
EINLEITUNG	2
ANLAß DER EXKURSION UND ZIEL DER AUSARBEITUNG	2
DIE UNTERSUCHUNGSGBIETE	2
HEILIGE HALLEN	3
GEOLOGIE:	3
ALLGEMEINE BODENENTWICKLUNG AUF WEICHSELEISZEITLICHEM GESCHIEBEMERGEL:	3
ZECHLINER BUCHHEIDE	4
GEOLOGIE:	4
ALLGEMEINE BODENENTWICKLUNG IM UNTERSUCHUNGSGBIET:	4
METHODIK ZUR BODENKUNDLICHEN UNTERSUCHUNG	5
WIE GLIEDERT SICH EINE PROFILANSPRACHE?	5
1. BODENART:	5
2. ZERSETZUNGSGRAD DER ORGANISCHEN AUFLAGE:	5
5. HORIZONTBEZEICHNUNG UND MÄCHTIGKEIT:	6
6. BODENTYPEN:	6
4. PH-WERT:	6
UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	6
HEILIGE HALLEN	6
FLECKEN ZECHLIN	7
VERGLEICH UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	8
FEHLERQUELLEN	10

EINLEITUNG

Anlaß der Exkursion und Ziel der Ausarbeitung

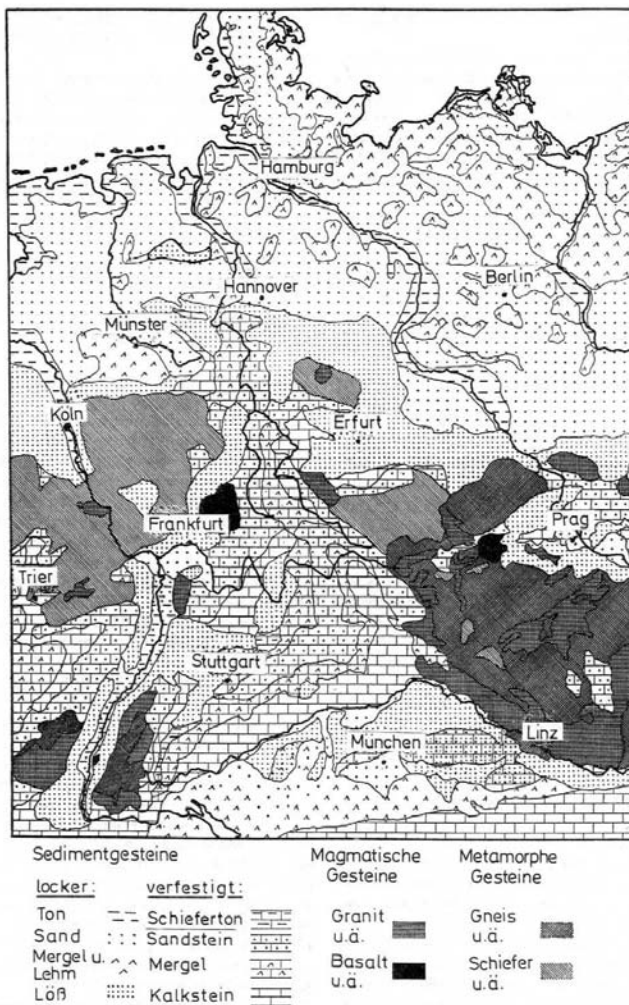
In der Lehrveranstaltung „Gehölz- und Waldökologie“ sollte uns auf Grundlage einer ganzheitlichen Betrachtung der Aufbau und die Funktion eines Waldökosystemes näher gebracht werden. Die zwei Exkursionen führten uns beide Male in Buchenwälder, die sich aber sowohl in ihrem Alter, ihrer geologischen Entstehung als auch in ihrer aktuellen Bewirtschaftung unterscheiden.

Die vorliegende Ausarbeitung untersucht die Böden der beiden Untersuchungsgebiete und vergleicht die ermittelten Parameter miteinander. Sie betrachtet mögliche Unterschiede in der Mächtigkeit der Bodenhorizonte, den pH – Werten etc. zwischen einem bewirtschafteten und unbewirtschafteten Buchenwald.

Die Untersuchungen der bodenkundlichen Parametern können sich allerdings lediglich auf den Bodentyp, die Bodenart sowie auf den pH-Wert beschränken. Leider konnten aufgrund der wenigen Zeit, die uns am Untersuchungsort blieb, keine weiteren Parameter ermittelt und beschrieben werden.

Die Ausarbeitung gliedert sich in drei Teile. Vorerst sollen die Bodenentwicklungen in den Untersuchungsgebieten beschrieben werden. Danach folgt die Vorstellung der Methoden, die im Rahmen dieser Untersuchungen benötigt wurden bzw. zum Einsatz kamen. Abschließend werden die gewonnenen Daten graphisch dargestellt, beschrieben sowie interpretiert.

DIE UNTERSUCHUNGSGBIETE



Die Beschreibung der Entstehung der Böden beider Untersuchungsgebiete erfordert eine zeitlich zurückführende Betrachtung bis hin in die Weichseleiszeit.

Die Böden beider Standorte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bodenentwicklung und damit auch in ihren Bodentypen. Diese Tatsache erklärt sich aus dem unterschiedlichen Ausgangsmaterial an beiden Standorten.

Das Ausgangsgestein liefert die mineralischen Bodenbestandteile und bestimmt damit in hohem Maße die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens (z.B. Bodenart, Gefüge, Sorptionsvermögen). Die Beziehung zwischen Gesteins- und Bodeneigenschaften ist damit um so enger, je weniger die Bodenentwicklung fortgeschritten ist.

Für eine spätere Analyse und Interpretation der erfaßten Daten ist es hilfreich sich mit der Bodenentwicklung an den Untersuchungsstandorten näher zu befassen.

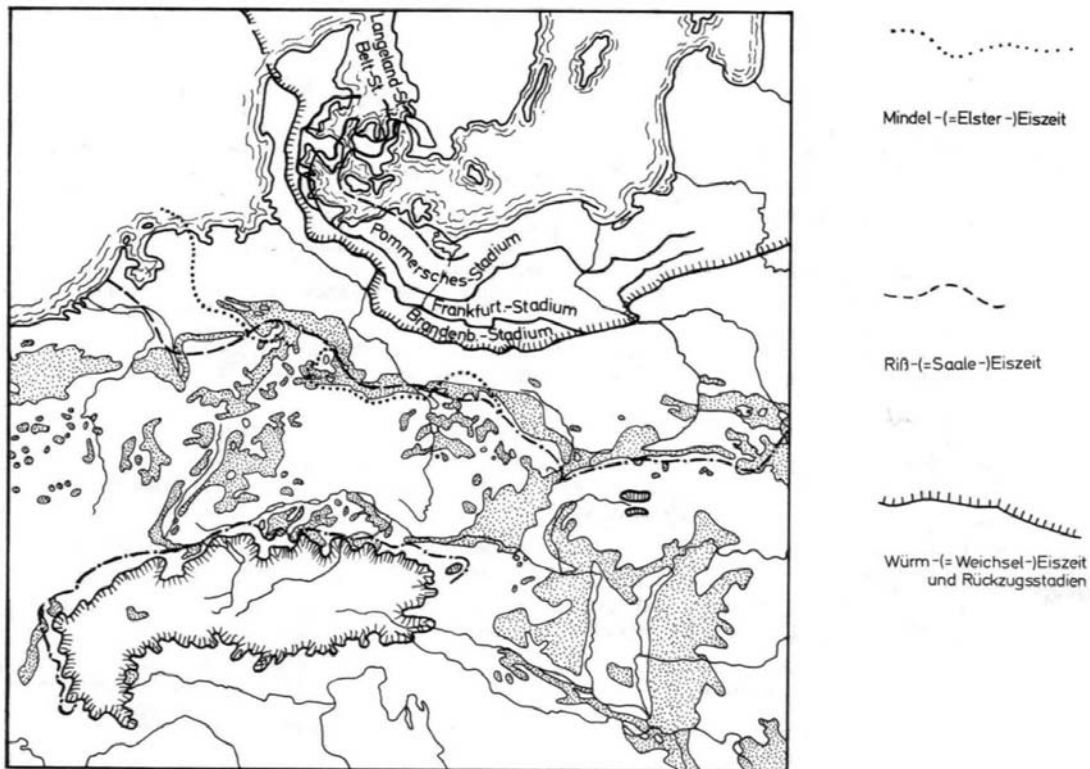
Abbildung 1: Verbreitung wichtiger Ausgangsgesteine für die Bodenbildung in Mitteleuropa (nach SCHLICHTING in SCHEFFER / SCHACHTSCHABEL 1992)

Heilige Hallen

Geologie:

Der geologische Aufbau der Böden im Gebiet der Heiligen Hallen resultiert, wie die Böden der Zechliner Buchheide (Flecken – Zechlin), aus der letzten großen Vereisung, der Weichseleiszeit. Die Oberflächenform der Heiligen Hallen aber, ist auf das letzte Stadium dieser Eiszeit, nämlich das Pommersche (Mecklenburgische) Stadium zurückzuführen.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Hauptendmoräne (Zechlin – Rheinsberger – Endmoränenzug) dieser Staffel. „... (vgl. *Abbildung 2*). „So stellt die Ruppiner Schweiz einen besonders reliefbetonten Teil (...) dar, dessen landschaftlicher Reiz durch die glazifluviale (von eiszeitlichem Schmelzwasser abgetragen oder abgelagert) Schmelzwasserrinne der heutigen Ruppiner Seenkette noch besonders betont wird“ (MANSIK, 1971 S. 14). Diese alte Schmelzwasserbahn ist heute mit Wasser gefüllt - in ihr finden wir einen Rinnensee, den



Schmalen Luzin.

Abbildung 2: Verbreitungsgrenzen und Lößverbreitung in Mitteleuropa nach GRAHMANN und Woldstedt in Brinkmann 1990

Die durch Ablagerungen des Eises entstandene Endmoräne weist Höhenunterschiede von 50m und mehr auf, und besteht in der Regel aus unsortiertem Material. An der Stirn des Gletschers werden autochthone (am Ort entstandene) Gesteine aus dem Untergrund und mitgebrachter Gesteinsschutt zusammengestaucht. Auch wenn eine längere Zeit ein Gleichgewicht zwischen Nachschub und Abschmelzen herrscht, kann sich vom Gletscherrand her eine Endmoräne aufbauen. Die Böden einer Endmoräne sind nicht homogen. Sie wechseln zwischen sandig - kiesig und lehmig. Demnach bildeten Geschiebemergel, die sehr kalkhaltig sind, und Geschiebesande das Ausgangssubstrat für eine nachfolgende Bodenbildung. Wie vollzog sich nun eine solche Bodenentwicklung?

Allgemeine Bodenentwicklung auf weichseleiszeitlichem Geschiebemergel:

Beim Abschmelzen der Gletscher des nordischen Vereisungsgebietes ist während des Weichselglazials großflächig Geschiebemergel zum Absatz gekommen (vgl. *Abbildung 1*). Dabei handelt es sich meistens um das vom Eis aus dem Untergrund aufgenommene, kristalline Gesteinsmaterial (aus Skandinavien) sowie carbonatische Gesteine der Kreidezeit (aus dem Ostseebecken). Nach der mineralogischen Zusammensetzung dieser Gesteine liegen in der Regel meistens schluffreiche, sandige Lehme teils auch tonige Lehme oder lehmiger Sand vor mit wechselnden Mengen von Kies und Steinen (KUNZTE 1994, S. 231). Während und nach dem

Rückzug der Gletscher lag der Geschiebemergel bei arktischen bis subarktischen Klimabedingungen, im Permafrostgebiet (ebd., S. 231).

Bei langsamer Klimaerwärmung und bei immer länger werdenden Sommern mit Temperaturen $> 0^{\circ}\text{C}$ taute lediglich der Oberboden kurzfristig auf. Durch periglaziale Frostwechselwirkungen und Gesteinszerfall entstand zunächst ein Lockersyrosem (Horizontfolge: Ai-C-Profil). Bei weiterer Erwärmung und ständiger Senkung der Obergrenze des Dauerfrostbodens entstand eine lockere Bewaldung. Durch diese sich ständig verdichtende Tundravegetation setzte eine Huminstoffanreicherung ein. Diese wurde durch Bioturbation in den Oberboden eingemischt – es entstand ein deutlicher Mullhumus – Horizont und damit ein Bodenprofil einer Pararendzina (Horizontfolge: Ah-C-Profil).

Nach diesen ersten pedogenetischen Prozessen sowie durch eine permanente Erwärmung, folgte durch die Verdichtung der Vegetation eine zunehmende Entkalkung, auch unterhalb des Ah - Horizontes. Eine verstärkte chemische Verwitterung führte zur Verbraunung. Es bildete sich ein Braunerden - Bodenprofil (Horizontabfolge: Ah-Bv-C). Das immer wärmer und feuchter werdende Klima und die damit verbundene dichtere Laubwaldvegetation führten im Oberboden der Braunerde u.a. zu einer zunehmenden Entbasung, und damit zur Erniedrigung des pH-Wertes und zur Dispergierung (Feinverteilung) der Bodenkolloide. Damit kam es zum Prozeß der Lessivierung, Ton wurde aus dem Oberboden in tiefere Schichten ausgewaschen. Diese Feinsubstanzverluste hatten eine farbliche Aufhellung des Oberbodens und damit eine Ausbildung eines Al-Horizontes zur Folge. Die so entstandene Parabraunerde hat folgende Horizontabfolge: Ah-Al-Bt-Bv-C.

Im gemäßigt - humiden Klima versauerte der Al-Horizont der Parabraunerde unter Wald, und besonders in Gebieten mit sandreichen, wasserdurchlässigem Geschiebemergel bis zu pH-Werten $< 4,0$. Es entstand eine Fahlerde (Horizontabfolge: Ah-Ael-Bt-C), die sich, in atlantisch - humiden Klimaten durch die Tonanreicherung im Unterboden und der damit einhergehenden immer stärker werdenden Verstopfung der dränenden Bodenporen, zu einem Fahlerde-Pseudogley (Horizontabfolge: Ah-Ael-Sw-Bt-Sd-C) entwickeln konnte.

Örtlich wurde dieses Stadium der Bodenentwicklung durch anthropogene Entwaldung und anschließender Verheidung, aber auch durch Nadelforsten noch durch Podsolidierungsprozesse überprägt, so daß dort ein polygenetischer Boden mit Merkmalen von mindestens 3 Bodentypen vorliegt.

Zechliner Buchheide

Geologie:

Das Untersuchungsgebiet liegt vor dem Zechlin – Rheinsberger Endmoränenzug auf einem fast ebenen Sandergebiet der Wittstock – Ruppiner Heide. Diese Sanderfläche entstand durch das Frankfurter Stadium der letzten großen Vereisung, dem Weichselglazial. Sander sind Sand- und Schotterzonen, die vor dem Gletschertor eines Endmoränengebietes durch die periodisch wechselnde Wasserführung der z.T. sehr breiten und weit verzweigten Schmelzwasserflüsse, entstehen. Diese von Flüssen mitgeführten Schuttmassen werden in Form eines Schwemmkegels abgelagert – es entstehen sogenannte Sanderterrassen. Der Boden eines Sanders ist sandig bis schwach anlehmig. Oft liegen Sande über Sande (z.B. Flugsanddecke über glazifluvialen Sanden).

Allgemeine Bodenentwicklung im Untersuchungsgebiet:

Die Beschreibung der Bodenentwicklung im Untersuchungsgebiet kann durch die Betrachtung der möglichen Bodengenese auf eiszeitlichem Sand erfolgen. Die Abfolge der bodenbildenden Prozesse auf einem kalkfreien, sandigen Lockergestein (silikathaltiger, eiszeitlicher Schmelzwassersand) läßt sich wie folgt beschreiben:

Nach der Ablagerung des silikathaltigen eiszeitlichen Sandes (Lockersyrosem: Ai-ICn-Profil) setzte, bedingt durch die jahreszeitlich wechselnde kryoklastische Zerkleinerung der Sandkörner, der erste pedogenetische Prozeß ein. Die offenen Flächen des mehr- oder weniger verwitterten Lockergesteines wurden allmählich durch eine nacheiszeitliche Erwärmung und Durchfeuchtung des Bodens von Tundravegetation besiedelt.

Nach dieser Besiedelung kam es in Oberbodennähe schon bald zu Humusbildung und Humusanreicherung sowie zu beginnender Bioturbation. Durch die zunehmende Zersetzung, Humifizierung und Mischung bildete sich ein feinkrümliger, humoser und ständig wachsender Ah – Horizont. Das Bodenprofil wies einen Ah - ICv – ICn Horizont auf. Auf diese Weise entwickelte sich ein Regosol.

Durch zunehmende physikalische und dann chemische Verwitterung und unter dem Einfluß der immer dichter werdenden standortgerechten, natürlichen Eichen - Birkenwaldvegetation setzte eine Verbraunung bis in 60 – 100cm Tiefe ein. Dabei entstand auch

ein geringer Anteil an Ton (1 –2 %), der teilweise verlagert wurde und sich in Form von Bändern in einer Tiefe von 1 –2m absetzte. Durch diese Vorgänge bildeten sich die Braunerden (Horizontabfolge: Ah-Dv-ICv-ICn) und die Bänder – Parabraunerden (Ah - Al-Bv – ICv · Bbt – ICn – Profil).

Durch das kühlfeuchte Klima kam es zu einer relativ schnellen Auswaschung basischer Verwitterungsprodukte und damit zu einer Versauerung des Oberbodens. Durch das Ausklingen der Tonverlagerung sowie durch eine Anreicherung saurer organischer Rotteprodukte aus der Streu der Waldbäume auf der Bodenoberfläche, entwickelte sich ein mullartiger Moder, der im humiden Klima die Prozesse der Podsolidierung in Gang setzte. Die Podsolidierung verlief unter Laubwald relativ langsam und führte dort zusammen mit der stärkeren Versauerung des Al-Bv-Horizontes zur Entstehung von podsoligen Bänderparabraunerden. Dies wurde durch die beginnende Waldrodung und Streunutzung sowie der darauffolgenden Sekundärvegetation (Calluna- und Erica · Heide oder Nadelhorstforste) besonders aufgrund der Wasserdurchlässigkeit der Sande, noch verstärkt und führte zur Entstehung von Podsolen mit deutlich horizontierten O–Ah-Ae-Bh-Bsh Bodenprofilen.

METHODIK ZUR BODENKUNDLICHEN UNTERSUCHUNG

Während einer jeweils eintägigen Exkursion in die Zechliner Buchheide und in die Heiligen Hallen im Juni bzw. Juli 2001 wurden Bodenproben mit Hilfe eines Erdbohrstockes (Pückhauer) gewonnen. An jedem Standort wurden 3 Bodenproben innerhalb einer 5m² - 10m² großen Untersuchungsfläche entnommen. Als erstes wurden die Bodenproben mittels der Fingerprobe sowie durch optisch farbliche Unterscheidung in einzelne Bodenabschnitte (Bodenhorizonte) eingeteilt. Danach wurde vor Ort der pH-Wert für jeden Horizont mit dem Hellige · Pehameter ermittelt. Die Farbeinteilung des Hellige · Pehameters, aus sechs Farbabstufungen bestehend, kann allerdings nur eine recht grobe Differenzierung wiedergeben, woraus resultiert, daß diese Methodik zur Bestimmung des pH-Wertes keine abschließende Gültigkeit aufweisen kann, und lediglich für eine erste Einschätzung im Gelände dient. Die Bodenproben wurden, nach Bodenhorizonten getrennt, in Plastiktüten gefüllt, um den pH- Wert im Labor nochmals mit einer Einstabselektrode zu bestimmen.

Wie gliedert sich eine Profilsprache?

1. Bodenart:

Unter der Bodenart sind Körnungs- und Texturklassen zu verstehen (Korngrößenzusammensetzung des Bodens). Die Benennung erfolgt nach der dominierenden Kornfraktion. Bei den Korngrößen unterscheidet man folgende Kornfraktionen:

&	Bezeichnung der Kornfraktion	Symbol	
2 · >200mm	Kiese, Blöcke, Geschiebe	G X	Grobboden
2 –0,063 mm	Sand	S	
0,063 – 0,002mm	Schluff	U	Feinboden
< 0,002 mm	Ton	T	

Tabelle 1: Einteilung und Bezeichnung der Kornfraktionen

Die Bodenart ist eines der wichtigsten Merkmale des Bodens, da aus ihr Rückschlüsse auf Wasser-, Nährstoff- und Lufthaushalt, Erosionsanfälligkeit sowie Befahr- und Bearbeitbarkeit gezogen werden können.

Die Bodenart wird durch die Fingerprobe ermittelt. Dabei wird durch Reiben die Bindigkeit, Körnigkeit sowie die Formbarkeit überprüft. Beim Reiben einer frischen Bodenprobe zwischen den Fingern haben Sand, Schluff und Ton folgende Eigenschaften:

Sand	nicht formbar, nicht beschmutzend, körnig
Schluff	wenig formbar, mehlig, zerbröckelnd, rauhe Gleitfläche, reißt beim Quetschen
Ton	formbar, beschmutzend, schmierig, glatte glänzende Gleitflächen

2. Zersetzungsgrad der organischen Auflage:

Bei terrestrischen Böden unterscheidet man zwischen den Auflagehorizonten (O · Horizonte) und den Humushorizonten (humushaltige, mineralische Oberboden – Ah · Horizont) im Mineralbodenverband. Beträgt die organische Substanz mehr als 30% spricht man von einem

Auflagehorizont. Dabei unterscheidet man in Abhängigkeit vom Zersetzungsgrad zwischen 3 Auflagehorizonten. Die Bestimmung erfolgt mit Hilfe der Bodenkundlichen Kartieranleitung.

5. Horizontbezeichnung und Mächtigkeit:

Böden sind durch eine Abfolge von horizontal zur Bodenoberfläche verlaufende Zonen gekennzeichnet, sogenannte Bodenhorizonte, die sich durch bestimmte Merkmale voneinander unterscheiden. Bodenhorizonte bilden sich infolge von Bodenbildungsprozessen. Diese können je nach Entwicklungszustand und ähnlicher Horizontabfolge zu einem Bodentyp zusammengefaßt werden. Die Horizontbezeichnung wird durch Großbuchstaben symbolisiert und mit Tiefenangaben von der Bodenoberfläche und mit der Horizontmächtigkeit näher beschrieben.

6. Bodentypen:

Wie im Punkt Horizontbezeichnung bereits erwähnt, werden Böden mit gleicher Horizontabfolge und ähnlichen Eigenschaften zu Bodentypen zusammen gefaßt. Diese Horizontabfolge resultiert aus den Bodenentwicklungsprozessen (physikalische, chemische und biologische Prozesse), die letztlich die Merkmale des Bodens bestimmen.

4. pH-Wert:

Der pH-Wert bezeichnet das Intensitätsmaß des Säuregrades eines Bodens. Er ist ein Faktor, der die physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften und damit auch das Pflanzenwachstum und das Bodengefüge maßgeblich beeinflusst. Die Bodenacidität wirkt sich auf den Wasser- und Lufthaushalt, auf die Verfügbarkeit von Nährstoffen, die Nitrifizierung sowie auf die Lebensbedingungen der Bodenorganismen aus. Der pH-Wert kann mit Hilfe des Hellige - Pehameters direkt vor Ort ermittelt werden. Die Bodenprobe wird mit einer Indikatorlösung getränkt. Nach 2-3 Minuten läßt sich durch Vergleich mit einer Farbskala der pH-Wert ablesen. Wie Eingangs bereits beschrieben, ist diese Methode allerdings sehr unspezifisch und läßt, bis auf eine erste Einschätzung des pH-Wertes im Profilverlauf keine validen und genauen Ergebnisse zu. Genauere Ergebnisse erzielt man mittels einer elektrometrischen Messung, mit einer Einstabsmeßelektrode. Die aus 10 g Boden mit 25 ml Kalziumchloridlösung versetzte Suspension wird so auf elektrometrischem Wege gemessen.

UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Heilige Hallen

Die Ergebnisse der Bodenansprache sind tabellarisch aufgeführt (siehe Tabelle 7 im Anhang). Eine Untersuchung der Humusaufgabe aller drei Proben ergab einen humusartigen Moder, der sich in drei Auflagehorizonte unterteilt: eine L- oder Streulage, bestehend aus äußerlich unzersetzten Blättern, Samen(kapseln) und Zweigen mit einer Mächtigkeit von 4 cm, einen Of- bzw. Fermentations- oder Grobhumushorizont aus halb zerfallenen Blättern mit 1,5 cm Mächtigkeit und einen ebenfalls 1,5 cm mächtigen Oh- bzw. Humifizierungs- oder Feinhumushorizont, überwiegend aus Feinhumus und nur noch wenig zerkleinerten Streuresten mit erkennbarer Gewebestruktur.

Im Gegensatz zum Probenahmestandort Flecken Zechlin befinden sich die Heiligen Hallen in einer Endmoränenlandschaft. In dieser reliefbetonten Landschaft wurden zwei der drei Bohrkerne auf einer Kuppe (*Kuppe 1* und *Kuppe 2*) entnommen, wogegen der dritte Bohrkern (*Hang*) aus der Hanglage entnommen wurde. In allen drei Bohrkernen konnten die Bodenhorizonte Ah1, Ah2, Bv1, Bv2 bestimmt werden. In den Bohrkernen der Kuppe 1 und Kuppe 2 wurde noch ein weiterer Bv - Bodenhorizont ermittelt, der nicht als Ausgangsgestein identifiziert werden konnte, da er eine eindeutige Verbraunung aufwies.

Die pH - Wertmessung vor Ort mit dem Hellige-Pehameter ergab einen Säuregrad von 4-5, beim Bohrkern der *Kuppe 1* überwiegend 4. Die darauffolgende Untersuchung im Labor mit einer Einstabselektrode ließ genauere Ergebnisse zu (vgl. Tabelle 7 im Anhang). Demnach ist der Boden im Ah1 - Horizont mit 4,33 (*Kuppe 1*), 4,36 (*Kuppe 2*) und 4,40 (*Hang*) am sauersten. Der pH- Wert steigt im Verlauf der Horizontabfolge bei allen drei Bohrkernen auf einen Wert über 5. Im dritten Verbraunungshorizont allerdings fällt der pH - Wert wieder unter 5.

In der folgenden Tabelle sind für jeden Bohrkern und Bodenhorizont die pH - Werte aufgeführt. Für die Bodenhorizonte wurde jeweils der Mittelwert sowie die Standardabweichung ermittelt. Die Mittelwerte mit den entsprechenden Standardabweichungen sind im Diagramm 1 in Form eines Balkendiagrammes dargestellt.

Bodenhorizont	Ah1	Ah2	Bv1	Bv2	Bv3
Kuppe 1	4,33	4,69	4,89	5,03	4,73
Kuppe 2	4,36	4,67	4,97	5,02	4,75
Hang	4,4	4,47	4,84	5,41	
Mittelwert	4,36	4,61	4,90	5,15	4,74 *
Standardabweichung	0,03	0,10	0,05	0,18	0,01
prozentuale Standardabweichung	0,66%	2,15%	1,09%	3,52%	0,21%

* Dieser Wert durch Mittelung aus 2 Werten (Kuppe 1 und Kuppe 2) entstanden.

Tabelle 2: pH – Werte am Standort in den Heiligen Hallen

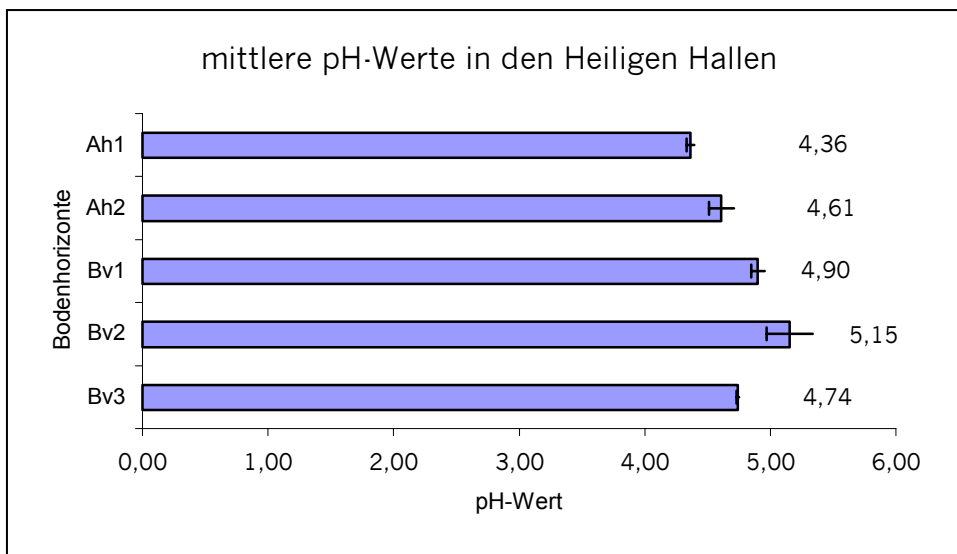


Diagramm 1: mittlere pH- Werte in den Heiligen Hallen

Aus Diagramm 2 geht hervor, daß mit zunehmender Bodentiefe von Bodenhorizont Ah bis Bv2 die mittleren pH-Werte zunehmen. Im Bodenhorizont Bv3 liegt der pH-Wert unter dem pH-Wert von Bv2. Der Bodenhorizont Bv3 wurde nur in den Bohrkernen auf der Kuppe gefunden. Das Fehlen dieses Bodenhorizontes in dem Bohrkern des Hanges deutet darauf hin, daß dieser Bodenhorizont wahrscheinlich tiefer als die erreichte maximale Bohrtiefe liegt. Die pH-Werte liegen in einem Bereich von 4,36 und 5,05. Die Standardabweichungen für jeden Bodenhorizont liegen zwischen 0,6% und 5,6%.

Flecken Zechlin

Am Standort Flecken Zechlin wurden drei Bohrkern aus der Sanderfläche entnommen. In folgender Tabelle sind die ph-Werte der Bodenhorizonte Ah, Bv1, Bv2 und C für alle drei Bohrkern (Probe 1 – Probe 3) aufgeführt.

Bodenhorizont	Ah	Bv1	Bv2	C
Probe 1	4,07	4,46	4,78	4,78
Probe 2	4,4	4,7	4,8	5,2
Probe 3	4,68	4,76	4,85	5,45
Mittelwert	4,38	4,64	4,81	5,14
Standardabweichung	0,28	0,03	0,13	0,25
prozentuale Standardabweichung	5,37%	0,61%	2,79%	5,69%

Tabelle 3: pH-Werte am Standort in Flecken Zechlin

Auch hier wurde, analog zu den Heiligen Hallen, für jeden Bodenhorizont der Mittelwert sowie die Standardabweichung ermittelt. Die Mittelwerte mit den entsprechenden Standardabweichungen sind in dem folgenden Balkendiagramm (Diagramm 2) dargestellt.

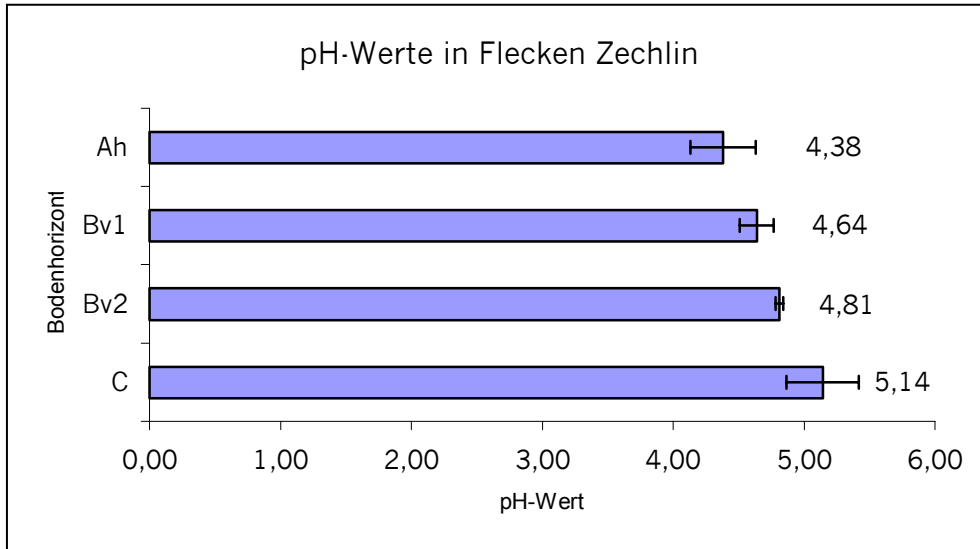


Diagramm 2: mittlere pH – Werte in Flecken Zechlin

Aus Diagramm 2 geht hervor, daß in Flecken Zechlin ebenfalls die mittleren pH-Werte mit zunehmender Bodentiefe steigen. Sie liegen in einem Bereich von 4,38 und 5,14. Die Standardabweichungen für jeden Bodenhorizont liegen zwischen 0,6% und 5,7%.

Vergleich und Interpretation der Ergebnisse

Vorerst sollen die Einteilung nach Bodenhorizonten und deren Mächtigkeit auf beiden Standorten miteinander verglichen werden. Das folgende Diagramm (Diagramm 3) zeigt einen Vergleich der mittleren Mächtigkeit der Bodenhorizonte beider Untersuchungsstandorte. In Flecken Zechlin konnte nur ein Ah – Horizont ermittelt werden, dagegen finden sich in den Heiligen Hallen zwei Ah – Horizonte. Dabei wird deutlich, daß der erste Ah – Horizont in den Heiligen Hallen im Durchschnitt eine größere Mächtigkeit aufweist, als der in Flecken Zechlin. Somit ist also der humifizierte Anteil der Streu in den Heiligen Hallen größer als der in Flecken Zechlin. Daraus läßt sich schließen, daß der Zersetzungsprozeß der Streuauflagen durch die Bodenorganismen in den Heiligen Hallen schneller verläuft.

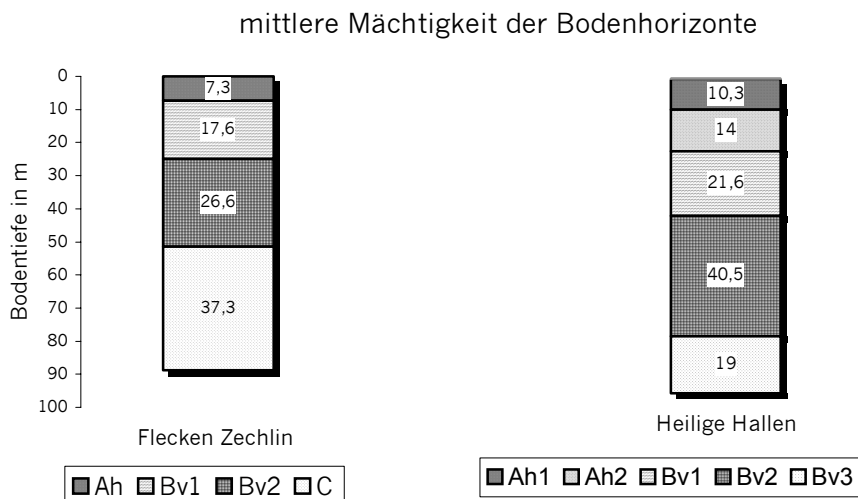


Diagramm 3: mittlere Mächtigkeit der Bodenhorizonte in Flecken Zechlin und in den Heiligen Hallen

Dies spiegelt sich auch in einem Vergleich der Mächtigkeit der Humusaufgabe an beiden Standorten wieder (vergleiche hierzu Tabelle 4).

Humusaufgabe in	Bezeichnung	Mächtigkeit in cm	Bezeichnung	Mächtigkeit in cm	Bezeichnung	Mächtigkeit in cm
Heilige Hallen	L	4	Of	1,5	Oh	1,5
Flecken Zechlin	L	5	Of	2	Oh	2

Tabelle 4: Humusaufgaben in den Heiligen Hallen und Flecken Zechlin

Es ist zu erkennen, daß die Humusaufgabe in den Heiligen Hallen um 2cm geringer ist als in Flecken Zechlin, der Zersetzungsprozeß scheinbar schneller stattfindet.

Die pH – Werte der Bodenhorizonte aller 6 Bohrkerne sind als stark sauer zu bezeichnen (vgl. hierzu die Tabelle 5). Die Böden können anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung als Podsoleböden klassifiziert werden.

In seiner Dissertation beschrieb MANSIK die Böden in Flecken Zechlin als leicht podsolidierte Braunerden (MANSIK 1971, S. 51). Er ermittelte einen pH-Wert von 3,9 für den Ah1-Bodenhorizont und 4,6 für den Ah2-Bodenhorizont. Für den B - Horizont wurde ein pH-Wert von 4,5 ermittelt (vgl. Tabelle 6). Diese Befunde stehen im Einklang mit den von uns ermittelten Daten (vgl. Tabelle 3). Ein weiteres Absinken des pH – Wertes konnte demzufolge an diesem Standort nicht festgestellt werden.

pH - Wert	>3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 -7	7 -8	> 8
Bezeichnung	äußerst sauer	sehr stark sauer	stark sauer	mäßig sauer	schwach sauer	schwach alkalisch	alkalisch

Tabelle 5: Einstufung der Bodenreaktion

Auch in den Heiligen Hallen hat MANSIK 1971 Bohrkerne gezogen und die pH – Werte von zwei Ah – Horizonten und einem B – Horizont ermittelt. Der pH – Wert des Ah1-Horizontes in den Heiligen Hallen liegt bei 3,7, des Ah2-Horizontes bei 4,0 und der des B – Horizontes bei 4,4 (vgl. Tabelle 6). Nach MANSIK ist der vorliegende Bodentyp in den Heiligen Hallen als lessivierte Braunerde zu klassifizieren (vgl. MANSIK 1971, S. 42).

Standort	Ah1- Horizont	Ah2- Horizont	B – Horizont
Heilige Hallen	3,7	4,0	4,4
Flecken Zechlin	3,9	4,6	4,5

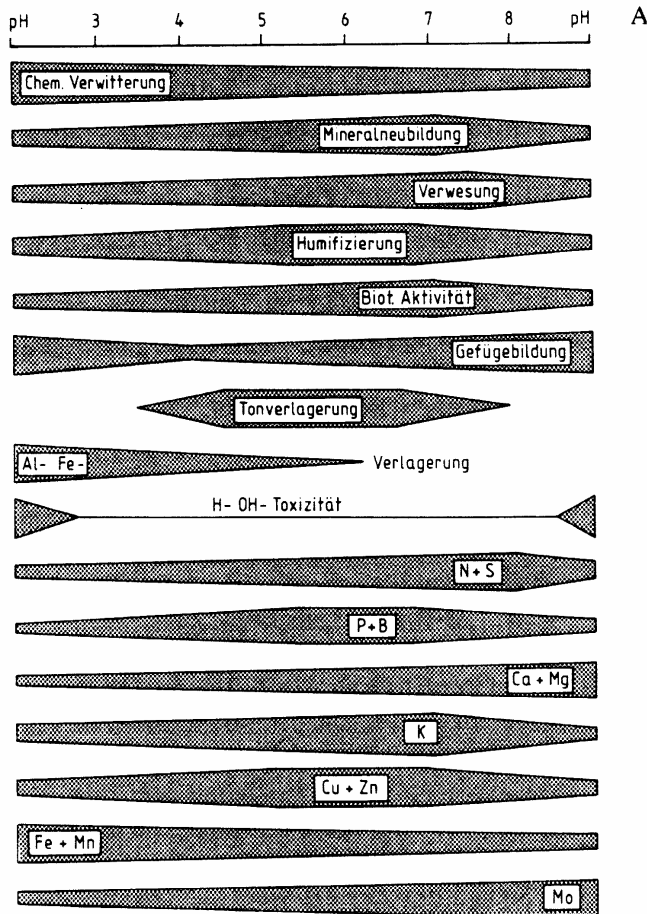
Tabelle 6: pH – Werte nach MANSIK(1971)

Die Bodenproben und pH – Messungen von MANSIK sind allerdings sehr schwer mit den unseren vergleichbar, da die Einteilung der Bodenhorizonte, die Mächtigkeit dieser sowie die pH – Messungen von MANSIK nicht auf unsere Daten projizierbar sind. Trotzdem soll hier ein einfacher Vergleich gezogen werden.

In der vorliegenden Ausarbeitung wurden für alle Bodenhorizonte in den Heiligen Hallen leicht höhere pH-Werte gefunden (siehe Tabelle 2). Diese pH – Wert - Verschiebung zu höheren pH-Werten kann sowohl natürliche (z.B. Vegetationsbestockung, Verrottung der Biomasse, Wettereinflüsse, Kalkgehalt des Bodenhorizonte usw.) als auch anthropogene Ursachen (z.B. forstwirtschaftliche Nutzung, Verminderung saurer Niederschläge etc.) haben.

Durch den verstärkten Säureeintrag aus der Atmosphäre ist der pH- Wert in vielen Waldböden Nord- und Mitteleuropas in den letzten 3 - 6 Jahrzehnten um bis zu ca. einer pH- Einheit gesunken. Auch Herr Bohrmann, der uns durch die Heiligen Hallen führte, berichtete, daß der pH – Wert des Bodens in den Heiligen Hallen noch vor einigen Jahren bei 5 lag, und der Wald allmählich versauert. Diese Angaben können aufgrund der vorliegenden Ausarbeitung allerdings nicht bestätigt werden.

Das Absinken des pH- Wertes hat überwiegend negative Auswirkungen auf wichtige Bodenprozesse (vgl. Abbildung 3). Im Boden kommt es zu einer Verminderung der Nährstoffgehalte, insbesondere der basischen Bestandteile wie Mg, Ca und Ka. Eine Entkalkung bzw. Versauerung findet im allgemeinen dort statt, wo überschüssige H+ - Ionen und eine positive Wasserbilanz zu finden sind (Niederschlag > Verdunstung), also gerade in humiden Klimaten. Die Entkalkungsgeschwindigkeit ist abhängig vom Kalkgehalt des Ausgangsgesteins sowie der Entwicklung des Bodens. Durch Zunahme der Durchfeuchtung, Temperatur und H+ - Ionen wird zum einen die chemische Verwitterung verstärkt, zum anderen wird durch den niedrigen pH- Wert die Mineralisierung, die Zersetzung, die Humifizierung sowie die biotische Aktivität vermindert. Bei einem sehr stark sauren Boden wird eine Keimung der Buchensamen erschwert bzw. unmöglich.



Der Anstieg des pH-Wertes wirkt sich im Allgemeinen positiv auf die Bodenprozesse aus (vgl. Abbildung 3). So kann es bei steigendem pH-Wert u.a. zur Mineralneubildung, einer Erhöhung des Nährstoffangebotes und somit zu einer Steigerung der biotischen Aktivität sowie zu einer Verbesserung der Humifizierung kommen. Aus dieser Tatsache ergibt sich die Frage, ob die mutmaßliche Verbesserung der Bodenqualität auf die Ausweisung der Heiligen Hallen als Naturschutzgebiet zurückzuführen ist.

Abbildung 3: pH – Abhängigkeit wichtiger Bodenprozesse

Fehlerquellen

Fehlerquellen, wie beispielsweise Unsicherheiten bei der Einteilung und Abgrenzung der Bodenhorizonte oder Meßungenauigkeiten beim Ermitteln des pH – Wertes mit Hilfe der Einstabsmeßelektrode sind keineswegs auszuschließen. Darüber hinaus gestalten sich weitergehende Schlußfolgerungen hinsichtlich der Bodenentwicklung und im Hinblick auf eine fortschreitende oder abklingende Versauerung etc. aufgrund der minimalen Datengrundlage recht schwierig. Für genauere und gültige Aussagen hätten weitere Bodenparameter wie Humusgehalt das C/N – Verhältnis ermittelt sowie eine Nährstoffanalyse (Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalt) durchgeführt werden müssen.

Bodenprofil Heilige Hallen

Probe	Humusauflage		Tiefe in cm	Mächtigkeit in dm	Bodenart	Bodenhorizont	pH (m. Hellige)	pH im Labor
	Mächtigkeit i. cm	Bezeichnung						
I (Kuppe)	4	L	0-7	0,7	IS	Ah1	4-5	4,33
			7-22	1,5	IS	Ah2	4	4,69
			23-38	1,5	IS	Bv1	4	4,89
			38-60	2,2	IS	Bv2	4	5,03
			60-92	3,2	sL	Bv3	4	4,73
II (Kuppe)	1,5	Of	0-9	0,9	IS	Ah1	4	4,36
			9-18	0,9	IS	Ah2	4-5	4,67
			18-41	2,3	IS	Bv1	4-5	4,97
			41-70	2,9	tS/IS	Bv2	4-5	5,02
			70-95	2,5	sT	Bv3	4-5	4,75
III (Hanglage)	Humusform: mullartiger Moder	Oh	0-15	1,5	IS	Ah1	4-5	4,40
			15-33	1,8	tS	Ah2	4-5	4,47
			33-60	2,7	sT	Bv1	4-5	4,84
			60-90	3,0	tL	Bv2	4-5	5,41

Bodenprofil in Flecken Zechlin

Probe	Humusauflage		Tiefe in cm	Mächtigkeit in dm	Bodenart	Bodenhorizont	pH (m. Hellige)	pH im Labor
	Mächtigkeit i. cm	Bezeichnung						
I	5	L	0-5	0,5	IS	Ah	4	4,07
			5-25	2,0	IS	Bv1	4	4,46
			25-55	3,0	IS	Bv2	4	4,78
			55-91	3,6	S	C	4	4,78
II	2	Of	0-10	1,0	IS	Ah1	4	4,45
			10-32	2,2	IS	Bv1	4	4,72
			32-46	1,4	IS	Bv2	4	4,83
			46-85	3,9	S	C	4	5,21
III	Humusform: mullartiger Moder	Oh	0-7	0,7	IS	Ah1	4	4,68
			7-18	1,1	IS	Bvh	4	4,76
			18-54	3,6	IS	Bv2	4	4,85
			54-91	3,7	S	C	4	5,45

Tabelle 7: Untersuchungsergebnisse an den Standorten „Heilige Hallen“ und „Flecken Zechlin“

TYP	PROFIL	HORIZONTE	
Lockersyrosem Gesteinsboden aus Lockergestein	Ai - C	Ai	Mineralischer Oberbodenhorizont mit geringer Akkumulation org. Substanz, • weniger als 2cm • Humusgehalt kaum sichtbar
		C	• Mineralischer Untergrundhorizont • Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist
Pararendzina aus carbonathaltigem festem oder lockerem Kiesel- oder Silikatgestein, zB. Geschiebemergel	Ah - C	Ah	• Horizont mit bis zu 15 Gew.% akkumuliertem Humus, dessen Menge nach unten abnimmt
		C	• Mineralischer Untergrund-horizont • Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist
Braunerde Reaktionsbereich im Bv- Horizont von neutral bis sauer; Bv - Horizont gleichmäßig braun verteilte Eisenoxide	Ah - Bv - C	Ah	• Horizont mit bis zu 15 Gew.% akkumuliertem Humus, dessen Menge nach unten abnimmt
		Bv	• durch Verwitterung verbraunt und verlehmt (Tonbildung) • deutlich von dem nach unten folgendem Horizont abgesetzt • geringer Carbonatgehalt
		C	• Mineralischer Untergrundhorizont • Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist
Parabraunerde mit tonverarmten Oberboden	Ah - Al - Bt - Bv - C	Ah	• Horizont mit bis zu 15 Gew.% akkumuliertem Humus, dessen Menge nach unten abnimmt (Eluvialhorizont)
		Al	• Horizont durch Tonverlagerung entstanden (lessiviert) • aufgehellt gegenüber Ah- und Bt - Horizont
		Bt	• Horizont durch Einwaschung mit Ton angereichert (Illuvialhorizont)
		Bv	• durch Verwitterung verbraunt und verlehmt (Tonbildung) • deutlich von dem nach unten folgendem Horizont abgesetzt • geringer Carbonatgehalt
		C	• Mineralischer Untergrundhorizont • Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist
Fahlerde	Ah - Ael - Bt - C	Ah	• Horizont mit bis zu 15 Gew.% akkumuliertem Humus, dessen Menge nach unten abnimmt (Eluvialhorizont)
		Ael	• Horizont der sauergebleicht ist
		Bt	• Horizont durch Einwaschung mit Ton angereichert (Illuvialhorizont)
		C	• Mineralischer Untergrundhorizont • Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist

Tabelle 8

QUELLENVERZEICHNIS

ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE [Hrsg.] (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover.

Kunze, E.; Nienann, I.; Roeschmann, G. und Schwerdtfeger, G. (1994): Bodenkunde. 4. Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart

MANSIK, K. – H. (1971): Struktur und jahreszeitliche Entwicklung in Waldgesellschaften des nordbrandenburgischen und südmecklenburgischen Buchengebietes. Promotionsarbeit am Institut für Landesforschung und Naturschutz Halle a. S. – Potsdam

SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. [Hrsg.] (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Auflage. Enke Verlag, Stuttgart.

TU – BERLIN (1997): Skript zur Lehrveranstaltung Bodenkunde 1 im Grundstudium des Studienganges Landschaftsplanung. Unveröffentlicht.

TU – BERLIN (1997): Skript zur Lehrveranstaltung Bodenkunde 2 im Grundstudium des Studienganges Landschaftsplanung. Unveröffentlicht.

TU – BERLIN (1997): Anleitung zur Beschreibung, Deutung und ökologische Bewertung von Böden. Unveröffentlicht