die Daten zeigen aber dennoch die höhere Wasserbindung im Bereich der nutzbaren Feldkapazität (nFK) bei dem Ah-Sgr-Horizont gegenüber dem So-Horizont.

7.2.2.3 Die Wasserdurchlässigkeit (in cm pro Tag) im wassergesättigten Boden

Die Versuche wurden an zwei Profilen durchgeführt:

Profil 1: 5-30 cm Tiefe, Sg-Horizont (blaugrau reduziert, schluffreich): 12 cm/d, ± 6cm
30-60 cm Tiefe, So-Horizont (braun, grobstoffreich): 106 cm/d, ± 16cm

(Messung in 200 ccm-Zylindern, je 5 Parallelmessungen)

Profil 8: 5-15 cm Tiefe, (Ah-)Sgr-Horizont (blaugrau reduziert, schluffreich): 13 cm/d
(Messung in 1000 ccm-Zylindern)

30-43 cm Tiefe, So-Horizont (olivbraun, grobstoffreich): 166 cm/d (Messung in Würfeln)

Die Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) liegt in wassergesättigten Bodenproben bei den Sg-Horizonten erwartungsgemäß im mittleren bis geringen Bereich und ist in den grobporigen So-Horizonten sehr hoch.

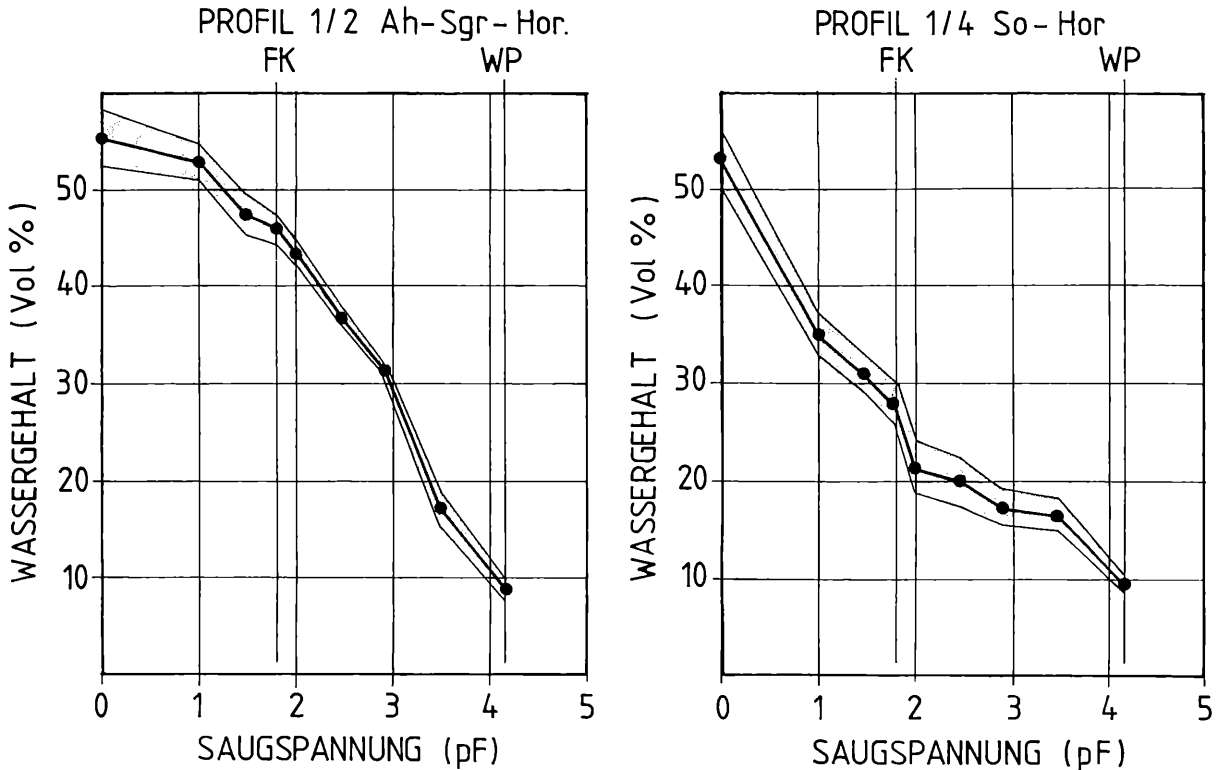


Abb. 4: pF-Kurven für Profil 1/2 (Ah-Sgr-Horizont) und Profil 1/4 (So-Horizont)
 FK = Feldkapazität, WP = Welkepunkt

Fig. 4: pF-curves for profile 1/2 (Ah-Sgr-horizon) and profile 1/4 (So-horizon)
 FK = field capacity, WP = wilting point

7.2.3 Tonmineralzusammensetzung

Nach den im Profil 1 durchgeführten Analysen der Fraktion < 2 µm kommen im obersten Horizont nur Muskovit-Illit als Hauptkomponente sowie Chlorit und Lepidokrokit als Nebenkomponente-Spuren vor. In den darunter liegenden So-Horizonten fehlt die Hauptkomponente, dafür kommen Muskovit-Illit als Nebenkomponente, Chlorit und Lepidokrokit als Nebenkomponente-Spuren vor (Tab. 4).

Labor -Nr. 9869-	Profil- bez.	Horizont	Haupt- komponente	Haupt-Neben- komponente	Neben- komponente	Nebenkomp.- Spuren	Spuren
-78380 Fraktion < 2µ	1/2	Ah-Sg	Muskovit-Illit			Chlorit, Lepidokrokit	
-78381 Fraktion < 2µ	1/3	So			Muskovit-Illit	Chlorit, Lepidokrokit	
-78382	1/3	So			Muskovit-Illit	Chlorit	± Lepidokrokit

Tab. 4: Ergebnisse der Tonmineralanalysen

Table 4: Results of the clay mineral analyses

7.2.2.2 Kennwerte der Wasserbindung und der Porengrößenverteilung

Zur Ergänzung der physikalischen Messungen wurden die Porengrößenverteilung bzw. die entsprechenden LK-, nFK- und GPV-Werte auf der Grundlage von Bodenart, Lagerungsdichte und Humusgehalt ermittelt. Dabei wurde eine korrigierte Bodenart zugrunde gelegt, bei der die Fraktion 63 µm bis 125 µm zur Schlufffraktion zugeschlagen wurde. Ein grundsätzliches Problem dieser Art der Ermittlung liegt darin, daß das zugrundeliegende Datenmaterial im wesentlichen aus grus- und steinfreien Substraten stammt. Die hier zu erwartende Tendenz der Auswirkung höherer Skelettanteile wurde durch die Zeichen für kleiner (<) und größer (>) als ermittelt angedeutet.

Die korrigierte Bodenart unterstreicht den schluffigen Charakter der Böden, wobei durch den in der Tiefe zunehmenden Skelettanteil auch der Grobporenanteil ansteigt (Tab. 3). Die aus Bodenart und Lagerungsdichte ermittelten Werte für die Luftkapazität (LK) der Sg-Horizonte liegen in einem mittleren Bereich von 4 bis 12 Vol.%. Bei den Vergleichsböden in den nordwestdeutschen Löß- und Marschgebieten sind diese Werte tiefer (meist unter 3 Vol.%). Dies dürfte zum Teil auf den Anteilen an Skelettmaterial beruhen.

Proben-Nr.		Tiefe cm	Hori- zont	Kornfraktion µm		korrig. Boden- art	Hum. h	Ld gesch.	Poren > 50µm %		Poren 0,2-50µm %		Gesamtporen- volumen GPV	
Labor	Feld Profil			< 2	2-125				gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.
78380	1/2	4-15	Ah-Sg	8	43	Su4,gr2	4	3	8	9	28	29	53	54
78381	1/3	15-35	So	8	44	Su4,gr3	3	4	21	4	15	(Ust 16)	53	~44
78382	1/4		So	8	52	Us,gr4	2	3		>11		<22		>44
78383	1/5		IICv	8	46	Gr,su4	2	2						
79573	4/2	4-15	Ah-Sgr	15	45	Slu	5	4		6		24		45
79574	4/3	15-30	So	8	42	Slu,gr2	3	3		>11		<21		>51
79575	4/4	30-45	So	5	35	Su3,gr4	1	3		>>17		<<18		>>41
A60678	8/2	4-10	Ah-Sgr	7	44	Su4	3	2		10		31		56
A60679	8/3	10-30	Sgr	9	51	Uls	2	3-4	7	5	36	26	50	38
A60680	8/4	30-40	So	6	30	Su3,gr4	1	3	17	>17	25	<18		>41

Tab. 3: Kennwerte der Wasserbindung und der Porengrößenverteilung

Table 3: Data of waterholding capacity and distribution of the size of pores

Den typischen Verlauf der Porenverteilung und Saugspannung in zwei Horizonten eines Haftpogleys zeigen die pF-Kurven in Abbildung 4.

Bei der Probennahme wurde versucht, den deutlich reduzierten Ah-Sgr-Horizont mit höherer Lagerungsdichte und den durch Rostflecken gekennzeichneten steinigen So-Horizont mit deutlich geringerer Lagerungsdichte zu erfassen. Infolge des Grus- und Steingehaltes war die Probenahme nicht unproblematisch, die Streuung der Werte ist im steinigen So-Horizont größer. Die Daten zeigen aber dennoch die höhere Wasserbindung im Bereich der nutzbaren Feldkapazität (nFK) bei dem Ah-Sgr-Horizont gegenüber dem So-Horizont.

7.2.2.3 Die Wasserdurchlässigkeit (in cm pro Tag) im wassergesättigten Boden

Die Versuche wurden an zwei Profilen durchgeführt:

Profil 1: 5-30 cm Tiefe, Sg-Horizont (blaugrau reduziert, schluffreich): 12 cm/d, ± 6cm
30-60 cm Tiefe, So-Horizont (braun, grobstoffreich): 106 cm/d, ± 16cm

(Messung in 200 ccm-Zylindern, je 5 Parallelmessungen)

Profil 8: 5-15 cm Tiefe, (Ah-)Sgr-Horizont (blaugrau reduziert, schluffreich): 13 cm/d
(Messung in 1000 ccm-Zylindern)
30-43 cm Tiefe, So-Horizont (olivbraun, grobstoffreich): 166 cm/d (Messung in Würfeln)

Die Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) liegt in wassergesättigten Bodenproben bei den Sg-Horizonten erwartungsgemäß im mittleren bis geringen Bereich und ist in den grobporigen So-Horizonten sehr hoch.

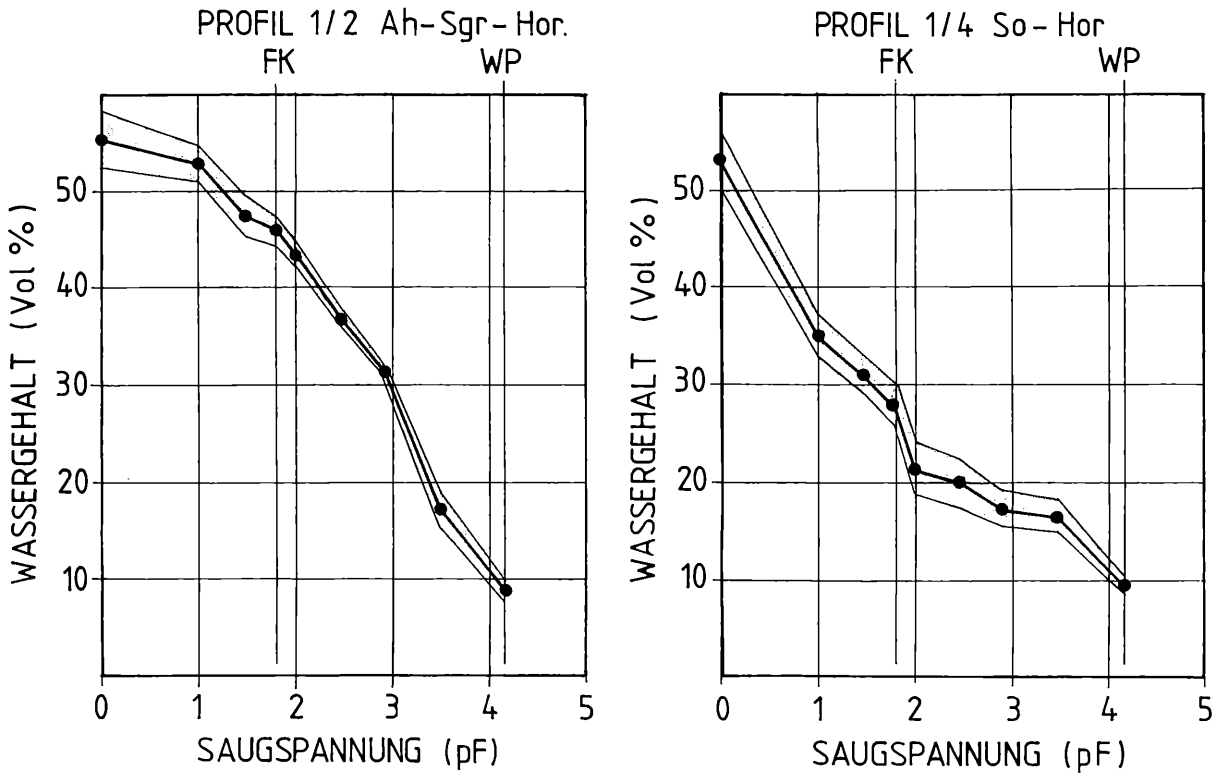


Abb. 4: pF-Kurven für Profil 1/2 (Ah-Sgr-Horizont) und Profil 1/4 (So-Horizont)
 FK = Feldkapazität, WP = Welkepunkt

Fig. 4: pF-curves for profile 1/2 (Ah-Sgr-horizon) and profile 1/4 (So-horizon)
 FK = field capacity, WP = wilting point

7.2.3 Tonmineralzusammensetzung

Nach den im Profil 1 durchgeführten Analysen der Fraktion < 2 μ m kommen im obersten Horizont nur Muskovit-Illit als Hauptkomponente sowie Chlorit und Lepidokrokit als Nebenkomponente-Spuren vor. In den darunter liegenden So-Horizonten fehlt die Hauptkomponente, dafür kommen Muskovit-Illit als Nebenkomponente, Chlorit und Lepidokrokit als Nebenkomponente-Spuren vor (Tab. 4).

Labor -Nr. 9869-	Profil- bez.	Horizont	Haupt- komponente	Haupt-Neben- komponente	Neben- komponente	Nebenkomp.- Spuren	Spuren
-78380 Fraktion < 2 μ	1/2	Ah-Sg	Muskovit-Illit			Chlorit, Lepidokrokit	
-78381 Fraktion < 2 μ	1/3	So			Muskovit-Illit	Chlorit, Lepidokrokit	
-78382	1/3	So			Muskovit-Illit	Chlorit	\pm Lepidokrokit

Tab. 4: Ergebnisse der Tonmineralanalysen

Table 4: Results of the clay mineral analyses

Zum besseren Verständnis der Bodengenese und zum Nachweis der Bedeutung der Mikroelemente für die Festhaltung von Stoffen und Wasser wurde Profil 1 mikromorphologisch untersucht.

Profil 1

0 - 1 cm:

- 0-5 mm: Relativ frische Streu, mit ausgeprägtem Humusbild; lose Packung von länglichen organischen Rückständen (Blätter?) von 2,5 bis 5 mm Länge, horizontal orientiert; Zellstrukturen gut erhalten: innere Teile gelbbraun mit klaren Interferenzfarben und Autofluoreszenz; äußere Ränder opak. Lokal organische Exkremete (100 µm), dunkelbraun.
- 5-7 mm: Organische Rückstände; lose Zufallspackung von organischen Rückständen (Fragmente der o.a. Streu) und dunkelbraunen sphärischen Exkrementen (> 120 µm) mit unregelmäßigen Formen und Begrenzungen; nur wenige Mineralteilchen.
- 7-10 mm: Übergangslage; organische Exkremete (s.o.), vorwiegend verschmolzen; etwas mineralische Substanzen, Einschlüsse feinsten Glimmersplitter, einige Zonen von grauem Mineralmaterial (0,5 bis 1 mm dick), nach unten zunehmend (> 3 mm lang, 1 mm dick).

1 - 3 cm:

- Graue Grundmasse aus Muskovitschuppen in Schluff- und Sandgröße: In der groben Fraktion dominieren Fragmente verschiedener Typen von Glimmerleisten (bis 1 mm lang) und eckige Körner von Quarz, teilweise tritt Mg-reicher Chlorit auf; Spuren von Parallelverwitterung sind durch Linien höherer Interferenzfarben erkennbar. Die feine Fraktion besteht aus einer grauen, fleckigen Mischung von Ton, organischen Kolloiden und vielen sehr feinen Glimmersplittern mit fleckiger b-Struktur.



Abb. 5: Profil 1, 3-15 cm Tiefe: Kompakte Mikrostruktur mit einigen Röhren und Kavernen, Teilchen durch Eisen(?) -Humus-Ummantelung zusammengekittet; 40fache Vergrößerung

Fig. 5: Profile 1, 3-15 cm deep: Compact microstructure with several tubes and caverns, particles glued together by iron(?) -humus-coating; enlarged 40fold

- Grundmasse wie oben, Mikrostruktur eher kompakt (Abb. 5) mit einigen Röhren und Kavernen; Steinfragmente mit chlorit-magnesium- und eisenreichen Varietäten; viele lithische (weiche) Fragmente mit Eisenimprägnierung, manchmal am äußeren Rand (hypercoating - Ummantelung); einige runde, opake Konkretionen (Knötchen - nodules, Abb. 6).

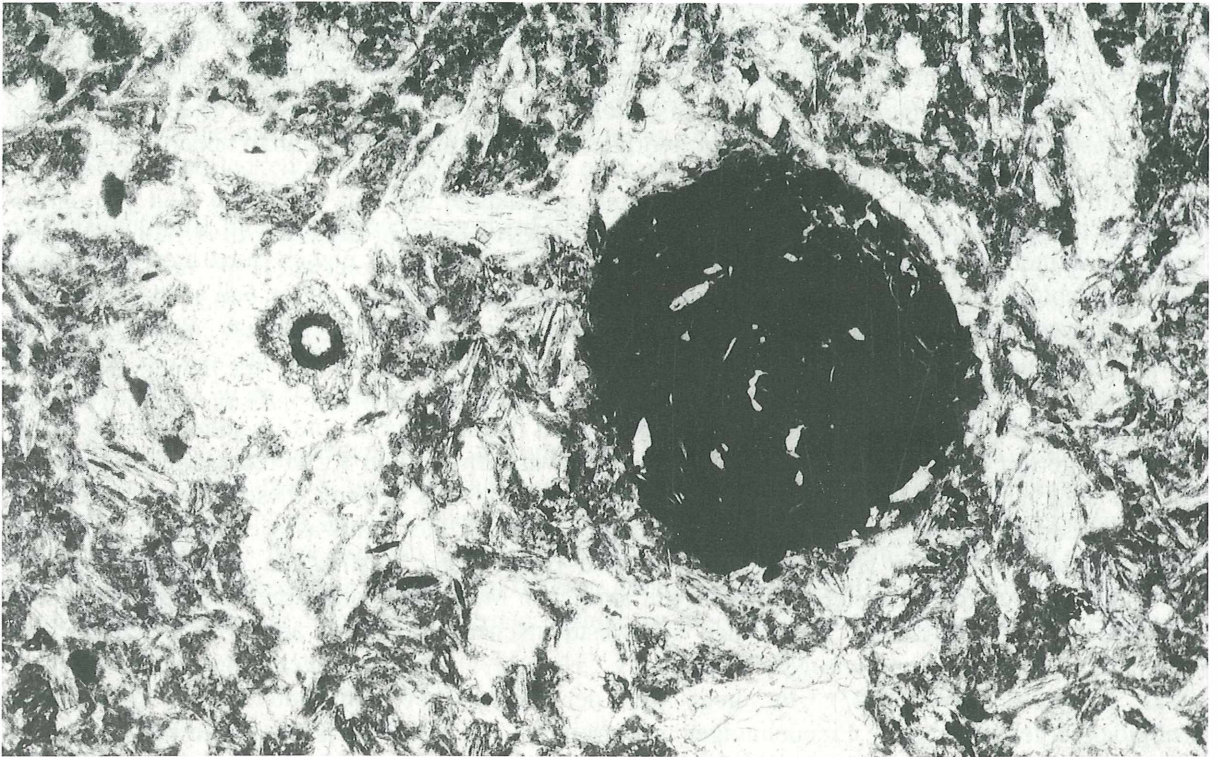


Abb. 6: Profil 1, 3-15 cm Tiefe: Reduzierte Schicht, graue Grundmasse mit runden opaken Konkretionen, den scharfen, mehr oder weniger konzentrischen Fe-Mn-Nodulen; Wurzelrückstände; 40fache Vergrößerung

Fig. 6: Profile 1, 3-15 cm deep: Reduction layer, grey basic matter with round, opaque concretions, sharp, more or less concentric Fe-Mn-nodule, remains of roots; enlarged 40fold

Fotos: G. Stoops

Unterhalb 15 cm:

- Mikrogefüge subangulär, blockig, besser entwickelt, teilweise angepaßt.
Blockige Aggregate ($\text{\O} 3 - 5 \text{ mm}$) überwiegend aus mehr oder weniger dichten Packungen von irregulären Mikroaggregaten von $100 \text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser.
- Das feine Material ist fleckig, bräunlich-grau (brauner als oben) mit geflecktem b-Gefüge (zusammengesetztem Gefüge); es besteht aus Ton und meist feinen Glimmersplittern, Relativverteilung: porphyrisch?
- Grundmasse durch Dominanz von Glimmersplittern verschiedener Größe charakterisiert.
- Fels(Stein-Grus-?)fragmente sind durch opakes Eisenhydroxid imprägniert, erscheinen im normalen Auflicht gelbbraun.
- Eisen-nodule, meist irregulär, klein ($\text{\O} 250 - 1000 \text{ }\mu\text{m}$), opak mit diffusen Rändern, einige mehr sphärisch, konzentrisch.

8.1 Bodenphysik und Bodenchemismus

Die Aufnahmen der Profile südlich des Hochtores im Bereich Wallackhaus erfolgten Mitte Juni bis Anfang August 1994 und 1995 bei relativ warmer Witterung. Die Schneeschmelze lag - je nach Lage - um einige Tage bis Wochen zurück, in Senken lag noch Schnee. Auffällig bei allen untersuchten Profilen war die Bodenfarbe der oberen schluffreichen, sehr glimmerreichen Horizonte - hier als Sgr-Horizonte angesprochen - über einer stärker grusig-steinigen Schicht (siehe Abb. 3). Dieser Farbton wurde als „bläulich bis grünlichgrau“ bezeichnet, er ist in der verwendeten MUNSELL STANDARD SOIL COLOR CHART (1970) nicht genau enthalten. Im allgemeinen lag die Mächtigkeit dieser Schicht in Oberhanglage um 10 cm bis 15 cm und konnte in Mittel- bis Unterhanglage auf 20 cm bis 40 cm zunehmen. Die Farbe deutet auf reduzierte Eisenverbindungen hin, allerdings war in den Böden kein freies Wasser, etwa als Hanggrundwasser, vorhanden, auch nicht unmittelbar neben gelegentlich auftretenden Schmelzwassertümpeln.

Bei einigen niedersächsischen Marschböden auf relativ hoch gelegenen Ufer- und Brandungswällen treten im Winter und im zeitigen Frühjahr in dicht gelagerten, schluffreichen, tonarmen Horizonten ähnliche Farbtöne auf - allerdings oft heller und deutlich türkisgrüngrau -, ohne daß auch hier Grund- oder Stauwassereinfluß festzustellen ist. Als Ursache wurde die völlige Reduktion von Eisenverbindungen nachgewiesen. Die Reduktion ist die Folge einer Vernässung in tonarmen, schluffreichen Horizonten mit Kohärentgefüge, in denen nur geringe Anteile an an groben, luftgefüllten Poren vorhanden sind. Die vorherrschenden feineren Poren sind im reduzierten Zustand der Horizonte mit Wasser gefüllt, das bei pF-Werten zwischen 1,8 und 4,2 durch Menisken gehalten oder nur sehr langsam beweglich ist (nutzbare Feldkapazität nFK). Unter diesen Bedingungen tritt Reduktion durch Luftmangel auf, auch ohne daß freies Grund- oder Stauwasser vorhanden ist. In der Trockenphase sind solche Horizonte durch diffuse Bleich- und Rostflecken gekennzeichnet. Sie werden als Sg-Horizonte bezeichnet. Böden mit ähnlichen Merkmalen und Eigenschaften treten auch bei tonarmen, schluffreichen Böden der nordwestdeutschen Lößregion auf. Für sie wurde die Bezeichnung „Haft(nässepseudo)gley“ (alternativ „Haftgley“) vorgeschlagen (vgl. MÜLLER et al. 1972, MÜLLER 1994, 1997). Es liegt auf der Hand, bei den untersuchten Böden im Großglocknergebiet ähnliche Erscheinungen zu vermuten. Die etwas dunklere Farbe könnte auf die Färbung der Grundsubstanz zurückgeführt werden.

Die Klimaverhältnisse in der norddeutschen Küstenregion und im Hochgebirge weisen gewiß große Unterschiede auf, beide sind aber durch einen hohen klimatischen Wasserbilanzüberschuß gekennzeichnet. Das Hochgebirgsklima weist dabei mit hohen Niederschlagsmengen bei relativ niedrigen Temperaturen extreme Werte auf (> 600 mm jährlich). Dazu kommt eine zeitweise lange Schneebedeckung und eine kurze Vegetationszeit. Es kann somit kaum ein Zweifel bestehen, daß bei den sonstigen Gegebenheiten des Naturraumes in Böden mit den oben angeführten Eigenschaften (Kohärentgefüge bei tonarmer, schluffreicher Bodenart, geringe LK bei hoher nFK) länger andauernde Vernässungsphasen auch ohne das Auftreten von freiem Grund- oder Stauwasser vorkommen können.

Bei den untersuchten Böden des Großglocknergebietes treten in den oberen, reduzierten Horizonten nur Schluffgehalte zwischen 20 % und knapp über 30 % auf. Bei den Vergleichsböden mit Haftnässe in Niedersachsen liegen sie (Fraktion 2 - 36 µm) in der Regel über 40 %, zum Teil über 70 %. Nun haben die makromorphologischen Untersuchungen gezeigt, daß das gesamte Bodensubstrat von Verwitterungsmaterial aus glimmerreichen Gesteinen geprägt ist. Darauf weist auch W.H. MÜLLER (1980) hin. Die mikromorphologischen Untersuchungen haben eine Dominanz von Glimmersplittern in der Grundmasse ergeben.

In der Fraktion 63 µm bis 125 µm treten häufig Glimmerplättchen auf, die wegen ihrer Länge zwar im Prüfsieb mit 0,063 mm Maschenweite hängen bleiben und somit zur Feinstsandfraktion gerechnet werden, wegen ihrer Dicke und ihren Eigenschaften jedoch zur Schlufffraktion gehören. Wenn Fragen des Wasserhaushaltes und der Durchlüftung der Böden behandelt werden, scheint es gerechtfertigt zu sein, die Fraktionen 2 µm bis 125 µm zusammenzufassen (vgl. u.a. MÜLLER 1994, 1997). Die Charakterisierung des bei der Feldansprache sehr schluffreich wirkenden Substrates erscheint so

zutreffender zu sein. Lehmige Sande, wie sie z.B. bei Geschiebelehmen auftreten, haben nicht nur einen anderen Habitus, sondern auch ganz andere Eigenschaften. FRANZ (1977) und GRUBER (1980) haben darauf hingewiesen, daß bei diesen hochalpinen Böden mit einer gewissen Zufuhr von Flugstaub zu rechnen ist. Fraglich ist, ob dies für die hier anstehenden Fragen von Bedeutung ist.

Die Skelettanteile in den oberen, reduziert erscheinenden Horizonten sind verhältnismäßig gering. Sie bestehen überdies überwiegend aus kleinen, relativ weichen Grusplättchen, die offensichtlich nicht in der Lage sind, das relativ dichte, kohärente Bodengefüge zu lockern. Der Übergang zur folgenden grusig-steinigen Schicht ist relativ schroff. Er ist gekennzeichnet durch einen etwa 10 cm bis 30 cm mächtigen Übergangshorizont mit olivbraunen bis graubraunen Farbtönen der Grundmasse, in der rostfarbene Eisenflecken auftreten. Der folgende grusig-steinige Horizont weist dann mehr graue Gesteinsfarben auf. Auffällig ist, daß der Übergangshorizont unmittelbar unter dem reduzierten Horizont zum Zeitpunkt der Bodenaufnahme in der Regel deutlich feuchter war. Hier treten rostfarbene Eisenflecken auf, es herrschen keine oder nur sehr geringe reduzierende Bedingungen. Die Vermutung liegt nahe, daß aus dem reduzierten Horizont Wasser austritt, wobei Fe II-Verbindungen mitgeführt und beim Übertritt in den Horizont mit hoher Luftkapazität oxidiert werden. Tatsächlich konnten in den Sg-Horizonten mittlere Gehalte an zweiwertigen Eisenionen im Felde qualitativ nachgewiesen werden. Dieser Befund wird durch die Anteile an dithionit- und oxalatlöslichem Eisen in den Sg- und So-Horizonten bestätigt. In den Sg-Horizonten ist eine gewisse Verarmung an dithionitlöslichem Eisen festzustellen. Das Verhältnis von dithionit- zu oxalatlöslichem Eisen in den So-Horizonten deutet auf junge Ausfällungen hin.

Die gemessenen Grobporenanteile (Luftkapazität) liegen in den Sg-Horizonten trotz deutlicher Humus- und Skelettanteile markant niedriger als in den So-Horizonten. Vom reduzierten Sg- zum oxidierten So-Horizont ist dann bei allen Profilen ein deutlicher Sprung zu höheren Grobporenanteilen festzustellen. Die aus Bodenart und Lagerungsdichte ermittelten Werte stimmen dabei in der Tendenz gut mit den gemessenen überein. Aus den tieferen grusig-steinigen Horizonten konnten keine Proben in ungestörter Lagerung entnommen werden. Jedoch ist hier mit deutlich höheren Grobporenanteilen zu rechnen.

8.2 Mikromorphologie

Im oberen Teil (15 cm) von Profil 1 ist die Mikromasse (eine Mischung von Ton, organischer Substanz und Sericit) gräulich (anscheinend kein freies Eisen) und weniger porös als die darunterliegende Schicht. Dunkelbraune Imprägnierungen auf lithischen Fragmenten und einige imprägnierte Eisenodule (Konkretionen) repräsentieren redoxomorphe Merkmale. Unter 15 cm wird die Grundmasse bräunlich, hat eine mehr poröse Mikrostruktur (schwach eckige, blockige Säulen). Dunkelbraune Imprägnierungen auf Gesteinsfragmenten und kleine imprägnierte Knötchen, manchmal mit einem schwach konzentrierten Gefüge, weisen auf einen (früheren?) Oxido-Reduktions-Prozeß hin.

Der Umstand, daß das schwarze kolloidale Material durch Na-Hypochlorit nicht gebleicht wird, kann erklären, warum keine höheren Werte für organische Substanz in den Analysen gefunden wurden. (Eine Karbonanalyse mit der Trockenverbrennungsmethode könnte Aufschluß bringen.) Die Eisenextraktion nach der Oxalatmethode an Dünnschliffen scheint die Flecken größtenteils zu entfernen.

Die Tatsache, daß keine Mineralkörner vom Muttergestein im oberen Profilverteil differieren, kann darauf hinweisen, daß eine äolische Anlagerung derzeit nicht von Bedeutung ist. Kaolinit wurde jedoch bei den mikromorphologischen Analysen in allen Proben gefunden; er könnte äolischen Ursprungs sein. In 13 bis 15 cm Tiefe des Profiles 1 ist die Mikrostruktur dichter als in der oberen Schichte. Die eisenimprägnierten Gesteinsteilchen mit einer Eisenabwanderung interner Auskleidungen sind Merkmale, die tatsächlich beobachtet wurden. Diese können möglicherweise speziell mit diesem Typus des Hydromorphismus in Beziehung gebracht werden.

Bemerkungen: Der Sgr-Horizont hat eine viel dichtere Mikrostruktur als das Material darunter, die Poren sind vorwiegend Röhren. Die innere Eisenentleerung der Überzüge im Ah-Sgr-Horizont zeigt

wahrscheinlich, daß in der ersten Phase Eisenimprägnierung und in der zweiten Phase ein Abtransport von Eisen stattgefunden hat. Dies könnte anzeigen, daß das ursprüngliche Material im Sgr- und So-Horizont gleich war. Derselbe Prozeß könnte für die Bildung und spätere Korrosion der Eisenkonkretionen (-Nodule) verantwortlich sein.

8.3 Schlußfolgerungen

Haftnässe entsteht bei geringer Luftkapazität, wenn die mittleren und langsam dränenden gröberen Poren (konventionell Poren mit \varnothing 0,2 μm bis 50 μm) mit Wasser erfüllt sind, das bei pF-Werten zwischen 1,8 und 4,2 festgehalten wird. Dann tritt länger anhaltender Luftmangel im Boden auf, der zur Reduktion führt. Bei den hier untersuchten Sg-Horizonten liegen die nFK-Werte - gemessen und berechnet - um 30 mm/dm, sie sind also sehr hoch. Aus der pF-Kurve des Horizontes 1/2 geht hervor, daß der Anteil an langsam dränenden gröberen Poren hier recht hoch ist. Die intensive Reduktion in den Sg-Horizonten trotz mittlerer Luftkapazität dürfte auch auf die speziellen Klimabedingungen zurückzuführen sein.

Diese Wasserspeicherung wird noch dadurch verlängert, daß im folgenden So-Horizont der Anteil größerer Bodenporen stark zunimmt und die nFK auf Werte um 20 mm/dm absinkt. Dadurch wird der Abzug des Kapillarwassers in tiefere Schichten durch hängende Menisken gestoppt. Bei gelegentlich auftretendem höheren Wasserdruck halten die Menisken nicht mehr und es kommt zu Wasseraustritt aus dem Sg-Horizont. Dies ist dann an der deutlich fühlbaren höheren Bodenfeuchte im So-Horizont feststellbar (Stufe 4), ohne daß sich dadurch Grundwasser bildet, das alle Hohlräume zusammenhängend ausfüllt. Da dieses Wasser Fe II-Ionen aus dem Sgr-Horizont enthält, die in dem folgenden Horizont mit höherer Luftkapazität oxidieren, wird dieser Vorgang durch eine gewisse Anreicherung von rostfarbenen Eisenflecken sichtbar, die den So-Horizont charakterisieren.

Die Dauer der Haftnässeeinwirkung in den Sg-Horizonten wird sicher noch dadurch verlängert, daß der Wasserverbrauch der Vegetation bei den gegebenen Klimabedingungen in etwa 2500 m Höhe nur gering ist. Welche Rolle in diesem Zusammenhang die relativ hohen Humusgehalte der Sg-Horizonte spielen sie liegen meist um 4 bis 5 Masse-% ist noch unklar. Durch sie wird zweifellos die Reduktionsneigung erhöht.

Aufgrund der vorliegenden Befunde wird vorgeschlagen, die untersuchten Böden an der Großglockner-Hochalpenstraße in die Klasse der Staunässeböden (Pseudogleye) einzustufen und sie zum Typ Haft(nässepseudo)gley (alternativ Haftgley) mit der Horizontfolge Ah/Sg zu stellen.

Als Subtypen unterscheidet die KA 4 (AG BODEN 1994) zur Zeit einen (Norm-)Haft(nässepseudo)-gley mit der Horizontfolge Ah/Sg(II)C und einen Humushaft(nässepseudo)gley mit der Horizontfolge Ah/Ah-Sg/Sg, wobei die Ah/Ah-Sg-Horizonte eine Gesamtmächtigkeit von mehr als 40 cm aufweisen sollen.

Aufgrund früherer Untersuchungen aus den norddeutschen Löß- und Marschgebieten hat MÜLLER (1997) die Differenzierung von Haft(nässepseudo)gleyen (Haftgleyen) einmal als Subtyp „(Norm-)Haft(nässepseudo)gley“ mit der Horizontfolge Ah/Sg/So und zum anderen als Subtyp „mächtiger Haft(nässepseudo)gley“ mit der Horizontfolge Ah/Sg und einer Gesamtmächtigkeit von mehr als 80 cm vorgeschlagen.

Die hier untersuchten Böden können als hochalpine Varietät des Subtyps (Norm-)Haft(nässepseudo)gley (alternativ (Norm-)Haftgley) mit der Horizontfolge Aah/Ah-Sg (< 4 dm)/Sg/So-IICv eingestuft werden (vgl. MÜLLER 1997). Von der Einstufung als Humushaft(nässepseudo)gley wurde Abstand genommen, weil die Mächtigkeit der im Feld ansprechbaren Ah/Ah-Sg-Horizonte unter 40 cm liegt. Der analytisch erfaßte Gehalt an organischer Substanz der tieferen Horizonte ist zwar relativ hoch, ein Einfluß auf den Wasserhaushalt dieser Horizonte ist aber nicht ersichtlich.

Die Ausbildung dieser Böden wird von den klimatischen Verhältnissen und dem Oberflächenabfluß, ihre Ausprägung vom Mikro- bzw. Kleinrelief sowie vom Einzugsgebiet für diese Kleinflächen

bestimmt (vgl. BLÜMEL & KLAGHOFER 1977). Von besonderer praktischer Bedeutung ist ihre Fähigkeit, lange Zeit Wasser und darin gelöste Schadstoffe festzuhalten.

9 Dank

Wir danken den Damen und Herren des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen, unter der Leitung von Herrn Univ. Prof. Dr. KLAGHOFER für die Bereitschaft bodenphysikalische Untersuchungen durchzuführen. Besonders hat sich Herr Dr. STENITZER bei den Ausarbeitungen und Beratungen eingesetzt. Desgleichen sind wir dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover, besonders Herrn Dr. Udo MÜLLER, für die Mitwirkung sehr dankbar.

Die Veröffentlichung wäre aber nicht zustande gekommen, wenn sich nicht das Sekretariat des Nationalparkrates zur Aufnahme in die „Wissenschaftlichen Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern“ bereit erklärt hätte. Für die damit verbundene Mühe und Arbeit sind wir Herrn Univ. Doz. Dr. Thomas PEER sowie Herrn Mag. Günther NOWOTNY und dem Redaktionsausschuß sehr verbunden.

10 Literatur

ARBEITSGEMEINSCHAFT (AG) BODEN (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung KA 3, 3. Aufl. Hannover, 330pp.

ARBEITSGEMEINSCHAFT (AG) BODEN (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung KA 4, 4. Aufl. Hannover, 392pp.

AROCENA, J., DE GEYTER, G., LANDUYT, C. & SCHWERTMANN, U. (1989): Dissolution of soil iron oxides with ammonium oxalat: comparison between bulk samples and thin sections. - *Pedologie* 39: 275-298.

BABEL, U. (1964): Chemische Reaktionen an Bodendünnschliffen. *Leitz-Mitt. f. Wissensch. u. Technik*, 1/III: 12-14.

BLÜMEL, F. & KLAGHOFER, E. (1980): Die Abfluß- und Versickerungsverhältnisse an einem Grasheidengang beim Wallackhaus. *Veröff. des Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm, Hohe Tauern, Bd. 3, Innsbruck: 265-277.*

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G. & TURSINA, T. (1985): *Handbook for Soil Thin Section Description.* - Waine Research Publications, Wolverhampton (UK), 152pp.

CORNELIUS, H.P. & CLAR, E. (1939): *Geologie des Glocknergebietes.* - Abhandlungen der Zweigstelle Wien der Reichsstelle f. Bodenforschung, Bd. XXXV, Heft 1, Brüder Hollineck, Wien, 306pp.

DIN 4220 (1992): Teil 1 und 2: Bodenkundliche Standortbeurteilung, Auswertung der Untersuchungen. - Beuth-Verlag, Berlin.

DIN 19680 (1977): *Bodenuntersuchungen im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Bodenaufschlüsse und Grundwasserbeobachtungen.* - Berlin.

DIN 19681 (1977): *Bodenuntersuchungen im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Entnahme von Bodenproben.* Berlin.

DIN 19682 (1977): *Bodenuntersuchungen im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Felduntersuchungen, Teil 1 bis Teil 13.* - Berlin.

DIN 19683 (1977): *Bodenuntersuchungen im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Physikalische Laboruntersuchungen, Teil 1 bis Teil 16.* - Berlin.

DIN 19684 (1977): *Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Chemische Laboruntersuchungen, Teil 1 bis 11.* - Berlin.

FRANZ, H. (1977): *Bodenkundliche Untersuchungen im Glocknergebiet.* - Sitzung der math.- naturwissenschaftl. Klasse der Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.

GRUBER, F. (1980): *Die Verstaubung der Hochgebirgsböden im Glocknergebiet.* *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm, Hohe Tauern, Bd. 3, Wien: 69-91.*

MÜLLER, W.H. (1980): *Die Böden des Einzugsgebietes des Grantenbaches südwestlich des Hochtöres (Hohe Tauern).* - *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm, Hohe Tauern, Bd. 3, Wien: 29-35.*

MÜLLER, W. (1994): Zur Genese der Marschböden - 1. Einfluß von Sediment- und Bodengefüge. - Z. Pflanzen-
ernähr. Bodenk. 157: 1-9.

MÜLLER, W. (1997): Zu Eigenschaften, Horizontaufbau und Gliederung der Haftnässepseudogleye. - Z. Pflan-
zenernähr. Bodenk. (in Druck).

MÜLLER, W., RENGER, M. & VOIGT, H. (1972): Zur Kennzeichnung und Melioration staunasser Böden
Pseudogley und Gley. - Verhandl. Kommission V u. VI d. Internat. Bodenkundl. Ges., Weinheim.

MUNSELL STANDARD SOIL COLOR CHARTS (1970). - Baltimore.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1992): Dokumentation zur Methodenbank-
Bodenkunde. - Techn. Berichte, H. 3, Hannover.

PEER, T. (1993): Die Bodenformen im Sonderschutzgebiet Piffkar. - Wiss. Mitt. Nationalpark Hohe Tauern, Bd.
1: 34-42.

POSCH, A. (1980): Bodenkundliche Untersuchungen im Bereich der Glocknerstraße in den Hohen Tauern.
Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm, Hohe Tauern, Bd. 3, Wien: 91-109.

WAKONIGG, H. (1973): Die Hohen Tauern als Wetter- und Klimascheide. - Geogr. Inst. d. Univ. Innsbruck, Bd.
3, Selbstverlag.

WEISS, E. (1980): Weitere Beiträge zur Klimatologie des Untersuchungsgebietes im oberen Bereich der
Südrampe der Glocknerstraße. - Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm, Hohe Tauern, Bd. 3, Wien: 7-29.

Adresse der Autoren:

W. Hofrat Dipl.Ing. Dr. Franz Blümel
A-3034 Maria Anzbach Nr. 247

Prof. Dr. Werner Müller
Zum Großen Freien 91
D-31275 Lehrte-Ahlten

Prof. Dr. G. Stoops
Geologisches Institut
Krijgslaan 281
B-9000 Gent

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Nationalpark Hohe Tauern - Wissenschaftliche Mitteilungen Nationalpark Hohe Tauern](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Blümel Franz, Müller Werner, Stoops G.

Artikel/Article: [Zum Problem der haftnassen Böden Merkmale und Eigenschaften von Haft\(nässepseudo\)gleyen in hochalpiner Lage 9-26](#)