
Abschlussbericht

Bodenprofilaufnahme und Charakterisierung der Bodenprobenahmeflächen der Umweltprobenbank des Bundes

FKZ: 301 02 006

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und
Angewandte Oekologie
57392 Schmallenberg

Institutsleitung

Prof. Dr. Rainer Fischer

Stellvertretung und Bereichsleitung

Angewandte Oekologie

Prof. Dr. Andreas Schäffer

Projektleitung

Dr. Werner Kördel

Dipl.-Ing. agr. Karlheinz Weinfurter

Autoren

Dipl.-Ing (FH) Merle Lämmerhirt

Dipl.-Ing. agr. Karlheinz Weinfurter

Redaktion

Umweltbundesamt

Auftraggeber

Umweltbundesamt

FG 1.4 S

14193 Berlin

Schmallenberg, März 2004

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 7.1.1-1: Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal „Stempelsbuche“; Bodentyp: Braunerde
- Abb.: 7.2.1-1: Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbuchet; Bodentyp: Braunerde
- Abb. 7.3.1-1: Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal; Bodentyp: Rendzina
- Abb. 7.4.1-1: Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch; Bodentyp: Braunerde
- Abb. 7.5.1-1: Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg; Bodentyp: Braunerde
- Abb. 7.7.1-1: Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg; Bodentyp: Braunerde aus Lehmdeckschicht über OSM (obere Süßwasser Molasse)
- Abb. 7.8.1-1: Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken-Staden; Bodentyp: Vega
- Abb. 7.9.1-1: Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2; Bodentyp: Pseudogley aus Fließerden auf Sandstein
- Abb. 7.10.1-1: Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Stenbachtal; Bodentyp: Braunerde-Pseudogley
- Abb. 7.11.1-1: Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig; Leipzig Rosental; Bodentyp: pseudogleyte Vega
- Abb.7.12.1.1: Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein; Bodentyp: stark podsolige Braunerde

Tabellenverzeichnis

- Tab. 5.1.2-1: Einteilung und Bezeichnung der Kornfraktionen (SCHRÖDER, 1992)
- Tab. 5.1.3-1: Übersicht über die Beziehung zwischen Saugspannung und Porengröße und die daraus abgeleitete Wasserbindung (verändert nach AG BODEN, 1994).
- Tab. 5.2.3-1: Salzgehalte und ihr Einfluss auf das Pflanzenwachstum (E_{ce}=elektrische Leitfähigkeit) (nach DRIESSEN & DUDAL (1989))
- Tab. 5.3.3-1: Schätzung des Bodenfeuchtezustandes im Gelände (nach AG Boden 1994)
- Tab. 5.3.7-1: Verfestigungsgrad des Bodens (nach AG BODEN, 1994)
- Tab. 5.3.9-1: Einstufung der Durchwurzelungsintensität (nach AG Boden, 1994)
- Tab. 7.1.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.1.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.1.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.1.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.1.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.1.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.1.3-2: NH₄NO₃ Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.1.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet
- Tab. 7.2.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben
- Tab. 7.2.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben
- Tab. 7.2.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben
- Tab. 7.2.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben
- Tab. 7.2.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben

-
- Tab. 7.2.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben
- Tab. 7.2.3-2: NH_4NO_3 Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben
- Tab. 7.2.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben
- Tab. 7.3.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.3.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.3.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.3.2-1: Bodendichte [g/cm^3], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.3.2-2: pH-Wert (H_2O , KCl, CaCl_2), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.3.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.3.3-2: NH_4NO_3 Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.3.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal
- Tab. 7.4.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.4.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.4.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.4.2-1: Bodendichte [g/cm^3], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.4.2-2: pH-Wert (H_2O , KCl, CaCl_2), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.4.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.4.3-2: NH_4NO_3 Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.4.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Solling, Sievershausen
- Tab. 7.5.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation,

- Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal
- Tab. 7.5.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal
- Tab. 7.5.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal
- Tab. 7.5.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal
- Tab. 7.5.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal
- Tab. 7.5.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil BR Pfälzerwald, Edersberg
- Tab. 7.5.3-2: NH₄NO₃ Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal
- Tab. 7.5.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal
- Tab. 7.6.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Bornhöveder Seengebiet
- Tab. 7.6.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See
- Tab. 7.6.1-3: Humusgehalt, Carbonatgehalt, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See
- Tab. 7.6.2-1: Bodendichte [g/cm³], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See
- Tab. 7.6.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See
- Tab. 7.6.2-3: Wasserdurchlässigkeit (Kf-Wert), Luftkapazität, Feldkapazität (Fk), nutzbare Feldkapazität (nFk); Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See
- Tab. 7.6.3-1: Aufschluß A (HClO₃, HNO₃, HF – Druckaufschluß), Ca, K, Mg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn [mg/kg]; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See
- Tab. 7.7.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern
- Tab. 7.7.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern
- Tab. 7.7.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Bemerkungen; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern
- Tab. 7.7.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern

-
- Tab. 7.7.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern
- Tab. 7.7.3-1: Aqua regia Extraktion und ICP-AES-Analyse, ICP- MS-Analyse, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern
- Tab. 7.7.3-2: NH₄NO₃ Extraktion und ICP-MS-Analyse, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern
- Tab. 7.7.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern
- Tab. 7.8.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal
- Tab. 7.8.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal
- Tab. 7.8.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal
- Tab. 7.8.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal
- Tab. 7.8.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Saarbrücken - Staden
- Tab. 7.8.3-1: Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Saarbrücken - Staden
- Tab. 7.8.3-2: NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal
- Tab. 7.8.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal
- Tab. 7.9.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt
- Tab. 7.9.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Warndt II
- Tab. 7.9.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt
- Tab. 7.9.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Saarländischer Verdichtungsraum Warndt
- Tab. 7.9.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt
- Tab. 7.9.3-1: Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt
- Tab. 7.9.3-2: NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Warndt II

- Tab. 7.9.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt
- Tab. 7.10.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald
- Tab. 7.10.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald
- Tab. 7.10.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald
- Tab. 7.10.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald
- Tab. 7.10.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum Saarkohlewald
- Tab. 7.10.3-1: Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald
- Tab. 7.10.3-2: NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald
- Tab. 7.10.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald
- Tab. 7.11.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.11.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.11.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.11.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.11.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.11.3-1: Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.11.3-2: NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.11.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig
- Tab. 7.12.1-1: Rechtswert (RW), Hochwert (HW), Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation,

-
- Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte
- Tab. 7.12.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Saarkohlewald, Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte
- Tab. 7.12.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Saarkohlewald, Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte
- Tab. 7.12.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte
- Tab. 7.12.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte
- Tab. 7.12.3-1: Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte
- Tab. 7.12.3-2: NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte
- Tab. 7.12.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	1
2.	Schlussfolgerung	3
3.	Einleitung	4
4.	Aufgaben und Zielsetzung	5
4.1.	<i>Aufgaben</i>	5
4.2.	<i>Zielsetzung</i>	5
5.	Erläuterungen zu bodenkundlichen Parametern	6
5.1.	<i>Bodenphysikalische Kennwerte</i>	6
5.1.1.	Lagerungsdichte	6
5.1.2.	Textur.....	6
5.1.3.	Wasserkapazität und –bindung	8
5.2.	<i>Bodenchemische Kennwerte</i>	10
5.2.1.	pH-Wert und Bodenreaktion	10
5.2.2.	C-Gehalt	10
5.2.3.	Spezifische elektrische Leitfähigkeit.....	11
5.2.4.	Gesamtstickstoff	11
5.2.5.	Sesquioxide	12
5.2.6.	Kationenaustauschkapazität (KAK).....	12
5.2.7.	Tonmineralogie	13
5.2.8.	Schwermetalle	14
5.3.	<i>Bodenkundliche Feldkennwerte</i>	15
5.3.1.	Horizonte	15
5.3.2.	Humusformen	15
5.3.3.	Aktuelle Feuchte	16
5.3.4.	Bodenfarbe bzw. Farbe nach Munsell	17
5.3.5.	Redoximorphie.....	18
5.3.6.	Hohlräume	18
5.3.7.	Verfestigung.....	19
5.3.8.	Gefügeform bzw. Bodengefüge (Bodenstruktur).....	19
5.3.9.	Durchwurzelung.....	21
6.	Methoden und Materialien	22
6.1.	<i>Materialien</i>	22
6.1.1.	Standortbeschreibung.....	22
6.1.2.	Profil Standortkarte	22
6.1.3.	Methoden.....	22
7.	Ergebnisse	27
7.1.	<i>NP Harz</i>	27
7.1.1.	Felddaten	27
7.1.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	29
7.1.3.	Schwermetallgehalte	29
7.1.4.	Tonmineralverteilung	30
7.2.	<i>NP Bayerischer Wald</i>	32
7.2.1.	Felddaten	32
7.2.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	33
7.2.3.	Schwermetallgehalte	34
7.2.4.	Tonmineralverteilung	35
7.3.	<i>BR/NP Berchtesgaden</i>	37
7.3.1.	Felddaten	37
7.3.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	38
7.3.3.	Schwermetalle	39

7.3.4.	Tonmineralverteilung	40
7.4.	<i>Solling</i>	41
7.4.1.	Felddaten	41
7.4.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	42
7.4.3.	Schwermetalle	43
7.4.4.	Tonmineralverteilung	43
7.5.	<i>BR Pfälzerwald</i>	45
7.5.1.	Felddaten	45
7.5.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	46
7.5.3.	Schwermetalle	47
7.5.4.	Tonmineralverteilung	48
7.6.	<i>Bornhöveder Seengebiet</i>	49
7.6.1.	Felddaten	49
7.6.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	50
7.6.3.	Schwermetalle	51
7.7.	<i>Oberbayerisches Tertiärhügelland</i>	52
7.7.1.	Felddaten	52
7.7.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	53
7.7.3.	Schwermetalle	54
7.7.4.	Tonmineralverteilung	55
7.8.	<i>Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal</i>	56
7.8.1.	Felddaten	56
7.8.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	57
7.8.3.	Schwermetalle	58
7.8.4.	Tonmineralverteilung	58
7.9.	<i>Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt</i>	60
7.9.1.	Felddaten	60
7.9.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	61
7.9.3.	Schwermetalle	62
7.9.4.	Tonmineralverteilung	63
7.10.	<i>Saarkohlewald, Saarkohlewald</i>	64
7.10.1.	Felddaten	64
7.10.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	65
7.10.3.	Schwermetalle	66
7.10.4.	Tonmineralverteilung	67
7.11.	<i>Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig</i>	68
7.11.1.	Felddaten	68
7.11.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	69
7.11.3.	Schwermetalle	70
7.11.4.	Tonmineralverteilung	70
7.12.	<i>Dübener Heide, Dübener Heide Mitte</i>	72
7.12.1.	Felddaten	72
7.12.2.	Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung	73
7.12.3.	Schwermetalle	74
7.12.4.	Tonmineralverteilung	75
8.	Literaturverzeichnis	76
9.	Anhang	76

1. Zusammenfassung

Aufgabenstellung:

Die Umweltprobenbank des Bundes (UPB) ist ein wichtiger Bestandteil der Umweltbeobachtung in Deutschland. Sie hat die Aufgabe, ökologisch repräsentative Umweltproben zu sammeln, auf umweltrelevante Stoffe zu untersuchen und veränderungsfrei einzulagern. Auf diese Lagerproben kann langfristig für retrospektive Untersuchungen und Trendanalysen zurückgegriffen werden.

Innerhalb terrestrischer Ökosysteme spielen Böden eine wesentliche Rolle. Sie sind Grundlage für pflanzliches und tierisches Leben und bilden den Übergang zwischen Atmosphäre und Pedosphäre. Auf und in ihnen finden Um- und Abbauprozesse eingetragener (Schad-)stoffe statt. Gleichzeitig haben sie eine Speicher- und Pufferfunktion und dienen somit – bei persistenten Stoffen – als langfristiges Archiv für Belastungen.

Aufgrund dieser Bedeutung ist Boden in der Konzeption der UPB von Anfang an als Probenart für die Routinebeprobung vorgesehen. Nach längerer Vorbereitungszeit konnte im Herbst 2002 erstmalig eine Bodenprobenahme für die Umweltprobenbank durchgeführt werden. Zuvor wurde als letzter Schritt zur Auswahl und Charakterisierung der UPB-Probenahmeflächen für Boden eine bodenkundliche Profilansprache sowie horizontweise Beprobung und eine chemische-physikalische Charakterisierung durchgeführt. Diese Untersuchungen erfolgten im Anschluss an das Projekt zur Auswahl und Festlegung der Probenahmeflächen Boden („Methodische Weiterentwicklung der Probenrichtlinie für Böden im Rahmen der Umweltprobenbank des Bundes“, FKZ: 301 02 006) im Frühjahr/Sommer 2002.

Ergebnisse:

Die engständige Bohrstockkartierung zeigte mit Ausnahme des Standortes im Harz eine relativ gute Homogenität der einzelnen Flächen in Bezug auf die vorkommenden Bodentypen. Am Standort im NP Harz kommt es aufgrund des vorliegenden Ausgangsmaterials zu starken kleinräumigen Variationen der Bodentypen, die eine starke Variation von Bodenparametern bei der Routinebeprobung erwarten lassen.

Bei allen untersuchten Standorten handelt es sich um Böden, die einer weitgehend natürlichen Bodenentwicklung unterlagen. Die anthropogenen Einflüsse sind gering und haben die Bodenentwicklung bisher nur wenig beeinflusst. An einigen Standorten (z. B. in der Dübener Heide, Revier Lutherstein, im Saarkohlewald) sind in den Auflagen und den Oberböden erhöhte Schwermetallgehalte festzustellen, die durch Immission aus industriellen Einrichtungen herrühren. Die Werte liegen allerdings unterhalb von Prüf- und Vorsorgewerten nach Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV).

Auch die niedrigen pH-Werte in den Waldböden sind zumindest zum Teil auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen, da starke Emissionen von Säurebildnern (Schwefel-, Stickoxide) aus industriellen Emittenten sowie aus Haushalten und Verkehr in den letzten Jahrzehnten zu einer verstärkten Versauerung der Böden beigetragen haben. So liegen die Waldböden mit Ausnahme des Standortes im NP/BR Berchtesgaden alle im stark bis sehr stark sauren Bereich. Im NP/BR Berchtesgaden liegt der Mineralboden hingegen im neutralen Bereich, da das Ausgangssubstrat (Dolomitschutt) als guter pH-Puffer wirkt. Die städtischen Standorte sowie der Ackerstandort im Bornhöveder Seengebiet zeigen dagegen nur eine schwach bis mäßig saure Reaktion.

Bei den übrigen Bodenparametern decken die betrachteten Böden in der Regel weite Bereiche der natürlichen Schwankungsbreiten ab. Bei der Textur fehlen allerdings stark tonhaltige Böden, die über ein hohes Sorptionsvermögen führen. Allerdings ist der Anteil dieser Böden in der Bundesrepublik

eher gering. Auch aus praktischer Sicht ist das Fehlen tonhaltiger Böden nicht von Nachteil, da diese bei der im Gelände feldfeucht durchgeführten Siebung große Schwierigkeiten bereiten würden.

2. Schlussfolgerung

Wichtigstes Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen ist die Feststellung, dass an allen zwölf Standorten die betrachteten Böden als weitgehend natürlich bezeichnet werden können. Darunter ist zu verstehen, dass die Bodenentwicklung an allen Standorten ohne bzw. nur mit geringem anthropogenem Einfluss stattgefunden hat. Anthropogene Einflüsse sind dabei in erster Linie die an einigen Standorten erhöhten Schwermetallgehalte sowie die niedrigen pH-Werte in den Waldböden, die auf starke Emissionen von Säurebildnern (Stichwort: saurer Regen) in den vergangenen Jahrzehnten zurückzuführen sind.

Die Profilcharakterisierung sowie die bodenphysikalischen und –chemischen Untersuchungen liefern zudem zusätzliches Datenmaterial, das zur späteren Bewertung der Ergebnisse der Routineuntersuchungen verwendet werden kann.

Die Bohrstockkartierungen zeigten für die meisten Flächen eine relativ gute Homogenität der Böden. Problematisch ist aufgrund starker Schwankungen der Bodentypen der Standort im Harz, da dort räumlich eng benachbart Böden im Initialstadium der Bodenentwicklung (Felshumusböden) und weit entwickelte Böden (z. B. Braunerden) vorkommen. Bei der Routinebeprobung im Herbst 2002 zeigte sich, dass an diesem Standort nur in den Klüften zwischen Felsblöcken eine Probenahme durchzuführen war. Dies verringert zwar die zur Verfügung stehende Fläche für die Probenahme, aber gleichzeitig auch die Heterogenität der zu beprobenden Bodentypen. Dennoch ist zurzeit noch nicht klar, ob die Homogenität der Fläche ausreichend ist, um langfristig Aussagen über Veränderungen am Stoffbestand des Bodens zu treffen. Dazu wird in einem derzeit laufenden Projekt die Homogenität aller Flächen explizit geprüft. Erst nach Abschluss dieser Untersuchungen lässt sich festlegen, ob die Fläche für eine langfristig angelegte Probennahme geeignet ist oder ob eine Ersatzfläche benötigt wird.

3. Einleitung

Die Umweltprobenbank ist ein wichtiger Bestandteil der Umweltbeobachtung in Deutschland. Sie hat die Aufgabe, ökologisch repräsentative Umweltproben zu sammeln, auf umweltrelevante Stoffe zu untersuchen und veränderungsfrei einzulagern. Auf diese Lagerproben kann langfristig für retrospektive Untersuchungen und Trendanalysen zurückgegriffen werden.

Das Umweltmedium Boden wurde im Herbst 2002 für die UPB erstmalig routinemäßig beprobt. Das Vorgehen zur Auswahl und Charakterisierung von Probenahmeflächen für die Bodenbeprobung ist in der Richtlinie zur „Probenahme und Probenaufbereitung von Boden für die Umweltprobenbank des Bundes“ detailliert beschrieben. Als abschließender Schritt nach der Festlegung der einzelnen Probenahmeflächen (PNF) im jeweiligen Gebietsausschnitt (GA) der Probenahmegebiete (PNG) ist eine Bodenprofilaufnahme zu erstellen und eine horizontweise Beprobung zur analytischen Charakterisierung durchzuführen. Die Bodenprofilaufnahme, auch als Bodenansprache oder Bodenkartierung bezeichnet, dient der bodenkundlichen Kennzeichnung des jeweiligen Probenahmestandortes. Das heißt, die Bodenkartierung ist eine Art Bestandsaufnahme der unterschiedlichen Böden einer Landschaft und ist damit die Grundlage für weiterführende bodenkundliche Untersuchungen und Bewertungen. Die Ergebnisse der punktuellen Aufnahmen werden bei der Bodenkartierung auf die Flächen übertragen. Zu diesen Ergebnissen zählen die Bezeichnung der jeweiligen Horizonte und ihrer Mächtigkeit sowie Angaben zu spezifischen Eigenschaften wie z. B.: Farbe, Verfestigung, Feuchte, Durchwurzelung und Gefügeform.

4. Aufgaben und Zielsetzung

4.1. Aufgaben

Aufgabe des Projektes war die bodenkundliche Profilsprache und analytische Untersuchung der Bodenprobenahmeflächen der Umweltprobenbank. Dafür waren folgende Arbeiten notwendig:

- bodenkundliche Profilsprache nach KA 4 (1994)
- horizontweise Beprobung der Profile
- bodenphysikalisch-chemische Charakterisierung der Horizonte
- Untersuchung ausgewählter Schwermetalle
- Bestimmung der Tonmineralzusammensetzung.

4.2. Zielsetzung

Das Projekt verfolgte mehrere Ziele:

Eine quantitative pedologische und bodenökologische Charakterisierung des jeweiligen Probenahmestandortes ist für die Bewertung der gewonnenen Daten der Routinebeprobung notwendig. Daneben wird eine Datengrundlage geschaffen, die sowohl für eine Modellierung des Stofftransportes als auch für die flächenbezogene Gefährdungsabschätzung durch Stoffeinträge genutzt werden kann. Hinsichtlich der späteren Routinebeprobung ist darüber hinaus die einmalige Untersuchung der Unterbodenhorizonte sowie des Ausgangsmaterials von Bedeutung, da diese bei der Routinebeprobung nicht berücksichtigt werden, ihre Eigenschaften jedoch nicht unerheblich für die Verlagerung von Stoffen sind bzw. Aufschluss über die geogene Grundbelastung geben.

Durch eine engständige Bohrstockkartierung um die eigentliche Probenahmefläche herum, kann zusätzlich eine erste Abschätzung über die Homogenität der Flächen getroffen werden.

5. Erläuterungen zu bodenkundlichen Parametern

5.1. Bodenphysikalische Kennwerte

5.1.1. Lagerungsdichte

Als Lagerungsdichte (δ_B [g/cm^3]) wird die Dichte des Bodensubstrates in natürlicher Lagerung bezeichnet, wobei der Porenraum mit berücksichtigt wird:

Lagerungsdichte δ_B [g/cm^3] = Trockengewicht * Bodenvolumen⁻¹

Bereiche der Lagerungsdichte δ_B [g/cm^3]:

- < 1,4 = sehr gering
- 1,4...1,6 = gering
- 1,6...1,8 = mittel
- 1,8...2,0 = hoch
- > 2,0 = sehr hoch

häufige Bereiche der Lagerungsdichte δ_B [g/cm^3]; [HINTERMEIER-ERHARD; ZECH, 1997]

Sandböden: 1,67...1,19
Lehmböden: 1,96...1,19
Tonböden: 1,37...0,92
Organ. Böden: 0,48...0,12

Die Lagerungsdichte beeinflusst eine Vielzahl von bodenkundlichen und pflanzenbaulichen Parametern im Boden. Ein Beispiel ist die mittlere effektive Durchwurzelungstiefe W_e , die mit zunehmender Lagerungsdichte abnimmt [AG BODEN, 1994].

Grenzwerte für diese ökologisch wichtige Abhängigkeit können jedoch noch nicht vorgegeben werden, da die Wurzelentwicklung neben genotypischen Unterschieden u.a. auch davon abhängt, ob ein Wechsel von hoher zu niedriger Lagerungsdichte oder umgekehrt im Profil vorliegt, wobei letzteres ungünstiger für die Tiefenausbreitung der Wurzel ist. Auch spielen die jeweiligen Bodenarten dabei eine wesentliche Rolle.

Eine Erhöhung der Lagerungsdichte beispielsweise bei Sandböden führt eher zu einer Verbesserung der Wachstumsbedingungen; jedoch trifft dies nicht auf Schluff-Böden zu, bei denen es bei einer Komprimierung schnell zu Wachstumsschäden kommt [KUNTZE ET AL. 1994].

5.1.2. Textur

Die mineralischen Bestandteile der Böden liegen als Körner definierter Größen und Formen vor. Da es bei der organischen Komponente schwierig ist, Einzelteilchen zu definieren und reproduzierbar zu trennen, wird die organische Substanz entfernt und danach erst die Korngröße des nicht organischen Materials bestimmt.

Da die Größen der in Böden vorkommenden Körner innerhalb eines sehr weiten Bereichs vorliegen, sind die Verteilungen, sowohl nach der Seite der Blöcke (größte Teilchen), als auch nach der Seite

der Tone (feinste Teilchen) hin offen. Die weite Spanne wird daher in Fraktionen unterteilt, wobei die Wahl der Grenzen für die einzelnen Fraktionen international unterschiedlich gehandhabt werden.

Tab. 5.1.2-1: Einteilung und Bezeichnung der Kornfraktionen (SCHRÖDER, 1992)

Äquivalent-Ø		Bezeichnung der Korn-Fraktion		Symbol	
mm	µm	gerundet	eckig-kantig		
>200		Blöcke	Geschiebe	Kies: G Steine: X	Grobboden (Bodenskelett)
200-63		Gerölle	Grobsteine		
63-20		Grobkies	Mittelsteine		
20-6,3		Mittelkies	Feinsteine		
6,3-2		Feinkies	Grus		
2-0,063	2000-630 630-200 200-63	Grobsand Mittelsand Feinsand	Sand	S	Feinboden
0,063-0,002	63-20 20-6,3 6,3-2,0	Grobschluff Mittelschluff Feinschluff	Schluff	U	
< 0,002	2,0-0,63 0,63-0,2 < 0,2	Grobton Mittelton Feinton	Ton	T	

In der seit 1955 für Deutschland gültigen Korngrößenklassifizierung (Tab. 5.1.2-1) werden zwei Hauptfraktionen unterschieden, die weiter unterteilt sind. Mit Feinboden wird in der Bodenkunde der Materialanteil bezeichnet, der kleiner 2 mm ist. Unter Grobboden oder Bodenskelett versteht man den Anteil, der größer als 2 mm ist. Der Feinboden wird in die Hauptbodenarten: Sand, Schluff, Ton und Lehm unterteilt. Dabei stellt Lehm eine annähernd gleichmäßige Mischung der Bodenarten Sand, Schluff und Ton dar.

Die einzelnen Kornfraktionen liegen in der Natur selten in Reinform vor, sondern meist als Mischungen. Zur Beschreibung dieser Mischungen benützt man Häufigkeitsverteilungen und Summenkurven. Hier wird davon ausgegangen, dass die Anteile der einzelnen Fraktionen im Allgemeinen als Massenanteile erfasst werden. Die Mischung der Korngrößen ist meist nicht zufallsverteilt, da sie u.a. durch Transportprozesse beeinflusst ist. Während bei Wasser- und Windtransport häufig Teilchen ähnlicher Korngrößen zu finden sind, treten bei gravimetrischen Massenbewegungen, also Rutschungen und Solifluktion, sowie Gletscherablagerungen gewöhnlich schlecht sortierte Körnungen auf, also eher Lehm. Weiterhin wird mit zunehmender Entfernung vom Ort der Verwitterung die Körnung immer feiner. Das ist nicht nur eine Folge der Sortierung einer anfangs vorhandenen, mehr oder weniger gleichmäßigen Verteilung, sondern gleichzeitig die Folge ständig zunehmender Zerkleinerung und Abschleifung, deren Spuren an den Gesteins- und Kornoberflächen der Sedimente deutlich sichtbar sind. Das trifft beispielsweise auf die ersten unsortierten Ablagerungen durch Eis zu.

Die Korngrößenverteilung gehört zu den sich am langsamsten verändernden Bodeneigenschaften und ist deshalb zur Kennzeichnung bzw. als Materialkonstante besonders gut geeignet und aussagefähig.

Daneben korrelieren eine Vielzahl von anderen Bodeneigenschaften und Bodenmerkmalen eng mit der Körnung. Zu diesen zählen aus bodenphysikalischer Sicht der Wasser- und Lufthaushalt des Bodens, da mit der Textur das Porenvolumen zusammen hängt. Zu den bodenchemischen Aspekten,

die mit der Körnung verknüpft sind, zählen zum Beispiel die Austauschkapazität und das Sorptionsvermögen. Allgemein gilt:

Hoher Sandanteil:

- gute Wasserführung
- geringes Wasserhaltevermögen
- intensive Durchlüftung
- meist geringer Nährstoffgehalt
- geringes Adsorptionsvermögen
- gute Durchwurzelung
- leichte Bearbeitbarkeit.

Hoher Tonanteil:

- schlechte Wasserführung
- hohes Wasserhaltevermögen
- schlechte Durchlüftung
- meist hoher Nährstoffgehalt
- hohes Adsorptionsvermögen
- schlechte Durchwurzelbarkeit
- schwere Bearbeitbarkeit.

Schluff: nimmt eine Mittelstellung zwischen Ton und Sand ein [HARTGE & HORN, 1999; SCHRÖDER, 1992].

5.1.3. Wasserkapazität und -bindung

Die Zwischenräume der festen Bodenteilchen sind stets mit Wasser oder Luft gefüllt. Da Wasser als Flüssigkeit mehr oder weniger frei im Porenraum beweglich ist, beeinflusst es das Verhalten der festen Phase oft stark. Umgekehrt nimmt auch die feste Phase Einfluss auf das Wasser und seine Eigenschaften. Wasserkapazität und -bindung beeinflussen darüber hinaus das Pflanzenwachstum.

Die Bindung des gegen die Schwerkraft im Boden verbleibenden Wassers beruht auf der Wirkung verschiedener Kräfte zwischen den festen Bodenteilchen und den Wassermolekülen sowie den Kräften zwischen den Wassermolekülen selbst. Nach der Art dieser Kräfte kann man das Bodenwasser in Adsorptions- und Kapillarwasser unterteilen [SCHEFFER & SCHACHCHTSCHABEL, 1998].

Tab. 5.1.3-1: Übersicht über die Beziehung zwischen Saugspannung und Porengröße und die daraus abgeleitete Wasserbindung (verändert nach AG BODEN, 1994).

Saugspannungsbereich		Äquivalentdurchmesser der Poren in μm	Bezeichnung der Poren	Unterteilung des Bodenwassers	Unterteilung der Speicherkapazität		
h Pa (cm Wassersäule)	PF-Wert (\lg cm Ws)				Sickerwasser	Luftkapazität bzw. Speicherkapazität für Grund- und Stauwasser	
< 60	< 1,8	> 50	weite Grobporen	schnell bewegliches		nutzbare Feldkapazität	Feldkapazität
60-300	1,8-2,5	50-10	enge Grobporen	langsam bewegliches			
300-15000	2,5-4,2			pflanzenverfügbares	Haftwasser		
Permanenter Welkepunkt							
> 15000	> 4,2	< 0,2	Feinporen	nicht pflanzenverfügbares		Totwasser	

Der überwiegende Teil des Bodenwassers unterliegt sowohl Adsorptions- als auch Kapillarkräften. Je höher der Wassergehalt im Boden ist, desto mehr überwiegt die kapillare Bindung und umgekehrt [SCHEFFER & SCHACHCHTSCHABEL, 1998]. Die Höhe, um die eine Wassersäule in einer Kapillare gehoben wird, ist umgekehrt proportional zu deren Durchmesser. Je kleiner die Kapillare, umso höher ist deren Kapillarität. Daraus ergibt sich, dass jedem Porendurchmesser eine Kapillarspannung zuzuordnen ist. Außerdem können bei vorgegebener Wasserspannung die jeweils mit Wasser gefüllten Poren und ihre Durchmesser ermittelt werden. Wird eine Stechringprobe völlig mit Wasser gesättigt und anschließend steigendem Über- oder Unterdruck stufenweise immer solange ausgesetzt, bis die Probe kein Wasser mehr abgibt, kann aus dem Wasserverlust der mit den jeweiligen Drücken korrespondierende Porenanteil in Vol % ermittelt werden. Damit ist die Bindungsintensität des Wassers im Boden als Saugspannung definiert, die bei einer Entwässerung überwunden werden muss. Die erforderlichen Drücke liegen zwischen 0 und 1,5 MPA. Wegen dieses großen Spannungsbereiches werden zur Kennzeichnung der Wasserspannung pF-Werte als dekadische Logarithmen des jeweiligen Druckes (\log cm WS) eingeführt (p = Potential, F = freie Energie des Wassers [KUNTZE ET AL. 1994]. Eine Übersicht über die Beziehung zwischen Saugspannung und Porengröße und die daraus abgeleitete Wasserbindung erfolgt in Tabelle 5.1.3-1.

Maximale Wasserkapazität:

Wassermenge, die ein Boden maximal (bei voller Wassersättigung) aufnehmen kann.

Feldkapazität (FK)

Wassermenge, die ein Boden maximal gegen die Schwerkraft zurückhalten kann; konventionell der Wassergehalt bei einer Saugspannung von pF 1,8.

Nutzbare Feldkapazität (nFK)

Feldkapazität abzüglich Totwasseranteil; konventionell der Wassergehalt zwischen pF 1,8 und 4,2.

Permanenter Welkepunkt

Grenzwert, bei dessen Erreichen landwirtschaftliche Nutzpflanzen in der Regel irreversible zu welken beginnen, konventionell eine Saugspannung von pF 4,2 [AG BODEN, 1994].

5.2. Bodenchemische Kennwerte

5.2.1. pH-Wert und Bodenreaktion

Freie H^+ -Ionen in der Bodenlösung und sorbierte H^+ -Ionen an den Austauschern bestimmen die Bodenreaktion (pH). Die H^+ -Konzentration in der Bodenlösung bedingt die aktuelle Acidität, die an Austauschern sorbierten H^+ -Ionen die potentielle Acidität. Zusätzlich zu den adsorbierten H^+ -Ionen bestimmen auch austauschbare Al^{3+} -Ionen die potentielle Acidität. Nach ihrem Austausch bilden sie in Lösung freie H^+ -Ionen. Zwischen sorbierten H^+ und Al^{3+}/H^+ in der Bodenlösung besteht ein Gleichgewicht, das sich in pH-Wert und Basensättigung ausdrückt [KUNTZE ET AL., 1994]. Säureeinträge mit den Niederschlägen erhöhen die Konzentration an Protonen, Al-Ionen und anderen Säurebildnern in der Bodenlösung. Dies geht ein her mit der Versauerung vieler Böden, insbesondere wenn ihre spezifische Pufferkapazität überschritten wird, was z.B. in humusarmen Böden aus Sandsteinen, Graniten oder Gneisen rasch der Fall sein kann. Kalkhaltige Böden werden zunehmend entkalkt. Bei pH-Werten unter 5 wird die Aktivität der meisten Mikroorganismen gehemmt, so dass es zu einem verzögerten Streuabbau kommt [HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997]. Die Versauerung bewirkt zudem eine Verschiebung im Artenbestand der Bodenorganismen. Das gilt für viele Tiergruppen, z.B. Regenwürmer ebenso wie für Mikroorganismen. Dabei treten die Bakterien und Actinomyceten zugunsten der Pilze bei abnehmenden pH-Werten der Bodenlösung zurück. Das wiederum fördert unter den Bodentieren die mycophagen Kleinarthropoden gegenüber den bakteriophagen Arten. Der Regenwurmbesatz geht ebenfalls zurück, wodurch vielfach das Vorkommen an Milben und Springschwänzen steigt [BLUME & SCHIMMING, 1992].

Durch die Versauerung können auch Tonminerale angegriffen werden indem die leicht austauschbaren Kationen (vor allem Na, K, Ca, Mg) durch Protonen desorbiert und mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden und als Folge die Gerüststrukturen zerfallen. Dadurch gehen Aluminium und Mangan in Lösung was zu Al-Toxizität bzw. Mn-Toxizität bei Pflanzen führen kann. Zudem steigt die Mobilität der Schwermetalle, da sie in Folge des Protonen Anstiegs in der Bodenlösung von den Austauscher verdrängt werden [BLUME & SCHIMMING, 1992; HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997; ELLIOT ET AL., 1986; NEDERLOF ET AL., 1999; GRAY ET AL., 1999].

5.2.2. C-Gehalt

Der C-Gehalt im Boden liegt in mehreren Formen vor. Dabei tritt C anorganisch in Form von Carbonaten, sowie gasförmig als CH_4 und CO_2 als Teil der Inhaltsstoffe der Bodenluft auf. Eine besondere Bedeutung hat der C-Gehalt in der organischen Substanz, da er sowohl einen Einfluss auf bodenphysikalische (z.B. Wasserbindung) und bodenchemische (z.B. Sorption, Austauschkapazität) Parameter ausübt und wichtig für das Bodenleben ist. Die C-Gehalte im Boden schwanken erheblich: In Ackerböden liegen sie ungefähr zwischen 0.8...2,3% und für Ah-Horizonte (Dauergrünland) bei bis zu 8,7% [HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997].

Im C-Kreislauf unterliegt C einem ständigen Ab- und Umbau. Um diese Dynamik zu veranschaulichen werden verschiedene Modelle verwendet. Im Falle des vereinfachten 'Zwei Komponenten Modells' wird der C-Eintrag als Summe von Niederschlag, Streueintrag und unter Umständen organischer Düngung bei pflanzenbaulicher Nutzung dem C-Austrag bestehend aus Atmung und Sickerwasseraustrag gegenüber gestellt.

$C\text{-Eintrag} - C\text{-Austrag} = \pm \text{Saldo}$

Bei positiver Differenz tritt eine Humusakkumulation auf. Die Bilanz ist bei Ackerböden im Allgemeinen ausgewogen, jedoch kann O_2 -Mangel bedingt durch Verdichtung den mikrobiellen Abbau beeinträchtigen und damit das Saldo beeinflussen.

Organische Stoffe haben einen großen Einfluss auf die Stabilität der Aggregate im Oberboden. Dies wird zum einen dadurch deutlich, dass die stabilsten Aggregate meist einen höheren C-Gehalt aufweisen, als der übrige Teil des Bodens, und zum anderen, dass bei langjähriger organischer Düngung der Anteil größerer Aggregate (> 0,5 mm) zunimmt [SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998]. Darüber hinaus beeinflusst der organische Kohlenstoff in hohem Maß die Sorptionseigenschaften der Böden und damit die Verfügbarkeit und Mobilität von organischen und anorganischen Schadstoffen. Generell steigt die Sorption mit steigendem Gehalt an C org. und die Mobilität verringert sich [HERMS & BRÜMMER, 1983; VOLLNER & KLOTZ, 1994; YUAN & LAVKULICH, 1997; MARSCHNER, 1999].

5.2.3. Spezifische elektrische Leitfähigkeit

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit wird zur Bewertung des Salzgehalts im Boden verwendet. Unter Versalzung versteht man die Anreicherung von wasserlöslichen Salzen in Böden oder Bodenhorizonten. Die Versalzung des Bodens kann auf natürliche (Salzeintrag durch Niederschläge und Grundwasser) sowie künstliche Art (Fehler bei Bewässerung, Auftausalze) geschehen. Das Auftausalz besteht mengenmäßig hauptsächlich aus NaCl und bewirkt neben erhöhten Gehalten an NaCl im Oberflächen- und Grundwasser auch eine deutliche Veränderung der Böden in Straßenrandnähe. Durch den Verlust von Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen an den Austauschplätzen (Alkalisierung) erhöht das Na den pH-Wert, verursacht eine vermehrte Dispergierung der Feinbodenpartikel und führt somit zu einer erhöhten Verschlammung und Verdichtung sowie einer Reduzierung der Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen. [HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998]. Die Tabelle 5.2.3-1 zeigt Salzgehalte und ihren Einfluss auf das Pflanzenwachstum.

Tab. 5.2.3-1: Salzgehalte und ihr Einfluss auf das Pflanzenwachstum (Ece=elektrische Leitfähigkeit) (nach DRIESSEN & DUDAL (1989))

Ece (dS/m 25°C)	Salzgehalt im		FAO-Klassifikation	Auswirkung auf Nutzpflanzenwachstum
	Extrakt (cmol/l)	Boden (%)		
< 2	< 2		-	meist vernachlässigbar
2,0...4,0	2...4	< 0,15	-	Beeinträchtigung empfindlicher Nutzpflanzen
4,0...8,0	4...8	0,15...0,35	Salic phase (Solonchak)	ernste Schäden an den meisten Nutzpflanzen
8,0...15	8...15	0,35...0,65	Salic phase (Solonchak)	nur salztolerante Nutzpflanzen gedeihen
> 15	> 15	> 0,65		nur wenige Ntzpflanzen überleben

5.2.4. Gesamtstickstoff

Stickstoff (N) spielt aus verschiedenen Gründen eine gesonderte Rolle unter den Nährstoffen. Zum einen ist der N-Gehalt der Ausgangsgesteine der Böden sehr gering und er unterliegt im Boden vielfachen Umwandlungen, zum anderen bestimmt er meist am stärksten den Ertrag. Darüber hinaus kann er zur Eutrophierung von Oberflächengewässern beitragen und Qualitätsprobleme bei Grundwasser für Trinkwasserzwecke verursachen. Hinzu kommt, dass gasförmige N-Verbindungen mit der Atmosphäre im Austausch stehen. Wesentlich für das Pflanzenwachstum ist die Bereitstellung von Stickstoff in pflanzenverfügbarer Form als NH_4 -N und NO_3 -N. Der Stickstoff im Boden stammt 1) aus der Luft mittels biologische N_2 -Fixierung durch stickstoffbindende Bakterien, Actinomyceten und Cyanobakterien, 2) aus den Niederschlägen von Stickoxiden, 3) aus Organismenrückständen wie Streu, abgestorbene Wurzelmasse sowie Tierkörper und 4) aus der Düngung mit organischen und

mineralischen Düngern. Im Boden entsteht aus organisch gebundenem Stickstoff sowohl Ammonium durch Ammonifikation als auch Nitrat durch Nitrifikation. Daraus synthetisieren die Pflanzen lebensnotwendige Proteine, Peptide, Aminosäuren und N-Ringverbindungen, die in den Nahrungsketten an Tiere weitergegeben werden. Mit dem Ableben von Pflanzen und Tieren erfolgt die Rückführung organisch gebundenem Stickstoff in die Pedosphäre, wo N wieder mineralisiert werden kann. Als NH_4 -Fixierung wird die reversible Festlegung von $\text{NH}_4 - \text{N}$ in den Zwischenschichträumen von Tonmineralien bezeichnet. Der Verlust von N kann durch Ammoniakverflüchtigung, Nitratauswaschung und Denitrifikation auftreten wobei N_2O sogar bis in die Stratosphäre entweicht und dort am Anbau des Ozons teil [HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997].

5.2.5. Sesquioxide

Als Sesquioxide werden die Oxide und Hydroxide des Aluminiums, Eisens und Mangans bezeichnet. Al-, Fe-, und Mn-Ionen, die bei der chemischen Verwitterung aus primären Silicaten freigesetzt werden, reagieren mit Wasser und Luftsauerstoff zu Oxiden, Hydroxiden oder Oxidhydroxiden. Da verschiedene Mineralformen meist nebeneinander in Böden vorkommen und nicht zu differenzieren sind, werden sie – ungeachtet ihres chemischen Charakters – zusammenfassend als pedogene Oxide bzw. Sesquioxide bezeichnet. Sie zählen zu den charakteristischen Verwitterungsneubildungen, sind also sekundärer Entstehung und daher in den meisten Böden enthalten. Wegen ihrer geringen Löslichkeit lagern sich die Sesquioxide meist in feiner Verteilung auf den Oberflächen der verwitterten Ausgangsminerale und der neugebildeten Tonminerale an. Durch diese Umhüllung wird die Intensität chemischer Verwitterungsprozesse herabgesetzt und die Sorptionsfähigkeit von Tonmineralen gemindert. Manche der Oxide sind zunächst amorph und altern im Laufe der Zeit durch Wasserabspaltung und Umkristallisation zu kristallinen Oxiden. Im Zuge der Alterung nimmt die Stabilität der Minerale weiter zu. Al-Oxide sind sowohl im alkalischen Milieu $> \text{pH } 8$ und im stark sauren Milieu $< \text{pH } 4$ löslich. Unter oxidierenden Bedingungen sind Fe-Oxide sehr schwer löslich. Ihre Protolyse beginnt erst bei pH-Werten unter 3. Im Grund- und Stauwasser steigt die Löslichkeit der Fe-Oxide durch Reduktion unter Bildung mobiler Fe^{2+} -Ionen stark an. In gleicher Weise gilt dies auch für die Mn-Oxide, die protolytisch jedoch etwas leichter löslich sind. Die Art der neugebildeten Fe-Oxide sowie ihre Konzentration und Verteilung in den Bodenhorizonten sind wichtige Indikatoren für die Verwitterungsintensität, den Wassereinfluss und das Bodenalter. Darüber hinaus haben sie einen Einfluss auf das Sorptionverhalten u.a. von Phosphaten [KUNTZE ET AL., 1994; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998].

5.2.6. Kationenaustauschkapazität (KAK)

Ein verbreiteter Typ der Sorption in Böden ist die Adsorption von Kationen an negativ geladenen Bodenbestandteilen durch elektrostatische Bindung. Diese Sorption ist stets mit Desorption einer äquivalenten Menge anderer Kationen verbunden, die in die Bodenlösung übertreten; die Kationen sind also gegeneinander austauschbar. Man spricht daher von Kationenaustausch und Kationenaustauschern. Die austauschbaren Kationen bilden den Kationenbelag der Böden, ihre Summe die Kationenaustauschkapazität. Sie ist der Summe aus permanenter und variabler negativer Ladung äquivalent, weil die Kationen zum Ausgleich der Ladung sorbiert werden. Da die variable negative Ladung mit steigendem pH-Wert ansteigt, steigt die KAK analog. Gewöhnlich bezeichnet man die KAK bei pH 7-7,5 als potentielle KAK (KAK_{pot}) da dies der höchste pH-Wert ist, der in Böden humider Klimate erreicht wird. Diejenige KAK, die in einem Boden beim jeweiligen pH-Wert wirksam ist wird dagegen als effektive KAK (KAK_{eff}) bezeichnet. KAK_{pot} und KAK_{eff} sind demnach in Böden mit einem pH-Wert um 7 gleich, in sauren Böden ist die $\text{KAK}_{\text{eff}} < \text{KAK}_{\text{pot}}$. Die austauschbaren Ca^{2+} -, Mg^{2+} -, K^+ und Na^+ - Ionen werden auch als austauschbare Basen bezeichnet, weil der pH-Wert der Böden häufig mit steigendem Anteil dieser Kationen am Ionenbelag ansteigt. Sie sind jedoch selbst

keine Basen, sondern ein Maß für die Basizität eines Bodens. Der prozentuale Anteil der Summe von austauschbaren Ca, Mg, Na und K an der KAK_{eff} wird als Basensättigung (BS) bezeichnet. Der Kationenaustausch greift unmittelbar in die Nährstoffversorgung der Pflanze und den Stoffhaushalt von Landschaften ein. Darüber hinaus beeinflussen die austauschbaren Kationen wichtige Bodenreaktionen und die biologische Aktivität [SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998].

5.2.7. Tonmineralogie

Die Tonminerale gehören zu den wichtigsten, bei einer Verwitterung oder Umwandlung primärer Silicate entstehenden, sekundären Silicaten und sind zudem ein wesentlicher Bestandteil vieler Böden und Sedimente. Es sind kristalline, OH-haltige Al-Mg-Fe-Silicate mit meist blättchenförmigem Habitus, die zur Gruppe der Schicht- oder Phyllosilicate gehören. Der Durchmesser der Blättchen liegt in der Regel unter 2 μm , die Dicke nur bei 2 nm. Sie verleihen Tongesteinen und tonigen Böden ihre Plastizität, ihre Quellfähigkeit und ihr Vermögen, Ionen und Moleküle zu sorbieren. Die Kristallinität der Tonminerale, ist gering und von Fehlstellen durchsetzt. Sie sind sehr variabel in der Schichtladung und im Schichtabstand eines Kristalls. Die Ursache hierfür liegt im Bildungsmilieu an der Erdoberfläche begründet, das gekennzeichnet ist durch niedrige Temperatur, niedrigen Druck und heterogene Verwitterungslösungen. Die geringe Kristallinität ist neben der Schichtladung die Ursache für die hohe Reaktionsfähigkeit der Tonminerale in Böden. Meist wird deren Kristallinität in den Sedimenten während der Diagenese verbessert [SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998].

Die Tonminerale werden in Zweischicht- und Dreischichtminerale eingeteilt. Die Zweischichtminerale bestehen aus Schichtpaketen die aus einer Oktaederlage (OH^- und O^{2-} -Ionen an den Ecken und Al^{3+} -Ionen in den Zentren der Oktaeder) und einer Tetraederlage (O-Ionen an den Ecken Si^{4+} im Zentrum) bestehen. Der Zusammenhalt der Silicatschichten erfolgt über die elektrostatische Anziehung zwischen den OH-Ionen der Oktaeder und den O-Ionen der benachbarten Tetraeder. Die Schichtladungen heben sich aufgrund der gleichen Anzahl positiver und negativer Ladungen auf, so dass keine Einlagerung von Zwischenschichtkationen für den Ladungsausgleich erforderlich ist. Die wichtigsten Vertreter sind Kaolinit und Halloysit.

Dreischichtminerale bestehen aus einer Oktaederschicht ($\text{Al}(\text{OH})_3$), an die eine Tetraederschicht (SiO_4) anschließt. Eine wesentliche Eigenschaft der Dreischichtminerale, die ihren Aufbau bedingt und sehr wichtige physikalisch-chemische Eigenschaften tonhaltiger Böden zur Folge hat, ist die Schichtladung. Sie resultiert aus dem isomorphen Ersatz von höherwertigen Zentralionen der Tetraeder und Oktaeder durch niederwertige Ionen. So wird in den Tetraedern das Si^{4+} teilweise durch Al^{3+} und in Oktaedern das Al^{3+} in manchen Mineralen durch Fe^{2+} oder Mg^{2+} ersetzt. Die negative Ladung der äußeren Tetraederschichten wird als permanente Ladung durch austauschbare Kationen abgesättigt. Die negative Ladung im Mineralinneren wird durch Kationen kompensiert, die in einer Zwischenschicht angeordnet sind und durch ihre Anziehungskräfte die Silicatschichten miteinander verbinden. Die Weite der Zwischenschichten und die Art der Zwischenschichten variiert in verschiedenen Dreischichtmineralen infolge unterschiedlich starker negativer Schichtladungen. Aus diesem Grund ist es möglich die Mineralgruppen durch die Basisabstände zwischen 1,0 und $> 1,8$ nm zu unterscheiden. Bei den Dreischichtmineralen spielen Illit, Vermiculite, Smectite, Chlorite und die Wechsellagerungsminerale die größte Rolle.

Illite zeigen eine ähnliche Struktur wie Glimmer aus denen sie gebildet wurden, wobei in ihren Zwischenschichten K-Ionen sitzen und den Zusammenhalt der negativ geladenen Schichtpakete bewirken. In den aufgeweiteten Randzonen und einzelnen Zwischenschichten der Illite sind K-Ionen bereits gegen andere Kationen ausgetauscht. Ist dieser Austausch weiter fortgeschritten, entstehen aus Illiten die Vermiculite. Bei Smectiten führt die Einlagerung von Wassermolekülen und hydratisierten austauschbaren Kationen in die Zwischenschichten zu einer Quellung auf einen Basisabstand von 1,8 bis > 2 nm.

Bei den Chloriten sind Zwischenschichten durch eine fest gebundene Fe-, Mg- oder Al-Hydroxidschicht blockiert, die den Basisabstand auf 1,4 nm fixiert.

Dreischichtminerale ohne einheitliche Schichtfolgen sondern mit Übergängen zwischen verschiedenen Mineralgruppen innerhalb eines Minerals werden als Wechselschichtminerale bezeichnet. In Böden kommen Wechsellagerungen zwischen Illit/Vermiculit, Illit/Smectit, Chlorit/Vermiculit, Chlorit/Smectit sowie Kaolinit/Smectit vor.

Durch Umbildung von Dreischichtsilicaten, den Glimmern und primären Chloriten, können Tonminerale in Böden und Sedimenten durch eine Abnahme der Schichtladung und Veränderung der Zusammensetzung der Zwischenschichtkationen entstehen. Daneben ist eine autogene Neubildung aus Ionen, die bei der Silicatverwitterung freigesetzt werden möglich. Die Art und das Resultat der Tonmineralneubildung hängen von dem Ausgangsgestein, der Intensität der Verwitterung und Auswaschung sowie den Milieubedingungen (pH, Kationen –und Kieselsäurekonzentration) in der Porenlösung ab. Somit charakterisieren Tonminerale auch das Verwitterungsmilieu und den Entwicklungsgrad von Böden. Unter den Verwitterungsbedingungen Mitteleuropas werden aus glimmerhaltigen Sedimenten und sauren Magmatiten (z.B. Granit) vorwiegend Illite und Vermiculite gebildet, aus basischen Magmatiten entstehen dagegen smectitreiche Tone. Mit zunehmender Versauerung, Basenauswaschung und Al^{3+} - Mobilisierung in Waldböden werden aus Vermiculit und Smectit sekundäre Chlorite neugebildet, indem Al-Hydroxikationen in die Zwischenschichten eingelagert und dort sehr fest gebunden werden [HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997; KUNTZE ET AL., 1994; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998].

5.2.8. Schwermetalle

Da Schwermetalle im Boden eine hohe Persistenz aufweisen, stellen solche mit toxischem Potenzial eine latente Gefahrenquelle dar. Zu ihnen gehören vor allem Cd, Hg, Ti und Pb. Manche Schwermetalle wie Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se oder Zn sind in bestimmten Konzentrationsbereichen für Pflanzen und Tiere essentielle Mikronährstoffe.

Bei den in den Böden vorkommenden Konzentrationen an Schwermetallen erfolgt eine Bindung durch spezifische und unspezifische Adsorption. Dabei werden bevorzugt die Hydroxokomplexe der Metalle an Oberflächen mit funktionellen protonierten OH-Gruppen von Fe-, Al- und Mn-Hydroxiden adsorbiert. Mit steigendem pH-Wert in der Bodenlösung nimmt gleichzeitig sowohl der Protonierungsgrad wie auch die elementspezifische unterschiedliche Neigung der einzelnen Metalle zur Bildung von Hydroxo –Komplexen zu. Demzufolge werden die Schwermetalle unter den im Boden herrschenden Konzentrationsverhältnissen bei höheren pH-Werten zunehmend spezifisch und damit vergleichsweise stark gebunden, während sie im Bereich niedriger pH-Werte mehr und mehr unspezifisch, in einer durch Erdalkalimetallen (leicht) austauschbaren Form gebunden werden. Durch Humusstoffe werden Schwermetalle in Form von metallorganischen Komplexen gebunden. Die organischen Komponenten bestehen vor allem aus niedermolekularen löslichen Stoffen, die reich an funktionellen Gruppen sind. Die mit Schwermetallen gebildeten organischen Komplexe sind meist negativ geladen und in der Bodenlösung relativ stabil. Bei Eingliederung des Metallions in einen 4-er bis 6-er – Kohlenstoffring entstehen die außerordentlich stabilen Chelate, die im Boden am häufigsten vorkommenden metallorganischen Komplexe. Je saurer und je reduzierender das Bodenmilieu ist, desto stärker wirkt die Komplexierung der Metalle, die Stabilität nimmt dagegen mit steigendem pH zu (BLUME, 1992; HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997).

5.3. Bodenkundliche Feldkennwerte

5.3.1. Horizonte

Horizonte sind durch bodenbildende Prozesse entstandene Lagen im Profil. Sie sind zu unterscheiden von Schichten, den durch gesteinsbildende Prozesse entstandenen Lagen. Die Horizonte werden durch Großbuchstaben symbolisiert (Hauptsymbole.) Zur näheren Kennzeichnung diagnostisch wichtiger Horizontmerkmale dienen Kleinbuchstaben (Hilfssymbole=Suffixe). Vor die Hauptsymbole gestellt, charakterisieren sie lithogene oder phytogene Merkmale, nachgestellt pedogene Merkmale. Übergangshorizonte oder Horizonte mit mehreren diagnostisch wichtigen Merkmalen werden durch Kombination von Hauptsymbolen oder / und Hilfssymbole gekennzeichnet, wobei die Bedeutung von rechts nach links ansteigt [SCHLICHTING ET AL., 1995].

5.3.2. Humusformen

Morphologische Merkmale wie z.B.: pflanzliche Reste, koprogenes Gefüge, Farbe und Geruch sowie chemische Eigenschaften (C/N/P-Verhältnisse) charakterisieren die verschiedenen standorttypischen Humusformen. In ungestörten Böden (Wald, Grünland, Moor) lassen sich Humusformen aus typischen Abfolgen von Lagen im sogenannten Auflagehorizont bzw. im humusreichenangereicherten Ah-Horizont erkennen.

Nach vorherrschenden hydrologischen Bedingungen unterscheidet man drei Humusformen: subhydrisch, semiterrestisch und terrestrisch.

Subhydrische Humusformen entstehen unter Wasser, das bedeutet unter Luftabschluss bei meist reduzierenden Bedingungen. Der Mineralstoffgehalt (Trophie) des Wassers lässt sie weiter differenzieren. Durch Wassertiere und teilweise auch anaerobe Zersetzung sind Pflanzen und Organismenreste meist fast vollständig zerteilt (pflanzliche Mudden und ganzpflanzliche Niedermoortorfe). Beide haben sehr geringe Rohdichten.

Bei den semiterrestischen Humusformen tritt anstelle des Grundwassers zunehmend Stauwasser durch überschüssiges, nährstoffarmes Niederschlagswasser. Auch dieses bewirkt (zeitweise) Luftabschluss und Reduktion mit Anhäufung abgestorbener teilweise zersetzter Pflanzen. Die Übergänge vom subhydrischen zum semiterrestischen Milieu sind fließend.

Terrestrische Humusformen sind nur unter Waldvegetation, seltener auch unter Dauergrünland zu erkennen. Der Auflagehumus lässt sich wie folgt untergliedern:

- 1.) L-Lage (engl. Litter; Förna): morphologisch wenig veränderte gebräunte Pflanzenreste (Blätter, Nadeln, Holz, Streu) < 10% amorphe organische Feinsubstanz, locker verklebt = Streuhorizont, Streuauflage.
- 2.) F-Lage (engl. Fermentation, Vermoderungshorizont): morphologisch nicht mehr deutlich erkennbare, gebleichte Pflanzenreste, (minierte Nadeln), vermischt mit Milben, Enchyträenkot und Pilzhyphen. 10 bis 70% organische Feinsubstanz, locker verklebt, stapelartig gelagert.
- 3.) H-Lage (engl. Humification Humusstoffhorizont): ohne Vermischung mit Mineralböden, fast ausschließlich Enchyträenkot, mit Huminstoffen inkrustierte Humuskörperchen ($\varnothing < 200 \mu\text{m}$) scharfkantiger Bruch, > 50 bis 80% organische Feinsubstanz, lose bröckelig oder kompakt.

Rohhumus ist die Humusform untätiger Böden, z.B. Feuchtpodsole unter Heide, Nadelholz, Gräserntorf saurer Wiesen. Die Humifizierung findet vorwiegend abiologisch statt. Rohhumus ist daher mit Mineralboden nicht vermischt. ‚Saurer Regen‘ begünstigt die Rohhumusbildung. Die L-, F- und H-

Lagen sind scharf gegeneinander abgesetzt. Rohhumus fördert die Podsolierung. Durch Infiltration saurer, niedermolekularer Huminstoffe ist der Ah-Horizont dunkel gefärbt, Rohhumusmeloration (Kalkung, Stickstoffdüngung, Pflügen und Fräsen) führt zu Moder- und Mullhumus (aber auch NO₃-Freisetzung).

Moder entsteht bei gehemmter Streuzersetzung und unvollständiger biogener Vermischung unter ungünstigen Standortbedingungen. Die L- F- und H-Lagen bilden unscharfe Übergänge. Moder enthält geringe Anteile Kleintierlosungen und verfügt über ein nicht durch Pilzhyphen verklebtes, locker – krümeliges Gefüge sowie einen Geruch nach Kartoffelkeller. Moder ist die typische Humusform der Sandböden, besserer Grünlandstandorte und Moorböden.

Mull bildet sich bei völliger Streuzersetzung unter günstigen mikrobiologischen Bedingungen. Deshalb findet eine intensive biogene Vermischung von mineralischem und organischem Material mit stabilen koprogenen (Wurmmull), grauschwarzen Tonhumuskomplexen statt. L- und H-Lagen fehlen häufig. Voraussetzung für die Mullbildung ist ausreichender Tongehalt bei Anwesenheit von Kalk und freien Oxiden, die eine feste chemische Bindung der Humusstoffe an den Ton fördern. Mull ist die Humusform der besseren Böden. Ein frischer Erdgeruch ist typisch [KUNTZE ET AL., 1994].

5.3.3. Aktuelle Feuchte

Tab: 5.3.3-1: Schätzung des Bodenfeuchtezustandes im Gelände (nach AG Boden 1994)

Bodenmerkmale bei geringer und mittlerer effektiver Lagerungsdichte		Ungefäherer pF-Bereich tonarmer Proben lg hPa**)	Bodenfeuchtezustand	
Zustand bindiger Proben (>17% Ton)	Zustand nicht bindiger Proben (<17% Ton)		Bezeichnung	Kurzzeichen
fest, hart, nicht formbar, Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe stark nach	helle Bodenfarbe, dunkelt bei Wasserzugabe stark, staubig	> 4,0	trocken	feu 1
Schrumpfgrenze				
halbfest, formbar, aber zerbröckelt beim Ausrollen auf 3 mm Dicke, Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe noch nach	Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe noch etwas nach	4,0-2,7	schwach feucht	feu 2
Ausrollgrenze				
steif, ausrollbar auf 3 mm Dicke ohne zu zerbröckeln, dunkelt bei Wasserzugabe nicht nach schwer eindrückbar	Finger werden etwas feucht, auch durch Klopfen am Bohrer kein Wasseraustritt aus den Poren dunkelt bei Wasserzugabe nicht nach	2,7-2,1	feucht	feu 3
weich, ausrollbar bis auf < 3 mm Dicke leicht eindrückbar	Finger werden deutlich feucht durch Klopfen wahrnehmbarer Wasseraustritt	2,1 - 1,4	stark feucht	feu 4
breiig, quillt beim Pressen in der Faust zwischen den Fingern hindurch	durch Klopfen deutlicher Wasseraustritt, Probe zerfließt, oft Kernverlust	< 1,4	nass	feu 5
Fließgrenze				
fließend	Kernverlust	0	stark nass	feu 6

*bei hoher effektiver Lagerungsdichte im nassen und feuchten Bereich höhere Konsistenz

**mit abnehmendem Tongehalt nimmt bei gleichem Bodenfeuchtezustand im Allgemeinen die Saugspannung ab

Unter Feuchte ist die gegenwärtige Verfügbarkeit von Wasser zu verstehen. Ihr entspricht jeweils ein bestimmter pF-Wert. Naturgemäß können Horizonte unterschiedlicher Porengrößenverteilung bei gleicher Feuchte ganz verschiedene Wassergehalte aufweisen. Zur Bestimmung der Bodenfeuchte wird auf Tabelle 5.3.3-1 verwiesen: Schätzung des Bodenfeuchtezustandes im Gelände [SCHLICHTING ET AL., 1995].

5.3.4. Bodenfarbe bzw. Farbe nach Munsell

Das wichtigste diagnostische Merkmal zur Kennzeichnung von Böden und Bodenhorizonten ist die Bodenfarbe, die im Allgemeinen mittels der Farbtafel von 'Munsell' bestimmt wird. Die unterschiedlichen Färbungen der Bodenhorizonte geben wichtige Hinweise auf Ausgangsgestein (Minerale), Genese, Wasser-Luft-Regime und Bodenschäden. Sie hängen weiter ab von Metallverbindungen, speziell von Fe und Mn, Humusform, Tonmineralen und Carbonaten. Die Munsell Farbtafeln basieren auf einem Farbraum (von Munsell), der auf dem Farbkreis von Newton beruht und in der Bodenkunde zur Bodenbeschreibung eingesetzt wird. In den Farbraum wird die Farbe durch die Polarkoordination Farbton (Hue), Farbtiefe (Chroma) und Farbhelligkeit (Value) aufgespannt. Die Spektralfarben rot (R), gelb (Y), grün (G), blau (B) und Purpur (P) sowie ihre 5 Übergänge gelb-rot (YR) grün-gelb (GY), blau-grün (BG), blau-violett (BP), rot-violett (RP) sind auf dem Zylindermantel entlang abnehmender Wellenlänge angeordnet. Die Farbtiefe wächst entlang seines Radius von innen nach außen und die Farbhelligkeit entlang seiner Höhe. Die Bodenfarben besetzen vorwiegend ein relativ schmales Farbton-(Zylinder)segment und werden der jeweils vorherrschenden Spektrallinie in einem Dezimalsystem zugeordnet. Im Falle von rot (R) wäre dies folgendermaßen: 2,5 R, 5 R, 7,5 R, und 10 R. In dieser Abstufung werden die Farbtafeln bezeichnet. Anschließend werden die Farben nach ihrem Grauwert oder Helligkeit (value), ebenfalls von 0 für schwarz (Mn-Oxide, Huminstoffe) bis 10 für weiß (Carbonate) so geordnet, dass sie graduell von 1 bis 10 heller werden. Dieser Grauwert wird hinter den Farbwert gesetzt z.B. 2,5 YR / 7 = rötlich grau bis orangefarben. Die Farbhelligkeit wird vorwiegend durch den Humusgehalt bestimmt. Die Beziehung zwischen beiden ist jedoch nur bei Böden mit ähnlicher Textur und Genese hochsignifikant. Tongehalt und pH-Wert können einen Einfluss haben. Bei höherem Humusgehalt (ca. 8%) sinkt die Helligkeit nicht mehr weiter ab. Bei Huminstoff-Fraktionen wird die Farbe von den Fulvosäuren zu den Huminen immer dunkler. Trockene Böden sind heller als feuchte, weil sie das Licht stärker streuen.

Die jeweilige Intensität oder Tiefe der Farbe (Chroma) wird mit einer weiteren Zahl von 0 bis 10 skaliert. 2,5 YR/7-6 bedeutet orangefarben. Die Farbtiefe variiert vor allem durch unterschiedliche Oxidkonzentrationen zwischen den zum Teil hohen Werten (6 bis 8) bei relativ hohen Konzentrationen an feinverteilten Fe-Oxiden und den tiefen Werten (0-1) nahezu farblos Silicate oder Carbonate. Wegen der hohen Farbkraft und der Allgegenwart der Fe(III)-Oxide sind sie es, die die Farbe der meisten Böden bestimmen, soweit diese nicht durch Huminstoffe überdeckt wird.

Die Böden des gemäßigten Klimas sind meist gelbbraun, braun oder rotbraun gefärbt (Munsell-Farbton 7,5 Y bis 7,5 YR), da in ihnen Goethit vorherrscht. Ferrihydrit, z. B. in sauren Braunerden, Bs-Horizonten von Podsolen und Go-Horizonten von Gleyen, verschiebt den Farbton ins Rötliche (7,5 bis 5 YR). Die kräftig rote Farbe vieler Böden wärmerer Klimate wird durch Hämatit bedingt, dessen Rot das Gelb des stets auch vorhandenen Goethits überdeckt. Solche Böden sind umso intensiver rot je mehr Hämatit sie enthalten.

Die gelben, braunen und roten Farbtöne zeigen in der Regel aerobe Verhältnisse, d.h. ein hohes Redoxpotential an. Längere Perioden der Wassersättigung fehlen in solchen Böden. Dort, wo den Böden die Fe(III)-Oxide fehlen, verlieren sie meist ihre Farbe und zeigen verschiedene Grautöne, die von den Silicaten her rühren. Dies ist der Fall bei sehr schwach entwickelten, durch Auswaschung (z.B. Podsol: Ae-Horizonte) oder durch reduktive Auflösung der Fe(III)-Oxide entfärbten Böden. Letzteres zeigt daher anaerobe Verhältnisse an. Das gleiche gilt für grünliche und bläuliche Farbtöne,

in denen das reduzierte Fe in Fe(II)-haltige Hydroxyverbindungen (sog. Grüner Rost) übergeführt oder Fe-haltige Tonminerale reduziert worden sind. Leuchtend blaue Farben werden durch Vivianit hervorgerufen, schwarze durch feinverteiltes FeS und FeS₂. Diese treten vor allem im Unterboden auf und zeigen Luftabschluss und ständige Wassersättigung, also ein stark reduziertes Milieu an.

Schwarze Flecken und schwarze Konkretionen in oxidiertem Milieu rühren von Mn-Oxiden her. Heterogene Verteilung der Fe- und Mn-Oxidfarben in Form von Flecken, Konkretionen oder einzelnen Horizonten sind häufig durch örtlich und/oder zeitlich wechselnde Redoxbedingungen zustande gekommen. Weiße Farben finden sich dort, wo Calcit, Gips oder lösliche Salze, z.B. als Ausblühungen an austrocknenden Profilwänden oder an der Bodenoberfläche angereichert sind. Ähnlich weiß sind auch rein kaolinitische Saprolite in den Tropen.

Die Farbtöne ihre Sättigungen und die Dunkelstufen im Bodenprofil vermögen somit Bodeneigenschaften und bodengenetische Prozesse wie Verbraunung Vergleyung, Pseudovergleyung Podsolierung und Ferralitisierung anzuzeigen [SCHRÖDER, 1992; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998; KUNTZE ET AL., 1994; SCHLICHTING ET AL., 1995].

5.3.5. Redoximorphie

Redoximorphie ist die Bezeichnung für Bodenmerkmale, die in einem Milieu mit wechselnden O₂-Verhältnissen hervorgerufen werden. Beispiele dafür sind Rostflecken, Fe-/Mn-Konkretionen und Marmorierung in periodisch O₂-armen Böden, während permanent luftarme Lagen schwarz (FeS) bzw. weiß bedingt durch Bleichzonen (verarmt an Fe und Mn) sein können. Die redoximorphen Merkmale können auch durch austretende, reduzierende Gase wie zum Beispiel Methan entstehen und einen eigenen Bodentyp, den Reduktosol, prägen.

Zur quantitativen Beschreibung der Aktivverhältnisse in einem Redoxverhältnis dient das Redoxpotential E oder auch Eh. Da bei den Redoxreaktionen im Boden stets mehrere Komponenten beteiligt sind, und das Wasser mit seinen Teilkomponenten H⁺ und OH⁻ an fast allen Redoxreaktionen unterschiedlich stark beteiligt ist, ist E abhängig vom pH-Wert. Es nimmt mit sinkenden pH-Werten zu, wobei der Unterschied zwischen zwei pH-Stufen zwischen 50..100 mV betragen kann.

Als rH-Wert bezeichnet man den negativen dekadischen Logarithmus des Wasserstoffpartialdrucks [HINTERMAIER-ERHARD & ZECH, 1997].

Es gilt:

$$rH = \frac{2E}{0,059} + 2pH$$

rH 0	=	sehr stark reduzierend, reiner Wasserstoff
rH 0...12	=	stark reduzierend, ständig sauerstoffarm
rH 12...19	=	reduzierend, sauerstoffarm
rH 19...30	=	oxidierend, mäßig sauerstoffreich
rH 30...41	=	stark oxidierend, sauerstoffreich
rH 41	=	sehr stark oxidierend, reiner Sauerstoff

5.3.6. Hohlräume

Röhren, Risse, Poren, Intergranularräume sowie sonstige Hohlräume bilden das Hohlraumvolumen eines Bodens. Dabei sind Intergranularräume in feinem Material mit bloßem Auge nicht erkennbar. Die Erfassung von Intergranularräumen geschieht indirekt bei der Kennzeichnung der Bodenart und der effektiven Lagerungsdichte.

Beim Makrogefüge treten Risse auf, die auch als Klüfte oder Spalten bezeichnet werden. Nicht selten bestimmen diese den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens und sind bei der Beurteilung von Feuchtezustand und Konsistenz des Bodens zu berücksichtigen.

Auch die Poren sind vor allem für die Durchlüftung des Bodens von Bedeutung. Hinsichtlich der Wasserzügigkeit sind sie nur wichtig wenn sie eine durchlässige Wandung besitzen oder ein zusammenhängendes Porensystem ausbilden. Unterschieden werden die Poren in Makroporen, die mit bloßem Auge sichtbar sind und in die nur mit einer Lupe sichtbaren Mikroporen. Biogene Hohlräume, die als Röhren bezeichnet werden, entstehen sowohl durch Wurzelwachstum, als auch durch die Tätigkeit von Regenwürmern oder anderen im Boden lebenden wühlenden Kleintieren. [AG BODEN, 1994]:

R	Röhren allgemein
Rkr	Krotowinen: verfüllte Gänge kleinerer Säugetiere
Rwu	Wurzelröhren
Gga	offene Gänge kleinerer Säugetiere

5.3.7. Verfestigung

Der mehr oder weniger vom Wasser unabhängige Zusammenhalt ganzer Horizonte oder Schichten infolge der Einwirkung ‚verkittender‘ Substanzen (z.B. Eisenverbindungen) wird als Verfestigung bzw. Verfestigungsgrad bezeichnet. Der Verfestigungsgrad ist besonders für die Beurteilung von verfestigten Horizonten in nicht bindigen Böden (z. B. Orterde-, Ortstein- oder Raseneisenstein-Horizonte), für die Kennzeichnung des Bodenwiderstandes gegen mechanische Eingriffe sowie für die Durchwurzelbarkeit von praktischer Bedeutung. Verwendung findet der Verfestigungsgrad (Tabelle 5.3.7-1) des Bodens zum einen bei der Kennzeichnung der Übergänge zwischen Einzel- und Kittgefüge und zum anderen bei der Beurteilung des Aggregierungsgrades bei Übergängen zwischen Kohärent- und Aggregatgefüge.

5.3.8. Gefügeform bzw. Bodengefüge (Bodenstruktur)

Das Bodengefüge charakterisiert die makroskopischen (mit bloßem Auge erkennbaren) Gefügemerkmale des mineralischen Bodens, d.h. die Form der räumlichen Anordnung der mineralischen Bodenbestandteile und damit auch jene des Porensystems. Man unterscheidet zwischen zwei Makrogefügehauptformen, dem Grundgefüge und dem Aggregatgefüge. Zum letztgenannten werden Makrogrob- und Makrofeingefüge gerechnet.

Aggregatgefüge:

Beim Aggregatgefüge kommt es zur Bildung von diskreten Gefügekörpern. Dies geschieht durch Zusammenlagerung einzelner Bodenpartikel zu Körpern unterschiedlicher Form und Größe. Dies sind zum einen Schrumpfungsprozesse (Absonderungsgefüge) und zum anderen bodenbiologische Prozesse bedingt durch Zusammenballung von Bodenteilchen (Aufbaugesfüge)

Grundgefüge: Es besteht (noch) keine Absonderung zu Aggregaten.

ein	Einzelkorngefüge: Bodenteilchen liegen lose nebeneinander, typisch für Sandböden
kit	Kittgefüge: Einzelkörner werden durch Eisen- oder Carbonatverbindungen verkittet, typisch für Raseneisen- und Ortstein sowie Wiesenkalk

koh Kohärentgefüge: Bodenteilchen bilden zusammenhaftende nicht gegliederte Bodenmasse, deren Bestandteile meist durch kolloidale Substanzen allseitig, jedoch unterschiedlich stark verklebt sind, typisch für nicht aggregierte bindige Böden.

Makrogrobggefüge: Es ist normalerweise ein Absonderungsgefüge, das durch Schrumpfvorgänge in ausreichend bindigen Böden entsteht. Die Querachse seiner Gefügeelemente ist im allgemeinen größer als 50 mm und es ist durch feinere Gefügeelemente mehr oder weniger stark aufgeteilt. Folgende Typen treten auf: Rissgefüge (ris), Säulengefüge (sau), Schichtgefüge (shi).

Makrofeingefüge: kann als Absonderungs- oder als Aufbaugesfüge vorkommen. In der Regel ist die Querachse der Gefügeelemente kleiner als 50 mm. Zu ihm zählen: Krümel (kru)-Subpolyeder (sub)-Polyeder (pol)- Prismen (pri)- und Plattengefüge (pla).

Gefügefragmente: Diese Fragmente sind künstlich und entstehen durch mechanische Zerlegung des Bodens. Ihre Form ist unregelmäßig mit rauen Bruchflächen. Sie werden nach ihrer Größe in Bröckel bro < 50 mm und Klumpen klu >50 mm gegliedert.

Tab. 5.3.7-1: **Verfestigungsgrad des Bodens (nach AG BODEN, 1994)**

Verhalten des Bodenmonolithen bei der Fallprobe	Bezeichnung	Kurzzeichen
zerfällt schon bei der Entnahme	sehr lose (sehr schwach verfestigt)	Vf 1
Zerfällt beim Aufprall in zahlreiche Bruchstücke oder in seine Einzelstücke	lose (schwach verfestigt)	Vf 2
zerfällt beim Aufprall in wenige Bruchstücke, die von Hand weiter aufgeteilt werden können	mittel (mittel verfestigt)	Vf 3
zerfällt beim Aufprall in wenige Bruchstücke, die von Hand nicht oder nur schwer weiter aufgeteilt werden können	fest (stark verfestigt)	Vf 4
zerfällt beim Aufprall kaum	sehr fest (sehr stark verfestigt)	Vf 5

Kru Krümelgefüge – als biogenes Aufbaugesfüge- besteht aus mehr oder weniger rundlichen Aggregaten zusammengeballter Bodenteilchen mit sehr rauer Oberfläche. Porosität und Stabilität der Krümel können sehr unterschiedlich sein. Krümel treten vorwiegend in Ah-Horizonten auf.

sub Subpolyederggefüge bestehet aus Aggregaten mit stumpfen Kanten und etwa gleichen Achsenlängen, die durch mehrere unregelmäßige, meist raue Flächen begrenzt sind. Die Aggregate sind überwiegend porös. Tonhäutchen auf den Oberflächen fehlen oder sind nur sehr schwach ausgebildet. Es ist charakteristisch für Bv-Horizonte.

pol Polyederggefüge besteht aus unterschiedlich porösen Aggregaten, die durch mehrere unregelmäßige Flächen begrenzt sind. überwiegend scharfe Kanten, etwa gleiche Achsenlängen und gelegentlich Tonhäutchen besitzen. Ein Gefüge mit besonders großen Polyedern ($\varnothing > 50$ mm) wird auch als Blockgefüge bezeichnet. Bei schlechter Ausprägung der Polyeder wird das Gefüge den Subpolyeder zugeordnet [AG BODEN 1994].

5.3.9. Durchwurzelung

Als Durchwurzelung bezeichnet man die beobachtete (tatsächliche) Durchwurzelungstiefe und die Durchwurzelungsintensität. Die Durchwurzelungsintensität wird als mittlere Anzahl der Feinwurzeln pro dm² verstanden. Zu den Feinwurzeln gehören Wurzeln mit einem Durchmesser < 2 mm. Man bestimmt sie an einer leicht aufgerauhten Profilwand anhand der Tabelle 5.3.9-1.

Tab. 5.3.9-1: Einstufung der Durchwurzelungsintensität (nach AG Boden, 1994)

Kurzzeichen	Bezeichnung	Feinwurzeln /dm ²
W0	keine Wurzeln	0
W1	sehr schwach	1-2
W2	schwach	3-5
W3	mittel	6-10
W4	stark	11-20
W5	sehr stark	21-50
W6	extrem stark bis Wurzelfilz	> 50

6. Methoden und Materialien

6.1. Materialien

6.1.1. Standortbeschreibung

Da die Standorte während der Vorauswahlphase bereits ausführlich beschrieben wurden [PAULUS ET AL., 1997, BARTEL & QUACK, 2000], wird an dieser Stelle nur auf die genannte Literatur verwiesen.

6.1.2. Profil Standortkarte

Siehe Anhang

6.1.3. Methoden

6.1.3.1. Bodenprofilaufnahme

Die Profilaufnahmen erfolgten an folgenden Probenahmestandorten:

Probenahmegebiet (PNG)	Gebietsausschnitt (GA)	Probenahmefläche (PNF)
BR/NP Berchtesgaden	WEG Wimbachtal	Wimbachtal
NP Bayerischer Wald	WEG Markungsgraben	Forellenbuchet
NP Harz	Oberes Ilseeinzugsgebiet	Naturdenkmal "Stempelsbuche"
Solling	Sievershausen	Friedrichshäuser Bruch
BR Pfälzerwald	WEG Moosbachtal	Edersberg
Oberbayerisches Tertiärhügelland	Scheyern	Großpalmberg
Bornhöveder Seengebiet	WEG Belauer See	BDF 24
Saarländischer Verdichtungsraum	Saartal	Saarbrücken-Staden
Saarländischer Verdichtungsraum	Warndt	Warndt 2
Saarländischer Verdichtungsraum	Saarkohlewald	Oberes Steinbachtal
Dübener Heide	Transekt Halle-Leipzig	Leipzig, Rosental
Dübener Heide	Dübener Heide Mitte	Revier Lutherstein

Die Profilaufnahmen wurden im Zeitraum von März bis Juni 2002 durchgeführt, wobei jeweils eine Vorsondierung mittels Bohrstock erfolgte. Dadurch konnte der optimale Standort für die Profilaufnahme ermittelt und die Repräsentativität des Profils für die Fläche eingeschätzt werden. Die Profilaufnahme wurde mit einem Sicherheitsabstand von ca. 5 m zur jeweiligen Probenahmefläche durchgeführt, um Störungen der Fläche auszuschließen. Das Material wurde beim Ausheben der Profilgrube horizontweise abgelagert und nach der Profilsprache und –beprobung wieder horizontweise verfüllt. Die Profilsprache erfolgte nach KA 4 [AG BODEN, 1994].

Die Probenahmefläche für das Probenahmegebiet „Bornhöveder Seengebiet“ musste neu festgelegt werden, da die alte Fläche wegen Durchforstungsmaßnahmen nicht mehr zur Verfügung stand. Da die Fläche in unmittelbarer Nachbarschaft zu einer Bodendauerbeobachtungsfläche (BDF) liegt, wurde auf eine eigene Profilsprache verzichtet und auf die Daten der BDF zurückgegriffen. Diese Daten wurden vom Schleswig-Holsteinischen Ministerium für Umwelt und Naturschutz zur Verfügung

gestellt. Die Ansprache der BDF fand allerdings bereits 1989 unter der Verwendung der KA 3 [AG Boden, 1982] statt, woraus teilweise unterschiedliche Analysemethoden und Unterschiede in der Profilsprache resultieren.

6.1.3.2. Textur

Die Körnungsanalyse erfolgte nach E DIN ISO 11277 bzw. daraus abgeleiteter SOP V07-065/02.

6.1.3.3. Maximale Wasserhaltekapazität

Die maximale Wasserhaltekapazität (WHK_{max}) wurde bestimmt nach: Biologische Testverfahren für Boden und Bodenmaterial; 2001, Frankfurt a. Main, DECHEMA, S. 13-14.

6.1.3.4. Lagerungsdichte

Die Bestimmung der Lagerungsdichte [g/cm^3] an ungestörten Proben erfolgte nach: DIN ISO 11272: Bestimmung der Trockenrohddichte.

6.1.3.5. pH-Wert

Die pH- Bestimmung im Boden wurde nach DIN ISO 10390 bzw. daraus abgeleiteter SOP V07 – 066/02 durchgeführt.

6.1.3.6. Corg.-Gehalt

Die Kohlenstoffbestimmung erfolgte durch trockene Veraschung und CO_2 -Detektion nach SOP V03-015/1: TOC Bestimmung mit dem Ströhlein C-Mat 5500.

6.1.3.7. Spezifische elektrischen Leitfähigkeit

Die Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit wurde nach DIN ISO 11265 durchgeführt.

6.1.3.8. Gesamtstickstoffgehalt

Die Gesamtstickstoffgehaltsbestimmung wurde nach Kjeldahl mit einer Büchi 321 Destillationseinheit gemessen.

6.1.3.9. Effektive Kationenaustauschkapazität

Die Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität und der austauschbaren Kationen erfolgte nach DIN ISO 11260 unter Verwendung von Bariumchloridlösung.

6.1.3.10. Sesquioxide

Der Gehalt an freien Sesquioxiden wurde nach MEHRA & JACKSON [1960] bestimmt.

6.1.3.11. Ammoniumnitratextraktion

Die Extraktion von verfügbaren Spurenelementen erfolgte nach DIN 19730 mit Ammoniumnitratlösung.

6.1.3.12. Königwasseraufschluss

Die Bestimmung der Gesamtgehalte an Schwermetallen wurde nach DIN 38414/ DEV S7 und DIN ISO 11466 durch Aufschluss mit Königswasser durchgeführt.

6.1.3.13. Tonmineralanalysen

Die Tonmineralanalysen wurden am Lehrstuhl für Bodenkunde der TU-München Weihenstephan durchgeführt.

Aufnahmeverfahren:

Pulveraufnahmen der Tonfraktion wurden zur Bestimmung des Quarzanteils in der Tonfraktion herangezogen. Die Aufnahmebedingungen waren: 2-80° 2 θ , Blende 1°, Step 0.02°, Zählzeit pro Step 5 Sekunden. Der Quarzanteil wird anhand der Peakintensitäten bei 24.3° 2 θ und 31° 2 θ abgeschätzt. Zusätzlich wurde eine Mischungsreihe von Tonmineralen (Smektit, Illit und Kaolinit im Verhältnis 1:1:1) mit jeweils 5%, 15%, 30% und 50% Quarz hergestellt und die Quarzintensitäten mit den Quarzintensitäten der Proben verglichen.

Die Einstufung des Quarzgehaltes erfolgt nach:

Sp	Spuren	
#	sehr gering – gering	5-10 %
##	mittel	10-25 %
###	hoch	25-45 %
####	sehr hoch	45-60 %

Texturpräparate nach Glycerinbelegung wurden für die halbquantitative Tonmineralauswertung geröntgt. Die Aufnahmebedingungen waren: 2-16° 2 θ , Blende ¼°, Step 0.02°, Zählzeit pro Step 5 Sekunden. Die Untergrundlinie der Röntgenscans wurde mit Lorentz- und Polarisationsfaktoren korrigiert, die Peaks mit einem Einzelpeakfit-Program gefittet und die Peakflächen der einzelnen Minerale mit ‚Mineralzeigerfaktoren‘ korrigiert (halbquantitative Auswertung).

Zur Unterscheidung von primären und sekundären Chloriten von aufweitbaren Tonmineralen wurden Texturaufnahmen nach Kaliumbelegung (2-16°2 θ) hergestellt und nach 20°C sowie nach Tempern auf 150°, 400° und 540°C geröntgt.

Beschreibung der Minerale (nach Jasmund & Lagaly, 1993, Moore & Reynolds, 1989 und Heim, 1990):

Aufweitbare Minerale bzw. Minerale mit aufweitbaren Anteilen:

I/S R=1: Regelmäßige Wechsellagerung (R=1) zwischen Illit und Smektit. Die Illitanteile in der Wechsellagerung sind >50%. Durch die regelmäßige Anordnung ergibt sich im Kleinwinkelbereich ein Reflex mit einem d-Wert von ungefähr 27-28 Å . Die 2. Ordnung dieses Peaks erscheint als Schulter

am Illitpeak und liegt zwischen 10 und $10.8^\circ 2\theta$. Bei Kalium-Belegung kontrahiert I/S R=1 zu einer 10 \AA -Struktur, die dem Illit ähnlich ist.

I/S R=0: Unregelmäßige Wechsellagerung (R=0) zwischen Illit und Smektit. Die Illitanteile in der Wechsellagerung liegen zwischen 30 und 50%. Die Peaklage der 1. Ordnung liegt bei ungefähr 5.8 bis $6.0^\circ 2\theta$. Dies entspricht auch der Peaklage eines reinen Lagerstättenmektit. Aber die Peakintensität (Verhältnis Peakhöhe zu Untergrundlinie) sinkt mit zunehmenden Illitanteilen in der Wechsellagerung ab. Erst ab Illitanteilen von 50% verändert sich auch die Peaklage. Ein weiteres Kriterium zur Identifikation dieser Wechsellagerung ist die Lage der 2. Ordnung. Bei einem 'reinen' Smektit liegt die 2. Ordnung bei nahe $12^\circ 2\theta$. Je höher der Illitanteil in der Wechsellagerung, desto näher rückt die 2. Ordnung an die 1. Ordnung von Illit ($=10.3^\circ 2\theta$) heran und ist bei Illitanteilen von $>50\%$ nur als Peakschulter am Illitpeak sichtbar. Bei Kalium-Belegung kontrahiert I/S R=0 zu einer 10 \AA -Struktur, die dem Illit ähnlich ist.

Smektit (Sm): Im eigentlichen Sinne eine I/S-Wechsellagerung mit Illitanteilen von 10-20%. Die Ausprägung der 1. und 2. Ordnung dieses Minerals ist einem reinen Smektit sehr ähnlich. Smektit weitet mit Glycerin auf 18 \AA auf und zeigt eine optimale Peakausprägung sowohl der 1. als auch der 2. Ordnung. Bei Kalium-Belegung kontrahiert Smektit zu einer 10 \AA -Struktur, die dem Illit ähnlich ist.

Vermikulit (Vm): Ein Tonmineral das dem Smektit im Aufbau sehr ähnlich ist, aber eine höhere Schichtladung aufweist. Deshalb weitet Vermikulit bei Glycerin-Belegung nur bis 14 \AA auf. Im Röntgendiagramm läßt sich Vermikulit von den Chloriten nicht unterscheiden. Bei Kalium-Belegung kontrahiert Vermikulit zu einer 10 \AA -Struktur, die dem Illit ähnlich ist, während das Gitter der Chlorite bei 14 \AA bleibt.

Chlorite und sekundäre Chlorite:

I/S R=0 sekundäre Chloritisierung: In den aufweitbaren Smektitschichten werden entsprechend dem Boden-pH Al-Hydroxopolymere eingebaut. Dieser Einbau geht parallel mit der Verwitterung und beginnt bei einem pH < 6 . In Böden mit einem hohen Verwitterungsgrad sind die Al-Hydroxoschichten sehr stabil ausgeprägt und blockieren den Kationenaustausch der Zwischenschichten. Ist die Einlagerung nicht komplett, kann es durch Glycerineinlagerung zur (teilweisen) Expansion kommen (Swelling Chlorit). Auch durch K-Belegung verhindern die Zwischenschichten eine Kontraktion zur 10 \AA -Struktur. Durch Temperatureinfluß wird die Al-Zwischenschicht instabil und die Mineralschichten kontrahieren stufenweise zur 10 \AA -Struktur. Bei 560° bleiben nur die primären Chlorite bei einer 14 \AA -Gitterstruktur.

Chlorit sekundär: Sekundärer Chlorit entsteht während der Verwitterung (Boden-Chlorit). Alle aufweitbaren 2:1 Schichtsilikate wie Smektit und Vermikulit werden bei entsprechenden Boden-pH durch den Einbau von Al-Hydroxopolymeren zu 4-Schichtsilikaten. Eigenschaften und Verhalten siehe oben.

Chlorit primär: Entstanden durch Metamorphose aus Olivin, Augiten und Hornblenden im Gegensatz zu sekundären Chlorit der während der Verwitterung in Böden entsteht. Dieses 4-Schichtsilikat ist sehr stabil und behält bei 560°C seine 14 \AA -Gitterstruktur. Ein Zerfall beginnt erst bei 650°C .

Illit/Chlorit $10\text{-}14 \text{ \AA}$: Wechsellagerung an der Illit und primärer Chlorit beteiligt sind.

Nicht aufweitbarer Tonminerale:

Illit: Dreischichtsilikat mit Kalium in den Zwischenschichten. Typisches Mineral mit 10 \AA -Gitterstruktur (001). Weitet durch Verwitterung nur randlich auf. Werden die Zwischenschichtkationen aufweitbarer Dreischichtsilikate wie Vermikulit, Smektit und ILL/Sm-Minerale mit Kalium ausgetauscht, kontrahieren diese zu einer 10 \AA -Gitterstruktur die identisch mit der 001-Gitterstruktur des Illit ist.

Kaolinit: Zweischichtsilikat das nicht aufweitbar ist.

Wechselagerungen:

Aufgrund des Mineralbestandes und den Verwitterungsbedingungen bilden sich verschiedene Wechselagerungen aus, an denen alle Minerale beteiligt sein können. In den Proben finden sich z.B. Illit-Chlorit-Wechselagerungen die im Kalium Präparat bei 560°C als Peak zwischen Illit (10 Å) und Chlorit (14 Å) sichtbar werden.

7. Ergebnisse

7.1. NP Harz

7.1.1. Felddaten

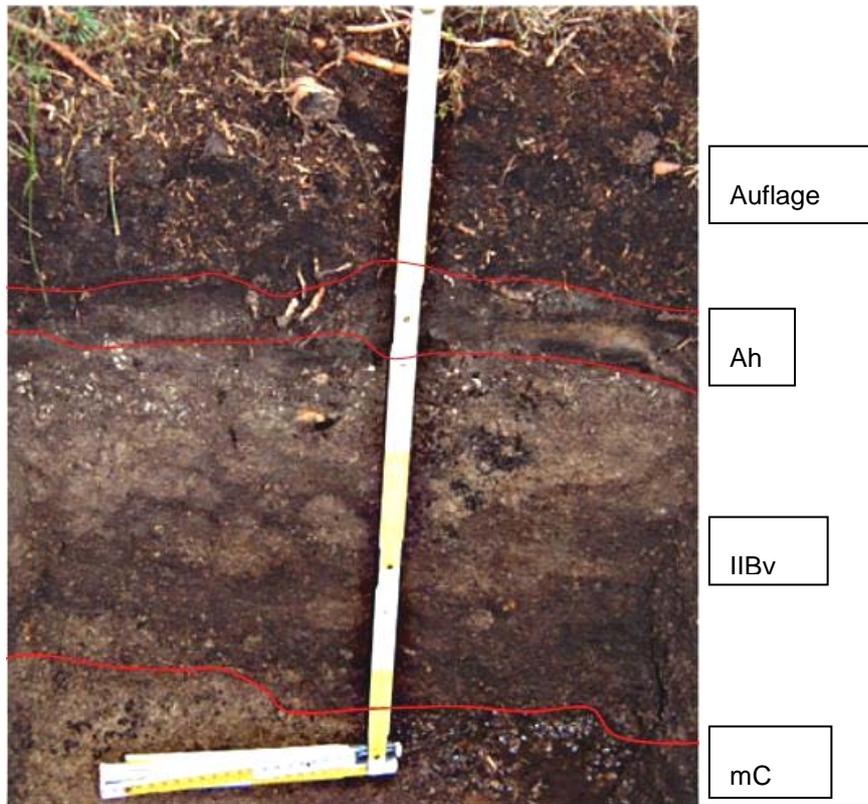


Abb. 7.1.1-1: *Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"; Bodentyp: Braunerde*

Bei dem beschriebenen Bodenprofil handelt es sich um eine Braunerde aus Granitverwitterungsschutt, die im Ah-Horizont leichte Podsolierungserscheinungen aufweist. Im Bv-Horizont tritt ein deutlicher Körnungswechsel mit höheren Sandgehalten auf (Tab. 7.1.2-1), angrenzend an den C-Horizont ist ein Schluffband (U-Band) zu finden. Die beobachteten Körnungswechsel sind ein Hinweis, dass es sich bei dem vorliegenden Material nicht um In-Situ verwittertes Material handelt, sondern durch Wasser oder Turbationen in den Klüften abgelagertes Material. Auffallend ist die 17 cm mächtige Auflage aus Rohhumusartigem Moder, die auf verminderte Abbauraten im Boden hinweist (Tab. 7.1.1-2). Das Profil ist durchgehend feucht bis nass, an der Untergrenze des Bv-Horizontes tritt Stauwasser mit leichten Pseudogleymerkmalen auf (Tab. 7.1.1-3). Das Profil ist – wie alle anderen mit Ausnahme im BR/NP Berchtesgaden – carbonatfrei.

Tab. 7.1.1-1: *Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"*

	Neigung: 2 – 3,5 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 3-7 Stufe: mittel	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: äußerst tief
NN-Höhe: 640 m	Ausgangsgestein: Granit		Vegetation: Fichte, Bärlapp, Weidenröschen, Sauerklee	Nutzungsform: Forst, Nationalpark	
Reliefform: Mittelhang	Exposition: SE		Humusform: Rohhumusartiger Moder		

Tab. 7.1.1-2: *Tiefe, Horizontsymbol und –form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"*

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 17-0	Auflage	sc	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 6	Ah	w,di	feu 4	2,5 Y 3/1	-	-	-	-	Rwu	5
3	- 47	IIBv	w,di	feu 5	7,5 YR 3/2	-	-	-	-	Rwu	1
4	> 47	mC	w,di	feu 5	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.1.1-3: *Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"*

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-	-	-
2	Ah	-	sub	W4	Gr 1	fortgeschrittene Bodenentwicklung nur in Felsklüften
3	IIBv	-	ein/sub	W2	Gr 3-4	-
4	U-Band	-	-	-	-	untere 4 cm stark verfestigt
5	mC	-	-	W0	-	Stauwasser in 40 cm u. GOF

Das beschriebene Profil zeigt nur eine von vielen Bodenausprägungen am Standort, so dass von einem Leitprofil im engeren Sinne nicht gesprochen werden kann. Wie in Anhang A1 abgebildet, ist der Standort in Bezug auf die vorkommenden Bodentypen sehr heterogen. Die vertretenen Bodentypen reichen von Felshumusböden bis zu Braunerden, Pseudogleyen und Podsolen mit zahlreichen Übergangstypen (siehe auch: PAULUS ET AL., 1997). Verursacht wird die hohe Variabilität der Fläche durch einen hohen Anteil an Felsblöcken (ca. 40 % der Fläche). In der Entwicklung weiter fortgeschrittene Bodentypen wie Podsole, Braunerden und Pseudogleye treten nur in Klüften zwischen einzelnen Blöcken auf und zeigen dann meist Übergangsstadien verschiedener Bodentypen, während auf den Blöcken vorwiegend Felshumusböden vorkommen.

7.1.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Neben der Körnung weist auch der C- und N-Gehalt auf eine Materialverlagerung hin, da im Schluffband deutlich höhere C- und N-Gehalte als im übrigen Bv-Horizont festzustellen ist (Tab. 7.1.2-1). Das C/N-Verhältnis der Auflage von 24:1 ist typisch für einen rohumusartigen Moder. Auch bei den übrigen Horizonten liegen die Werte innerhalb der normalen Spannweite für saure Waldböden von etwa 15-25:1. Die pH-Werte liegen zwischen 3,3 und 4,1 (im CaCl₂-Extrakt) (Tab. 7.1.2-2) und damit im stark bis sehr stark sauren Bereich. Der Boden liegt im Bereich der Aluminium- bzw. Eisenpufferung (pH 2,8-4,2 bzw. pH 2,4-3,8). Die Austauscher sind in diesem Bereich bis zu über 90 % mit Aluminium gesättigt und weisen auch ökophysiologisch negative Konzentrationen in der Bodenlösung auf. Typisch ist das Fehlen von Regenwürmern, die sehr säureempfindlich sind. Die hohe Al-Sättigung lässt sich auch aus der KAK_{eff} bzw. der austauschbaren Kationen belegen. Die Basensättigung (siehe 5.2.6) beträgt in den Mineralbodenhorizonten nur ca. 5 % der KAK_{eff}. Die relative hohe KAK_{eff} in der Auflage wird durch den hohen Corg-Gehalt verursacht, während im Unterboden die Werte aufgrund abnehmender Corg-Gehalte und geringem Tonmineralgehalt niedrig sind (Tab. 7.1.2-2). Auffallend niedrig ist der Gehalt an Sesquioxiden, besonders an Eisen. Ursache ist möglicherweise die Verlagerung in tiefere Schichten bzw. die Auswaschung als Fe²⁺.

Tab. 7.1.2-1: *Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"*

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	38,24	1,59	24
2	Ah	1,30	39,27	20,6	69,6	9,8	Uls	4,98	0,27	18
3	IIBv	-	-	42,0	51,9	6,1	Su4	1,79	0,10	18
4	U-Band	-	-	29,6	63,6	6,8	Us	3,82	0,14	27
5	mC	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tab. 7.1.2-2: *pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"*

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	3,9	3,2	3,3	0,25	6,50	1,79	74,34	39,56	288,5	5,40	<BG	5,89
2	Ah	3,9	3,3	3,3	0,06	0,87	0,51	2,73	3,29	100,0	2,50	<BG	1,00
3	IIBv	4,1	3,6	3,6	0,04	0,34	0,07	1,66	1,75	66,6	1,84	<BG	1,12
4	U-Band	4,3	4,1	4,1	0,04	0,45	0,13	1,73	0,57	57,1	9,64	<BG	1,65
5	mC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7.1.3. Schwermetallgehalte

Die Gesamtgehalte an Cr, Cu, Ni und Zn im Königswasserextrakt sind niedrig, für Cd und Pb weist das Profil jedoch die höchsten Gehalte aller untersuchten Standorte auf (Tab. 7.1.3-1). Während die Cd-Gehalte unterhalb der Vorsorgewerte nach BBodSchV liegen, überschreitet der Pb-Gehalt im Ah-Horizont den Vorsorgewert von 70 mg/kg deutlich. Noch deutlich höhere Werte treten in der Auflage auf. Während die erhöhten Werte im Ah-Horizont vorwiegend geogen bedingt sind, muss für die Auflage von einer anthropogenen Belastung ausgegangen werden.

Die Cd- und Pb-Konzentrationen im NH_4NO_3 -Extrakt sind ebenfalls hoch und überschreiten bei Cd den Maßnahmewert für Ackerbau nach BBodSchV um das zwei- bzw. sechsfache im Oberboden bzw. in der Auflage (Tab. 7.1.3-2). In der Folge kann dies zu erhöhten Cd- und Pb-Aufnahmen in die Pflanzen und auch zu einer erhöhten Auswaschungsgefahr führen. Cd zeigt, in Bezug auf die Gesamtgehalte, die höchste Mobilität. Ca. 40 % des Gesamt-Cd ist NH_4NO_3 löslich, gefolgt von Pb und Ni mit ca. 5-10 %. Die übrigen Elemente zeigen nur eine geringe Mobilität. Die Unterschiede lassen sich v.a. durch einen pH-Effekt erklären, da die Mobilität der Schwermetalle mit sinkendem pH unterschiedlich stark zunimmt (z.B. HERMS & BRÜMMER, 1980).

Tab. 7.1.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	7	28	5	589	74	1,622
2	Ah	7	5	3	191	15	0,608
3	IIBv	9	3	4	68	26	0,182
4	U-Band	16	7	13	31	73	0,527
5	mC	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.1.3-2: NH_4NO_3 Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,072	0,301	0,592	0,088	0,221	*	0,660	0,053	26,139
2	Ah	0,019	0,037	0,169	*	0,028	0,029	0,234	0,035	19,542
3	IIBv	0,014	0,011	0,094	*	0,020	0,026	0,077	0,031	9,862
4	U-Band	0,012	0,014	0,062	*	0,016	0,034	0,064	0,026	0,733
5	mC	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* < BG

7.1.4. Tonmineralverteilung

Das dominante Mineral im Ah-Horizont ist ein optimal aufweitbarer Smektit (Tab. 7.1.4-1). Die Peakausprägung und die Lage der 2. Ordnung ergeben einen Illitanteil im Smektit von 10-20%. Es liegt bei Kalium-Belegung eine gute Kontraktion vor. Reste von sekundärem Chlorit bewirken eine vollständige Kontraktion erst bei 400°C.

Im Bv-Horizont sinkt der Anteil aufweitbarer Minerale ab. In der I/S-Wechselagerung nehmen die Illitanteile zu. Die Kontraktion nach Kalium-Belegung verläuft nicht so gut wie im Ah-Horizont, obwohl auch bei 400°C eine nahezu vollständige Kontraktion erreicht wird.

Von den Tonmineralen im Schluffband liegt nur eine Pulveraufnahme vor. Die Peaks im Glycerinpräparat ergaben eine schlechte Qualität und konnten nicht ausgewertet werden. Die Peaks im Pulverdiagramm zeigen folgende Minerale: Hauptanteil Illit, geringe Anteile von Kaolinit und 14 Å-Minerae.

Tab. 7.1.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil NP Harz, Oberes Ilseeinzugsgebiet, Naturdenkmal "Stempelsbuche"

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=0 10-20% ILL	I/S R=0 teils chlor.	I/S R=0 chloritisiert	Chlorit sekundär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage								
2	Ah	48	-	3	4	2	35	8	##
3	IIBv	-	16	10	9	-	41	24	##-(###)
4	U-Band	-	-	-	-	-	-	-	###
5	mC	-	-	-	-	-	-	-	-

7.2. NP Bayerischer Wald

7.2.1. Felddaten

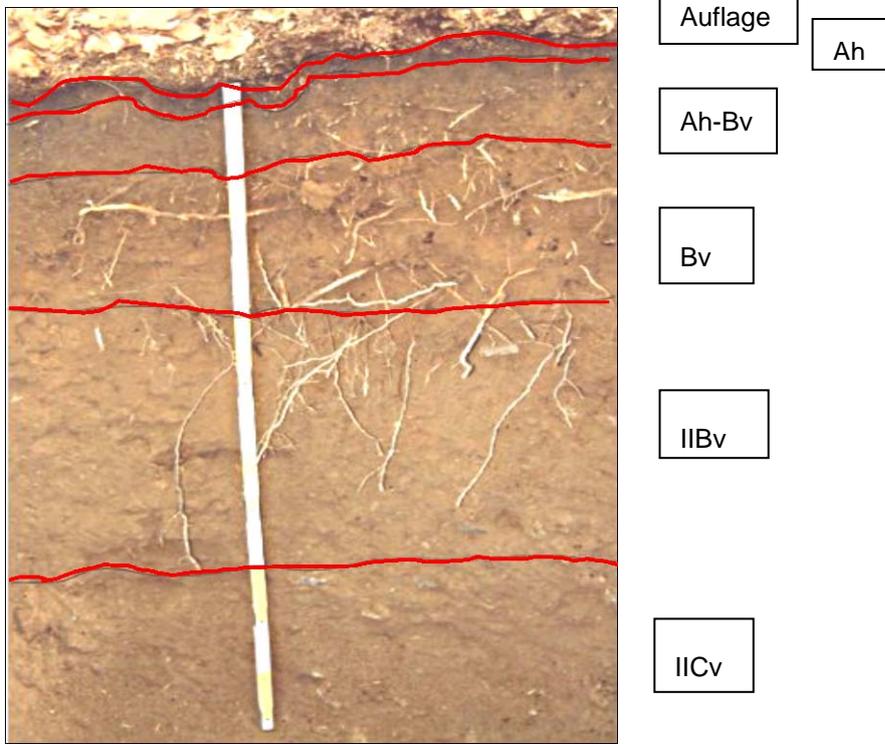


Abb.: 7.2.1-1: Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbucht, Bodentyp: Braunerde

Für das PNG NP Bayerischer Wald musste eine neue PNF festgelegt werden, da die ursprüngliche vorgesehene Fläche in einer Höhenlage unter Fichten aufgrund der großflächig abgestorbenen Bestände nicht mehr beprobt werden konnte. Die vorhandene Ausweichfläche zeigte sich wegen ihres hohen Anteil an großen Felsblöcken und einer dadurch bedingten Inhomogenität der Bodentypen ebenfalls als nur begrenzt geeignet. Die neu festgelegte Fläche weist nur einen geringen Anteil an Blöcken auf und liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zu einer Fläche des Integrierten Monitorings (IM), so dass ein Datenaustausch zwischen beiden Projekten möglich ist.

In der neu festgelegten Fläche dominieren Braunerden (Anhang A-2) aus Granit-Verwitterungsschutt. Die Homogenität ist deutlich höher als am Standort Stempelsbuche im NP Harz. Das beschriebene Profil (Abb. 7.2.1-1) weist nur eine geringe Mächtigkeit der Auflage auf, ein Hinweis auf gute Abbaubedingungen für das Streumaterial. Die Ah-Horizonte sind ebenfalls nur geringmächtig, häufig ist jedoch ein AhBv-Übergangshorizont festzustellen (Abb. 7.2.1-1, Tab. 7.2.1-2). Der Bv-Horizont ist durch einen Substratwechsel unterteilt. Generell nimmt in der Tiefe der Sandgehalt zu. Das gesamte Profil ist nur locker gelagert, der Verfestigungsgrad ist gering. Auffallend ist die intensive Durchwurzelung bis in den Bv-Horizont. Der Boden kann als gut durchlüftet bezeichnet werden, die nutzbare Feldkapazität ist jedoch aufgrund des zunehmenden Sandgehaltes im Unterboden nur gering, was das Wachstum aber wegen der hohen Niederschläge jedoch nicht beeinträchtigen dürfte.

Tab. 7.2.1-1: Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbucht

	Neigung: 18 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 7-12 Stufe: tief	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 1000 m	Ausgangsgestein: Granit, Gneis		Vegetation: Buche, Fichte, Veilchen, Farn		Nutzungsform: Forst, Nationalpark
Reliefform: Mittlerer-Oberhang	Exposition: SWS		Humusform: Mullartiger Moder		

Tab. 7.2.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und –form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbucht

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 2-0	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 4	Ah	w,di	feu 3	-	-	-	-	-	-	-
3	- 13	Ah-Bv	w,di	feu 3	-	-	-	-	-	-	-
4	- 30	Bv	w,di	feu 4	-	-	-	-	-	-	-
5	- 70	IIBv	w, di	feu 4	-	-	-	-	-	-	-
6	> 70	IICv	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.2.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbucht

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-	-	-
2	Ah	Vf2	ein	W5	-	Grobwurzeln
3	Ah-Bv	Vf2	sub-ein	W5	-	Grobwurzeln
4	Bv	Vf1	sub-fra (Bröckel)	W5	-	Grobwurzeln
5	IIBv	Vf1	fra (Bröckel)	W2	-	-
6	IICv	-	kru	W1	-	-

7.2.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Im Profil nimmt mit zunehmender Tiefe der Sandgehalt zu, während der Schluff- und v. a. der Tongehalt abnehmen. Ein deutlicher Körnungssprung tritt zwischen Bv- und IIBv-Horizont mit einem starken Rückgang des Tongehaltes auf. Die Corg-Gehalte in den Mineralbodenhorizonten sind hoch, bemerkenswert sind besonders die hohen Gehalte im Bv-Horizont, die sich mit der guten Durchwurzelung dieses Horizontes und einer Humusverlagerung begründen lassen. Im IIBv tritt ein erheblicher Rückgang von Corg auf. Die C/N-Verhältnisse von etwa 15-25:1 sind typisch für vorliegende Form einer sauren Braunerde. Die pH-Werte sind mit 3,2 bis 4,5 (CaCl₂) ähnlich niedrig wie im Probenahmegebiet NP Harz und befinden sich ebenfalls im Al/Al-Fe-Pufferbereich mit den bereits zuvor beschriebenen Folgen für Austauscherbelegung und Regenwurmbesatz. Die KAK_{eff} nimmt mit der Tiefe aufgrund des Rückganges von Corg und des Tongehaltes ab, dies Basensättigung beträgt im Mineralboden in allen Horizonten weniger als 10 %. Der Gehalt an Eisenoxiden ist in den oberen drei Mineralbodenhorizonten nahezu gleich und nimmt wegen des geringen Tongehaltes im IIBv und IICv deutlich ab. Die relativ hohen Al-Gehalte im Bv sind

möglicherweise auf die Verlagerung von Al aus den oberen Horizonten zurückzuführen. Die dort vorherrschenden niedrigen pH-Werte führen zu einer erhöhten Al-Mobilität und Verlagerung in tiefere Horizonte in denen sie bei höheren pH-Werten wieder festgelegt werden.

Tab. 7.2.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbucht

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage		-					42,19	1,79	24
2	Ah	-	-	35,3	40,8	23,9	Ls 2	15,31	0,90	17
3	Ah-Bv	-	-	47,7	34,2	18,0	Ls 3	6,91	0,36	19
4	Bv	-	-	48,6	37,4	14,0	Sl 4	7,08	0,27	26
5	IIbV	-	-	61,6	33,7	4,7	Su 3	1,20	0,07	17
6	IIcV	-	-	75,3	21,9	2,8	Su 2	0,76	0,04	22

Tab. 7.2.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbucht

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	4,2	3,1	3,2	0,35	18,89	0,32	75,20	18,68	118,9	1,03	0,19	1,14
2	Ah	4,2	3,5	3,5	0,14	5,18	0,85	2,44	3,46	126,4	6,82	0,64	16,08
3	Ah-Bv	4,5	4,0	4,0	0,04	0,81	*	1,09	0,65	69,0	8,26	0,49	19,93
4	Bv	4,7	4,2	4,2	0,03	0,23	*	1,10	0,35	62,5	12,64	0,18	18,93
5	IIbV	4,8	4,3	4,4	0,01	*	*	0,16	0,01	40,5	6,83	0,11	5,84
6	IIcV	4,6	4,4	4,5	0,01	*	*	0,14	0,04	34,6	4,07	0,13	3,11

* < BG

7.2.3. Schwermetallgehalte

Die Gesamtgehalte für Cu, Ni und Cd liegen unterhalb der Vorsorgewerte nach BBodSchV, wobei die Cd-Gehalte in den oberen Horizonten leicht erhöht sind. Im Ah-Horizont überschreitet Pb den Vorsorgewert von 70 mg/kg. Die erhöhten Cd- und Pb-Gehalte in den oberen Horizonten sind möglicherweise anthropogen begründet. Die Cr- und Zn-Konzentrationen erreichen im Unterboden die Vorsorgewerte. Dies ist jedoch nicht durch eine Kontamination begründet, sondern geogen verursacht.

Im NH₄NO₃-Extrakt zeigt wiederum Cd mit ca. 40 % in Bezug auf die Gesamtgehalte die höchste Mobilität in der Auflage. Die Mobilität nimmt allerdings in die Tiefe stark ab, da die pH-Werte in den unteren Horizonten etwas höher liegen. Ein ähnliches Verhalten, wenn auch nicht so ausgeprägt, zeigt Ni, während die übrigen Schwermetalle nur geringe Konzentrationen im NH₄NO₃-Extrakt zeigen und der Anteil nur ca. 1-2 % bezogen auf die Gesamtgehalte beträgt.

Tab. 7.2.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbuchet

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	5	10	5	78	48	0,443
2	Ah	24	19	9	120	58	0,528
3	Ah-Bv	29	12	8	46	55	0,411
4	Bv	33	7	7	23	49	0,189
5	IIBv	58	10	16	13	74	0,086
6	IICv	53	9	12	10	58	0,077

Tab. 7.2.3-2: NH₄NO₃ Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbuchet

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,062	0,332	0,878	*	0,046	*	0,199	0,037	1,640
2	Ah	0,059	0,475	0,978	*	0,040	0,040	0,134	0,033	4,017
3	Ah-Bv	0,022	0,060	0,157	*	0,006	*	0,052	0,031	0,190
4	Bv	0,021	0,022	0,074	*	0,002	*	0,025	0,021	0,099
5	IIBv	0,031	0,011	0,017	*	*	*	0,006	0,015	0,082
6	IICv	0,022	0,008	0,011	*	*	*	0,004	0,009	0,067

* < BG

7.2.4. Tonmineralverteilung

Die Tonmineralogie des Profiles Bayerischer Wald ist von sekundärer Chloritisierung geprägt. Nur im Ah-Horizont werden die Smektitsschichten der Ill/Sm-Wechselagerungen aufgeweitet (Swelling Chlorit). Dies liegt an der Wirkung der organischen Substanz, die die Al-Konzentration in der Bodenlösung durch Komplexbildung niedrig hält und somit eine unvollständige Belegung der Zwischenschicht mit Al-Hydroxopolymeren bewirkt. Die Aufweitung erfolgt aber nicht vollständig. Die Expansion der Ill/Sm-Wechselagerung (R=0) erreicht 16,8 Å gegenüber 18 Å eines Smektitss, der nicht chloritisiert ist. Schon im AhBv-Horizont ist die Chloritisierung so komplett und stabil, dass die Aufweitung nur noch bis 15,5 Å erfolgt. Diese Mineralphasen kann man als stark chloritisierte Ill/Sm-Wechselagerung (R=0) bezeichnen. Im Bv-Horizont können keine aufweitbaren Mineralanteile (Swelling Chlorit) festgestellt werden. Hier dominiert bereits die 14 Å-Phase des sekundären Chlorits mit einem Anteil von 60%. Im II Bv und IICv-Horizont sind höhere Illitanteile vorhanden als in den oberen 3. Horizonten. Außerdem liegt eine Mineralphase vor mit einem Peak zwischen 8°2θ und 9°2θ, der auch in den Pulveraufnahmen der Probe IIBv und IICv sehr deutlich sichtbar ist. Es handelt sich um eine Wechselagerung zwischen Illit und Chlorit oder Illit und chloritisierten Smektitsschichten (Ill/Sm R=1). Dies ist die beginnende Illit-Verwitterung, die über das Stadium Ill/Sm R=1 verläuft und unter den Bedingungen eines pH-Wertes unter 6 in die Smektit-Schichten Al-Hydroxopolymere einlagert.

Die K-Kontraktion zeigt in diesem Profil folgendes Bild: Eine relativ gute Kontraktion der 14 Å bis 17 Å-Mineralen erfolgt nur im Ah-Horizont. Hier liegt bei 150°C bereits eine sehr gute Kontraktion zu 10 Å vor. Dies liegt an der nur zum Teil erfolgten Chloritisierung im Ah-Horizont. Im AhBv und Bv-Horizont liegt bis 150°C nahezu keine Kontraktion vor und lässt auf eine stabile und vollständige Chloritisierung schließen. Auch bei 560°C liegt noch keine vollständige 10 Å-Struktur vor. Ähnlich verhalten sich die chloritisierten Mineralphasen in den IIBv und IICv-Horizont. Im IIBv und IICv sind höhere Anteile an Primären Chlorit vorhanden.

Tab. 7.2.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil NP Bayerischer Wald, WEG Markungsgraben, Forellenbuchet

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=1	I/S R=0 teils chlor.	I/S R=0 chloritisiert	Chlorit sekundär	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage									
2	Ah	5	42	5	11	Sp	5	16	16	#
3	Ah-Bv			13	43	Sp	13	11	20	#
4	Bv				60	Sp	10	5	25	##
5	IIBv				26	5	22	27	20	##
6	IICv				20	5	16	44	15	## - (###)

7.3. BR/NP Berchtesgaden

7.3.1. Felddaten

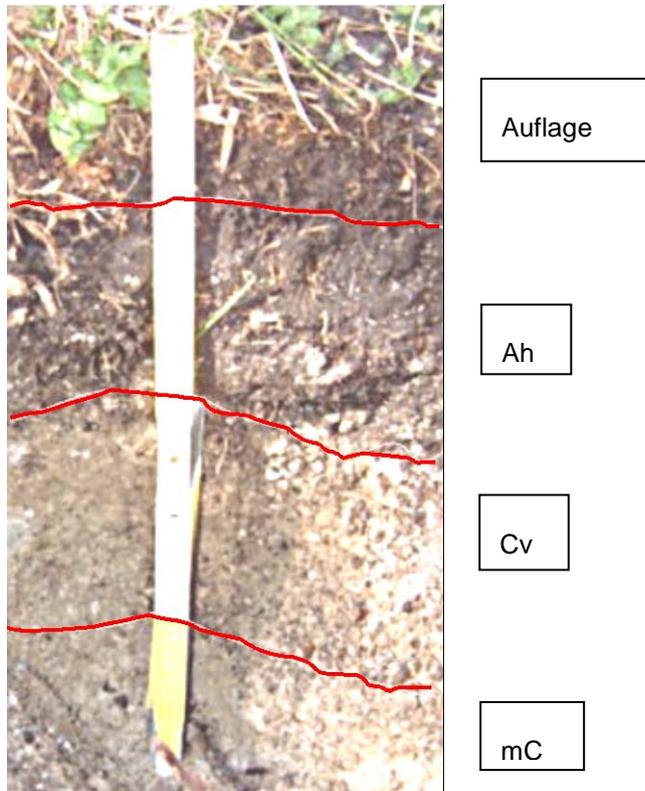


Abb. 7.3.1-1: Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal; Bodentyp: Rendzina

Der Standort Wimbachtal im BR/NP Berchtesgaden, GA Wimbachtal ist die höchstgelegene PNF (1100 m). Ausgangssubstrat für die Bodenbildung ist Schuttmaterial aus Ramsadolomit. Bei den sich daraus entwickelnden Böden handelt es sich überwiegend um Rendzinen, in Bereichen mit stärkerer Akkumulation von Feinmaterial auch Braunerden bzw. Übergangsformen zwischen beiden Bodentypen (Anhang A-3).

Bei dem abgebildeten Profil handelt es sich um eine typische Rendzina aus Dolomitverwitterungsschutt. Einer nur schwach entwickelten Auflage folgt ein relativ mächtiger Ah-Horizont sowie ein grusiger, aber grabbarer Cv-Horizont. Der darunterliegende mC-Horizont war teilweise stark verfestigt. Im Feinsubstrat des Cv- bzw. mC-Horizontes waren Bleichungen und Fe-Anreicherungen festzustellen, ein Hinweis auf, zumindest zeitweise, vorliegende Staunässe (Tab. 7.3.1-2). Die Durchwurzelung im Ah war sehr stark, aber auch im Cv fand sich noch ein hoher Wurzelgehalt (Tab. 7.3.2-3). Ursache dafür ist eine relativ starke Anreicherung von Feinmaterial, das in Zwischenräumen des grusigen Ausgangsmaterials abgelagert ist. Im C-Horizont war nur ein schwaches Aufbrausen beim Test auf Carbonat festzustellen, da das Ausgangsmaterial überwiegend aus Dolomit besteht.

Tab. 7.3.1-1: *Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal*

	Neigung: 5 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 2,2 Stufe: flach	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 1100 m	Ausgangsgestein: Dolomit		Vegetation: Heide, Heidelbeere, Hahnenfuß, Veilchen, Fichte, Schwarzkiefer		Nutzungsform: Forst, Nationalpark
Reliefform: Hang	Exposition: NE		Humusform: F - Mull		

Tab. 7.3.1-2: *Tiefe, Horizontsymbol und –form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal*

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 3-0	Auflage	k	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 10	Ah	w	feu 3	-	-	-	-	-	-	-
3	- 22	Cv	w	feu 3	-	ed, eh	20	-	20	-	-
4	> 22	mC	w	feu 4	-	ed, eh	25	-	30	-	-

Tab. 7.3.1-3: *Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal*

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-	-	-
2	Ah	Vf3	kru	W5	-	-
3	Cv	Vf1	ein	W3	-	-
4	mC	Vf1/Vf5	ein	-	-	Dolomitblöcke mit Feinmaterial

7.3.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Zwischen Ah- und Cv-Horizont tritt ein deutlicher Körnungswechsel auf. Das Material im Ah ist nahezu reiner Schluff mit nur geringen Sand- und Tonbeimengungen, während im Cv der Sandanteil über 40 % beträgt (Tab. 7.3.2-1). Auffallend hoch ist der Corg-Gehalt im Ah, auch im Cv ist der Gehalt an organischem Kohlenstoff verhältnismäßig hoch, was auf eingeschwemmtes humoses Material hindeutet. Am Probenahmeort Wimbachtal treten, aufgrund des Ausgangsmaterials, die höchsten pH-Werte aller Standorte auf. Während die Auflage mäßig sauer ist, liegen der Ah- und der Cv-Horizont bereits im basischen Bereich (bei CaCl₂). Aufgrund des hohen Corg- und Schluffgehaltes weist der Ah-Horizont die höchste KAK_{eff} aller Standorte auf, auch in der Auflage ist die KAK_{eff} als hoch zu bezeichnen. Die Basensättigung beträgt rechnerisch über 100 %, was durch die hohen Gehalte an austauschbarem Ca und Mg erklärt werden kann. Die ermittelten Werte sind sicher zu hoch, da bei dem zur Bestimmung der KAK_{eff} und austauschbaren Kationen verwendeten Verfahren auch Ca und Mg aus mineralischen Formen gelöst werden kann und damit der Anteil an austauschbaren Kationen überschätzt wird. Der Gehalt an Sesquioxiden im Cv ist gering, da diese erst bei der weiteren Verwitterung des Horizontes gebildet werden.

Tab. 7.3.2-1: Bodendichte [g/cm^3], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	37,20	1,37	24
2	Ah	-	-	4,1	88,1	7,8	Uu	19,75	1,00	20
3	Cv	-	-	43,0	54,6	2,4	Us	1,27	0,04	32

Tab. 7.3.2-2: pH-Wert (H_2O , KCl, CaCl_2), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK_{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H_2O	KCl	CaCl_2		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	5,2	5,1	5,2	0,57	24,24	0,15	504,59	212,56	246,1	0,86	0,11	3,75
2	Ah	5,7	6,0	7,0	0,17	3,04	0,04	571,03	242,20	463,0	2,01	0,15	7,71
3	Cv	6,2	6,8	7,3	0,09	0,12	*	38,73	15,23	59,8	0,19	0,97	*

* < BG

7.3.3. Schwermetalle

Die Gesamtgehalte an Cr, Cu und Ni sind gering und liegen teilweise unter der Bestimmungsgrenze. Relativ hoch sind hingegen die Gehalte an Pb, Zn und Cd, die im Ah-Horizont teilweise die Vorsorgewerte nach BBodSchV überschreiten. Dabei ist unklar ob es sich um anthropogene oder um eine geogene Belastung handelt. Allerdings zeigen Ergebnisse des Moosmonitorings (BARTEL & QUACK, 2000) ebenfalls erhöhte Pb, Zn und Cd-Konzentration, obwohl der Standort weitab von Industrie- und Ballungsräumen liegt.

Die Konzentrationen mobiler (NH_4NO_3 -löslicher) Schwermetalle sind dagegen in allen Horizonten sehr niedrig, da die relativ hohen pH-Werte zu einer Immobilisierung führen. Besonders deutlich ist dies beim Cd, das bei sauren Standorten einen NH_4NO_3 -löslichen Anteil über 40 % aufweist, während am Probenahmeort Wimbachtal der Anteil unter 5 % liegt.

Tab. 7.3.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	11	8	5	97	105	1,501
2	Ah	21	10	9	154	143	2,293
3	Cv	*	*	1	*	15	0,285

* < BG

Tab. 7.3.3-2: NH_4NO_3 Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,057	0,086	0,077	0,043	0,151	*	0,071	0,012	0,372
2	Ah	0,012	0,004	0,018	*	0,059	0,046	0,009	0,004	0,051
3	Cv	0,017	0,002	0,006	*	0,004	*	0,002	0,001	0,045

* < BG

7.3.4. Tonmineralverteilung

Die aufweitbaren Mineralanteile im Ah-Horizont sind sehr gut expandierbar. Aufgrund der Peakausprägung des ILL/Sm R=0 sowohl der 1. Ordnung bei $6^\circ 2\theta$, als auch der 2. Ordnung bei $11.5^\circ 2\theta$ lassen auf ILL/Sm R=0 mit Illitanteilen in der Wechsellagerung von 10-20% schließen. Die Kontrahierbarkeit ist relativ gut. Chloritisierte Schichten liegen nicht vor. An Wechsellagerungen ist noch eine ILL/Sm R=1 Mineralphase zu nennen, die eine beginnende Illitverwitterung anzeigt.

Im extremen carbonathaltigen Cv-Horizont konnte keine Tonfraktion gewonnen werden. Hier wurde durch HCl-Behandlung der carbonatfreie Lösungsrückstand (LR) erzeugt. In der Tonfraktion des Lösungsrückstandes sind nahezu die gleichen Minerale enthalten wie in der Tonfraktion des Ah-Horizontes. Die Ill/Sm R=0 Wechsellagerung hat aufgrund der Peakausprägung und der Peaklage der 1. und 2. Ordnung höhere Illitanteile (30-50%) innerhalb der Wechsellagerung. Die Kontrahierbarkeit der aufweitbaren Minerale ist sehr gut und verläuft schneller als im Ah-Horizont.

Tab. 7.3.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil BR/NP Berchtesgaden, WEG Wimbachtal, Wimbachtal

Nr.	Horizont Symbol	ILL/Sm R=1	I/S R=0 10-20% ILL	I/S R=0 30-50% ILL	Vermikulit	Chlorit primär	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Ah	5	52	-	11	3	24	5	#
3	Cv (LR)	3	-	36	16	3	36	6	#

7.4. Solling

7.4.1. Felddaten

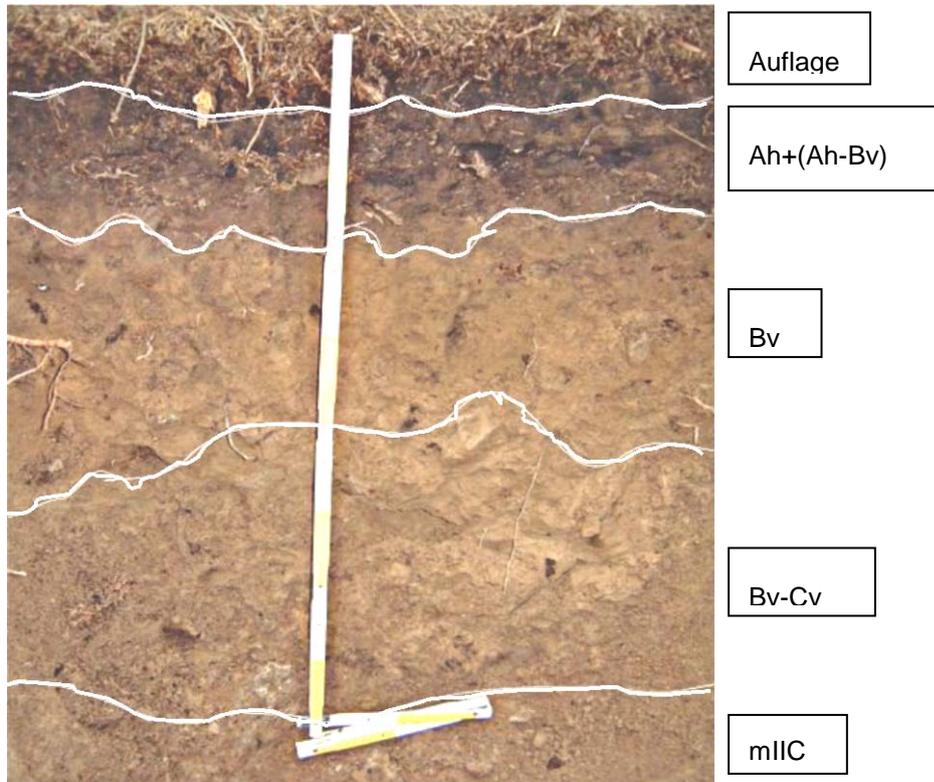


Abb. 7.4.1-1: Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch; Bodentyp: Braunerde

An der PNF Friedrichshäuser Bruch im Solling (GA Sievershausen) ist der dominierende Bodentyp eine Braunerde, die zum Teil Merkmale von Pseudovergleyung aufweist (Anhang A-4). Beim Ausgangsmaterial der Bodenbildung handelt es sich um eine geringmächtige Lößlehmmaulage über Bundsandstein (Tab. 7.4.1-1).

Die Moderförmige Auflage erreicht mit ca. 5 cm nur eine geringe Mächtigkeit. Der Ah ist ebenfalls nur geringmächtig (wenige cm) und geht über einen AhBv fließend in den Bv-Horizont über (Tab. 7.4.1-2). Im mIIC-Horizont tritt der meist unverwitterte Sandstein auf. Der Anteil an Hohlräumen ist gering und beschränkt sich auf Wurzelröhren. Das Profil zeigt durchgehend einen mittleren Verfestigungsgrad, die Durchwurzelungsintensität ist schwach bis sehr schwach. Mit zunehmender Tiefe erhöht sich der Skelettanteil und die Größe der Steine nimmt zu (Tab. 7.4.1-3).

Tab. 7.4.1-1: Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch

	Neigung: < 2 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 7,5 Stufe: tief	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 507,5 m		Ausgangsgestein: Sandstein, Lößlehmmaulage	Vegetation: Fichte, Eberesche, Farn, Bärlapp, Heidelbeere, Gräser	Nutzungsform: Forst	
Reliefform: Ebene		Exposition: S	Humusform: Moder		

Tab. 7.4.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsel	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 5-0	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0-14	Ah+(Ah-Bv)	w,di	feu 2	-	-	-	-	-	Rwu	2-3
3	- 35	Bv	w,di	feu 2	-	-	-	-	-	Rwu	2
4	- 75	Bv-Cv	w,di	feu 2	-	-	-	-	-	Rwu	1-2
5	> 75	m IIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.4.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-		-
2	Ah+(Ah-Bv)	Vf3	sub	W2	Gr 1	-
3	Bv	Vf3	sub	W1	X2 / Gr 2	-
4	Bv-Cv	Vf3	pol	W1	X4 / Gr 4	-
5	m IIC	-	-	-	X5	-

7.4.2. Bodenchemische und -physikalische Charakterisierung

Die Lagerungsdichte ist im Ah- und Bv-Horizont nur gering. Der Schluffgehalt ist mit 75 % im Ah am höchsten und nimmt bis in den BvCv nur wenig ab zugunsten eines leicht ansteigenden Sandgehaltes. Die Corg-Gehalte im Ah und Bv sind relativ hoch, das C/N-Verhältnis nimmt von der Auflage zum Unterboden hin ständig ab (Tab. 7.4.2-1). Die pH-Werte in der Auflage und im Ah sind sehr niedrig und steigen im Unterboden nur wenig an (Tab. 7.4.2-2). Die Werte befinden sich generell im Aluminium- bzw. Eisenpufferbereich. Die KAK_{eff} im Ah ist eher gering und nimmt in den folgenden Horizonten weiter ab. Die Basensättigung ist aufgrund der niedrigen pH-Werte mit weniger als 10 % ebenfalls nur gering. Der Al-Gehalt nimmt in den Unterboden hin zu, ein Hinweis auf eine Verlagerung von Al-Ionen aufgrund des niedrigen pH. Die Eisen-Gehalte sind Ah und Bv konstant, liegen im BvCv aber aufgrund der geringeren Verwitterung noch deutlich niedriger.

Tab. 7.4.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage									
2	Ah+(Ah-Bv)	0,73	57,59	9,7	75,5	14,8	Ut3	7,36	0,35	21
3	Bv	1,00	50,03	10,8	72,7	16,5	Ut3	1,67	0,11	16
4	Bv-Cv	-	-	14,9	70,5	14,6	Ut3	0,68	0,07	10

Tab. 7.4.2-2: *pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch*

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	3,8	3,1	3,2	0,29	9,30	1,04	114,12	17,30	198,0	0,78	0,29	3,50
2	Ah+ (Ah-Bv)	3,8	3,0	3,0	0,07	1,11	0,16	8,87	2,27	95,8	1,56	0,09	8,40
3	Bv	4,0	3,8	3,7	0,06	0,29	0,21	0,89	0,33	53,6	3,52	0,48	8,14
4	Bv-Cv	4,1	4,2	4,2	0,05	0,22		0,29	0,08	38,5	4,37	0,34	4,44

7.4.3. Schwermetalle

Mit Ausnahme von Blei sind die Gesamtgehalte an Schwermetallen niedrig, bei Pb wird jedoch im Ah der Vorsorgewert nach BBodSchV leicht überschritten (Tab. 7.4.3-1). In der Auflage sind sowohl der Pb- als auch der Cd-Gehalt erhöht, obwohl die Region nur mittlere Belastungen aufweist.

Bei den löslichen Gehalten zeigt wiederum Pb die höchsten Werte (Tab. 7.4.3-2) und hat die höchsten Gehalte aller Standort in der Auflage und im Ah-Horizont. Mit 32 bzw. 20 % ist auch der Anteil des NH₄NO₃-löslichen Pb am Gesamtgehalt sehr hoch und liegt damit in der Gleichengrößenordnung wie Cd. Ursache dafür ist wahrscheinlich der niedrige pH-Wert. Die übrigen Schwermetalle liegen nur in geringen Konzentrationen vor.

Tab. 7.4.3-1: *Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	12	37	8	156	69	0,407
2	Ah+ (Ah-Bv)	19	18	7	118	33	0,082
3	Bv	21	19	8	34	38	0,076
4	Bv-Cv	22	36	17	14	70	0,055

Tab. 7.4.3-2: *NH₄NO₃ Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,116	0,206	0,788	0,589	0,053	*	0,098	0,064	51,339
2	Ah+ (Ah-Bv)	0,053	0,062	0,253	0,277	0,002	*	0,028	0,021	23,617
3	Bv	0,059	0,361	0,083	0,132	0,008	*	0,012	0,019	1,495
4	Bv-Cv	0,024	0,024	0,025	0,010	0,006	*	0,007	0,011	0,153

* < BG

7.4.4. Tonmineralverteilung

Die Tonmineralogie des Profiles im Solling ist von sekundärer Chloritisierung geprägt. Nur im AhBv-Horizont sind die Smektitischen der Ill/Sm-Wechselagerungen aufgeweitet. Dies liegt an der Wirkung der organischen Substanz, die die Al-Konzentration in der Bodenlösung durch Komplexierung niedrig hält und somit eine unvollständige Belegung der Zwischenschichte mit Al-

Hydroxopolymeren bewirkt. Eine weitere Möglichkeit ist, dass durch den tiefen pH bedingt, die Al-Hydroxopolymere wieder in Lösung gehen. Die Aufweitung erfolgt nahezu vollständig. Die Expansion der ILL/Sm-Wechselagerung (R=0) erreicht 17.7 Å (gegenüber 18 Å eines ‚idealen Smektits‘ der nicht Chloritisiert ist).

Schon im Bv-Horizont ist die Chloritisierung so komplett und stabil, dass keine Aufweitung mehr erfolgt. Nur ein kleiner Peak (Schulter zwischen 6 und 7° 2 θ) deutet eine Teilaufweitung an (ILL/Sm R=0 sek. Chloritisiert). Eine Mineralphase mit einem breiten Peak zwischen Illit und Chlorit wird als 10-14 Å-Wechselagerung interpretiert (Illit/Chlorit-sek.).

Der BvCv-Horizont weist die gleichen Minerale wie der Bv-Horizont auf, nur mit anderen Anteilen. Der höhere Illitanteil zeigt eine noch nicht so große Verwitterungsintensität an.

Die Kontraktion nach Kalium-Belegung ist im AhBv-Horizont schon bei 20° nahezu vollständig und bei 150°C komplett, während im Bv- und BvCv-Horizont bei 20°C keine Kontraktion erfolgt. Bei steigender Temperatur erfolgt die Kontraktion stufenweise und ist bei 560°C noch nicht vollständig. Dies zeigt sehr gut ausgebildete Al-Hydroxopolymer-Schichten in den aufweitbaren Schichten an. Primären Chlorit findet man im Bv-Horizont in Spuren und im BvCv-Horizont in etwas höheren Anteilen.

Tab. 7.4.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Solling, Sievershausen, Friedrichshäuser Bruch

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=1	I/S R=0	I/S R=0 Chloritisiert	Vermikulit	Chlorit sekundär	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Ah+ (Ah-Bv)	8	39	4	4				36	9	##
3	Bv			13		19	SP	18	40	10	##- (###)
4	Bv-Cv			4		12	3	11	58	12	##

7.5. BR Pfälzerwald

7.5.1. Felddaten

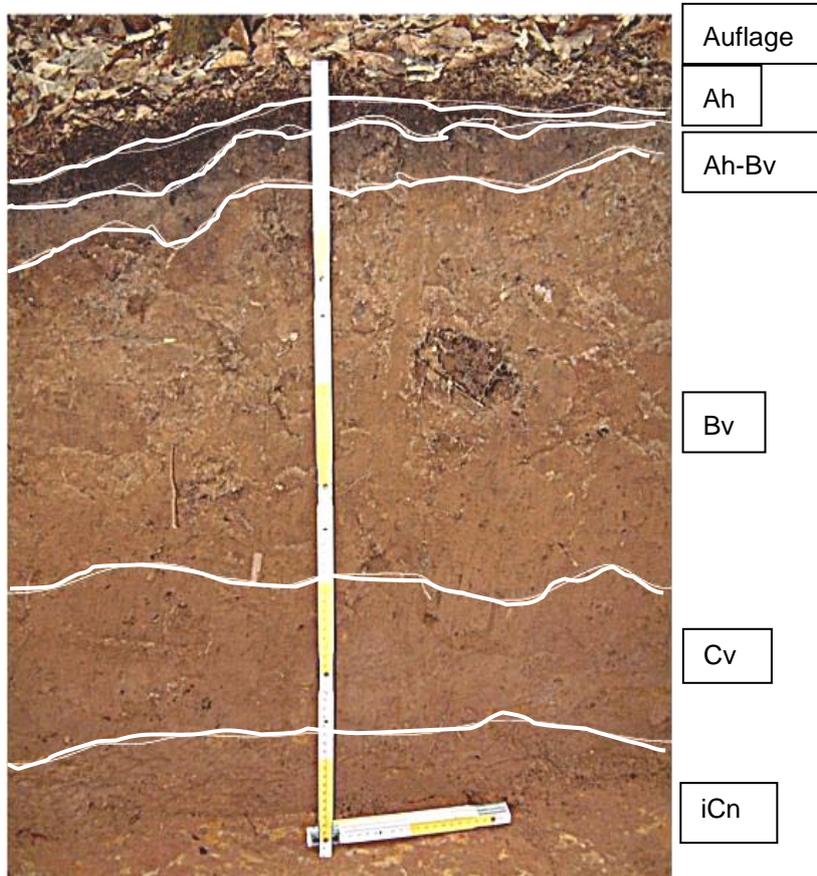


Abb. 7.5.1-1: Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg; Bodentyp: Braunerde

Von den ursprünglich zwei zur Auswahl stehenden PNF im BR Pfälzerwald wurde die Fläche „Edersberg“ ausgewählt, da die Alternativfläche „Breiter Teich“ bei Durchforstungsmaßnahmen stark geschädigt wurde.

Bei dem abgebildeten Profil handelt es sich um eine für das Gebiet typische Braunerde aus Buntsandstein (Anhang A-5). Der Auflagehorizont ist nur schwach ausgebildet, der Ah ist ebenfalls geringmächtig und geht über einen AhBv-Horizont fließend in den Bv über. Unterhalb des Cv steht das feste Ausgangsgestein an (Tab. 7.5.1-2). Die Bodenfarbe geht von einem bräunlichen Farbton im Ah mit zunehmender Tiefe in rötlichere Farbtöne über, da das ursprüngliche farbgebende Eisenoxid Hämatit während der Bodenentwicklung durch Goethit überprägt wurde. Im Ah ist eine leichte Bleichung feststellbar, die auf eine beginnende Podsolierung hinweist. An Hohlräumen kommen ausschließlich Wurzelröhren vor mit einem mittleren bis geringem Anteil am Bodenvolumen. Das Material ist kaum verfestigt und weist in allen Horizonten ein Einzelkorngefüge auf (Tab. 7.5.1-3). Die Durchwurzelung ist bis in den Bv stark, der Skelettanteil und die Größe des Skelettmaterials nehmen in die Tiefe hin zu.

Tab. 7.5.1-1: Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

	Neigung: < 2 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 3-7 Stufe: mittel	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 405 m	Ausgangsgestein: Buntsandstein		Vegetation: Fichte, Eiche, Buche		Nutzungsform: Forst
Reliefform: Kulminationslage	Exposition: -		Humusform: Moder		

Tab. 7.5.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und –form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 4-0	Auflage	w	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 3	Ah	w, di	feu 2	10 YR 4/2	-	-	-	-	Rwu	2-3
3	- 9	Ah-Bv	w, di	feu 2	10 YR 4/3	-	-	-	-	Rwu	2-3
4	- 60	Bv	w, de	feu 2	7,5 YR 4/6	-	-	-	-	Rwu	2
5	- 77	Cv	w, sc	feu 3	5 YR 5/6	-	-	-	-	Rwu	1
6	> 77	iCn	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.5.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-		-
2	Ah	Vf1	ein	W4	Gr 2	leicht gebleicht
3	Ah-Bv	Vf1	ein	W4	Gr 2	-
4	Bv	Vf1	ein	W4	X3	-
5	Cv	Vf1	ein	W1		-
6	iCn	Vf2	-			-

7.5.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Da der Ah nur sehr geringmächtig ist, wurde er zusammen mit dem AhBv beprobt und in der Charakterisierung nur als ein Horizont betrachtet. Die Textur ist im Profil sehr gleichmäßig. Mit über 80 % dominiert Sand, dessen Gehalt mit der Tiefe auf Kosten des Ton- und Schluffgehaltes noch leicht zunimmt (Tab. 7.5.2-1). Der Corg-Gehalt im Ah ist niedrig aber typisch für Sandböden. Die C/N-Verhältnisse liegen ebenfalls innerhalb der typischen Schwankungsbreite. Wie bei den meisten anderen Waldstandorten ist der pH-Wert in allen Horizonten niedrig und liegt im Al- bzw. im Fe-Pufferbereich. Der um eine pH-Einheit höhere Wert in der Auflage ist wahrscheinlich auf Kalkungsmaßnahmen zurückzuführen, die zuletzt 1999/2000 erfolgten (BARTEL & QUACK, 2000). Mit Ausnahme der Auflage, bei der die KAK_{eff} vorwiegend durch den Corg-Gehalt bestimmt wird, ist die KAK_{eff} niedrig, bei einer sehr geringen Basensättigung (< 5 %). Der relativ hohe Sättigungsgrad in der Auflage lässt sich ebenfalls auf die erfolgte Kalkung mit Dolomit zurückführen. Der Gehalt an Sesquioxiden ist gering, da aus dem quarzreichen Ausgangsmaterial nur wenig Al- und Fe- zur Bildung von Oxiden geliefert wird.

Tab. 7.5.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage							25,95	0,73	35
2+3	Ah+ (Ah-Bv)	1,06	57,04	80,7	14,4	4,9	Su2	3,14	0,19	17
4	Bv	1,11	32,93	82,0	13,1	4,8	Su2	0,79	0,04	22
5	Cv	1,40	21,20	85,7	11,6	2,7	Su2	0,17	0,01	17

Tab. 7.5.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	4,8	3,9	4,1	0,33	10,36	1,90	98,89	73,78	253,9	0,48	0,39	1,71
2+3	Ah+ (Ah-Bv)	3,8	3,1	3,2	0,06	0,85	0,00	1,03	2,00	52,6	0,56	0,02	2,34
4	Bv	4,5	4,4	4,3	0,02	0,06	-	0,08	0,10	29,5	2,19	0,03	2,68
5	Cv	6,9	4,2	4,1	0,01	0,08	-	0,00	0,05	27,9	0,60	0,01	2,44

7.5.3. Schwermetalle

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen sind in allen Horizonten gering und liegen zum Teil unter der Nachweisgrenze. Auch die löslichen (NH₄NO₃) Gehalte sind niedrig. Sie erreichen bei Cd bis zu einem 1/3 der Gesamtgehalte, bei den übrigen Metallen liegen sie deutlich unter 10 %.

Tab. 7.5.3-1: Aqua regia Extraktion Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	*	6	3	36	36	0,205
2+3	Ah+ (Ah-Bv)	*	*	2	29	17	0,063
4	Bv	*	*	3	10	26	0,046
5	Cv	4	1	3	17	16	0,029

* < BG

Tab. 7.5.3-2: NH₄NO₃ Extraktion Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,027	0,024	0,088	*	0,040	*	0,026	0,020	0,299
2+3	Ah+ (Ah-Bv)	0,017	0,019	0,126	0,009	0,020	0,008	0,023	0,004	5,051
4	Bv	0,013	0,007	0,011	*	0,007	*	0,009	0,003	0,111
5	Cv	0,012	0,008	0,008	*	*	*	0,003	0,003	0,045

* < BG

7.5.4. Tonmineralverteilung

Die Tonmineralogie des Profiles im Pfälzerwald ist von sekundärer Chloritisierung geprägt. Nur im Ah-Horizont sind die Smektitsschichten der Ill/Sm-Wechselagerungen aufgeweitet. Dies liegt an der Wirkung der organischen Substanz, die die Al-Konzentration in der Bodenlösung durch Komplexbildung niedrig hält und somit eine unvollständige Belegung der Zwischenschicht mit Al-Hydroxopolymeren bewirkt. Eine weitere Möglichkeit ist, dass durch den tiefen pH bedingt, die Al-Hydroxopolymere wieder in Lösung gehen. Die Aufweitung erfolgt nahezu vollständig. Die Expansion der Ill/Sm-Wechselagerung (R=0) erreicht 17.7 Å (gegenüber 18 Å eines ‚idealen Smektit‘, der nicht chloritisiert ist). Der Illitanteil in der Wechselagerung beträgt aufgrund der Peaklage des 002-Peaks 10-20%.

Schon im Bv-Horizont ist die Chloritisierung so komplett und stabil, dass nur eine geringe Aufweitung mehr erfolgt. Nur ein kleiner Peak (Schulter zwischen 6 und 7° 2 θ) deutet eine Teilaufweitung an (Ill/Sm R=0 sek. Chloritisiert). Eine Mineralphase mit einem breiten Peak zwischen Illit und Chlorit wird als 10-14 Å-Wechselagerung interpretiert (Illit/Chlorit).

Der Cv-Horizont weist die gleichen Minerale wie der Bv-Horizont auf, nur mit anderen Anteilen. Der höhere Illitanteil zeigt eine noch nicht so große Verwitterungsintensität an.

Die Kontraktion nach Kalium-Belegung im Ah-Horizont beginnt bei 20° C und ist bei 150°C nahezu komplett. Dies ist ein Hinweis, dass in den Zwischenschichten der sehr gut aufweitbaren Ill/Sm – Wechselagerung noch Reste von Al-Hydroxopolymeren eingelagert sind, da das 10 Å-Gitter erst bei Temperaturen um die 150°C erreicht wird. Im Bv-Horizont findet bei 20°C keine Kontraktion und im Cv-Horizont eine geringe Kontraktion statt. Bei steigender Temperatur erfolgt die Kontraktion stufenweise und ist bei 560°C im Bv-Horizont noch nicht vollständig. Dies zeigt sehr gut ausgebildete Al-Hydroxopolymer-Schichten in den aufweitbaren Schichten im Bv-Horizont an. Eine Gitterstruktur bei 560°C zwischen 10 Å und 14 Å lässt auf eine Illit/Chlorit-Wechselagerung schließen. Im Cv-Horizont dagegen ist die Kontraktion bei 400°C nahezu komplett.

Primären Chlorit findet man im Bv-Horizont und im Cv-Horizont.

Tab. 7.5.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil BR Pfälzerwald, WEG Moosbachtal, Edersberg

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=1	I/S R=0 (teils chlor.)	I/S R=0 Chloritisiert	Chlorit sekundär	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2+3	Ah+ (Ah-Bv)	8	58	8	6	-	-	11	9	## - (###)
4	Bv	-	-	11	40	2	17	16	14	## - (###)
5	Cv	-	-	3	14	Sp	12	58	13	## - (###)

7.6. Bornhöveder Seengebiet

7.6.1. Felddaten

Die im PNG Bornhöveder Seengebiet ursprünglich ausgewiesene Fläche wurde im Jahr 2000 durchforstet und kann daher nicht mehr genutzt werden. Nach Absprache mit dem Projektträger wurde beschlossen, in räumlicher Nähe eine Ersatzfläche unter landwirtschaftlicher Nutzung zu suchen. Da sich in einer Entfernung von ca. 250 m zur ursprünglichen Fläche eine Bodendauerbeobachtungsbfläche (BDF) des Landes Schleswig-Holstein befindet, wurde die neue Probenahmefläche in unmittelbarer Nachbarschaft zur BDF gelegt. Für diese BDF lag bereits eine Bodenprofilaufnahme vor, sodass auf eine eigenständige Aufnahme verzichtet und auf die Daten der BDF zurückgegriffen wurde. Die Untersuchungsergebnisse wurden freundlicherweise vom Landesamt für Umwelt und Natur (LANU) zur Verfügung gestellt.

Am Standort BDF 277 im Bornhöveder Seengebiet (WEG Belauer See) treten ausschließlich Braunerden bzw. Kolluvisol-Braunerden aus glazifluvialen Ablagerungen und Abschwemmassen auf. Im Vergleich zur UPB-Probenahmefläche sind die Bv-Horizonte des beschriebenen BDF-Profiles etwas mächtiger ausgebildet, da es sich in einer leichten Senkenlage befindet.

Tab. 7.6.1-1: *Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See, BDF 277*

	Neigung: 1 %	Auf – Abtrag: Auftrag durch Wasser	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: - Stufe: -	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: -	Ausgangsgestein: glazifluviale Ablagerungen und Abschlammungen, Abschwemmassen aus Sand		Vegetation: -	Nutzungsform: Acker	
Reliefform: -	Exposition: NE		Humusform: -		

Tab. 7.6.1-2: *Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See, BDF 277*

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	- 25	Ap	-	feu 3	10 YR 3/2	-	-	-	-	-	-
2	- 46	M-Bv	-	feu 3	10 YR 4/4	-	-	-	-	-	-
3	- 74	Bv 1	-	feu 3	10 YR 5/6	-	-	-	-	-	-
4	- 95	Bv 2	-	feu 3	10 YR 6/5	-	-	-	-	-	-
5	- 154	Bv-Cv 1	-	feu 3	10 YR 7/5	-	-	-	-	-	-
6	- 172	Bv-Cv 2	-	feu 4	10 YR 5/5	-	-	-	-	-	-
7	172 +	eC	-	feu 4	10 YR 5/6	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.6.1-3: Humusgehalt, Carbonatgehalt, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See, BDF 277

Nr.	Horizont Symbol	Humusgehalt	Carbonatgehalt	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Ap	h3 – h4	c0	w4	-	-
2	M-Bv	h2 – h3	c0	w3 – w4	-	-
3	Bv 1	h1 – h2	c0	w2 – w3	-	-
4	Bv 2	h1	c0	w0	-	-
5	Bv-Cv 1	h1	c0	w0	-	-
6	Bv-Cv 2	h1	c0	w0	-	-
7	eC	h1	c0	w0	-	-

7.6.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Das Profil weist hohe Sandgehalte von 80 % und mehr auf. Der Corg-Gehalt im Ap ist niedrig, liegt aber innerhalb des Bereiches für landwirtschaftlich genutzte Sandböden. Der im M-Bv höhere Corg-Gehalt weist auf die kolluviale Herkunft des Materials hin. Durch die bessere Durchlüftung aufgrund von Bodenbearbeitung findet im Ap ein Abbau organischer Substanz statt und führt daher zu niedrigeren Werten. Außerordentlich eng ist das C/N-Verhältnis im Ap. Der pH-Wert im Ap ist niedrig und weist auf einen Kalkbedarf hin. Die im M-Bv höhere Menge an austauschbaren Kationen resultiert aus dem höheren C-org-Gehalt und aus dem höheren pH in diesem Horizont. Aufgrund der Textur (Sandgehalt) ist die Wasserdurchlässigkeit und Luftkapazität hoch bis sehr hoch, während die Feldkapazität und damit das Wasserhaltevermögen nur gering sind.

Tab. 7.6.2-1: Bodendichte [g/cm³], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See, BDF 277

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
			Sand	Schluff	Ton				
1	Ap	1,69	84,5	10,5	2,9	Su2	0,93	0,13	7
2	M-Bv	1,61	87,1	10,5	2,4	Su2	1,20	0,06	19
3	Bv 1	1,59	89,7	9,8	2,7	mSfs	-	0,04	-
4	Bv 2	1,63	94,3	5,7*		mSfs	-	0,02	-
5	Bv-Cv 1	1,6	96,5	3,6*		mS	-	0,02	-
6	Bv-Cv 2	-	79,5	15,5	5,0	Sl2	-	0,02	-
7	eC	-	80,1	15,0	4,9	Su2	-	0,02	-

* es liegen keine detaillierten Angaben vor

Tab. 7.6.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See, BDF 277

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen			
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg
1	Ap	4,8	-	4,8	-	12,0	1,0	93,0	8,6
2	M-Bv	5,5	-	5,5	-	7,0	1,0	120,0	103,0
3	Bv 1	5,7	-	5,7	-	7,0	1,0	77,0	6,0
4	Bv 2	5,7	-	5,7	-	7,0	1,0	5,5	5,0
5	Bv-Cv 1	5,6	-	5,5	-	8,0	1,0	4,3	0,6
6	Bv-Cv 2	4,4	-	4,4	-	100,0	1,0	12,0	14,0
7	eC	6,6	-	6,6	-	110,0	1,0	37,0	27,0

Tab. 7.6.2-3: Wasserdurchlässigkeit (Kf-Wert), Luftkapazität, Feldkapazität (Fk), nutzbare Feldkapazität (nFk); Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See, BDF 277

Nr.	Horizont Symbol	Wasserdurchlässigkeit Kf-Wert		Luftkapazität		Fk		nFk	
				Pf 1,8		Pf 1,8-4,2		Pf 1,8	
		cm/d	Bewertung	[Vol%]	Bewertung	[Vol%]	[mm]	[Vol%]	[mm]
1	Ap	19,55	mittel	15,35	hoch	11,4	28,5	17,05	42,63
2	M-Bv	60,70	hoch	22,05	sehr hoch	9,25	20,41	14,1	30,59
3	Bv 1	111,98	sehr hoch	23,93	sehr hoch	7,15	20,02	10,7	29,96
4	Bv 2	171,00	sehr hoch	22,49	sehr hoch	3,1	6,51	8,4	22,56
5	Bv-Cv 1	-	-	23,28	-	6,5	38,35	8,8	51,92
6	Bv-Cv 2	-	-	-	-	-	-	-	-
7	eC								

7.6.3. Schwermetalle

Für das Profil Bornhöved liegen nur Gesamtgehalte vor, die nicht direkt mit den Werten der anderen Standorte verglichen werden können, da eine andere Methode verwendet wurde. Bei dem hier angewandten Druckaufschluss mit HF sind im Allgemeinen etwas höhere Werte als beim KW-Aufschluss zu erwarten. Dennoch sind die Konzentrationen der bestimmten Schwermetalle nur gering und zeigen kein Anzeichen einer anthropogenen Belastung.

Tab. 7.6.3-1: Aufschluß A (HClO₃, HNO₃, HF – Druckaufschluß), Ca, K, Mg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn [mg/kg]; Profil Bornhöveder Seengebiet, WEG Belauer See, BDF 277

Nr.	Horizont Symbol	Ca	K	Mg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	Ap	2100	10467	897	< 2	< 2	12,4	17,9	< 2	42,9
2	M-Bv	1240	10480	596	< 2	< 2	< 2	16,6	< 2	30,7
3	Bv 1	1271	10017	525	< 2	< 2	< 2	15,5	< 2	29,5
4	Bv 2	1663	9363	1774	< 2	< 2	< 2	16,6	< 2	17,5
5	Bv-Cv 1	1480	10400	861	< 2	< 2	< 2	16,0	< 2	13,5
6	Bv-Cv 2	3200	16300	3250	< 2	27,8	15,4	33,5	< 2	41,1
7	eC	4600	15900	4500	< 2	42,0	20,3	54,1	< 2	61,4

7.7. Oberbayerisches Tertiärhügelland

7.7.1. Felddaten

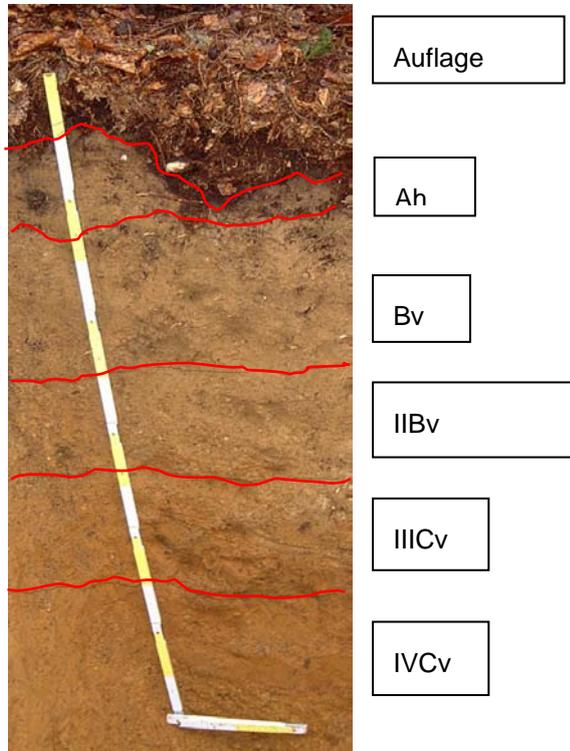


Abb. 7.7.1-1: *Profil Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg; Bodentyp: Braunerde aus Lehmdeckschicht über OSM (obere Süßwasser Molasse)*

Im PNG Oberbayerisches Tertiärhügelland, GA Scheyern standen zwei mögliche PNF zur Auswahl. Da die reine Fichtenfläche aber sehr stark windwurfgefährdet ist und im Frühjahr 2001 bereits erste Schäden auftraten, wurde als PNF der Mischbestand bei Großpalmberg ausgewählt.

Das abgebildete Profil stellt eine Braunerde aus einer Löß-Lehmdeckschicht über Sedimenten der oberen Süßwassermolasse (OSM) dar. Das Profil ist typisch für Oberhanglagen im GA, die allerdings auch häufig einen kleinräumigen Wechsel der Ausgangssubstrate aufweisen (Anhang A-7). Einer nur wenige dm mächtigen Löß-Lehmschicht folgen meist sandige Sedimente, die teilweise durch Toneinlagerungen unterbrochen sind. Die Auflage und der Ah-Horizont sind nur geringmächtig (Tab. 7.7.1-2). Der Bv-Horizont ist aufgrund eines Körnungswechsels zu sandigerem Material zweigeteilt. Im Cv lassen sich weitere Körnungswechsel, vermutlich aufgrund unterschiedlicher Ablagerungsbedingungen, feststellen. An Hohlräumen sind nur Wurzelgänge zu finden, deren Anteil im Unterboden deutlich abnimmt.

Die Durchwurzelung im Ah und Bv ist schwach bis sehr schwach (Tab. 7.7.1-3), im IIBv sind leichte Hydromorphierungsmerkmale festzustellen. Während in den oberen Horizonten der Skelettanteil nur gering ist, steigt er im IVCv auf ca. 50 % an.

Tab. 7.7.1-1: Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

	Neigung: 2-3,5 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 7-12 Stufe: tief	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 512 m	Ausgangsgestein: Lößlehm OSM (obere Süßwasser Molasse)		Vegetation: Buche, Kiefer, Fichte, Sauerklee, Brombeere, Farn	Nutzungsform: Forst	
Reliefform: Oberhang (O)	Exposition: SE		Humusform: Mullartiger Moder		

Tab. 7.7.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und –form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 4	Auflage	z, di			-	-	-	-	-	-
2	- 4	Ah	z, di	feu 3	10 YR 4/3	-	-	-	-	Rwu	2-3
3	- 40	Bv	e, h, di	feu 3	10 YR 4/6	-	-	-	-	Rwu	1
4	- 57	IIBv	e, g, di	feu 3	10 YR 6/6	-	-	-	-	Rwu	1
5	- 80	IIICv	e, h, sc	feu 3	10 YR 3/6	-	-	-	-	Rwu	1
6	> 80	IVCv	-	feu 3	7,5 YR 5/8	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.7.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Bemerkungen; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Bemerkungen
1	Auflage	-	-		-
2	Ah	-	kru	W1-W2	-
3	Bv	Vf3	sub	W1-W2	-
4	IIBv	Vf3	sub	W1	leichte Hydromorphie vorhanden
5	IIICv	Vf3	ein	W0-W1	-
6	IVCv	-	sub		hoher Skelettanteil

7.7.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Die im Profil auftretenden unterschiedlichen Ausgangsmaterialien zeigen sich deutlich in der Veränderung des Körnungsspektrums. Während im Ah und Bv der Schluffanteil nahe 50 % liegt, überwiegt in der darunter liegenden Horizonten der Sand mit bis zu 70 % (Tab. 7.7.2-1), während der Tongehalt nur wenig variiert. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff ist in der Auflage und im Ah relativ hoch und nimmt im Bv deutlich ab. Die C/N-Verhältnisse werden mit zunehmender Tiefe enger. Wie bei den meisten anderen Profilen ist der pH-Wert v. a. in der Auflage und im Ah niedrig und nimmt mit der Tiefe leicht zu (Tab. 7.7.2-2). Auch an diesem Profil liegen die pH-Werte im Al- bzw. Fe-Pufferbereich). Die Austauschkapazität ist in der Auflage aufgrund des hohen Corg-Gehaltes hoch, in den Mineralbodenhorizonten wegen des niedrigen pH jedoch eher niedrig. Der leichte Anstieg in den C-Horizonten ist auf den etwas höheren Gehalt an Schluff und Ton sowie den höheren pH zurückzuführen. Auch die Basensättigung ist – abgesehen von der Auflage – niedrig. Die höheren

Gehalte an dithionit-löslichem Fe im IIBv und IIICv sind ebenfalls ein Hinweis auf ein anderes Ausgangsmaterial als in den beiden oberen Horizonten.

Tab. 7.7.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	36,42	1,33	27
2	Ah	-	-	40,7	48,1	11,2	Slu	5,11	0,23	22
3	Bv	1,54	34,71	41,8	45,2	13,1	Slu	0,74	0,05	16
4	IIBv	1,70	31,10	51,9	33,1	15,0	SI4	0,24	0,03	10
5	IIICv	1,61	35,07	68,3	15,1	16,5	SI4	0,20	0,02	11
6	IVCv	-	-	62,5	25,0	12,5	SI4	0,14	0,02	7

Tab. 7.7.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	4,0	3,2	3,2	0,41	10,20	0,16	177,91	22,38	198,3	0,82	1,19	2,02
2	Ah	3,8	3,0	3,1	0,10	1,61	*	12,99	2,60	89,9	1,40	0,30	5,76
3	Bv	4,2	3,5	3,6	0,04	0,39	*	1,84	0,78	62,6	1,43	0,30	5,32
4	IIBv	4,3	3,7	3,8	0,04	0,93	*	3,28	1,86	66,3	1,97	0,30	10,92
5	IIICv	4,5	3,9	4,1	0,04	1,65	*	25,29	22,72	95,3	2,67	0,67	19,21
6	IVCv	4,6	3,8	4,2	0,05	0,84	*	25,89	24,44	85,0	1,85	0,30	6,98

* < BG

7.7.3. Schwermetalle

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen ist niedrig, das Gebiet kann als gering belastet bezeichnet werden. Auch die löslichen Gehalte sind gering. Wie an fast allen anderen Standorten zeigt Cd relativ betrachtet die höchste Mobilität mit über 40 % des Gesamtgehaltes im NH₄NO₃-Extrakt im Ah-Horizont und der in Auflage.

Tab. 7.7.3-1: Aqua regia Extraktion: Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	6	12	7	43	38	0,267
2	Ah	11	5	6	26	23	0,052
3	Bv	17	5	11	10	34	0,032
4	IIBv	22	11	17	*	35	0,044
5	IIICv	25	14	21	*	35	0,093
6	IVCv	25	14	19	10	37	0,059

* < BG

Tab. 7.7.3-2: NH_4NO_3 Extraktion: Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,130	0,387	0,943	*	0,035	0,009	0,117	0,017	1,160
2	Ah	0,039	0,177	0,407	0,040	0,013	*	0,023	0,003	2,437
3	Bv	0,047	0,368	0,125	*	0,004	*	0,006	0,004	0,385
4	IIBv	0,031	0,406	0,199	0,132	0,023	0,077	0,009	0,004	0,313
5	IIICv	0,023	0,025	0,630	0,079	0,062	0,221	0,019	0,008	0,132
6	IVCv	0,021	0,103	0,584	0,035	0,073	0,270	0,009	0,002	0,218

* < BG

7.7.4. Tonmineralverteilung

Im Ah-Horizont finden sich verschiedene aufweitbare Minerale, die durch Illitverwitterung entstanden sind. Sie liegen als regelmäßige ILL/Sm-Wechselagerung (R=1) mit Illitanteilen >50% und als unregelmäßige ILL/Sm-Wechselagerung (R=0) mit Illitanteilen von 30-50% vor. Diese Minerale werden sowohl im Pulverpräparat als auch im Glycerinpräparat identifiziert. Die Kontrahierbarkeit der ILL/Sm-Wechselagerungen ist sehr gut. Schon bei Kalium 20°C liegt eine nahezu vollständige 10 Å Struktur vor. Dies deutet darauf hin, dass die 14 Å-Minerale Vermikulit zuzuordnen sind. Der 14 Å-Restpeak bei 560°C zeigt geringe Anteile von primärem Chlorit an.

Im Bv- und BvCv-Horizont (IICv) sinkt der Anteil der aufweitbaren Mineralphasen ab. Dagegen steigt der Illit- und vor allem der sekundäre Chlorit-Anteil stark an. Es findet fast keine Kontraktion bei Kalium 20°C statt. Auch bei 400°C ist die Kontraktion noch unvollständig. Dies ist ein Hinweis, dass in die aufweitbaren Minerale aufgrund des pH-Wertes (eine Folge der Verwitterung) Al-Hydroxopolymere eingebaut werden und die Austauschplätze blockieren. Je nach Umfang und Stabilität dieser Al-Zwischenschichten wird sowohl die Aufweitbarkeit mit Glycerin als auch die Kontraktion nach Kalium-Belegung stark behindert. In der Kalium-560°C-Aufnahme werden noch Anteile an primärem Chlorit festgestellt. Im IIICv- und IVCv-Horizont steigt der Anteil an aufweitbaren ILL/Sm-Mineralen an. Die ILL/Sm Wechselagerungen sind besser kontrahierbar als die ILL/Sm Minerale in den Bv- und BvCv-Horizonten. Folglich sind sie geringer mit Al-Hydroxopolymeren blockiert, obwohl der pH-Wert dieser beiden Horizonte bei 4.1 bzw. 4.2 liegt. Kaolinit liegt in den beiden unteren Horizonten als sehr breiter und asymmetrischer Peak vor. Eine Wechselagerung mit Illit bzw. Chlorit oder Strukturdefekte können als Ursache angegeben werden. Im Kalium 560°C-Präparat sind geringe Mengen an primärem Chlorit und Wechselagerungen von Chlorit mit Illit sichtbar.

Tab. 7.7.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Oberbayerisches Tertiärhügelland, Scheyern, Großpalmberg

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=1	I/S R=0	I/S R=0 Chloritisiert	Vermikulit	Chlorit sekundär	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Ah	15	28	-	12	-	3	-	32	10	##
3	Bv	3	-	11	-	15	8	12	39	12	##
4	IIBv	-	-	11	-	12	5	8	47	16	##
5	IIICv	-	-	16	-	8	2	6	36	32	Sp
6	IVCv	-	-	29	-	8	2	4	32	25	Sp

7.8. Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal

7.8.1. Felddaten

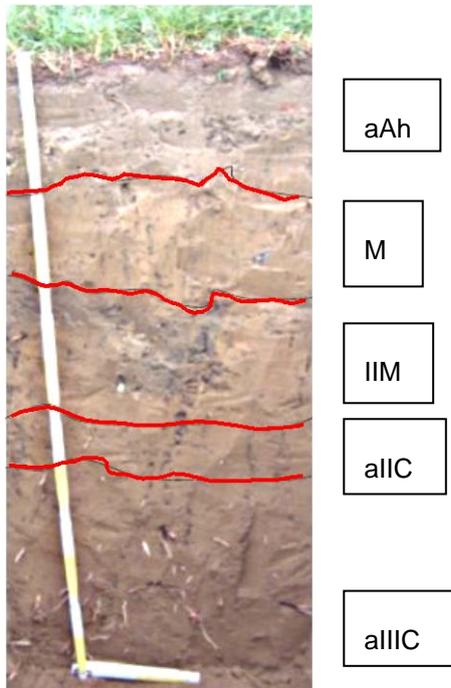


Abb. 7.8.1-1: Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken–Staden; Bodentyp: Vega

Beim Profil der PNF Saarbrücken–Staden im PNG Saarländischer Verdichtungsraum handelt es sich um eine Vega aus Auensedimenten der Saar (Anhang A-8). Dem aAh-Horizont folgen zwei M-Horizonte, die sich in erster Linie durch unterschiedliche Gehalte an Ziegel- und Kohlebestandteile unterscheiden. Im darunter liegenden allC-Horizont nimmt der Anteil an Kohle und Ziegel ab, der allIC ist frei davon (Tab. 7.8.1-3). Der Anteil der Hohlräume, überwiegend Wurzelröhren, nimmt mit der Tiefe zu (Tab. 7.8.2-2), die –aktuelle- Durchwurzelung hingegen ab. Aus dem unterschiedlichen Vorkommen an Begleitmaterial (Ziegel, Kohle, Asche) lässt sich grob auf das Alter der abgelagerten Sedimente schließen. Während die beiden C-Horizonte vor bzw. zu Beginn der Industrialisierung abgelagert wurden, stammen die darüber liegenden Horizonte aus neuerer Zeit.

Tab. 7.8.1-1: Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken–Staden

	Neigung: < 2 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 7 Stufe: tief	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 190 m		Ausgangsgestein: Auensedimente	Vegetation: Rotbuche, Kleegras-Rasen	Nutzungsform: Erholung	
Reliefform: Ebene		Exposition: S	Humusform: -		

Tab. 7.8.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken-Staden

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	0-25	aAh	w	feu 1	10 YR 4/2	-	-	-	-	Rwu	1
2	- 40	M	w	feu 1	10 YR 4/4	-	-	-	-	Rwu	2
3	- 60	IIM	w	feu 1	10 YR 4/3	-	-	-	-	Rwu	2-3
4	- 70	aIIIC	w	feu 2	10 YR 4/4	-	-	-	-	Rwu	2-3
5	70 +	aIIIC	-	feu 2	10 YR 4/4	-	-	-	-	Rwu	5

Tab. 7.8.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken-Staden

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	aAh	Vf3	Bröckel	W4	-	Ziegel, Kohle, Schlacke
2	M	Vf3	Bröckel / sub	W3	-	Ziegel, Kohle, vereinzelt Hydromorphiemerkmale
3	IIM	Vf3	Bröckel	W2	-	höhere Anteile an Kohlen, Ziegel
4	aIIIC	Vf3	Bröckel / sub	W1	-	geringe Anteile an Kohlen, Ziegel
5	aIIIC	Vf2	Bröckel / sub	W1	-	-

7.8.2. Bodenchemische und -physikalische Charakterisierung

Aufgrund der relativ gleichmäßigen Sedimentationsbedingungen ist das Profil bezüglich seiner bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften sehr homogen. So liegen der Ton- und Schluffgehalt konstant bei ca. 20 bzw 50 %. Einzig der Sandgehalt zeigt in den oberen Horizonten etwas höhere Werte. Im aAh kann auch ein anthropogener Einfluss zum höheren Sandgehalt beigetragen haben (z. B. Eintrag durch Wegebau, Nutzung als Freizeit und Spielfläche). Der Corg-Gehalt nimmt mit zunehmender Tiefe nur wenig ab, auffallend ist der im IIM deutlich höhere Gehalt als im darüber liegenden M-Horizont. Die C/N-Verhältnisse liegen durchgehend bei ca. 10/1 und entsprechen dem Verhältnis in landwirtschaftlich genutzten Böden (Tab 7.8.2-1). Die pH-Werte sind deutlich höher als in den meisten Waldstandorten und liegen im ökologisch optimalen Bereich. Die KAK_{eff} ist wegen der relativ gleichmäßigen Textur und des im Unterboden verhältnismäßig hohen Corg-Gehaltes sehr homogen. Die Basensättigung liegt aufgrund der hohen pH-Werte bei über 80 %. Auch die Gehalte an Sesquioxiden unterscheiden sich im Profil kaum.

Tab. 7.8.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken-Staden

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	aAh	1,30	43,39	37,0	44,4	18,6	Ls2	2,61	0,25	10
2	M	1,44	39,04	28,7	51,3	20,0	Lu	1,50	0,14	10
3	IIM	1,30	37,38	31,8	49,0	19,2	Ls2	2,14	0,16	13
4	aIIIC	1,24	37,36	25,6	51,4	23,4	Lu	1,27	0,13	10
5	aIIIC	1,42	39,03	22,4	53,8	23,8	Lu	1,12	0,13	9

Tab. 7.8.2-2: *pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken–Staden*

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	aAh	5,6	5,1	6,0	0,08	1,37	0,16	146,45	42,84	215,1	0,78	0,67	6,89
2	M	6,2	5,6	6,3	0,08	1,41	0,06	136,59	40,28	187,4	0,68	0,68	6,93
3	IIM	6,3	5,9	6,4	0,08	1,25	*	150,45	36,23	196,3	0,68	0,68	6,45
4	aIIIC	6,4	6,1	6,6	0,08	1,35	0,06	141,42	36,37	194,5	0,69	0,70	6,59
5	aIIIC	6,5	6,0	6,7	0,07	1,35	0,05	143,91	38,94	201,9	0,68	0,72	6,62

* < BG

7.8.3. Schwermetalle

Obwohl der Saarländische Verdichtungsraum zu einem urbanen und industriellen Belastungsgebiet zählt, sind die Gesamtgehalte der untersuchten Schwermetalle nicht bzw. kaum erhöht und liegen alle unter den Vorsorgewerten nach BBodSchV. Eine geringe Erhöhung gegenüber den darunter liegenden Horizonten ist nur bei Pb und Cd im aAh-Horizont festzustellen. Dies kann auf den luftgebundenen Eintrag zurückgeführt werden. Die Sedimente selber sind hingegen kaum belastet, da sie aus dem Oberlauf des Flusses mit geringerer industrieller Belastung stammen.

Der Gehalt an mobilen Schwermetallen ist ebenfalls nur gering und erreicht aufgrund der pH-Werte nur wenige Prozent der Gesamtgehalte.

Tab. 7.8.3-1: *Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken–Staden*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	aAh	26	25	22	53	119	0,469
2	M	23	20	22	25	73	0,304
3	IIM	21	28	23	33	85	0,326
4	aIIIC	24	18	23	18	62	0,270
5	aIIIC	26	18	24	18	65	0,275

Tab. 7.8.3-2: *NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken–Staden*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	aAh	0,010	0,004	0,022	0,038	0,001	*	0,004	0,005	0,031
2	M	0,011	0,002	0,015	0,036	*	*	0,001	0,004	0,039
3	IIM	0,012	0,003	0,020	0,043	*	*	0,001	0,005	0,035
4	aIIIC	0,014	0,003	0,046	0,015	*	*	0,001	0,004	0,036
5	aIIIC	0,010	0,002	0,013	*	*	*	*	0,003	0,036

* < BG

7.8.4. Tonmineralverteilung

Die Mineralogie der Tonfraktion ist über das ganze Profil homogen. Die Hauptminerale sind Illit und ILL/Sm R=0. Die Peakverschiebung des 001-Reflexes der ILL-Sm-Wechselagerung von 5.8° 2θ in Richtung 7° 2θ und die Peakverschiebung des 002-Reflexes der ILL-Sm-Wechselagerung von 12°

2 θ in Richtung 10° 2 θ zeigen hohe Illitanteile (45 bis 50%) in der Illit/Sm-Wechselagerung an. Es besteht auch die Tendenz zu einer R=1 Ordnung mit Illitanteilen über 50% in der Wechselagerung.

Die Kontrahierbarkeit nach Kaliumbelegung verläuft in allen Horizonten schon bei 20°C sehr gut. Folglich sind auch Vermikulite in den Tonen enthalten. Ein 14 Å-Restpeak im 560°C-Präparat verweist auf primären Chlorit und ein Übergang von der 14 Å- zur 10 Å-Mineralstruktur auf Ill/Chl-Mineraie.

Im Gegensatz zu den Profilen mit pH-Werten unter 5 ist im Profil Staaden bei pH Werten zwischen 6 und 7 kein Einfluss vom Einbau von Al-Hydroxopolymeren erkennbar. Deshalb gibt es auch im Aufweitungsverhalten mit Glycerin und im Kontraktionsverhalten mit Kalium zwischen den humosen Oberböden (aAh- und M-Horizonten) und den Unterböden keine Unterschiede.

Tab. 7.8.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saartal, Saarbrücken–Staden

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=0 45-50 % ILL	Vermikulit	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	aAh	18	7	3	8	56	8	#
2	M	22	7	3	5	56	7	#
3	IIM	21	6	3	4	58	8	# - (##)
4	aIIC	21	8	2	5	57	7	# - (##)
5	aIIC	23	9	2	5	55	6	# - (##)

7.9. Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt

7.9.1. Felddaten

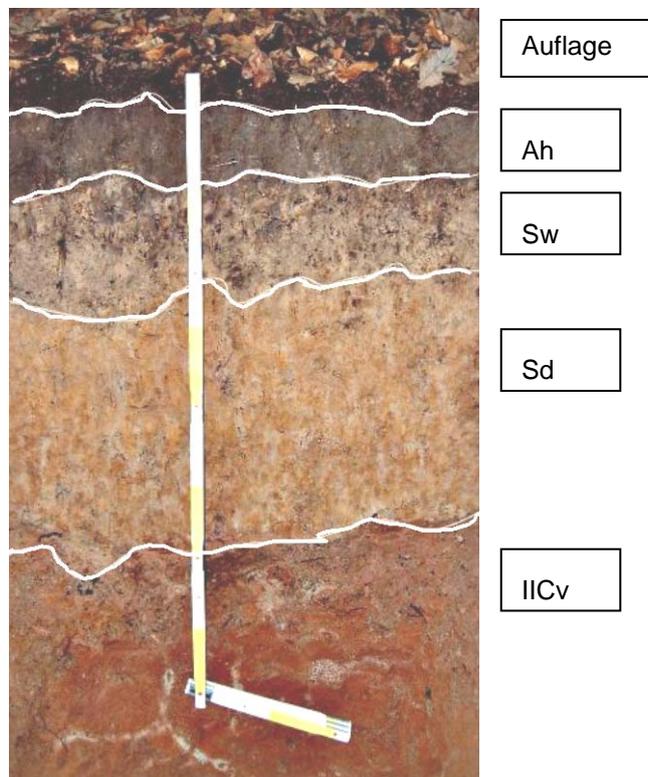


Abb. 7.9.1-1: Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2; Bodentyp: Pseudogley aus Fließerden auf Sandstein

Bei dem abgebildeten Profil handelt es sich um einen typischen Pseudogley aus Fließerden über Buntstein. Böden mit Hydromorphie-merkmalen sind typisch für den Standort im Warndt (Anhang A-9). Einer geringmächtigen Auflage und einem mäßig stark entwickelten Ah-Horizont, der Fe- und Mn-Konkretionen aufweist, folgt der Stauwasser leitende Sw-Horizont, der durch starke Bleichungsmerkmale gekennzeichnet ist. Im darunter liegenden, wasserstauenden Sd-Horizont sind die typischen Rost- und Bleichflecken zu erkennen. Im oberen Teil des Sd treten vereinzelt massive, angewitterte Sandsteinplatten auf. Der Anteil der Hohlräume ist gering, im IICv-Horizont finden sich vereinzelt alte Wurzelgänge, die mit grau-weiß gebleichtem, tonig-schluffigem Material verfüllt sind (Tab. 7.9.1-2). Unterhalb des IICv steht der unverwitterte Buntsandstein in Form massiver Sandsteinbänke an.

Tab. 7.9.1-1: Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

	Neigung: < 2 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 6 Stufe: mittel	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 247,5 m		Ausgangsgestein: Sandstein, Fließerden	Vegetation: Rotbuche, Eiche, Gräser, Farn	Nutzungsform: Forst	
Reliefform: Ebene		Exposition: -	Humusform: Mullartiger Moder		

Tab. 7.9.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und –form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsel	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 5-0	Auflage	w, di	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 9	Ah	w, di	feu 2	7,5 YR 3/1	-	-	-	-	Rwu	2
3	- 22	Sw	w, di	feu 2	2,5 YR 8/6	eh, es	25	rb	> 50	Rwu	1
4	- 60	Sd	w, di	feu 2	10 YR 8/4	eh, ed	40	rb	5	Rwu	1
5	> 90	IICv	-	feu 2	10 YR 4/6	-	-	-	-	Rwu	2-3

Tab. 7.9.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-	-	-
2	Ah	Vf2	Bröckel / ein	W4	-	Fe-, Mn - Konkretionen
3	Sw	Vf3	sub / ein / kit	W1	-	
4	Sd	Vf3	kit / sub	W2	-	in den oberen 5-10 cm Band mit angewitterten massiven Sandsteinplatten
5	IICv	Vf3	ein	W2	-	Wurzelgänge mit grauweißem T-U-Material (Gley 1/8 10 Y) verfüllt

7.9.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Typisch für einen Pseudogley ist die deutliche höhere Dichte des Sd- gegenüber dem Sw-Horizont. In der Textur ist die Veränderung des Substrates klar zu erkennen. Während in den oberen drei Mineralbodenhorizonten lehmig-schluffiges Material aus periglazialen Ablagerungen überwiegt, tritt im IICv verstärkt Sand auf (Tab. 7.9.2-1). Überraschend hoch ist dabei der Tongehalt im IICv, der vermutlich auf eingelagerte Tonlinsen und –schichten im Buntsandstein zurückzuführen ist (KONZAN, 1984). Der Corg-Gehalt im Ah ist nur mäßig und nimmt in den folgenden Horizonten stark ab. Das C/N-Verhältnis in der Auflage ist typisch für die Humus Form mullartiger Moder. Die pH-Werte sind niedrig und liegen im Bereich der Aluminiumpufferung. Mit der Tiefe nimmt der pH nur wenig zu. Die KAK_{eff} ist in der Auflage relativ hoch, in den Mineralbodenhorizonten jedoch sehr gering. Der Anstieg im IICv ist auf den dort vorliegenden höheren Tongehalt zurückzuführen. Die Basensättigung ist meist gering und erreicht im Ah, Sw und Sd nur knapp 10 %. Die relativ niedrigen Al- und Fe-Gehalte im Sw sind möglicherweise auf Auswaschung zurückzuführen, die hohen Fe-Gehalte im IICv dürften geogen bedingt sein.

Tab. 7.9.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	28,93	1,26	23
2	Ah	1,74	32,05	31,9	55,5	12,6	Uls	3,24	0,17	19
3	Sw	1,19	51,41	37,3	53,9	8,4	Uls	0,39	0,03	13
4	Sd	1,63	34,79	31,3	52,7	16,0	Uls	0,13	0,02	6
5	IICv	1,59	35,38	67,0	6,9	26,2	Ts4	0,08	0,01	6

Tab. 7.9.2-2: pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	4,5	3,8	3,7	0,34	15,91	1,07	42,67	11,84	193,8	5,11	1,26	5,90
2	Ah	4,5	4,1	4,0	0,07	1,75	*	2,63	1,59	49,6	2,02	0,77	5,34
3	Sw	4,6	3,9	4,0	0,04	0,56	*	1,15	0,69	42,6	0,79	0,88	3,09
4	Sd	4,4	3,6	3,8	0,03	1,11	*	4,32	2,73	63,3	1,43	0,17	7,65
5	IICv	4,6	3,7	4,1	0,04	1,00	0,20	25,88	23,34	112,5	1,72	0,02	11,52

* < BG

7.9.3. Schwermetalle

Die Schwermetallgehalte im Profil sind nur gering, einzig bei Cd und Pb ist eine relative Anreicherung in der Auflage und im Ah festzustellen. Die Vorsorgewerte der BBodSchV werden jedoch nicht erreicht. Die mobilen Schwermetallgehalte sind ebenfalls gering und betragen nur wenige % der Gesamtgehalte. Ausnahme ist dabei Cd in der Auflage, das mit 0,35 mg/kg einen relativ hohen Wert erreicht, der ca. 40 % des Gesamtgehaltes entspricht.

Tab. 7.9.3-1: Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	9	18	13	66	81	0,823
2	Ah	17	9	11	52	61	0,211
3	Sw	12	3	8	12	34	0,095
4	Sd	22	8	13	13	50	0,089
5	IICv	23	12	15	24	57	0,070

Tab. 7.9.3-2: NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,020	3,376	3,314	0,157	0,019	0,027	0,353	0,049	0,717
2	Ah	0,019	0,426	0,463	0,046	0,006	*	0,041	0,032	1,017
3	Sw	0,012	0,035	0,269	0,033	0,005	*	0,022	0,007	0,118
4	Sd	0,039	0,050	0,442	0,192	0,029	0,111	0,029	0,006	1,143
5	IICv	0,022	0,185	0,974	0,317	0,063	0,272	0,006	0,014	0,794

* < BG

7.9.4. Tonmineralverteilung

Die Tonmineralogie des Profiles Warndt ist von sekundärer Chloritisierung geprägt. Die Chloritisierung ist so komplett und stabil, dass keine Aufweitung erfolgt. Nur ein kleiner Peak (Schulter zwischen 6° und 7° 2 θ) deutet eine Teilaufweitung an (ILL/Sm R=0 sek. chloritisiert). Im Cv-Horizont tritt diese Schulter als Peak auf und zeigt einen höheren Anteil von teilaufgeweiteten Mineralen an. Eine Mineralphase mit einem Peak zwischen Illit und Chlorit wird als 10-14 Å-Wechselagerung interpretiert (Illit/Chlorit-sek.). Der Kaolinitanteil und Illitanteil schwankt im Profil nur wenig.

Nach Kalium-Belegung erfolgt bei 20° nahezu keine Kontraktion. Bei steigender Temperatur erfolgt die Kontraktion stufenweise und ist bei 560°C noch nicht vollständig. Dies zeigt sehr gut ausgebildete Al-Hydroxopolymer-Schichten in den aufweitbaren Schichten an. Primären Chlorit findet man im Ah-, Sw- und Sd-Horizont in geringen Mengen.

Im Cv-Horizont verläuft die K-Kontraktion etwas besser. Bei 150°C sind bereits keine 14 Å-Strukturen (bei 7°2 θ) mehr vorhanden.

Tab. 7.9.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Warndt, Warndt 2

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=0 Chloritisiert	Chlorit sekundär	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	-
2	Ah	2	13	4	7	44	30	###
3	Sw	-	11	4	7	50	28	### - (####)
4	Sd	6	8	2	8	51	25	## - (###)
5	IICv	15	6	-	5	46	28	#

7.10. Saarkohlewald, Saarkohlewald

7.10.1. Felddaten

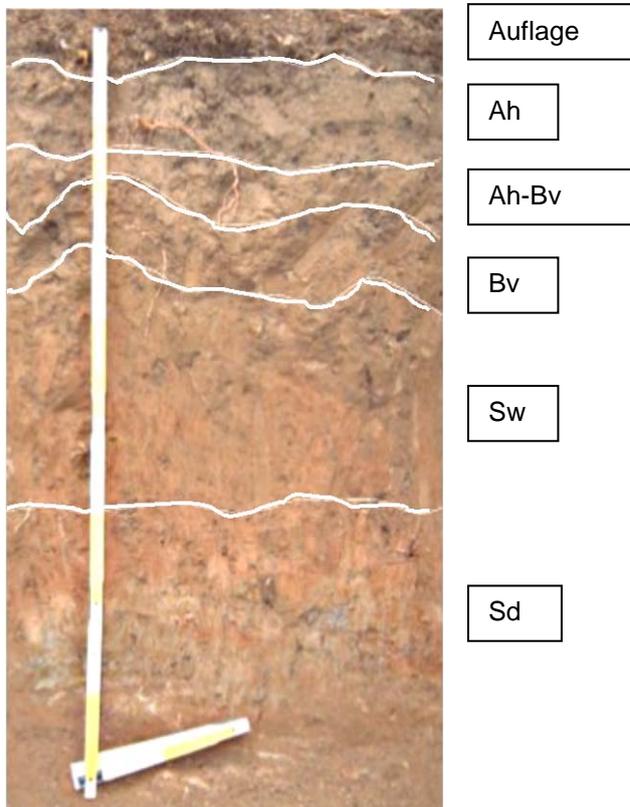


Abb. 7.10.1-1: Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal; Bodentyp: Braunerde-Pseudogley

Ausgangsmaterial für die Bodenbildung im Bereich der PNF Oberes Steinbachtal sind Ton- bzw. Sandsteine des Karbon. Entsprechend ist das Material durchgehend lehmig mit hohem Sandanteil und zeigt innerhalb des Profils kaum eine Variation. Hydromorphiemerkmale sind am Standort typisch, allerdings nicht so stark ausgeprägt wie im Warndt (Anhang A-10). Die Auflage ist nur schwach ausgeprägt, der Ah geht über einen AhBv fließend in den Bv-Horizont über. Im Sw sind Bleichungsmerkmale festzustellen, allerdings nicht so intensiv wie beim Profil Warndt 2. Im Sd-Horizont sind die Rost- und Bleichflecken deutlich stärker ausgeprägt (Tab. 7.10.1-2). Im Ah-Horizont ist der Anteil an Hohlräumen hoch, es handelt sich ausschließlich um Wurzelröhren. Die Hohlräume nehmen kontinuierlich mit der Tiefe ab, sind aber auch im Sd zu finden. Die Durchwurzelung im Oberboden ist hoch und nimmt mit der Tiefe nur langsam ab. Das Profil ist durchgehend frei von Skelettmaterial (Tab. 7.10.1-3).

Tab. 7.10.1-1: Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal

	Neigung: 2-3,5 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 3-7 Stufe: mittel	GW-Stand: dm: > 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 300 m		Ausgangsgestein: Ton, Sandstein, Decklehm	Vegetation: Fichte, Veilchen, Springkraut, Brombeeren	Nutzungsform: Forst	
Reliefform: Mittelhang		Exposition: W	Humusform: Moder		

Tab. 7.10.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsell	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 4-0	Auflage	de	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 8	Ah	w, di	feu 1	10 YR 4/3	-	-	-	-	Rwu	5
3	- 14	Ah-Bv	w, di	feu 2	10 YR 4/4	-	-	-	-	Rwu	2
4	- 31	Bv	w, de	feu 2	7,5 YR 4/6	-	-	-	-	Rwu	1
5	- 53	Sw	w, sc	feu 2	5 YR 4/6	eh, es	1-2	-	-	Rwu	1
6	> 53	Sd	-	feu 2	10 YR 5/4	eh, es	10	rb	10	Rwu	1

Tab. 7.10.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-	-	-
2	Ah	Vf1	Bröckel	W4	-	-
3	Ah-Bv	Vf2	Bröckel - (sub)	W3	-	-
4	Bv	Vf3	sub	W2	-	-
5	Sw	Vf3	sub - pol	W1	-	-
6	Sd	Vf3-Vf4	pol	W1	-	-

7.10.2. Bodenchemische und -physikalische Charakterisierung

Die Bodendichte ist im Ah und AhBv nur niedrig und nimmt im Bv sprunghaft zu. Die Körnungsverteilung ist relativ einheitlich, allerdings sinkt im Sd der Sandgehalt um ca. 10 % bei Zunahme des Schluff- und Tongehaltes (Tab. 7.10.2-1), was zusammen mit der etwas höheren Dichte zur Bildung des Sd führte. Der an Corg-Gehalt ist in der Auflage nur mäßig hoch und nimmt nach unten hin ab bei enger werdenden C/N-Verhältnissen. Die pH-Werte sind durchgehend niedrig bei nur geringer Variation. Sie liegen alle im Bereich der Al- bzw. Fe-Pufferung. Abgesehen von der Auflage ist die KAK_{eff} ebenfalls niedrig. Die Abnahme in den unteren Horizonten ist auf den Rückgang des Corg-Gehaltes zurückzuführen, der Anstieg im Sd auf den dort höheren Tongehalt (Tab. 7-10.2-2). Die Basensättigung ist niedrig und liegt in den Mineralbodenhorizonten deutlich unter 10 %. Die Gehalte an Al und Fe sind recht einheitlich, auffallend hoch ist der Mn-Gehalt in der Auflage

Tab. 7.10.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	23,64	0,99	24
2	Ah	1,05	30,73	30,1	44,1	25,5	Lt2	4,52	0,27	17
3	Ah-Bv	1,05	30,73	33,6	42,1	24,2	Ls2	2,82	0,20	14
4	Bv	1,45	35,31	34,3	42,4	23,3	Ls2	1,51	0,13	12
5	Sw	1,52	33,40	37,0	38,0	25,1	Ls3	0,43	0,06	7
6	Sd	1,67	40,00	26,0	44,2	29,9	Lt2	0,56	0,08	7

Tab. 7.10.2-2: *pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal*

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	4,2	3,4	3,5	0,30	6,37	0,23	75,23	7,02	188,3	1,83	2,54	10,75
2	Ah	4,0	3,4	3,4	0,08	1,03	*	5,81	1,09	83,6	2,27	0,47	10,95
3	Ah-Bv	4,2	3,6	3,6	0,07	0,67	*	3,01	0,79	75,8	1,96	0,67	8,68
4	Bv	4,2	3,7	3,7	0,05	0,49	*	1,71	0,50	63,3	1,92	0,87	9,08
5	Sw	4,2	3,7	3,8	0,06	0,57	*	1,71	0,67	54,9	1,76	0,72	9,10
6	Sd	4,2	3,6	3,7	0,06	0,65	*	3,63	3,03	70,5	1,64	0,03	12,28

* < BG

7.10.3. Schwermetalle

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen sind durchgehend höher als auf der PNF Warndt 2 (Tab. 7.10.3-1). Dies kann, neben unterschiedlicher Geologie, auch auf eine erhöhte Immissionsbelastung zurückgeführt werden, da das Gebiet in der Hauptimmissionsrichtung des Saarländischen Industriegebietes liegt. Besonders Cr, Pb und Zn zeigen gegenüber der PNF Warndt 2 höhere Gehalte. Die mobilen Schwermetallgehalte sind jedoch nur wenig höher als im Warndt, mit Ausnahme von Pb, das den 5-fachen Gehalt an mobilen Pb aufweist (Tab. 7.10.3-2).

Tab. 7.10.3-1: *Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	27	19	24	181	115	0,501
2	Ah	33	18	30	85	100	0,160
3	Ah-Bv	27	14	26	46	79	0,117
4	Bv	24	12	26	27	72	0,111
5	Sw	23	9	30	18	80	0,117
6	Sd	32	19	33	25	62	0,114

Tab. 7.10.3-2: *NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,075	0,729	2,099	0,068	0,117	*	0,199	0,082	3,815
2	Ah	0,072	0,612	0,633	0,120	0,035	*	0,031	0,024	3,516
3	Ah-Bv	0,055	0,634	0,457	0,101	0,020	*	0,022	0,029	1,185
4	Bv	0,022	0,287	0,403	0,051	0,008	*	0,022	0,030	0,374
5	Sw	0,018	0,297	0,395	0,089	*	*	0,014	0,026	0,390
6	Sd	0,085	0,793	1,906	0,517	0,023	0,115	0,048	0,039	6,927

* < BG

7.10.4. Tonmineralverteilung

Die Mineralogie der Tonfraktion ist über das ganze Profil homogen. Es treten Illit, Kaolinit und primärer Chlorit auf. Nur im Ah-Horizont sind verschiedene aufweitbare Tonminerale vorhanden, die in der Summe unter 10 % Anteil liegen.

Die Kontraktion nach Kalium-Belegung ist bei den aufweitbaren Anteilen sehr gut und bei 20°C schon komplett. Geringe Anteile an Illit/Chlorit-Wechsellagerung sind auch im 560°C-Scan an einem Peak zwischen 7° 2 θ und 10° 2 θ erkennbar.

Tab. 7.10.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Saarländischer Verdichtungsraum, Saarkohlewald, Oberes Steinbachtal

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=1	I/S R=0	I/S R=0 Chloritisiert	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Ah	3	2	3	6	4	66	16	# - (##)
3	Ah-Bv	Sp	Sp	2	6	4	72	16	# - (##)
4	Bv	-	-	2	6	6	71	15	# - (##)
5	Sw	-	-	-	5	8	69	18	# - (##)
6	Sd	-	-	-	3	2	84	11	#

7.11. Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig

7.11.1. Felddaten

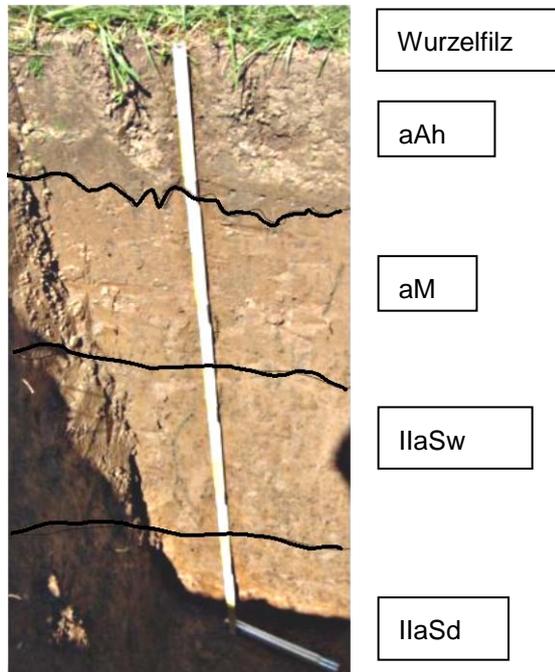


Abb. 7.11.1-1: *Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental; Bodentyp: pseudogleyte Vega*

Beim Boden in Leipzig Rosental handelt es sich um eine pseudovergleyte Vega aus Auensedimenten der Elster und Parthe. Im Profil und auf der Fläche (Anhang A-11) sind durchgehend Eigenschaften der Auendynamik zu beobachten. Dem ca. 20 cm mächtigen aAh-Horizont folgt ein aM-Horizont, der nur leichte Redoximorphie aufweist. In den darauf folgenden IIaSw- bzw. IIaSd-Horizonten sind hingegen deutliche Pseudomerkmale (Bleichungen, Fe-, Mn-Oxidationreicherungen) festzustellen (Tab. 7.11.1-2). Während im aAh-Horizont Hohlräume überwiegend durch Wurzelröhren verursacht sind, dominieren in den darunterliegenden Horizonten Regenwurmröhren. Die Verfestigung ist einheitlich, im aAh liegt ein Krümmelgefüge vor, in den folgenden Horizonten dominieren Subpolyeder. Die Durchwurzelung ist im aAh sehr stark und nimmt nach unten kontinuierlich ab (Tab. 7.11.1-3). Auffallend sind im aAh vereinzelt Ziegelreste, im IIaSw finden sich größere Anteile an Kohlen bzw. Holzkohlen.

Tab. 7.11.1-1: *Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental*

	Neigung: < 2 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 7-12 Stufe: tief	GW-Stand: dm: 20 Stufe: GWA 5
NN-Höhe: 108 m	Ausgangsgestein: Auensedimente		Vegetation: Klee, Löwenzahn, kriechender Hahnenfuß, Rasen	Nutzungsform: Parkwiese, Erholung	
Reliefform: Ebene	Exposition: -		Humusform: -		

Tab. 7.11.1-2: *Tiefe, Horizontsymbol und -form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Saarkohlewald, Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental*

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsel	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 2-0	Wurzelfilz	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 20	aAh	k	feu 2	10 YR 3/2	-	-	-	-	Rwu	5
3	- 50	aM	w	feu 3	7,5 YR 4/3	-	-	-	-	Rwu, Re	2
4	- 90	IlaSw	w	feu 3	10 YR 4/3	ed, eh	20	rb	20	Re	5
5	> 90	IlaSd	w	feu 4/5	10 YR 4/3	ed, eh	25	rb	30	Re	2

Tab. 7.11.1-3: *Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Saarkohlewald, Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental*

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Wurzelfilz	-	-	-	-	Grassode
2	aAh	Vf3	kru	W5	-	vereinzelt Ziegelreste
3	aM	Vf3	sub – pol	W2	-	-
4	IlaSw	Vf3	sub – pol	W0	-	größere Anteile an Kohle / Holzkohle
5	IlaSd	Vf3	sub – pol	W0	-	-

7.11.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Die Bodendichte nimmt mit der Tiefe zu, bei gleichzeitiger Abnahme der Wasserhaltekapazität. Bei der Textur ist ein leichter Körnungswechsel zu schluffigerem und tonärmerem Material im IlaSw und IlaSd festzustellen, während der Sandgehalt sich im Profil kaum verändert (Tab. 7.11.2-1). Die Gehalte an Corg und N nehmen mit der Tiefe ab bei enger werdendem C/N-Verhältnis. Die pH-Werte liegen deutlich über den Werten der meisten Waldstandorte, jedoch um ca. 0,5 - 1 pH-Einheit unterhalb der pH-Werte in Saarbrücken-Staden. Dennoch liegen sie in einem für Regenwürmer physiologisch noch günstigem Bereich. Dominierende Kationen sind Ca und Mg, die KAK_{eff} ist im Profil durchgehend hoch und nimmt mit der Tiefe aufgrund des durchgehend hohen Tongehaltes nur wenig ab (Tab. 7.11.2-2). Der Gehalt an Eisenoxiden ist in allen Horizonten hoch.

Tab. 7.11.2-1: *Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental*

Nr.	Horizont Symbol	Boden - dichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.- Gehalt	N- Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Wurzelfilz	-	-	-	-	-	-	7,67	0,60	13
2	aAh	1,15	50,68	12,3	49,3	38,4	Lt3	4,25	0,35	12
3	aM	1,30	46,67	9,3	48,6	42,1	Lt3	1,40	0,16	9
4	IlaSw	1,48	41,35	10,3	54,5	35,2	Tu3	0,84	0,09	9
5	IlaSd	1,46	42,65	9,6	54,7	35,7	Tu3	0,62	0,07	9

Tab. 7.11.2-2: *pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental*

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Wurzelfilz	5,1	5,1	5,4	0,30	15,99	1,23	244,93	38,93	313,4	1,55	0,53	13,37
2	aAh	5,5	5,1	5,5	0,07	1,58	0,34	246,89	29,27	304,2	1,46	0,54	12,36
3	aM	5,9	5,1	5,8	0,06	1,36	0,71	212,73	28,89	277,6	1,15	0,64	11,25
4	IIaSw	5,6	4,9	5,8	0,05	1,29	0,61	187,53	43,14	267,9	1,06	1,03	11,08
5	IIaSd	6,1	4,8	5,7	0,06	0,88	0,48	172,04	47,03	254,7	0,85	0,94	10,24

7.11.3. Schwermetalle

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen sind – vor allem in den oberen beiden Horizonten – im Vergleich zu den übrigen Standorten relativ hoch, liegen aber deutlich unter den Prüfwerten nach BBodSchV. Die Gehalte an mobilen Schwermetallen sind hingegen sehr niedrig (Tab. 7.11.3-2) und betragen meist weniger als 1 % des Gesamtgehaltes. Dies ist auf den relativ hohen pH-Wert zurückzuführen, da dadurch die Löslichkeit der Schwermetalle stark eingeschränkt wird.

Tab. 7.11.3-1: *Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Wurzelfilz	47	56	32	94	258	0,719
2	aAh	51	66	36	114	282	0,912
3	aM	48	31	39	50	127	0,353
4	IIaSw	48	26	48	20	116	0,462
5	IIaSd	45	24	45	18	108	0,417

Tab. 7.11.3-2: *NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Wurzelfilz	0,026	0,055	0,214	0,520	0,022	*	0,025	0,001	0,066
2	aAh	0,015	0,017	0,179	*	*	*	0,026	0,004	0,062
3	aM	0,013	0,008	0,132	*	*	*	0,006	0,005	0,043
4	IIaSw	0,014	0,003	0,353	*	*	0,010	0,008	0,004	0,041
5	IIaSd	0,009	*	0,427	*	0,013	0,042	0,008	0,003	0,048

* < BG

7.11.4. Tonmineralverteilung

Im Profil Leipzig ist die Tonmineralverteilung über das ganze Profil nahezu identisch. Die Illit und Kaolinitgehalte sind konstant. Auch der Anteil der aufweitbaren Minerale ändert sich nur geringfügig. Neben ILL/Sm R=0 Wechsellagerungen treten noch ‚teilweise aufweitbare‘ Minerale auf, die in der Glycerinaufnahme als Übergang zwischen 7° 2θ und 6° 2θ erscheinen. Dies kann ein Hinweis auf eine beginnende sekundäre Chloritisierung aufweitbarer Minerale sein. Wahrscheinlicher ist eine

Wechselagerung, an der neben aufweitbaren Schichten primärer Chlorit beteiligt ist. Dies wird im Kalium 560°C Präparat deutlich. Bei dieser Erhitzungsstufe bleibt ein Peak zwischen 7 Å und 10 Å bestehen.

Ansonsten verläuft die Kontraktion nach Kalium-Belegung sehr gut. Im aAh-Horizont ist diese bei 20°C fast abgeschlossen. In den darunterliegenden Horizonten ist die Kontraktion bei 150°C noch nicht vollständig, was ein Hinweis auf beginnende sekundäre Chloritiserung ist.

Tab. 7.11.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig, Leipzig Rosental

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=1	I/S R=0 30-50% ILL	I/S R=0 Chloritisiert	Vermikulit	Chlorit primär	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Wurzelfilz	-	-	-	-	-	-	-	-
2	aAh	5	16	14	5	3	44	13	##
3	aM	5	16	13	5	4	45	12	##
4	IlaSw	4	15	12	6	5	46	12	# - (##)
5	IlaSd	3	18	12	5	5	46	11	# - (##)

7.12. Dübener Heide, Dübener Heide Mitte

7.12.1. Felddaten

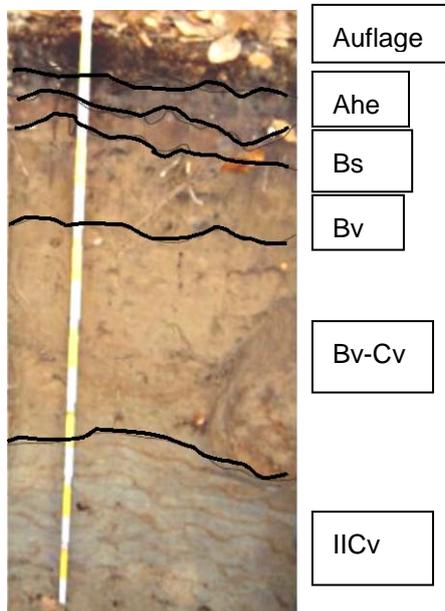


Abb.7.12.1-1: *Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein; Bodentyp: stark podsolige Braunerde*

Am Standort Dübener Heide, Revier Lutherstein wurde eine stark podsolige Braunerde kartiert, die typisch für das Untersuchungsgebiet ist (Anhang A-12). Unter einer ca. 10 cm mächtigen Auflage folgt ein gebleichter Ae-Horizont, gefolgt von einem Bs-Horizont, der deutliche Eisenoxidanreicherungen aufweist. Einem BvCv-Übergangshorizont folgt ein IICv-Horizont, der stark Hydromorphie Merkmale (Bleichungen, Rostbänder) zeigt (Abb. 7.12.1.1, Tab. 7.12.1-2). Möglicherweise handelt es sich dabei um einen reliktschen Sw-Horizont. Aktuell waren keine Hinweise auf Staunässe festzustellen. Der Anteil der Hohlräume nimmt mit zunehmender Bodentiefe ab (Tab. 7.12.1-2), dabei handelt es sich ausschließlich um Wurzelgänge. Regenwürmer konnten im Profil nicht gefunden werden. Bei der Gefügeform handelt es sich durchgehend um ein Einzelkorngefüge. Die Durchwurzelung ist im Ae nur schwach und nimmt mit der Tiefe weiter ab (Tab. 7.12.1-3).

Tab. 7.12.1-1: *Neigung, Auf- und Abtrag, Melioration, Gründigkeit, Grundwasserstand (GW), Höhe über NN, Ausgangsgestein, Vegetation, Nutzungsform, Reliefform, Exposition, Humusform; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein*

	Neigung: < 2 %	Auf – Abtrag: Kein(e)	Melioration: Keine(e)	Gründigkeit: dm: 7-12 Stufe: tief	GW-Stand: dm: 20 Stufe: GWA 6
NN-Höhe: 178 m		Ausgangsgestein: Grundmoränenmaterial	Vegetation: Buche, Fichte, Kiefer, Pilze	Nutzungsform: Forst	
Reliefform: Ebene		Exposition: S	Humusform: Moderartiger Mull		

Tab. 7.12.1-2: Tiefe, Horizontsymbol und –form, aktuelle Feuchte, Farbe, Redoximorphie, Hohlräume; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein

Nr.	Tiefe [cm]	Horizont		aktuelle Feuchte	Farbe nach Munsel	Redoximorphie				Hohlräume	
		Symbol	Form			Oxidativ		Reduktiv		Art	Anteil [%]
						Art	Anteil [%]	Art	Anteil [%]		
1	+ 10-0	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	- 6	Ahe	w	feu 2	7,5 YR 5/1	-	-	-	-	Rwu	5
3	- 13	Bs	w	feu 2	5 YR 4/4	-	-	-	-	Rwu	5
4	- 33	Bv	w	feu 2	10 YR 4/4	-	-	-	-	Rwu	2
5	- 70	Bv-Cv	w	feu 3	10 YR 5/4	-	-	-	-	Rwu	2
6	> 70	IICv	w	feu 3	2,5 YR 6/2	ed	15	rg	85	Rwu	1

Tab. 7.12.1-3: Verfestigung, Gefügeform, Durchwurzelung, Grobboden, Bemerkungen; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein

Nr.	Horizont Symbol	Verfestigung	Gefügeform	Durchwurzelung	Grobboden	Bemerkungen
1	Auflage	-	-	-	-	-
2	Ahe	Vf2	ein	W2	-	-
3	Bs	Vf2	ein	W1	-	Findling in 13-70 cm Tiefe
4	Bv	Vf3	ein	W1	-	-
5	Bv-Cv	Vf1	ein	W1	-	-
6	IICv	Vf1	ein	W0	-	1-2 cm breite Rostbänder im Abstand von 5-15 cm evtl. reliktscher Sw-Horizont

7.12.2. Bodenchemische und –physikalische Charakterisierung

Der Sandgehalt nimmt mit zunehmender Tiefe zu und erreicht nach einem Körnungswechsel im IICv über 90 % während der Schluffgehalt kontinuierlich abnimmt (Tab. 7.12.2-1). Der Gehalt an Corg beträgt in der Auflage über 20 %, in den Mineralbodenhorizonten nimmt Corg und auch N-Gesamt mit der Tiefe ab bei enger werdendem C/N-Verhältnis. Entsprechend des mit der Tiefe zunehmenden Sandgehalts und der Abnahme von Corg, verringert sich auch die Wasserhaltekapazität mit der Tiefe. Auffallend ist jedoch der starke Anstieg der WHK im IICv. Dies ist möglicherweise auf eine Veränderung des Porenvolumens und der Porengrößenverteilung aufgrund von Verkittung durch Eisenoxide in den Rostbändern zurückzuführen. Die pH-Werte sind durchgehend niedrig und liegen im Fe- bzw. Al-Pufferbereich (Tab. 7.12.2-2). Die KAK_{eff} ist, mit Ausnahme der Auflage, bei geringer Basensättigung niedrig. Die Gehalte an Sesquioxiden sind nur ebenfalls gering.

Tab. 7.12.2-1: Bodendichte [g/cm³], Wasserhaltekapazität (WHK) [Vol. %], Textur [Gew. %], Bodenart, C org.-Gehalt [%], N-Gehalt [%], C/N-Verhältnis; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein

Nr.	Horizont Symbol	Bodendichte	WHK	Textur			Bodenart	C org.-Gehalt	N-Gehalt	C/N
				Sand	Schluff	Ton				
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	23,10	1,12	21
2	Ahe	1,13	36,91	73,4	21,6	5,0	Su2	5,89	0,20	30
3	Bs	1,35	26,70	78,0	16,0	6,0	Sl2	1,56	0,07	23
4	Bv	1,37	25,05	81,0	14,0	5,0	Su2	0,59	0,03	20
5	Bv-Cv	1,33	25,25	80,3	13,7	6,0	Sl2	0,21	0,02	13
6	IICv	1,23	58,04	93,1	4,2	2,7	Ss	0,05	*	

Tab. 7.12.2-2: *pH-Wert (H₂O, KCl, CaCl₂), EC [mS/cm], austauschbare Kationen, KAK_{eff} [mmol/kg], Sesquioxide dithionit (dith.) [g/kg]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein*

Nr.	Horizont Symbol	pH-Wert			EC	austauschbare Kationen				ges. KAK _{eff}	Sesquioxide (dith)		
		H ₂ O	KCl	CaCl ₂		K	Na	Ca	Mg		Al	Mn	Fe
1	Auflage	4,5	3,9	4,1	0,24	4,13	0,05	174,15	6,78	251,8	6,76	1,71	9,72
2	Ahe	4,1	3,5	3,4	0,04	0,68	0,10	8,44	0,55	46,7	0,80	0,01	1,65
3	Bs	4,2	3,3	3,4	0,04	0,17	*	6,83	0,31	35,8	0,38	0,03	1,60
4	Bv	4,3	4,0	3,9	0,03	*	*	1,26	0,04	25,3	0,98	0,10	1,40
5	Bv-Cv	4,3	4,1	4,0	0,03	*	*	0,49	*	24,8	0,71	0,01	1,21
6	IICv	4,3	4,2	4,2	0,02	*	*	0,10	*	31,1	0,24	*	0,28

* < BG

7.12.3. Schwermetalle

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen sind in den Mineralbodenhorizonten niedrig und liegen zum Teil unter der Bestimmungsgrenze. Erhöhte Gehalte werden dagegen in der Auflage beobachtet. Diese sind auf Immisionsbelastungen verschiedener früherer DDR-Kombinate zurückzuführen [PAULUS ET AL., 1997]. Auch die Gehalte an mobilen Schwermetallen sind niedrig und erreichen nur wenige Prozent der Gesamtgehalte. Bei Cd erreichen die löslichen Gehalte bis zu 50 % des Gesamtgehaltes, allerdings auf einem niedrigen Niveau.

Tab. 7.12.3-1: *Aqua regia Extraktion, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
1	Auflage	27	50	18	117	86	1,018
2	Ahe	*	5	2	41	17	0,088
3	Bs	*	*	1	20	14	0,031
4	Bv	*	*	2	12	19	*
5	Bv-Cv	5	*	3	*	18	*
6	IICv	*	*	1	*	*	*

* < BG

Tab. 7.12.3-2: *NH₄NO₃ Extraktion, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ti, Pb [mg/kg]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein*

Nr.	Horizont Symbol	Cr	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Ti	Pb
1	Auflage	0,077	0,237	0,974	0,033	0,062	0,031	0,211	0,079	0,657
2	Ahe	0,021	0,048	0,207	0,006	0,024	*	0,039	0,007	2,257
3	Bs	0,019	0,047	0,106	*	0,012	*	0,015	0,005	1,983
4	Bv	0,025	0,050	0,048	*	0,005	*	0,006	0,007	0,721
5	Bv-Cv	0,029	0,042	0,029	*	*	*	0,005	0,004	0,107
6	IICv	0,020	0,015	0,011	*	*	*	0,002	0,001	0,069

* < BG

7.12.4. Tonmineralverteilung

Die Mineralogie ist über das ganze Profil sehr homogen. Das dominante Tonmineral ist Kaolinit. Alle aufweitbaren Tonminerale oder Wechsellagerungen mit Anteilen von aufweitbaren Mineralschichten sind durch sekundäre Chloritisierung in ihrer Expansion eingeschränkt. Nur im Aeh-Horizont und zum Teil auch im Bs-Horizont werden die Smektitsschichten der Ill/Sm-Wechsellagerungen durch Glycerin aufgeweitet (Swelling Chlorit). Dies liegt an der Wirkung der organischen Substanz, die die Al-Konzentration in der Bodenlösung durch Komplexbildung niedrig hält und somit eine unvollständige Belegung der Zwischenschicht mit Al-Hydroxopolymeren bewirkt. Dies wird am Anteil von 36% I/S R=0 in Aeh-Horizont deutlich. Die Expansion dieses Minerals liegt bei 17.7 Å, also nahe bei 18 Å eines Smektit. Der Anteil der aufweitbaren Minerale sinkt über den Bs-Horizont stark auf Spuren in den unteren Horizonten ab.

Die Kontraktion erfolgt nach K-Belegung in allen Horizonten erst bei höheren Temperaturen, wobei im Aeh-Horizont die Kontraktion, aufgrund der oben diskutierten Bedingungen, rascher und vollständiger verläuft. Im Aeh-Horizont ist die Kontraktion nach 560°C nahezu vollständig, während in den unteren Horizonten die sekundären Chlorite sehr stabil sind und eine vollständige Kontraktion nicht erreichen.

Außerdem erscheint im Bv und BvCv-Horizont eine Wechsellagerung mit Anteilen an primären und sekundären Chlorit. Es zeigt sich im K-400°C und K-560°C Röntgenscan eine gut ausgeprägter Peak zwischen 7°2θ und 10°2θ. Auch eine Beteiligung von Illit an dieser Wechsellagerung ist nicht auszuschließen (ILL/Sm R=1 mit chloritisierten Sm-Schichten).

Tab. 7.12.4-1: Mineralverteilung der Tonfraktionen [Gew.-%]; Profil Dübener Heide, Dübener Heide Mitte, FA Dessau Revier Lutherstein

Nr.	Horizont Symbol	I/S R=1 teils chloritisiert	I/S R=0 chloritisiert	Chlorit sekundär	Chlorit primär	Illit/Chlorit 10-14A	Illit	Kaolinit	Quarz
1	Auflage	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Ahe	36	6	6	-	-	8	44	## - (###)
3	Bs	6	10	25	-	-	14	45	## - (###)
4	Bv	-	4	31	Sp	10	11	44	###
5	Bv-Cv	-	4	21	Sp	8	11	56	###
6	IIcV	-	4	14	Sp	Sp	15	67	###

8. Literaturverzeichnis

- AG BODEN (1982):
Bodenkundliche Kartieranleitung. 3. Auflage (Hrsg.): Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover
- AG BODEN (1994):
Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage (Hrsg.): Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover
- BARTEL, M. UND QUACK, M. (2000) :
Erstellung gebietsbezogener Probenahmepläne und Vorbereitung der Routinebeprobung für die neuen Probenahmegebiete der Umweltprobenbank des Bundes, Band 1. Institut für Biogeographie am Zentrum für Umweltforschung der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 237 S.
- HERMS U, & BRÜMMER, G. W. (1983):
Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkund., 147, 400-424
- HEIM, D. (1990):
Tonminerale und Tone. Enke Verlag Stuttgart
- HARTGE, K-H. UND HORN, R. (1999):
Einführung in die Bodenphysik. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- HERMS, U. & BRÜMMER, G. (1980):
Einfluß der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolerierbare Gesamtgehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei in Böden und kompostierbaren Siedlungsabfällen. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 147, 400-424
- HINTERMEIER-ERHARD, G.; ZECH, W. (1997):
Wörterbuch der Bodenkunde. Systematik, Genese, Eigenschaften, Ökologie und Verbreitung von Böden. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- JASMUND, K. UND LAGALY, G. (1993):
Tonminerale und Tone. Steinkopff Verlag, Darmstadt
- KONZAN, H.-P. (1984):
Erläuterungen zur geologischen Karte des Saarlandes 1:25000, Blatt Nr. 6706 Ludweiler-Warndt. Geologisches Landes-Amt des Saarlandes (Hrsg.), Saarbrücken, 54. S.
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERTFEGER, G. (1994):
Bodenkunde. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- MARSCHNER, B. (1999):
Sorption von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und polychlorierten Biphenylen (PCB) im Boden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkund., 162, 1-14
- MEHRA, O. P. UND JACKSON, M. L. (1960):
Iron Oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays and Clay minerals, 317-327.
- MOORE, D.M. UND REYNOLDS, R.C. JR. (1989):
X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford University Press, New York.
- PAULUS, M.; SPRENGART, J.; WÜST, R.; KLEIN, R.; WAGNER, G. UND NENTWICH, K. (1997):
Erstellung gebietsbezogener Probenahmepläne für die Probenahmegebiete der Umweltprobenbank des Bundes. Institut für Biogeographie am Zentrum für Umweltforschung der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 286 S.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. ET AL. (1998):
Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- SCHIMMING, C.-G. (1992):
Belastung mit Säuren. In: Blume H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung, Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech

SCHLICHTING, E.; BLUME, H-P; STAHR, K. (1995):

Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte und für Geowissenschaftler. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Wien

SCHRÖDER, D. (1992):

Bodenkunde in Stichworten. Ferdinand Hirt in der Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart

VOLLNER L. & KLOTZ, D. (1994) :

Behaviour of DDT under laboratory and outdoor conditions in Germany. J. Environ. Sci. Health, 29, 161-167

YUAN G : & LAVKULICH, L. M., (1997) :

Sorption behavior of copper, Zinc and cadmium in response to simulated changes in soil properties. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 28, 571-587

9. Anhang

Anhang A-1

Profilbeschreibungen NP Harz

Profil 1: Regosol

Auflage+35 cm

Ah -6 cm sehr stark humos

IC >6 cm Grobsand

Profil 2: Podsol

Auflage+16 cm

Ahe -2 cm

Ae -5 cm

Bhs -11 cm

ICv >11 cm

Profil 3: Podsol

Auflage+18 cm

Ah -8 cm Substrat feinkörnig

IIAhe -13 cm sandig

IIAe -17 cm sandig

IIBhs > 17 cm sandig

Profil 4: Ranker

Auflage+12 cm

Ah -10 cm

mC >10 cm

Profil 5: Podsol

Auflage+9 cm

Ae -5 cm

Bhs -13 cm

ICv >13 cm

Profil 6: Regosol

Auflage+8 cm

Ah -4 cm

IC >4 cm

Profil 7: Ranker

Auflage+8 cm

Ah -2 cm

Ah+Cv -15 cm

mC >15 cm

Profil 8:

Auflage+12 cm

Ah -13 cm

Ae -16 cm

II - 51 cm Grobsand, sieht aus wie C-Material, aber sehr feucht

II > 51 cm Material ähnlich vor, aber stark verbraunt, trockener

Anhang A-2 :

Profilbeschreibungen NP Bayerischer Wald

Profil 1: Braunerde (eben)

Ah -2 cm
AhBv -15 cm
Bv >15 cm

Profil 2: Braunerde (Buckel)

Ah -4 cm
AhBv -16 cm
Bv >16 cm

Profil 3: Braunerde (Mulde)

Ah -7 cm
Bv1 -37 cm rötlich, dunkel, kaum Skelett
Bv2 -47 cm hoher Skelettanteil
Bv3 >47 cm kaum Skelettmaterial

Profil 4: Braunerde-Ranker (Buckel)

Ah -6 cm
AhBv -16 cm
mC >16 cm

Profil 5: Braunerde (eben)

Ah -6 cm
AhBv -18 cm
Bv1 -48 cm locker
Bv2 >48 cm heller, fest

Profil 6: Braunerde (eben)

Ah -6 cm
Bv1 -46 cm
Bv2 >46 cm

Profil 7: Braunerde (Mulde)

Ah -7 cm
Bv1 -37 cm locker
Bv2 >37 cm fest, heller

Profil 8: Braunerde (eben)

Ah -4 cm
Bv1 -24 cm schluffig
Bv2 >24 cm sandig, kiesig

Anhang A-3 :

Profilbeschreibungen BR/NP Berchtesgaden

Profil 1: Braunerde

Auflage +7 cm

Ah -7 cm stark humos

Bv >7 cm Rückstandslehm

Profil 2: Rendzina

Auflage +3 cm

Ah -10 cm stark humos, lehmig

cCv >16 cm sandig-grusig

Profil 3: Braunerde-Rendzina

Auflage +2 cm

Ah -10 cm stark humos, lehmig, carbonatfrei

Bv-Ah -18 cm hoher Skelettanteil (>50 %), c2

cCv >18 cm hoher Skelettanteil (>50 %), c3.3

Profil 4: Braunerde

Auflage +7 cm

Ah -7 cm stark humos, Lu, c0

Bv -15 cm sandig, schluffig, Rückstandslehm, c1

BvCv >15 cm hoher Skelettanteil (>50 %), c3.3

Profil 5: Braunerde-Rendzina

Auflage +7 cm

Ah -2 cm stark humos, lehmig, c0

Bv-Ah -6 cm sandig, schluffig, hoher Skelettanteil (>50 %), c2

cCv >6 cm sandig, hoher Skelettanteil (>50 %), c3.3

Profil 6: Rendzina

Auflage +3 cm

Ah -4 cm stark humos, lehmig, c0

cCv >4 cm grusig, hoher Skelettanteil (>50 %), c3.3

Profil 7: Rendzina

Auflage +7 cm

Ah -4 cm stark humos, lehmig, c0

cCv >4 cm grusig, hoher Skelettanteil (>50 %), c3.3

Anhang A-4 :

Profilbeschreibungen Solling

Profil 1: Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -7 cm lehmig

AhBv -17 cm lehmig

Bv -72 cm lehmig

IICv >72 cm sandig

Profil 2: Braunerde

Auflage +4 cm

Ah -16 cm lehmig

AhBv -27 cm lehmig

Bv -54 cm lehmig

Profil 3: Braunerde

Auflage +4 cm

Ah -6 cm lehmig

AhBv -22 cm lehmig

Bv -62 cm lehmig

IICv >62 cm sandig, Grobsand

Profil 4: Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -5 cm lehmig

AhBv -10 cm lehmig

Bv -59 cm lehmig

IICv >59 sandig, leichte Pseudovergleyung

Profil 5: Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -5 cm lehmig

AhBv -10 cm lehmig

Bv -45 cm lehmig

IIBv -63 cm sandig

IICv(n) >63 cm sandig

Profil 6: Braunerde

Auflage +6 cm

Ah -10 cm lehmig

Bv -66 cm lehmig

IICn >66 cm fest

Profil 7: Braunerde

Auflage +6 cm

Ah -10 cm lehmig

Bv -66 cm lehmig

IICn >66 cm fest

Profil 8: Pseudogley-Braunerde

Auflage +6 cm

Ah -14 cm lehmig

Bv -54 cm lehmig

Sw-Bv -85 cm lehmig

Anhang A-5 :

Profilbeschreibungen BR Pfälzerwald

Profil 1: Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -4 cm sandig

AhBv -11 cm sandig

Bv -62 cm sandig

Cv -72 cm sandig

Cn >72 cm Sandstein

Profil 2: Braunerde

Auflage +4 cm

Ah -9 cm sandig

Bv -54 cm sandig

Profil 3: Braunerde

Auflage +3 cm

Ah -6 cm sandig

Bv -62 cm sandig

Cv >62 cm sandig

Profil 4: Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -5 cm sandig

AhBv -9 cm sandig

Bv -57 cm sandig

Cv -82 cm sandig

Cn >82 cm Sandstein

Anhang A-6 :

Profilbeschreibungen Bornhöved

Wetter: bedeckt,regnerisch, windig

Profil:1

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-22	Ap
2	22-27	Ap - Bv
3	+ 27	Bv ^{(1 (2)}

Profil:2

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-18	Ap
2	18-48	Bv
3	+48	Bv - Cv ⁽²⁾

Profil:3

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-24	Ap
2	24-57	Bv
3	57-87	Bv - Cv ⁽²⁾
4	87 +	Cv

Profil:4

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-26	Ap
2	26-42	Ap - Bv
3	42-66	Bv
4	66-78	Bv-Cv ^{(2 (3)}
5	78 +	Cv

Profil:5

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-23	Ap
2	23-60	Bv
3	57 +	Bv-Cv ⁽²⁾
4	67 +	Cv

Profil:6

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-26	Ap
2	26-45	Bv
3	45-54	Bv-Cv ⁽²⁾
4	54 +	Cv

Profil:7

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-20	Ap
2	20-42	Bv
3	42 +	Cv

Profil:8

Nr.	Mächtigkeit [cm]	Horizont
1	0-28	Ap
2	28-55	Bv
3	55-67	Bv-Cv ⁽²⁾
4	67 +	Cv

(1 abnehmende Braunfärbung

(2 mit Flintsteinen

(3 Rostfleckung + Rostband

Anhang A-7 :

Profilbeschreibungen Oberbayerisches Tertiärhügelland

Profil 1: Braunerde aus sandig-kiesigem OSM-Material

Auflage +10 cm

Ah -7 cm

Bv -24 cm

Cv >24 cm

Profil 2: Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -5 cm (etwas lehmiger als in Profil 1)

AhBv -10 cm

Bv -26 cm

Cv >26 cm

Profil 3: pseudovergleyte Braunerde (lehmiges Material mit Steinen; Fließerde)

Auflage +5 cm

Ah -10 cm

Bv -25 cm

BvSw >24 cm

Profil 4: Braunerde (aus lehmiger Deckschicht über tonigem OSM-Material)

Auflage +7 cm

Ah -3 cm

Bv -23 cm fS, U

IIBv -53 cm U, L

IIIBv >53 cm toniger

Profil 5: Braunerde (aus OSM-Material mit 3-6 dm lehmiger Deckschicht)

Auflage +12 cm

Ah -8 cm

Bv -58 cm höherer Lehmanteil als Bv2, stärker verbraunt

IIBv >58 cm sandiger, kiesiger, rötlich

Profil 6: Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -3 cm

Bv -33 cm stark kiesig

IIBv -43 cm lehmiger, weniger Kies

IIIBv >43 cm kiesiger, sandiger als IIBv

Anhang A-8 :

Profilbeschreibungen Saarländischer VR*, Saartal

Profil 1: Kolluvisol

Ah -36 cm lehmig, skelettfrei

AhM -55 cm lehmig, skelettfrei

M -75 cm lehmig, skelettfrei

Profil 2: Kolluvisol

AhM -42 cm lehmig, skelettfrei

M >42 cm lehmig, skelettfrei

Profil 3: Kolluvisol

AhM -48 cm lehmig, skelettfrei

MBv -75cm lehmig, skelettfrei etwas Skelettmaterial

Profil 4: Kolluvisol

Ah -23 cm lehmig, skelettfrei

M -55 cm lehmig, skelettfrei

Bv -62 cm lehmig, skelettfrei

Cv >62 cm sandig, mS, gS, evtl. durch Wegebau beeinflusst

SVR* = Saarländischer Verdichtungsraum

Anhang A-9 :

Profilbeschreibungen SVR,Warndt

Profil 1: Pseudogley-Braunerde

Auflage +3 cm

Ah -14 cm schluffig

AhBv -18 cm lehmig

Bv -42 cm lehmig, leichte Bleichung im oberen Teil

Sw -60 cm lehmig, höherer Sandanteil, Konkretionen, Fe-/Mn-Anreicherungen

Profil 2: Pseudogley-Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -10 cm Körnung wie vor, generell nach unten abnehmender Schluff-

Bv -22 cm zunehmender Sandgehalt

Sw -50 cm Konkretionen, Fe-/Mn-Anreicherungen

Sd -60 cm gebleicht

Profil 3: pseudovergleyte Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -8 cm Körnung wie vor

Bv -30 cm

BvSw >58 cm Fleckungen, Bleichzonen wechseln mit Fe-Anreicherungen

Profil 4: pseudovergleyte Braunerde

Auflage +3 cm

Ah -8 cm Körnung wie vor

Bv -33 cm

BvSw -56 cm Fleckungen, Bleichzonen wechseln mit Fe-Anreicherungen

Profil 5: pseudovergleyte Braunerde

Auflage +4 cm

Ah -10 cm Körnung wie vor

Bv -45 cm

BvSw -58 cm Fleckungen, Bleichzonen wechseln mit Fe-Anreicherungen

Profil 6: Pseudogley-Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -8 cm Körnung wie vor

Bv -14 cm

BvSw -26 cm

Sw >54 cm

Profil 7: Pseudogley-Braunerde

Auflage +6 cm

Ah -8 cm Körnung wie vor

AhBv -14 cm

Bv -25 cm

Sw 25-53 cm

Profil 8: Pseudogley-Braunerde

Auflage +3 cm

Ah -12 cm Körnung wie vor

Bv -22 cm

Sw 22-52 cm

Unterhalb der letzten Horizontuntergrenze ist generell eine feste Sperrschicht festzustellen. Die Profile sind durchgehend carbonatfrei. Kaum Skelettmaterial vorhanden.

SVR*= Saarländischer Verdichtungsraum

Anhang A-10 :

Profilbeschreibungen SVR Saarkohlewald

Profil 1: Braunerde

Auflage +3 cm

Ah -5 cm schluffig, Skelettanteil ca. 15 %

AhBv -20 cm schluffig/lehmig

Bv -32 cm wie vor

IIBv -36 cm tonig, leicht gebleicht

IIIBv -68 cm sandig

Profil 2: Pseudogley-Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -12 cm Körnung wie vor

Bv -29 cm

Sw -49 cm

Sd -71 cm toniger

Profil 3: pseudovergleyte Braunerde

Auflage +4 cm

Ah -15 cm Körnung wie vor

Bv -28 cm

BvSw -60 cm

Sd -65 cm leichte Bleichungen

Profil 4: pseudovergleyte Braunerde

Auflage +5 cm

Ah -15 cm Körnung wie vor

Bv -28 cm

BvSw -35 cm

IISd -65 cm toniger, stark gefleckt

Profil 5: Braunerde-Pseudogley

Auflage +4 cm

Ah -19 cm Körnung wie vor

BvSw -60 cm

Sd -65 cm leicht gebleicht

Profil 6: pseudovergleyte Braunerde

Auflage +3 cm

Ah -12 cm Körnung wie vor

Bv -44 cm

BvSw -60 cm höherer Sandanteil, Konkretionen

Profil 7: pseudovergleyte-Braunerde

Auflage +6 cm

Ah -12 cm Körnung wie vor

Bv -25 cm

BvSw -60 cm toniger, Konkretionen, gefleckt

Profil 8: Braunerde

Auflage +3 cm

Ah -8 cm Körnung wie vor

Bv -38 cm

SVR*= Saarländischer Verdichtungsraum

Anhang A-11:

Profilbeschreibungen Dübener Heide, Transekt Halle-Leipzig

Profil 1: Auenvega

aAh -10 cm

aM -52 cm (humusreicher Sand)

IIaC >52 cm (Lößlehm)

Profil 2: Auenvega

aAh -10 cm

aM -55 cm

IIaC >55 cm (Lößlehm)

Profil 3: Auenvega

aAh -10 cm

aM -25 cm (schluffig)

IIaC >25 cm (toniger, weniger C als bei Profil 2)

Profil 4: Gley-Vega

aAh -10 cm

aM -35 cm

IIaC -55 cm

IIaG >55 cm (Lößlehm)

Anhang A-12:

Profilbeschreibungen Dübener Heide, Dübener Heide Mitte

Profil 1: Braunerde aus Sand

Ah -6 cm
Bv -22 cm
BvCv -46 cm
Cv >46 cm

Profil 2: Braunerde aus Sand

Ah -9 cm
Bv -55 cm
Cv >55 cm

Profil 3: Braunerde aus Sand

Ah -10 cm
AhBv -18 cm
Bv -73 cm
Cv >73 cm

Profil 4: Braunerde aus Sand, schwache Podsolierungsmerkmale ca. 10 % Skelettanteil

Aeh -12 cm
Bv -70 cm
Cv >70 cm

Profil 5: Braunerde aus Sand, schwache Podsolierungsmerkmale ca. 15 % Schluffanteil im Bv2

Aeh -6 cm
Bsv -11 cm
Bv1 -34 cm
Bv2 >34 cm

Profil 6: Pseudogley-Braunerde aus Sand, über schluffig-tonigem Material, Sand mit 5-10 % Schluffanteil

Ah -12 cm
AhBv -19 cm
(II)BvSw -71 cm
(II)Sd >71 cm

Profil 7: Braunerde aus Sand

Ah -7 cm
AhBv -17 cm
Bv -31 cm
Cv >31 cm

Profil 8: Braunerde aus Sand

Ah -14 cm
AhBv -20 cm
Bv1 -20 cm
Bv2 -44 cm geringere Braunfärbung als Bv1
Cv >44 cm

Profil 9: Braunerde aus Sand mit geringem Steinanteil, leichte Pseudeovergleyung

Ah -12 cm
AhBv -16 cm
Bv -34 cm
Sw >34 cm

Profil 10: Braunerde aus Sand mit geringem Skelettanteil

Ah -9 cm
Bv -43 cm
Cv >43 cm

Profil 11: Regosol aus Sand

Ah -11 cm
AhCv -21 cm
Cv >21 cm

Profil 12: Podsol-Braunerde aus Sand, über schluffig-tonigem Material, mit Pseudogleymerkmalen

Ah -4 cm
Aeh -8 cm
Bhs -20 cm
Bv -61 cm
(II)Sw >61 cm hoher Schluffanteil

Profil 13: Braunerde aus Sand

Ah -21 cm
Bv -29 cm
Cv1 -47 cm Grobsand
Cv2 >47 cm Feinsand

Profil 14: Podsol-Braunerde aus Sand, über schluffig-tonigem Material, mit Pseudogleymerkmalen

Ah -7 cm
Aeh -19 cm
Bhs -29 cm
Bv -46 cm
Sw1 -57 cm
Sw2 >57 cm hoher Schluff-/Tonanteil

Profil 15: IPseudogley-Braunerde aus Sand, über schluffig-tonigem Material, mit Podsolmerkmalen

Ah -10 cm
Aeh -29 cm
BvBhs -38 cm
Sw1 -54 cm
Sw2 >54 cm hoher Schluff-/Tonanteil

Profil 16: Braunerde aus Sand

Ah -8 cm
AhBv -12 cm
Bv -26 cm
Cv >26 cm