

**Die Schwarzerden
Nordostdeutschlands –
ihre Stellung und Entwicklung im
holozänen Landschaftswandel**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. nat.
im Fach Geographie

eingereicht an der
Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät II
der Humboldt-Universität zu Berlin

von Dipl.-Geographin Ute Fischer-Zujkov, geb. Herrmann
geb. 20.02.1966 in Leipzig

Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II
Prof. Dr. sc. nat. Bodo Krause

Gutachter: 1. Prof. Dr. Bernhard Nitz
2. Prof. Dr. Wilhelm-Günther Vahrson
3. Prof. Dr. R. Schmidt

eingereicht: 18.07.2000
Datum der Promotion: 05.12.2000

Zusammenfassung

Forschungsgegenstand der Arbeit „Die Schwarzerden Nordostdeutschlands – ihre Stellung und Entwicklung im holozänen Landschaftswandel“ ist die holozäne Landschaftsgenese der Region Uckermark. Schlüssel zur Rekonstruktion von paläoökologischen Verhältnissen ist die holozäne Bodenentwicklung in ihrer regional besonderen Ausprägung als inselartiges Schwarzerdeareal in einer Altsiedellandschaft des Jungmoränengebietes. **Forschungsziel** ist es, den Hauptzeitraum der Entstehung der Schwarzerden zu bestimmen und zu klären, unter welchen Umweltbedingungen sich diese Böden weiterentwickeln bzw. erhalten konnten und damit einen Beitrag sowohl zur Aufklärung der Schwarzerdeentwicklung als auch zur Rekonstruktion der holozänen Landschaftsentwicklung Nordostdeutschlands im Zusammenhang mit den Besonderheiten der natürlichen Gegebenheiten und der Nutzungsgeschichte zu leisten. Als **Archive der Landschaftsgeschichte** dienen Böden und Kolluvien sowie mit ihnen in Beziehung stehende organische Sedimente und archäologische Befunde. Leithorizont der Untersuchungen ist das Schwarze Kolluvium - das durch syn- und postsedimentäre Landschaftsprozesse beeinflusste ur- und frühgeschichtliche Umlagerungsprodukt des Humushorizontes der Schwarzerden.

Durch die Kombination unterschiedlicher **Methodenansätze** wird die Möglichkeit zur umfassenden Erfassung und Interpretation der Paläodaten aus den Archiven erreicht. Zur Klärung bodengenetischer Zusammenhänge und der Abfolge pedogenetischer Prozesse werden stratigraphische und bodenkundliche Untersuchungen von Bodencatenen und -sequenzen in 4 Beispielräumen der Uckermark unterschiedlicher Relief- und Substratgenese mit Hangkolluvien und archäologischen Funden sowie im Übergangsbereich von mineralischen zu organischen Böden durchgeführt. Es finden spezielle Untersuchungen zur Sicherung von Aussagen zur bodengenetischen Abfolge, wie dem Entstehungsmilieu, Alter und Dynamik der organischen Bodensubstanz mittels Humuskomplex- und -qualitätsanalyse und zur Carbonatdynamik mittels mikromorphologischer Methoden Anwendung. In den Kolluvien und organischen Sedimenten werden Pollen, Phytolithen und Mollusken analysiert, die Aufschluß über Vegetations- und Nutzungsverhältnisse sowie Landschaftswasserhaushalt geben und als Indikatoren für die Carbonatdynamik in der Landschaft genutzt werden. ¹⁴C-Datierungen von Humushorizonten und organischen Sedimenten sichern deren Altersstellung.

Ergebnis der Arbeit sind differenzierte Aussagen zu Zuständen der holozänen Landschaftsentwicklung der Region Uckermark im Hinblick auf anthropogenen Einfluß, hydrologische Verhältnisse, Morphodynamik und Bodengenese und deren Ursachen- und Wirkungszusammenhänge.

Voraussetzung für die *Tschernosemgenese* im Boreal und z.T. Atlantikum unter Laubmischwald sind die regionalen natürlichen Besonderheiten - der hohe Kalkgehalt des Substrates und die Lage innerhalb einer Trockeninsel unter subkontinentalen Klimaverhältnissen. Die Substratverhältnisse sind der dominierende natürliche Faktor der Raum-Zeit-Differenzierung der Bodenentwicklung. Neben den natürlichen Faktoren ist der *Erhalt der Schwarzerden* als Relikt wesentlich auf deren ackerbauliche Nutzung seit dem Frühneolithikum und der damit im Zusammenhang stehenden Bodenerosion zurückzuführen. Die stratigraphische Stellung der Bodenentwicklungsphasen wird geklärt.

Seit dem Neolithikum bis zum Beginn des Mittelalters ist die Uckermark durch ein *Vegetationsmosaik* charakterisiert, das durch Offenlandbereiche mit Vegetation feuchter und nasser Standorte innerhalb von Misch- und Laubmischwäldern gekennzeichnet ist. Vor dem Hintergrund der natürlichen Waldentwicklung in Mitteleuropa wird die Raum-Zeit-Struktur dieses Vegetationsmosaiks durch die ur- und frühgeschichtliche Siedlungsdynamik (Siedlungskammern) bestimmt.

Der *Landschaftswasserhaushalt* in hydrologisch voneinander relativ unabhängigen Kleinsteinzugsgebieten des Jungmoränengebietes wird mit Beginn des Neolithikums sowohl durch die Siedlungsdynamik als auch den globalen Klimawandel beeinflusst und ist durch einen Wechsel von Trocken- und Feuchtphasen gekennzeichnet.

Als **Synthese** wird ein *Modell zur holozänen Schwarzerde-Bodenentwicklung* in Abhängigkeit von der Carbonatdynamik im Boden entwickelt. Die Schwarzerdegenese und ihr Erhalt werden als Ergebnis eines Wechsels von Phasen der Tschernosemdegradation und –progradation begründet, die Folge unterschiedlicher Verhältnisse der pedogenetischen Prozesse Tschernosemierung und Lessivierung in Abhängigkeit von den durch natürliche und anthropogene Faktoren bedingten paläoökologischen Zuständen der holozänen Landschaftsgeschichte sind.

Durch die Ergebnisse zur spezifischen regionalen Entwicklung der Uckermark wird der Kenntnisstand zum Raum-Zeit-Landschaftswandel in Mitteleuropa der Zeitscheibe II „Postglaziales Wärmeoptimum

mit beginnender Nutzung durch den Menschen“ und Zeitscheibe III „Einsetzen intensiver Nutzung durch den Menschen“ des DFG-Schwerpunktprogrammes „Wandel der Geobiosphäre der letzten 15.000 Jahre“ vervollständigt. Die Erkenntnisse zur holozänen Bodengenese in Nordostdeutschland ergänzen das Wissen zur holozänen Schwarzerdeentwicklung in Mittel- und Osteuropa.

Schwarzerde
Boden
Kolluvium
Holozäne Landschaftsentwicklung

Summary

Phaeozems and their colluvia in the Uckermark were used as archives for the reconstruction of the holocene landscape history and particularly the pedogenesis. Soil catenas were examined and their palaeoecological information interpreted with the help of a special interdisciplinary combination of methods.

Results are differentiated conclusions to stages of the holocene landscape development of the region Uckermark regarding anthropogenic influence, hydrologic conditions, morphodynamics and pedogenesis as well as the relations between them.

The genesis of chernozems in the Boreal and partly the Atlantic period under leaves mixed woodland was caused by the special regional environmental conditions - the high content of carbonates in the substrate and the climate conditions with low yearly precipitation.

Since the neolithic period up to the beginning of the Middle Ages the Uckermark is characterized by a vegetation mosaic consisting of leaves mixed woodlands and open land areas. The vegetation mosaic is determined by pre- and earlyhistorical settlement dynamics.

With the beginning of the neolithic period the landscape water regime in mostly hydrologically independent small catchment areas in the young morain area is influenced by both, the settlement dynamics and the global climatic change. The water regime is characterized by an alternation of dry and humid phases.

The genesis of chernozems and its conservation in form of phaeozems is the result of the change of palaeoecological stages of the holocene landscape history. The different conditions of palaeoenvironment, caused by various kinds of interaction between the natural and anthropogenic factors, determined the differences of the relation between the pedogenetic processes, the genesis of chernozems and their lessivation.

Chernozem
Phaeozem
Soil
Colluvium
Holocene landscape development

I	EINLEITUNG	1
1	Forschungsziele und -zusammenhang	1
2	Die Region Uckermark	4
2.1	Faktoren der Bodenbildung	4
2.1.1	Relief und Substrat	4
2.1.2	Klima	5
2.1.3	Vegetation	7
2.1.4	Siedlungsgeschichte	8
1.2	Böden	10
1.2.1	Untersuchungen zu Schwarzerden Nordostdeutschlands	10
1.2.2	Bodenentwicklung als Teil der Landschaftsentwicklung	11
1.2.3	Die Schwarzerdebodengesellschaften der Uckermark	12
3	Schwarzerden – Stand der Forschung	14
3.1	Definition	14
3.2	Schwarzerden in Deutschland	14
3.3	Schwarzerdeentwicklung in Mitteleuropa	14
3.4	Humusgenese in Schwarzerden	16
II	DIE UNTERSUCHUNGSMETHODEN	19
1	Bodenkundliche, sedimentologische und stratigraphische Methoden	19
1.1	Geländeuntersuchungen	20
1.2	Laboruntersuchungen	20
1.2.1	Bodenchemische Methoden	20
1.2.2	Bodenphysikalische Untersuchungen	20
1.3	Bodenmikromorphologie	21
1.4	Methoden zur Untersuchung der organischen Bodensubstanz	21
1.4.1	Humuskomplexanalyse	21
1.4.2	Optische Humusuntersuchung	22
1.4.3	Thermogravimetrie	22
1.4.4	Inkubation	23
2	Absolute Altersdatierung	23
2.1	¹⁴ C-Altersdatierung der organischen Bodensubstanz	23
2.2	¹⁴ C-Altersdatierung von Makroresten, Holzkohle und Knochenmaterial	24
3	Paläobotanische und paläozoologische Untersuchungen	24
3.1	Pollenanalyse	24
3.2	Analyse der Phytolithen	25
3.3	Analyse der Molluskenfauna	26
4	Archäologie	26
5	Anwendung der Methoden	27

III	ERGEBNISSE	29
1	Die Catena Biesenbrow	29
1.1	Makromorphologie	30
1.2	Besonderheiten einzelner Bodenprofile	35
1.3	Mikromorphologie	53
1.4	Bodenbildungen in archäologischen Befunden	55
1.5	Bestimmung des Entkalkungszeitraumes	55
1.6	Untersuchung der organischen Bodensubstanz	58
1.6.1	Humuskomplexanalyse	58
1.6.2	Optische Untersuchung	59
1.6.3	Thermogravimetrische Untersuchung	59
1.6.4	Inkubation	60
1.7	¹⁴ C-Datierungen	60
1.7.1	¹⁴ C-Datierungen des Humus	60
1.7.2	¹⁴ C-Datierungen im Kolluvium	61
1.8	Paläobotanische und paläozoologische Untersuchungen	63
1.8.1	Pollenanalyse	63
1.8.2	Analyse der Phytolithen	63
1.8.3	Analyse der Mollusken	65
1.8.4	Zusammenfassung	68
1.9	Zusammenfassung Catena Biesenbrow	68
1.9.1	Landschaftsentwicklung	68
1.9.2	Bodengenese	69
2	Das Untersuchungsgebiet Falkenwalde	71
2.1	Die Catena Falkenwalde	73
2.1.1	Makromorphologie	73
2.1.2	Besonderheiten einiger Einzelprofile	79
2.1.3	Mikromorphologie	98
2.1.4	Untersuchung der organischen Bodensubstanz	99
2.1.4.1	Humuskomplexanalyse	99
2.1.4.2	Optische Untersuchung	100
2.1.4.3	Thermogravimetrische Untersuchungen	100
2.1.5	¹⁴ C-Datierungen	101
2.1.5.1	¹⁴ C-Datierungen des Humus	101
2.1.5.2	¹⁴ C-Datierungen der organischen Sedimente	102
2.1.6	Paläobotanische Untersuchungen	102
2.1.6.1	Pollenanalyse	102
2.1.6.2	Analyse der Phytolithen	104
2.1.6.3	Zusammenfassung	105
2.2	Die Grabung Falkenwalde	106
2.3	Zusammenfassung Untersuchungsgebiet Falkenwalde	108
2.3.1	Landschaftsentwicklung	108
2.3.2	Bodengenese	109
3	Das Untersuchungsgebiet Mönchehof	111
3.1	Das Bodenprofil N8 - Pseudogley-Parabraunerde-Tschernosem- auf Geschiebemergel	111
3.1.1	Makromorphologische, bodenchemische und –physikalische Besonderheiten	111
1.1.1	Mikromorphologie	112
1.2	Grube der Trichterbecherkultur	117
1.3	Zusammenfassung Untersuchungsgebiet Mönchehof	118
4	Die Grabung Neu Kleinow (Autobahnkreuz A20)	120
4.1	Bodensequenz Profilwand A	120
4.2	Bodensequenz Profilwand C	125
4.3	Bodenprofil B	128
4.4	Weitere Befunde	132
4.5	Zusammenfassung Grabung Neu Kleinow	133

IV STELLUNG UND ENTWICKLUNG DER SCHWARZERDEN IN DER HOLOZÄNEN LANDSCHAFTSENTWICKLUNG NORDOSTDEUTSCHLANDS 135

1 Die Bodenentwicklung als Teil der holozänen Landschaftsentwicklung	135
1.1 Phasen der holozänen Landschaftsentwicklung	135
1.1.1 Früh- bis mittelholozäne Naturlandschaftsentwicklung	135
1.1.1.1 Umweltbedingungen	135
1.1.1.2 Pedogenese	136
1.1.2 Neolithische bis vormittelalterliche anthropogen beeinflusste Naturlandschaftsentwicklung	139
1.1.2.1 Umweltbedingungen	139
1.1.2.2 Pedogenese	141
1.1.2.3 Das Schwarze Kolluvium – Archiv des neolithisch bis eisenzeitlichen Landschaftswandels	143
1.1.3 Kulturlandschaftsentwicklung seit dem Mittelalter	145
1.1.3.1 Umweltbedingungen	145
1.1.3.2 Pedogenese	146
1.2 Umweltbedingungen und pedogenetische Prozesse in den Untersuchungsgebieten	149
2 Die Schwarzerde-Bodenentwicklungsreihen im Nordostdeutschen Jungmoränengebiet	152
3 Schwarzerdegenese und –erhalt in der Uckermark– Folge der holozänen Carbonatdynamik in einer Altsiedellandschaft des Jungmoränengebietes	157

ZUSAMMENFASSUNG

SUMMARY

QUELLENVERZEICHNIS

DANKSAGUNG

LEBENS LAUF

ERKLÄRUNG

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Klimawerte für die Stationen Angermünde und Augustenfelde, Monatsmittel 1951 – 1980	6
Tabelle 2	Ur- und frühgeschichtliche Besiedlung der Uckermark	9
Tabelle 3	Landschaftsentwicklung des Nordostdeutschen Jungmoränengebietes	13
Tabelle 4	Untersuchungsmethoden und Ziele	19
Tabelle 5	Möglichkeiten der Pollen- und Phytolithenanalyse im Boden	25
Tabelle 6	Ökologische Gruppen der Mollusken für Mitteleuropa nach Lozek	26
Tabelle 7	Auf jeweilige Untersuchungsobjekte abgestimmte und angewandte Methodenkomplexe	28
Tabelle 8	Charakteristika der Schichten/Kolluvien der Catena Biesenbrow	32
Tabelle 9	Beschreibung des Profils E	39
Tabelle 10	Bodenchemische Eigenschaften von Profil E	39
Tabelle 11	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil E	39
Tabelle 12	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil E (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)	40
Tabelle 13	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil E (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)	40
Tabelle 14	Beschreibung des Profils G	42
Tabelle 15	Bodenchemische Eigenschaften von Profil G	42
Tabelle 16	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil G	43
Tabelle 17	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil G (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)	43
Tabelle 18	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil G (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)	43
Tabelle 19	Beschreibung des Profils I	45
Tabelle 20	Bodenchemische Eigenschaften von Profil I	45
Tabelle 21	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil I	45
Tabelle 22	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil I (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)	46
Tabelle 23	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil I (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)	46
Tabelle 24	Beschreibung des Profils L	48
Tabelle 25	Bodenchemische Eigenschaften von Profil L	48
Tabelle 26	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil L	48
Tabelle 27	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil L (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)	49

Tabelle 28	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil L (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)	49
Tabelle 29	Beschreibung des Profils R	51
Tabelle 30	Bodenchemische Eigenschaften von Profil R	51
Tabelle 31	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil R	51
Tabelle 32	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil R	51
Tabelle 33	Mikromorphologische Befunde, Catena Biesenbrow	54
Tabelle 34	Berechnete Entkalkungszeiträume für Profil E, Catena Biesenbrow unter unterschiedlichen Vegetations- bzw. Nutzungsbedingungen	56
Tabelle 35	Berechnete Entkalkungszeiträume für Profil G, Catena Biesenbrow unter unterschiedlichen Vegetations- bzw. Nutzungsbedingungen	57
Tabelle 36	Ergebnisse der Humusfraktionierung ausgewählter Bodenhorizonte, Catena Biesenbrow	58
Tabelle 37	Thermogravimetrische OBS – Qualitätsindizes der Catena Biesenbrow mit Kontrollkriterien	59
Tabelle 38	14C-Alter des Gesamtgehaltes an organischem Kohlenstoff und des organischen Kohlenstoffes aus der Tonmineral-Zwischenschicht begrabener Humushorizonte der Schwarzerden und des humosen Kolluviums	61
Tabelle 39	14C-Alter verschiedener Fraktionen aus Schicht B des Schwarzen Kolluviums (Bohrung S2), Catena Biesenbrow	62
Tabelle 40	14C-Alter verschiedener Fraktionen aus Schicht D des Schwarzen Kolluviums (Bohrung S2), Catena Biesenbrow	62
Tabelle 41	Vergleichende halbquantitative Charakteristik der biomorphen Boden Neubildungen (Bohrung S2, Catena Biesenbrow)	64
Tabelle 42	Ergebnisse der Phytolithenanalyse an Bohrkern S2	65
Tabelle 43	Ergebnisse der Molluskenanalyse an den Bohrkernen S2 und S4	67
Tabelle 44	Schichten und Kolluvien der Catena Falkenwalde (Unterhang und Senke)	76
Tabelle 45	Beschreibung des Profils B	84
Tabelle 46	Bodenchemische Eigenschaften von Profil B	84
Tabelle 47	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil B	84
Tabelle 48	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil B	84
Tabelle 49	Beschreibung des Profils F	86
Tabelle 50	Bodenchemische Eigenschaften von Profil F	86
Tabelle 51	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil F	86
Tabelle 52	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil F	86
Tabelle 53	Beschreibung des Profils G	89
Tabelle 54	Bodenchemische Eigenschaften von Profil G	89
Tabelle 55	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil G	89
Tabelle 56	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil G	89

Tabelle 57	Beschreibung des Profils H	91
Tabelle 58	Bodenchemische Eigenschaften von Profil H	91
Tabelle 59	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil H	91
Tabelle 60	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil H	91
Tabelle 61	Beschreibung des Profils I	93
Tabelle 62	Bodenchemische Eigenschaften von Profil I	93
Tabelle 63	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil I	93
Tabelle 64	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil I	93
Tabelle 65	Beschreibung des Profils J	95
Tabelle 66	Bodenchemische Eigenschaften von Profil J	95
Tabelle 67	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil J	95
Tabelle 68	Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil J	96
Tabelle 69	Mikromorphologische Befunde, Catena Falkenwalde	98
Tabelle 70	Ergebnisse der Humuskomplexanalyse ausgewählter Humushorizonte der Catena Falkenwalde	99
Tabelle 71	Thermogravimetrische Qualitätsindizes der organischen Bodensubstanz ausgewählter Humushorizonte der Catena Falkenwalde	101
Tabelle 72	14C-Datierung der Huminsäure, Profile H und I, Catena Falkenwalde	102
Tabelle 73	14C-Datierung der Torfproben, Profil J, Schicht III, Catena Falkenwalde	102
Tabelle 74	Vergleichende halbquantitative Charakteristik der biomorphen Boden Neubildungen (Profil J, Catena Falkenwalde)	104
Tabelle 75	Ergebnisse der Phytolithenanalyse (Profil J, Catena Falkenwalde)	104
Tabelle 76	Bodenchemische Eigenschaften der Bodensequenz auf der Grabung Falkenwalde	107
Tabelle 77	Korngrößenzusammensetzung der Bodensequenz auf der Grabung Falkenwalde	108
Tabelle 78	Beschreibung des Profils N8 – Pseudogley - Parabraunerde - Tschernosem auf Geschiebemergel	114
Tabelle 79	Bodenchemische Eigenschaften von Profil N8	114
Tabelle 80	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil N8	114
Tabelle 81	Bodenphysikalische Eigenschaften (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung) - Profil N8	114
Tabelle 82	Bodenchemische Eigenschaften des Unterbodens einer Tschernosem-Parabraunerde neben und unter einer trichterbecherzeitlichen Grube	118
Tabelle 83	Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente im Unterboden einer Tschernosem- Parabraunerde neben und unter einer trichterbecherzeitlichen Grube	118
Tabelle 84	Korngrößenzusammensetzung des Unterbodens einer Tschernosem-Parabraunerde neben und unter einer trichterbecherzeitlichen Grube	118

Tabelle 85	Ergebnisse der 14C-Altersdatierung an Knochenresten aus der Grube der Havelländischen Kultur der Grabung Neu Kleinow	128
Tabelle 86	Bodenchemische Eigenschaften von Bodenprofil B (Grube der Havelländischen Kultur)	130
Tabelle 87	Gesamtgehalt ausgewählter Elemente von Bodenprofil B (Grube der Havelländischen Kultur)	130
Tabelle 88	Korngrößenzusammensetzung von Bodenprofil B (Grube der Havelländischen Kultur)	130
Tabelle 89	Pedogenetische Einordnung weiterer Befunde auf der Grabung Neu Kleinow	132
Tabelle 90	Rekonstruktion der Morpho- und Pedogenese im Einzugsgebiet der Grabung Neu Kleinow	134
Tabelle 91	Eigenschaften des Schwarzen Kolluviums	144
Tabelle 92	Pedogenetische Prozesse im Schwarzen Kolluvium	144
Tabelle 93	Abgeleitete Zustände der holozänen Landschaftsentwicklung der Uckermark im Hinblick auf anthropogenen Einfluß, hydrologische Verhältnisse, Morphodynamik und pedogenetische Prozesse	148
Tabelle 94	Differenzierung der pedogenetischen Prozesse in Abhängigkeit vom Relief	153
Tabelle 95	Vergleich der Faktoren der Bodenbildung und rezenter Bodenentwicklungsstadien bzw. Intensität der pedogenetischen Prozesse in den untersuchten Gebieten	155
Tabelle 96	Modell zur Schwarzerde-Bodenentwicklung in Abhängigkeit von der Carbonatdynamik im Nordostdeutschen Jungmoränengebiet	156

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Geomorphologische Übersicht der Uckermark und Areale der Schwarzerdebodengesellschaften sowie Lage der Untersuchungsgebiete	4
Abbildung 2	Mittlere Jahresniederschläge (1925-1933) in Nordostdeutschland	6
Abbildung 3	Klimadiagramm der Station Angermünde, Monatsmittel 1951 – 1980	7
Abbildung 4	Catena Biesenbrow mit einem Teil des Einzugsgebietes	29
Abbildung 5	Das Untersuchungsgebiet Biesenbrow	29
Abbildung 6	Geländemodell des Südhanges des Einzugsgebietes Langes Luch und Lage der Catena Biesenbrow	30
Abbildung 7	Bodenhorizonte und Kolluvien der Catena Biesenbrow	32
Abbildung 8	Probeentnahmestellen in der Catena Biesenbrow	33
Abbildung 9	Durchgeführte Analysen in der Catena Biesenbrow	33
Abbildung 10	Verteilung der Humusgehalte in der Catena Biesenbrow	33
Abbildung 11	Verteilung der Kalkgehalte in der Catena Biesenbrow	34
Abbildung 12	Verteilung der pH-Werte in der Catena Biesenbrow	34
Abbildung 13	Verteilung der Tongehalte in der Catena Biesenbrow	34
Abbildung 14	Profil E	35
Abbildung 15	Profil G	35
Abbildung 16	Profil I	35
Abbildung 17	Profil L	35
Abbildung 18	Profil R	36
Abbildung 19	Grafiken der chemischen und –physikalischen Eigenschaften von Profil E	41
Abbildung 20	Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil G	44
Abbildung 21	Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil I	47
Abbildung 22	Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil L	50
Abbildung 23	Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil R	52
Abbildung 24	Spätslawische Abfallgrube im Bereich des erodierten Oberhanges der Catena Biesenbrow mit „durchziehendem“ verbrauntem Bodenhorizont	55
Abbildung 25	Graphische Darstellung einiger Humuseigenschaften ausgewählter Bodenhorizonte der Catena Biesenbrow	58
Abbildung 26	Anfangsaktivität der Bodenatmung im Inkubationsversuch für ausgewählte Horizonte der Catena Biesenbrow	60
Abbildung 27	Phytolithendiagramm der Bohrung S2, Catena Biesenbrow	65
Abbildung 28	Molluskenspektren der Arten (MSS) und Molluskenspektren der Individuen (MSI) für die Bohrpunkte S2 und S4 der Catena Biesenbrow	66
Abbildung 29	Geländemodell des Untersuchungsgebietes Falkenwalde	71

Abbildung 30	Die Untersuchungsgebiete Falkenwalde und Neu Kleinow	72
Abbildung 31	Einzugsgebiet der Catena Falkenwalde	73
Abbildung 32	Catena Falkenwalde – Bodenhorizonte	75
Abbildung 33	Schichten und Kolluvien der Catena Falkenwalde (Unterhang und Senke)	76
Abbildung 34	Probeentnahmestellen und Labornummern, Catena Falkenwalde	77
Abbildung 35	Durchgeführte Analysen an Bodenproben der Catena Falkenwalde	77
Abbildung 36	Verteilung der Humusgehalte, Catena Falkenwalde	78
Abbildung 37	Verteilung der Kalkgehalte, Catena Falkenwalde	78
Abbildung 38	Verteilung der pH-Werte, Catena Falkenwalde	79
Abbildung 39	Verteilung der Tongehalte, Catena Falkenwalde	79
Abbildung 40	Profil B	80
Abbildung 41	Profil F	80
Abbildung 42	Profil G	80
Abbildung 43	Profil H	80
Abbildung 44	Profil I	80
Abbildung 45	Profil J	80
Abbildung 46	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil B	85
Abbildung 47	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil F	87
Abbildung 48	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil G	90
Abbildung 49	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil H	92
Abbildung 50	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil I	94
Abbildung 51	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil J	97
Abbildung 52	Graphische Darstellung einiger Humuseigenschaften ausgewählter Bodenhorizonte der Catena Falkenwalde	100
Abbildung 53	Pollendiagramm Profil J, Catena Falkenwalde	103
Abbildung 54	Phytolithendiagramm des Profils J, Catena Falkenwalde	105
Abbildung 55	Bodensequenz auf der Grabung Falkenwalde	107
Abbildung 56	Das Untersuchungsgebiet Mönchehof	111
Abbildung 57	Bodenprofil N8	112
Abbildung 58	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil N8	115
Abbildung 59	Dünnschliffaufnahme Profil N8 Ah (40-45cm)	116
Abbildung 60	Dünnschliffaufnahme Profil N8 Bht1 (60-65cm)	116
Abbildung 61	Dünnschliffaufnahme Profil N8 Bht2 (70-75cm)	116
Abbildung 62	Grube der Trichterbecherkultur mit Verbraunung unter der Grubenbasis	117
Abbildung 63	Bodensequenz "Profilwand A" auf der Grabung Neu Kleinow	120

Abbildung 64	Plan der Grabung Neu Kleinow	121
Abbildung 65	Bodentypen und -horizonte der Bodensequenz A, Grabung Neu-Kleinow	123
Abbildung 66	Probeentnahmestellen und Labornummern der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow	123
Abbildung 67	Verteilung der Humusgehalte in der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow	123
Abbildung 68	Verteilung der Kalkgehalte in der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow	124
Abbildung 69	Verteilung der pH-Werte in der Bodensequenz A, Grabung Neu-Kleinow	124
Abbildung 70	Verteilung der Tongehalte in der Bodensequenz A, Grabung Neu-Kleinow	124
Abbildung 71	Bodensequenz "Profilwand C" auf der Grabung Neu Kleinow	125
Abbildung 72	Bodentypen und –horizonte der Bodensequenz C, Grabung Neu-Kleinow	126
Abbildung 73	Probeentnahmestellen und Labornummern der Bodensequenz C, Grabung Neu-Kleinow	126
Abbildung 74	Verteilung der Humusgehalte in der Bodensequenz C, Grabung Neu-Kleinow	126
Abbildung 75	Verteilung der Kalkgehalte in der Bodensequenz C, Grabung Neu-Kleinow	127
Abbildung 76	Verteilung der pH-Werte in der Bodensequenz C, Grabung Neu-Kleinow	127
Abbildung 77	Verteilung der Tongehalte in der Bodensequenz C, Grabung Neu-Kleinow	127
Abbildung 78	Bodenprofil B auf der Grabung Neu Kleinow: Parabraunerde im Kolluvium über Grube der Havelländischen Kultur	128
Abbildung 79	Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Bodenprofil B	131

I Einleitung

1 Forschungsziele und -zusammenhang

Das Forschungsprojekt „Stellung und Entwicklung der schwarzerdeähnlichen Böden des nordostdeutschen Jungmoränengebiets im Wandel der Geo-Biosphäre der letzten 15.000 Jahre“, auf dessen Grundlage vorliegende Arbeit entstand, wurde im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Wandel der Geo-Biosphäre während der letzten 15 000 Jahre - Kontinentale Sedimente als Ausdruck sich verändernder Umweltbedingungen“ durchgeführt.

Hauptanliegen dieses Schwerpunktprogramms ist die Untersuchung der Entwicklung terrestrischer Ökosysteme Deutschlands während des Spätglazials und Holozäns, um Rückschlüsse auf deren Dynamik in der Vergangenheit ziehen und Aussagen zu ihrer Stabilität heute und in der Zukunft treffen zu können. Dabei sollen die Veränderungen der Geo-Biosphäre aus natürlichen Archiven abgeleitet und zu archäologischen Befunden in Beziehung gesetzt werden, um ihre natürlichen Veränderungen von anthropogen bedingten oder beeinflussten zu unterscheiden.

Aufgrund dieser Ziele werden 3 Zeitabschnitte, die durch einschneidende Veränderungen der natürlichen Bedingungen und/oder der Intensität des anthropogenen Einflusses auf die Natur gekennzeichnet waren, besonders intensiv untersucht:

1. Übergang der letzten Kaltzeit zum Postglazial,
2. Postglaziales Wärmeoptimum mit beginnender Nutzung durch den Menschen und
3. Einsetzen intensiver Nutzung durch den Menschen (ca.1500 v.Chr. - 500 n.Chr.).

Im Schwerpunktprogramm werden vorrangig laminierte Seesedimente und Moore als hochauflösende Archive der Landschaftsgeschichte, zusätzlich jedoch auch geringer auflösende Archive wie Sedimentabfolgen in Beckenzonen, Talauen sowie Küstensedimente und Böden analysiert.

Die Projekte des Schwerpunktprogrammes sind in verschiedenen Regionen Deutschlands angesiedelt, die einerseits aufgrund der Untersuchung gleicher Archive eine regionale Landschaftsgeschichte erstellen und andererseits im Vergleich der Erkenntnisse zu den definierten Zeitabschnitten weiterer Regionen globale Veränderungen von lokal und regional bedingten Besonderheiten natürlichen und/oder anthropogenen Ursprungs unterscheiden können. (ANDRES & LITT 1999).

Gegenstand des Projektes „Stellung und Entwicklung der schwarzerdeähnlichen Böden des nordostdeutschen Jungmoränengebietes“ ist die holozäne Landschaftsgenese der Region Uckermark mit Schwerpunkt ihrer vormittelalterlichen Entwicklung. Schlüssel zur Rekonstruktion von paläoökologischen Verhältnissen ist die holozäne Bodenentwicklung. Als Archive der Landschaftsgeschichte wurden die Schwarzerden und deren Kolluvien sowie mit ihnen in Beziehung stehende organische Sedimente und archäologische Befunde genutzt.

Das inselartige Areal der Schwarzerden des Jungmoränengebietes Nordostdeutschlands (Uckermark) außerhalb der mitteldeutschen Schwarzerdegebiete auf Lößstandorten stellt eine regionale Besonderheit dar. Ihre Verbreitung ist schon länger bekannt (STREMME 1938). Ähnliche Bodenbildungen stellen die "Fehmaraner Schwarzerden" (SCHIMMING & BLUME 1993) und die „Schwarzerden“ auf Poel (DIEMANN 1972) dar. Neuere Untersuchungen zur Schwarzerdegenese sind jedoch fast ausschließlich im süd- und mitteldeutschen Raum in Lößgebieten angesiedelt (ROHDENBURG & MEYER 1968, ALTERMANN 1969, SABEL 1982, STAHR & THATER 1991, GUNREBEN 1992, GEHRT et al. 1995).

Nahezu identisch mit dem Verbreitungsareal der Schwarzerden sind die Befunde und Funde der nördlichsten Siedlungsexklave der Linienbandkeramik (WECHLER 1996).

Konkretes Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag zur Rekonstruktion der spät- und nacheiszeitlichen Landschaftsentwicklung Nordostdeutschlands einerseits als auch zur Aufklärung der speziellen Pedogenese der Schwarzerden als ihrer regionalen Besonderheit zu leisten.

Dazu ist die Beantwortung folgender Fragenkomplexe notwendig:

- A Sind die Schwarzerden Nordostdeutschlands „*Echte Tschernoseme*“?
- B Was ist der Zeitraum der *Tschernosemgenese*?
Was sind die natürlichen Faktoren, die zur Bildung der Schwarzerden führten?
Welche pedogenetischen Prozesse fanden statt?
Unter welchen paläoökologischen Bedingungen fand die *Tschernosemgenese* statt?
- C Was ist der Zeitraum der „*Tschernosemendegradation*“?
Was sind die natürlichen und anthropogenen Faktoren, die zur „*Tschernosemendegradation*“ führten?
Welche pedogenetischen Prozesse fanden statt?
Unter welchen paläoökologischen Bedingungen fand die *Tschernosemendegradation* statt?
- D Welche Rolle spielten natürliche und anthropogene Faktoren beim *Erhalt der Tschernoseme* bis heute?

Ausgehend von diesen Fragestellungen werden aus Einzelböden, Bodensequenzen und -catenen bestehende *Bodenentwicklungsserien* in der Bodenregion Uckermark untersucht, um im Raum die unterschiedliche Wirksamkeit der Faktoren der Bodenbildung auf Böden unterschiedlichen Entwicklungsgrades zu klären. Es werden die pedogenen Prozesse einschließlich ihrer Datierung und Abfolge in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial, unter dem Einfluß unterschiedlicher Reliefpositionen, Hydromorphie, Siedlungs- und Vegetationsgeschichte analysiert.

Die Aufgabe im Projekt bestand in der Auswahl typischer Untersuchungsobjekte (Archive) und deren stratigraphischer und makromorphologischer Aufnahme sowie der Bestimmung von bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften. Geeignete Befunde wurden für die Durchführung ergänzender Untersuchungsmethoden ausgewählt (s.u.). Die Erkenntnisse zur Landschaftsgeschichte im Schwarzerdegebiet der Uckermark sind Ergebnis der Synthese der Interpretationen sämtlicher Einzelergebnisse an den verschiedenen Standorten (s. „Die Untersuchungsmethoden“).

Ausgehend von den Zielen des Schwerpunktprogrammes sind 3 Richtungen der wissenschaftlichen Kooperation für das Vorhaben von Bedeutung gewesen:

Interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb des Projektes zur möglichst umfassenden Analyse und Interpretation der zu untersuchenden Archive.

Für die Projektdurchführung war die Mitarbeit von Spezialisten unterschiedlicher Fachrichtungen notwendig. Das betraf sowohl Untersuchungen zu fossilen Resten biologischen Ursprungs wie die Pollenanalyse (A. BRANDE), die Phytolithenanalyse (A.A. GOLYEVA) und die Molluskenanalyse (H. RITTWEGGER), als auch Spezialuntersuchungen bestimmter Bodeneigenschaften mit Hilfe von Dünnschliffen (TH. BECKMANN) und speziellen Methoden der Humusqualitätsanalyse (O.A. CHICHAGOVA, CH. SIEWERT) sowie naturwissenschaftliche Datierungsmethoden (14C) (P. BECKER-HEIDMANN, P. GROOTES, O.A. CHICHAGOVA). Die Zusammenarbeit mit der Archäologie konnte einerseits auf Grabungen eines Forschungsprojektes des Deutschen Archäologischen Instituts zur Besiedlung des Oderraumes (E. GRINGMUTH-DALLMER) und andererseits auf Grabungen des Brandenburgischen Landesmuseums für Ur- und Frühgeschichte (G. WETZEL, B. GRAMSCH, R. SCHULZ, E. BECKER) im Vorfeld des A20-Autobahnbaus in der Uckermark realisiert werden.

Insbesondere die Einbeziehung bereits vorhandenen Wissens zur Analyse der Archive Boden und Kolluvien und deren Interpretation im Hinblick auf Landschaftsgeschichte und spezielle Schwarzerdegenese gestaltete sich vielschichtig. Fachdiskussionen dazu fanden häufig im Gelände statt, u.a. führte im Mai 1999 eine Exkursionstagung des Arbeitskreises „Paläopedologie“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft zu Schwarzerdeaufschlüssen der Uckermark (unter Leitung von R. SCHMIDT und H.R. BORK). Es wurden aber auch Anregungen aus den Kolloquien der DFG zum Schwerpunktprogramm aufgegriffen.

Informationsaustausch mit Forschungsprojekten, die ähnliche methodische bzw. inhaltliche Fragestellungen bearbeiten.

Enge methodische und inhaltliche Beziehungen bestehen zu den Projekten des DFG-Schwerpunktprogrammes „Auen- und Talrandsedimente in der nördlichen Wetterau und im Amöneburger Becken als Indikatoren für sich verändernde Umweltbedingungen im Spätpleistozän und Holozän“ (Projektleiter W. ANDRES, J. WUNDERLICH) und „Hangsedimente, Böden und Kolluvien in der Umgebung einer bandkeramischen Siedlung bei Vaihingen/Enz“ (Projektleiter W.D. BLÜMEL). In beiden Projekten werden als Archive Böden z.T. mit Schwarzerdevergangenheit und Kolluvien in ihrer Beziehung zur Siedlungs- und Nutzungsgeschichte auf bzw. in der Nähe frühneolithischer Siedlungen untersucht.

Zusammenarbeit innerhalb der regionalen Arbeitsgruppen.

Räumliche Beziehungen bestehen zu den Projekten in der Region Nordostdeutschland:

„Holozäne Klimaschwankungen und ihr Einfluß auf die Entwicklung von Moorrandsböden im Raum Berlin“ (Projektleiter M. RENGER, A. BRANDE), das in den Zeitscheiben 2 und 3 Böden und Moore als Archive nutzt.

Untersuchungen zur spätglazialen und frühholozänen Landschaftsgeschichte in Nordostdeutschland werden in den Projekten „Chronostratigraphie, geoökologische Entwicklung und menschliche Besiedlung vom Spätglazial zum Holozän in Nordostdeutschland. Siedlungsdynamik, Pedomorphogenese und (prä)mesolithische Lebensweise“ (Projektleiter K. BILLWITZ) sowie „Die spätglazial-frühholozäne Entwicklung des Gewässernetzes im Jungmoränenland nördlich des Baruther Urstromtales zwischen Spree und Nuthe“ und „Geomorphologische und stratigraphische Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Genese des Berliner Urstromtals zwischen Oder und Havel unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung des Gerinnebettmusters der Spree“ (beide Projektleiter B. NITZ) durchgeführt.

Ergebnis der Arbeit sind differenzierte Aussagen zu Zuständen der holozänen Landschaftsentwicklung der Region Uckermark insbesondere für den Zeitabschnitt 2 des DFG-Schwerpunktprogrammes „Postglaziales Wärmeoptimum mit beginnender Nutzung durch den Menschen“ im Hinblick auf anthropogenen Einfluß, hydrologische Verhältnisse, Morphodynamik und pedogenetische Prozesse und deren Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge.

Neben dem landschaftsgeschichtlichen Aspekt gewinnt die Arbeit im Zusammenhang mit der Formulierung von gesetzlichen Grundlagen des Bodenschutzes und deren Durchführung in der Bundesrepublik Deutschland an Aktualität. Aufgrund ihrer regionalen Besonderheit und Seltenheit im bundesweiten Maßstab sollten die Schwarzerden der Uckermark und deren Kolluvien als Archive der Landschaftsgeschichte einem Schutzstatus unterliegen. Handlungsbedarf ergibt sich sowohl aus der verstärkten Bodenerosion aufgrund intensiv betriebener Landwirtschaft in der Region als auch durch bauliche Eingriffe, wie z.B. dem Autobahnbau.

2 Die Region Uckermark

2.1 Faktoren der Bodenbildung

2.1.1 Relief und Substrat

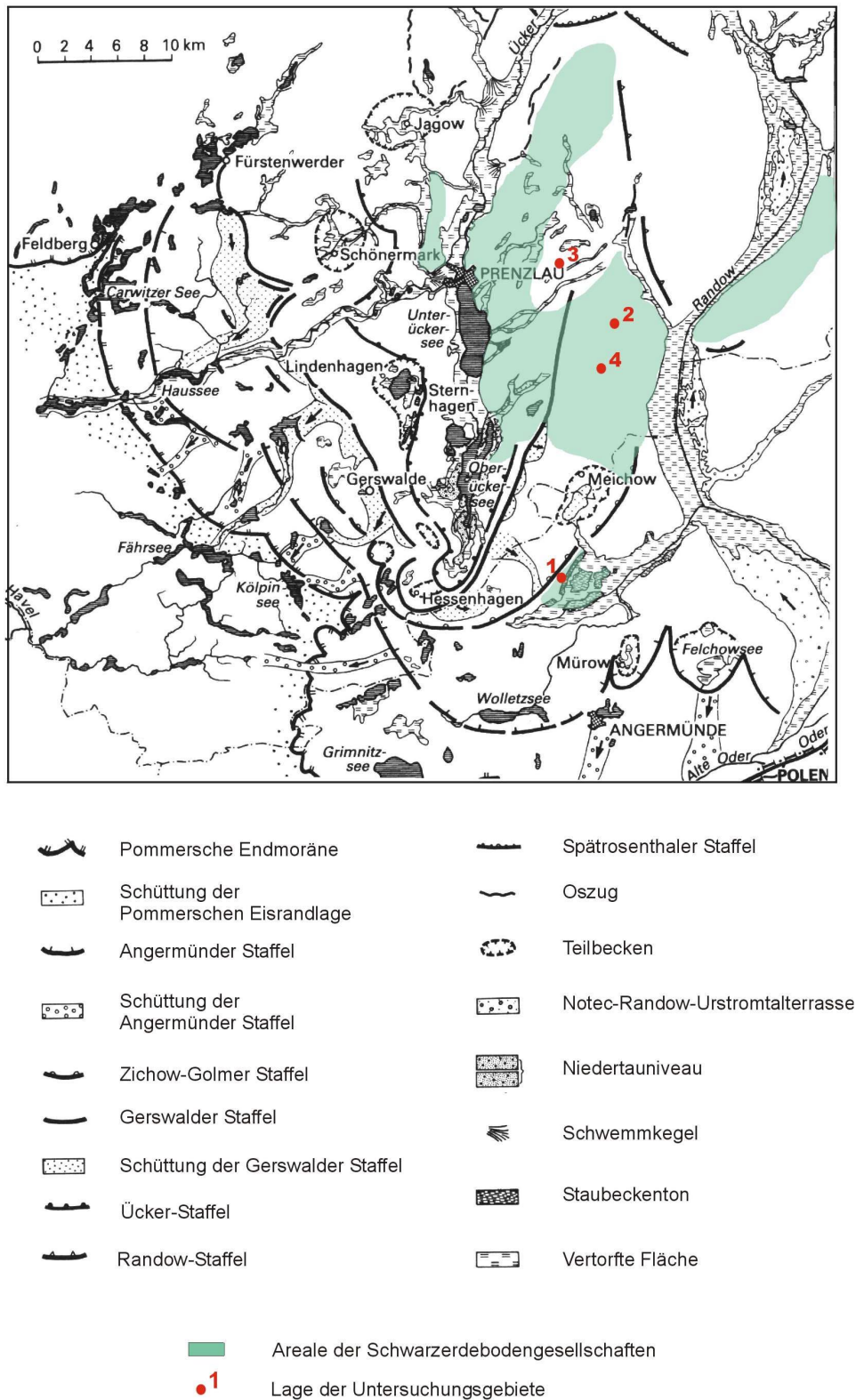


Abbildung 1: Geomorphologische Übersicht der Uckermark (nach CHROBOK, MARKUSE & NITZ 1982) und Areale der Schwarzerdebodengesellschaften sowie Lage der Untersuchungsgebiete

Das Untersuchungsgebiet gehört zum jüngeren Jungmoränengebiet, dem Pommerschen Stadium der Weichselvereisung (ca. 14 800 Jahre vor heute). Südlich wird es durch die Angermünder und nördlich durch die Rosenthaler Staffel (ca. 14 100 Jahre vor heute) begrenzt (LIEDTKE & MARCINEK 1995). Geprägt wird es durch eine Reihe von Rückzugsstaffeln, deren ausgeprägteste die Gerswalder Staffel ist. Während des Rückzuges nördlich der Pommerschen Eisrandlage kam es zu phasenhaftem Vorschub und Rückschmelzen des Inlandeises im Bereich der Leitlinie der Uckerrinne. Es entstand das tief ausgeschürfte, langgestreckte Zungenbecken der Ober- und Unteruckerseen mit z.T. aufgestauchten Moränenzügen in der Umgebung (Uckerstauchungszone) (MARKUSE 1966), wo sich aufgrund der komplizierten geomorphologischen Verzahnung von glaziären Serien ein unübersichtliches welliges – kuppiges Oberflächenrelief mit einer hohen Substratheterogenität herausbildete. Im periglazialen Bereich sind aufgrund der hohen Reliefamplituden zwischen Beckenboden und –umrandung Zertalungen und Rinnen entstanden, hinter relativ hohen Moränenzügen bildeten sich Staubecken mit geschichteten Seesedimenten.

Da durch die wiederholten Gletschervorstöße im Uckerzungenbecken auch Sedimente der Kreidezeit erfaßt wurden, zeichnen sich die glazigenen Sedimente durch relativ hohe Carbonatgehalte (ca. 15 – 18%) im Geschiebemergel, häufig in Form von bruchstückhaftem Kreidegeschiebe, aus. Im östlichen Einzugsgebiet des Unteruckersees treten Kreideschollen im quartären Geschiebemergel auf.

Nach dem Austauen der letzten Toteisblöcke vor ca. 10 000 Jahren entstand das rezente hydrologische System mit einer sehr großen Anzahl von kleinen Binneneinzugsgebieten, in denen z.T. Seen und Moore ausgebildet sind. Der Bereich des Uckerzungenbeckens gehört zum Einzugsgebiet der Ucker mit kleineren, z.T. rezent trockenen Tälern mit Terrassenbildung (entsprechen den Niedertauniveaus). Die Uckermark wird von der Randow, Welse und Sernitz durchflossen, in deren Auen sich seit Beginn des Holozäns ausgedehnte Talmoore entwickelt haben.

2.1.2 Klima

In klimatischer Hinsicht stellt Nordostdeutschland einen Übergangsraum zwischen dem ozeanisch geprägten Westen und dem stärker kontinental geprägten Osten in der Norddeutschen Tiefebene dar. Innerhalb einer Abfolge von relativ kühlen und niederschlagsreicheren Verhältnissen im Nordwesten zu wärmeren und niederschlagsärmeren Verhältnissen im Südosten ist die Uckermark ein charakteristisches Trockengebiet, das in seiner Niederschlagsarmut dem mitteldeutschen Trockengebiet im Lee des Harzes entspricht. Das Trockengebiet der Uckermark und des gesamten unteren Oderraums hat seine Ursache in den Lееeffekten der in quer zur Hauptwindrichtung vorgelagerten Endmoränenhöhenzüge im Bereich des Nördlichen Landrückens (Abbildung 2), einschließlich deren mit 179m NN höchster Erhebung im norddeutschen Jungmoränenland, den Helpter Bergen (MEINKE 1936, HENDL 1991, 1994, 1996).

Die Klimawerte der im Süden der Uckermark gelegenen Klimastation Angermünde (Abbildung 3) verdeutlichen mit 546 mm die relativ geringen Jahresniederschläge und relativ hohen Jahresamplituden der Monatsdurchschnittstemperaturen von 17,7° den subkontinentalen Übergangscharakter des Klimas. Noch deutlicher ausgeprägt ist die Trockenheit im Zentrum der Uckermark, wo die Station Augustenfelde einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von lediglich 511mm aufweist.

Eine Folge dieser Niederschlags- und Temperaturverhältnisse ist eine hohe potentielle Evapotranspiration und damit verbunden eine theoretisch negative jährliche Wasserbilanz (-21mm Station Angermünde). Im Jahresverlauf ist die klimatische Wasserbilanz nahezu während der gesamten Vegetationsperiode (April – September) negativ.

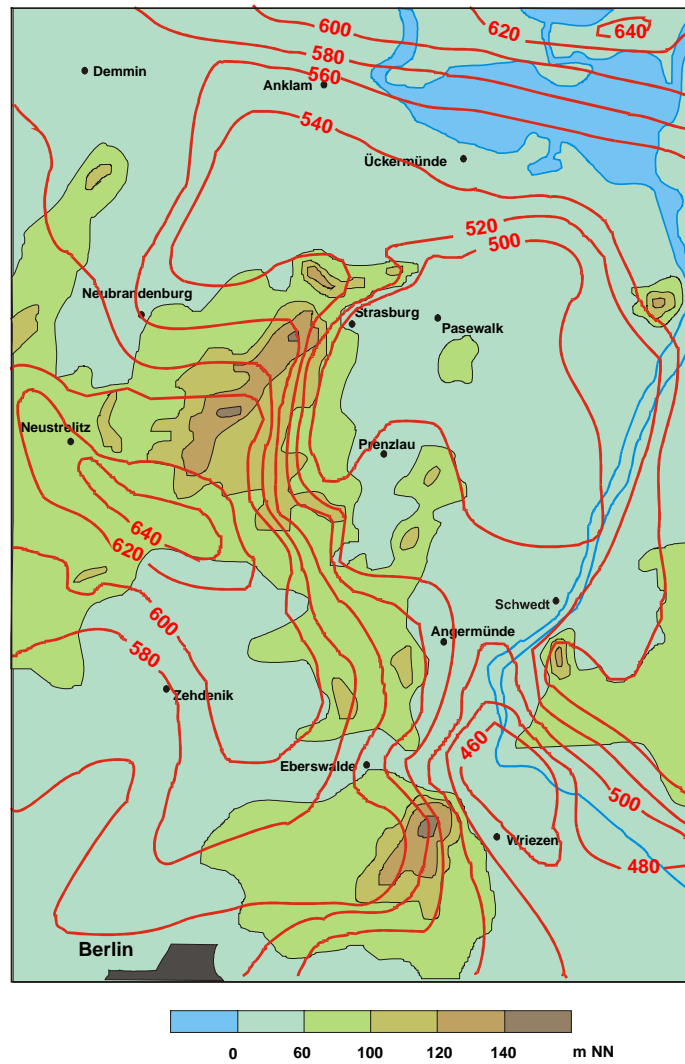


Abbildung 2: Mittlere Jahresniederschläge (1925 – 1933, in mm) in Nordostdeutschland (nach MEINKE 1936)

Tabelle 1: Klimawerte für die Stationen Angermünde und Augustenfelde, Monatsmittel 1951 – 1980 (Meteorologischer Dienst der DDR 1987)

			Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Station Angermünde	Temperatur	°C	-1,3	-0,8	2,6	7,2	12,4	16,4	17,5	17	13,3	8,7	4,1	0,8	Ø 8,2°C
	Niederschlag	mm	38	31	31	39	51	70	62	56	46	38	43	41	Σ 546 mm
	Potentielle Evapotranspiration (nach HAUDE)	mm	8	9	20	47	81	106	104	88	59	27	10	8	Σ 567 mm
	Klimatische Wasserbilanz	mm	30	22	11	-8	-30	-36	-42	-32	-13	11	33	33	Σ -21 mm
Station Augustenfelde	Niederschlag	mm	31	24	26	37	50	65	67	57	45	36	38	35	Σ 511 mm

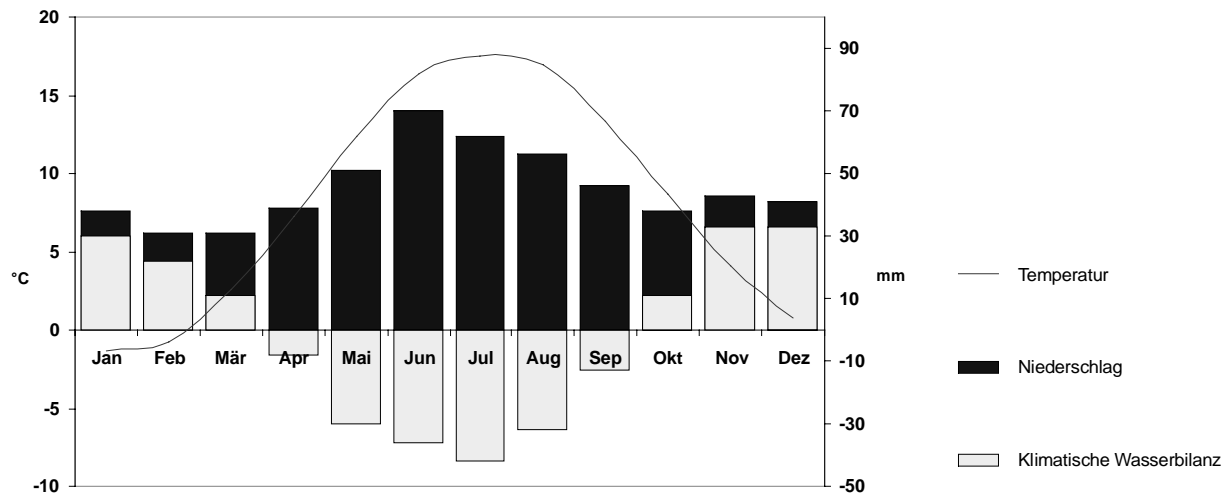


Abbildung 3: Klimadiagramm der Station Angermünde, Monatsmittel 1951 – 1980

2.1.3 Vegetation

Die Uckermark liegt im Vegetationsgebiet der Tiefland-Buchenwälder. Innerhalb des Areal der Tiefland-Buchenwälder werden sowohl basenreiche Feuchtböden als auch Trockenstandorte (Jahresniederschlag < 550 mm) von Eichen-Hainbuchenwäldern eingenommen. Der in der Uckermark vorkommende Unterverband der Waldlabkraut-Eichen-Hainbuchenwälder (*Galio-Carpinetum*) besitzt in Ostdeutschland seine westliche Arealgrenze und ist typisch für den subkontinentalen Bereich des Buchenareals (SLOBODDA 1991).

Speziell der Trockenraum der Uckermark ist bisher pollenanalytisch wenig untersucht, daher ist die nacheiszeitliche Vegetationsentwicklung schlecht dokumentiert. 2 Pollendiagramme liegen aus der südlichen Uckermark vor: Felchowsees (JAHNS 1999) und Serwest (MÜLLER 1967). In diesen Diagrammen widerspiegelt sich die für das norddeutsche Tiefland typische Abfolge der holozänen Waldentwicklung (nach FIRBAS 1952). Danach begann vor ca. 10000 Jahren die allmähliche Einwanderung von Laubgehölzen in die Uckermark – während des Boreals und Atlantikums waren Eichenmischwälder vorherrschend, zunächst mit einem großen Haselanteil, später gemischt mit Ulme, dann Linde und Esche.

Erst vor ca. 4000 Jahren setzte die zunächst allmähliche Ausbreitung der Buche und Hainbuche ein, die massenhafte Verbreitung beginnt mit dem Übergang zum Subatlantikum von ca. 2800 Jahren. Aufgrund des Übergangs zu subkontinentalen Verhältnissen in der Uckermark war in den Eichenmischwäldern im Mischungsverhältnis ein geringerer Buchenanteil als in westlicher gelegenen Regionen Norddeutschlands zu verzeichnen (MÜLLER 1967).

Ab Mittlerem Atlantikum setzte der anthropogene Einfluß auf die Vegetation in Form von Rodung, Ackerbau und Viehwirtschaft ein. Ab diesem Zeitpunkt stellte sich die natürliche Waldgesellschaft nicht mehr ein, sondern sowohl Birke und Kiefer als Pionierarten bei der Offenlandbesiedlung in Ruhephasen als auch Eichenwälder (Waldweide) in Nutzungsphasen wurden gefördert (JAHNS 1999, MÜLLER 1967). Die Buche konnte sich in der Uckermark bis heute nicht in dem den potentiell natürlichen Bedingungen entsprechenden Ausmaß durchsetzen (MÜLLER 1967).

Eine immer größere Rolle spielten Gräser und Siedlungszeiger. Rezent vorkommende kleinere Inseln artenreicher Trocken- und Halbtrockenrasen sind Ergebnis der Entstehung offener Agrarlandschaften. Die Einwanderung der Steppenarten dieser Pflanzengesellschaften (z.B. Echtes Federgras, *Stipa pennata* und Haarpfriemgrases, *Stipa capillata*) wurde erst durch den menschlichen Einfluß möglich (KLINK in LIEDTKE & MARCINEK 1995, SLOBODDA 1991).

Heute ist der Großteil der Grundmoränenplatten in der Uckermark agrarisch genutztes Offenland.

2.1.4 Siedlungsgeschichte

Die Uckermark ist bekannt durch ihre hohe Zahl archäologischer Fundplätze und gehört zu den besterforschten Landschaften bezüglich der Fundstellenverbreitung in Nordostdeutschland (GRINGMUTH-DALLMER 1999b).

Die besonderen natürlichen Verhältnisse der Uckermark, insbesondere die lehmigen, fruchtbaren Böden (Schwarzerden) der Grundmoränengebiete, bedingten, daß sie durch alle vom Ackerbau geprägten Perioden der Ur- und Frühgeschichte hindurch wichtiges Siedlungsland gewesen ist (Tabelle 2) und sich im Vergleich zum umgebenden nordostdeutschen Tiefland durch längere und intensivere Siedlungsphasen mit ackerbaulicher Nutzung und kürzere Siedlungspausen auszeichnete.

Die Uckermark stellt das nördlichste inselartige Verbreitungsgebiet der ältesten Ackerbauernkultur Mitteleuropas, der Bandkeramik (ca. 5. Jahrtausend v. Chr.) dar. Die am nächsten südlich gelegenen Siedlungsgebiete befinden sich im Bereich der Lößgürtel im mitteldeutschen Raum bzw. im Gebiet des Hohen Fläming, ebenfalls auf Standorten mit lößartigen Sedimenten (CIELZA, Vortrag Jahrsberichtskonferenz Museum f. Ur- u. Frühgeschichte Brandenburg, März 2000). Die frühneolithischen Siedlungsinseln dieser donauländischen Kultur befanden sich in einer Umgebung, in der die mesolithische Wirtschaftsweise gleichzeitig fortbestand. Eine Analyse des Verteilungsmusters der archäologischen Fundstellen durch das Brandenburgische Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte (freundlicherweise durchgeführt durch G. WETZEL, 1998) hat ergeben, daß dieses mit dem der Areale der Schwarzerdebodengesellschaften in der Uckermark nahezu identisch ist. Die genaue zeitliche Einordnung der Siedlungstätigkeit des frühesten Neolithikums in der Uckermark ist noch nicht erfolgt. Es scheint sich jedoch lediglich um einen Zeitraum von 2-3 Jahrhunderten gehandelt zu haben (GRAMSCH 1971, JANKOWSKA 1993, GRINGMUTH-DALLMER 1999a, WECHLER 1993, 1996). Aus dem Raum der Uckermark ist bisher nur 1 Fundstelle als Siedlungsbefund einzustufen (westl. Uckermark bei Zolchow, HEUSSNER 1989), in dessen unmittelbarer Nähe Kolluvien von Schwarzerden auftreten (MARKUSE 1975). Das Zentrum der bandkeramischen Siedlungstätigkeit lag im Schwarzerdeareal des polnischen Odermündungsraumes (GRINGMUTH-DALLMER 1999a).

Das erste autochthone Neolithikum der Uckermark ist die Trichterbecherkultur (4. Jahrtausend v. Chr.) mit einer eigenen „Uckermärkischen Gruppe“ zwischen 3500 und 3200 v. Chr., die als Standort sandige Böden bevorzugte. Die später auftretende Britzer Kultur siedelte wiederum besonders auf schweren Böden und in der Wirtschaftsweise überwog wahrscheinlich wieder der Ackerbau. Anschließend im Mittelneolithikum tritt die Kugelamphorenkultur auf (ab 3100 v. Chr.), deren Schwerpunkt die Viehhaltung war. Zeitgleich ausgebildet war die Havelländische Kultur mit einer Uckermärkischen Regionalgruppe, in der Ackerbau eine größere Rolle spielte (GRINGMUTH-DALLMER 1999b). Das Spätneolithikum ist in der Uckermark durch die Einzelgrabkultur (2800-2200 v. Chr.) und die Uckermärkische Gruppe der Oderschurkeramik vertreten.

Das Neolithikum war durch mehrere ackerbaulich geprägte Siedlungsphasen gekennzeichnet und bildete wiederholt regionale Gruppen in der Uckermark aus, was die Besonderheiten dieses Naturraums in der Siedlungstätigkeit und Wirtschaftsweise des urgeschichtlichen Menschen widerspiegelt.

Auch in der frühen Bronzezeit (etwa 2. Hälfte des 3. Jahrtausends v. Chr.) wurde hauptsächlich auf ertragreichen lehmigen Böden gesiedelt. Dahingegen wurden während der jüngeren Bronzezeit (1100-700 v. Chr.) bevorzugt Sandböden besiedelt. Die herausgehobene Stellung des Gebietes wird auch hier durch die Herausbildung einer regionalen „uckermärkisch-westpommerschen Kultur“ unterstrichen. Insgesamt ist während der Bronzezeit für alle untersuchten Kulturen eine erhöhte Bedeutung des Ackerbaus zu belegen. (SCHULZ 1996)

Zu Beginn der frühen Eisenzeit war die Uckermark dicht besiedelt. In der älteren vorrömischen Eisenzeit (600-250 v. Chr.) ist eine Abnahme der Siedlungsdichte zu verzeichnen. Da jedoch die Siedlungen dieser Phase häufig in Flußauen und Niederungen angelegt wurden, könnte es sich hierbei nur um eine scheinbare Verringerung der Siedlungstätigkeit handeln, da die Wohnplätze später überfluteten und/oder vertorfte und so die aktuelle Fundsituation nicht die realen Siedlungsverhältnisse widerspiegelt. Die Tatsache der räumlichen Verlagerung der Siedlungen in rezente Feuchtgebiete läßt jedoch auf eine klimatische Trockenphase in diesem Zeitraum schließen. Die jüngere vorrömische Eisenzeit (Jastorfkultur 250-0) zeigt dann eine intensivere Besiedlung der Grundmoränenstandorte der Uckermark mit einzelnen Siedlungsbällungen (z.B. um Angermünde und Oderberg) (GRINGMUTH-DALLMER 1999b).

Tabelle 2: Ur- und frühgeschichtliche Besiedlung der Uckermark (nach Grinmuth-Dallmer 1999); (*grau unterlegt: Kulturen mit bedeutendem Anteil von Ackerbau in der Wirtschaftsweise)

Zeit	Siedlungsphasen	Gruppen in der Uckermark*		Standorte und Besonderheiten der Siedlungsaktivitäten
ab 2. Hälfte 14. Jh.	Spätmittelalterliche Wüstungsphase			Grundmoränen nördlich und östlich der Ucker bleiben besiedelt
ab 2. Hälfte 12. Jh.	Deutsches Mittelalter			Stadtgründungen
600 – 1150	Slawenzeit			besondere Siedlungsaktivität im Vergleich zur Umgebung (jungslawischer Landesausbau)
5.-6. Jh.	Völkerwanderungszeit			nahezu menschenleer
0-4. Jh.	Römische Kaiserzeit			eigenständiges, von Wald umgebenes Siedlungsgebiet in der Uckermark
250 v. Chr. – 0	Jüngere Vorrömische Eisenzeit	Jastorfkultur		Grundmoräne, intensivere Besiedlung
600-250 v. Chr.	Ältere vorrömische Eisenzeit			Flußauen, Niederungen, geringe Siedlungsdichte ?
7. Jh. v. Chr.	Frühe Eisenzeit	Göritzer Gruppe		Uckermark kompakt besiedelt
1100-700 v. Chr.	Späte Bronzezeit	Uckermärkisch-westpommersche Kultur		Sandböden im Südwesten / Hortfund von Biesenbrow
1800-1100 v. Chr.	Mittlere Bronzezeit			lehmige Böden
Übergang bis 1800 v. Chr.	Frühe Bronzezeit			lehmige Böden
2800-2200 v. Chr.	Spätneolithikum	Uckermärkische Gruppe der Oderschurkeramik		lehmige Böden
		Einzelgrabkultur		sandige Böden in Gewässernähe
3100 – 2800 v. Chr.	Mittelneolithikum	Uckermärkische Gruppe der Havelländischen Kultur	Kugelamphorenkultur	
3500 – 3200 v. Chr.		Britzer Kultur		schwere Böden
	Frühes Neolithikum	Uckermärkische Gruppe der Trichterbecherkultur		Sandböden
5. Jahrtausend v. Chr.	Frühestes Neolithikum	Rössener Kultur		lehmige Böden
		Stichbandkeramik		lehmige Böden
		Linienbandkeramik		lehmige Böden, nördlichste Siedlungsexklave Mitteleuropas
bis ca. 3500 v. Chr.	Mesolithikum			Uckermark weitgehend unbesiedelt

Mit Beginn der römischen Kaiserzeit (1.-4. Jh. n.Chr.) bildet die Uckermark ein eigenständiges, weitgehend von Wald umgebenes Siedlungsgebiet. Mitte des 4. Jh. schließlich kommt es zu einem weitgehenden Siedlungsabbruch. In der nachfolgenden Völkerwanderungszeit (5./6. Jh.) war der Raum nahezu oder vollständig vom Menschen verlassen.

Mit den seit dem 7. Jh. einwandernden Slawen beginnt eine in der Uckermark besonders intensive Siedlungsentwicklung, die auch bisher völlig unbesiedelte Räume erfaßt. Schwerpunkträume des jungslawischen Landesausbaus liegen vor allem in den Grundmoränengebieten östlich Prenzlau.

In der 2. Hälfte des 12. Jh. begann dann mit der deutschen Ostsiedlung die planmäßige Dorf- und Stadtgründung. Während der spätmittelalterlichen Wüstungsperiode unterschieden sich die durch fruchtbare Schwarzerde geprägten Grundmoränengebiete durch eine nahezu konstante Siedlungsdichte (GRINGMUTH-DALLMER 1999b).

2.2 Böden

In den nordostdeutschen Grundmoränengebieten dominieren Parabraunerde / Pseudogley-Parabraunerde - Bodengesellschaften in einem Mosaik mit Talmooren. Durch die bodengeographische Gliederung der DDR wird die Bodenregion „Parabraunerde-Region der Uckermark“ mit den Leitbodentypen Fahlerde und Griserde (= Parabraunerde-Tschernosem und Tschernosem-Parabraunerde, AG Boden 1994) ausgeschieden (HAASE & SCHMIDT 1975).

2.2.1 Untersuchungen zu Schwarzerden Nordostdeutschlands

Erste Untersuchungen zu den Schwarzerden des Nordostdeutschen Jungmoränengebietes wurden in „Die ostdeutsche Schwarzerde (Tschernosem) mit kurzen Bemerkungen über die ostdeutsche Braunerde“ (HOHENSTEIN 1919) dokumentiert. HOHENSTEIN ging der Frage der Verbreitung und Genese der Nordostdeutschen „Steppenschwarzerden“ nach. Er konnte um Prenzlau jedoch keine Schwarzerden feststellen und bezeichnet die dort verbreiteten Böden als „*Braunen Waldboden, der noch degradierte Steppenschwarzerde nahesteht*“. Den hohen Kalkgehalt des Bodens z.T. bis in die Oberkrume führt er einerseits auf die Einmischung von Kreidegeschiebe, andererseits auf die geringe jährliche Niederschlagshöhe (hier Angabe 483mm!) zurück. „Die Kalkhaltigkeit der Oberkrume rührt von aufsteigenden kalkhaltigen Bodenlösungen her (Auswitterung!) oder sie kann auch durch abgespülten Geschiebemergelboden bedingt sein.“ (HOHENSTEIN 1919 in STREMMER 1930: 319). Außerdem verweist er auf die Besonderheit der Kalkverteilung im Bodenprofil. „...Profile, wo der Oberboden kalkhaltig, der Unterboden kalkfrei und erst der Untergrund wieder stark kalkhaltig ist.“ (HOHENSTEIN 1919 in STREMMER 1930: 319).

Die Verbreitung von schwarzerdeähnlichen Böden im Jungmoränengebiet Deutschlands wird durch STREMMER folgendermaßen beschrieben: „Degradierete Steppenschwarzerde bildet im Pyritzer Weizacker ... größere Flächen, sie ist sonst in kleineren Flecken verstreut, z.B. westlich und nordwestlich von Stettin, westlich von Schwedt Echte Steppenschwarzerde ist bisher in dem Gebiet außer in kleinen Stellen des Pyritzer Weizackers noch nicht festgestellt worden.“ (STREMMER 1930: 311). Gleichzeitig weist STREMMER auf nicht gebleichte braune Waldböden in der Uckermark auf kalkhaltigem Geschiebemergel hin.

In Bezug auf die Entkalkungstiefen der Böden im Jungmoränengebiet erwähnt Stremme die Ausnahmen in der Uckermark und Prenzlau, wo z.T. die Oberkrume nicht entkalkt ist (STREMMER 1930). Das wird auch von KLEBS (1888) als Besonderheit in den geologischen Erläuterungen zum Blatt Prenzlau erwähnt.

STREMMER beschäftigt sich mit der Frage der zeitlichen Stellung des entkalkten B-Horizontes der Schwarzerden und kommt aufgrund der Angaben von HOHENSTEIN zu dem Schluß, daß es sich bei diesen Böden um Relikte eines trockeneren Klimas handelt, wobei er die tiefergehende Entkalkung als Folge eines feuchteren Klimas ansieht. Eine Phase der Verlehmung unter Waldvegetation vor der Bildung der Schwarzerden müßte nach STREMMER in einer späteren Phase der Schwarzerdebildung unter trockenem Klima mit einer Neukalkung des Bodens durch aufsteigende Bodenlösung verbunden gewesen sein.

STREMMER verweist mehrfach auf die von Hohenstein beschriebene Prismen- und Säulenstruktur im „Lehmhorizont“ und deutet auf den möglichen „Wassereinfluß“ während der Bodengenese hin.

In Bezug auf die Vegetation während der Schwarzerdebildung setzt STREMMER einen engen kausalen Zusammenhang zwischen Schwarzerde und Steppenvegetation voraus: „Für ihre Entstehung war nicht allein das Klima, sondern vor allem auch eine entsprechende Vegetation maßgebend. Unter Wald entsteht keine Schwarzerde, ja sie wird, wenn sie vorhanden ist und Wald sich darauf ansiedelt, durch denselben vernichtet.“ (STREMMER 1930: 325)

Hinsichtlich der Genese des Sekundärkarbonathorizontes in den nordostdeutschen Schwarzerden, der laut STREMMER, 1930 eine scharfe Obergrenze besitzt, zieht STREMMER zwei Möglichkeiten seiner Entstehung in Betracht: 1. die Auswaschung des Kalkes aus oberen Bodenhorizonten und dessen

Ausfällung oder 2. aufgrund aufsteigender Bodenlösungen, deren Kalk an der kohlenensäureärmeren Durchlüftungsgrenze ausfällt.

KOWALKOWSKI, 1962, 1966, 1967, 1968, 1971/72 folgert aus der Verbreitung der Schwarzerden des Pyritzer Weizackers auf den Terrassen glazilimnischer Beckenschluffe und der Humusanalysen deren hydromorphe Genese (= Gley-Tschernoseme, AG Boden 1994). Die Tatsache, daß im Humushorizont dieser Schwarzerden Molluskenzönosen des Spätglazials vorkommen, läßt ihn die Tschernosemengenese in das Spätglazial stellen.

SCHMIDT (1982, 1994) beschreibt für den Prenzlauer Raum die Lehm- und Tieflehm-Griserde- sowie Lehm-Griserde/-Rendzina-Bodenkombinationen. Als Besonderheiten verweist er auf 3-5 dm mächtige Humushorizonte, die Ton-Humus-Überzüge in den Bt-Horizonten sowie das Auftreten von Carbonathorizonten im Bodenbereich. Diese Böden sind an Geschiebemergel und schluffige Beckensedimente mit Kalkgehalten über 9% in der Nähe örtlich anstehender Kreidedurchragungen gebunden.

2.2.2 Bodenentwicklung als Teil der Landschaftsentwicklung

Die spätglaziale und holozäne Landschaftsentwicklung des Jungmoränengebietes Nordostdeutschlands wurde bereits aus unterschiedlichen Ansätzen heraus untersucht. Der Vergleich der Phasen der Reliefentwicklung (FRÄNZLE 1982, SCHMIDT 1991b), der Bodenentwicklung (REUTER 1962, HOFFMANN & BLUME 1977, EHWALD 1987), Becken- und Seenentwicklung (CHROBOCK et al. 1982, NITZ 1993), der Moorentwicklung (SUCCOW 1988) sowie Untersuchungen zur Landschaftsgeschichte (HEINRICH et al. 1975, SCHATZ 2000) ermöglicht die Ausgliederung einzelner Etappen der Landschaftsentwicklung (Tabelle 3).

Als Produkt der Landschaftsgenese widerspiegelt die rezente Bodendecke sowohl die natürlichen als auch nutzungsbedingten ökologischen Bedingungen seit Beginn der Bodengenese. Im Untersuchungsraum setzte die Bodengenese mit dem Eisfreiwerden vor ca. 14 000 Jahren ein und umfaßt damit einen relativ kurzen Zeitraum.

Ausschlaggebende bodenbildende Faktoren waren hierbei (s.o.):

- das subkontinentale Übergangsklima mit Niederschlägen < 550 mm,
- die hohen Kalkgehalte des Sedimentes (Geschiebemergel, Beckensedimente) ($\text{CaCO}_3 > 10\%$),
- das Vorherrschen kleiner Binneneinzugsgebiete und
- die nahezu kontinuierliche Ackernutzung seit dem Neolithikum.

In Abhängigkeit von spätglazialer-holozäner Klimaentwicklung, der Entwicklung der Pflanzendecke sowie Nutzungsgeschichte können folgende Phasen der Bodenentwicklung und -umbildung unterschieden werden (BORK & SCHMIDT 1999, SCHMIDT 1982, 1994, s. Tabelle 3):

1. Die spätglaziale Phase der Substratgenese mit Initialformen der Bodenentwicklung ist im Untersuchungsraum durch die Überprägung der eiszeitlichen Sedimente unter periglazialen Bedingungen bestimmt. Zeitraum sind Ältere und Jüngere Dryas. Ergebnisse sind einerseits Frostbodenstrukturen als auch die großflächige Ausbildung des Geschiebedecksandes aufgrund von Perstruktion und Solifluktion.
2. Im Altholozän bildet sich mit der Ausbreitung einer weitgehend geschlossenen Vegetationsdecke eine geschlossene Bodendecke. Auf carbonatreichen Substraten findet eine Schwarzerdeentwicklung über einem Pararendzinastadium statt.

Aufgrund der Untersuchung der Catena „Bölkendorf“ im rezenten Parabraunerdegebiet südlich der Arealgrenze der Schwarzerden der Uckermark mit begrabenem Schwarzgley-Humusgley folgert SCHMIDT, 1991, 1994 auf die großflächigere Verbreitung der Schwarzerden gegenüber der rezenten. Pedogenetische Prozesse dieser Bodenbildungsphase sind Humusakkumulation, Verlehmung und Vergleyung.

3. Im Mittelholozän setzt einerseits die Besiedlung durch Ackerbauern ein und führt zu ersten

Bodenverlagerungen, die sich u.a. im Schwarzen Kolluvium der Uckermark (FISCHER-ZUJKOV & SCHMIDT 1999) äußern. Bis zum Mittelalter wiederholten sich in Abhängigkeit von der Siedlungsdynamik in lokal begrenzten Siedlungskammern die Erosionsereignisse. Andererseits wirkt sich der globale Klimawandel auf die Weiterentwicklung der Tschernoseme aus, es entstehen Übergangsstadien bis hin zur Tschernosem-Parabraunerde. Als wichtigste pedogenetische Prozesse dieser Phase stellt SCHMIDT, 1991 die Lessivierung und Reduzierung der Humushorizonte fest. Ergebnis ist die lokal sehr deutliche Differenzierung der Bodendecke zwischen Pararendzinen, Schwarzerden-Parabraunerde-Übergängen und Kolluvisolen.

4. Die letzte Phase der Umbildung der Bodendecke setzt mit der intensiven und großflächigen mittelalterlichen Landnutzung ein. Ergebnis in der Bodendecke ist a) die Flächenzunahme von Pararendzinen und Kolluvisolen gegenüber der Abnahme der Flächen der Schwarzerden-Parabraunerde-Übergängen und b) die Zunahme der Anteile der hydromorphen Böden in Unterhang- und Senkenbereichen aufgrund veränderter hydrologischer Verhältnisse.

2.2.3 Die Schwarzerdebodengesellschaften der Uckermark

Als Ergebnis der spätglazialen-holozänen Landschafts- und Bodengenese sind in der Uckermark 3 Schwarzerdebodengesellschaften ausgebildet:

I. Pararendzina / Parabraunerde-Tschernosem / Kolluvisol - BG

An ihrer südlichen Arealgrenze im Bereich der Uckermark sind die schwarzerdeähnlichen Böden in Randlagen der Sernitz-Welse Niederung ausgebildet. Es handelt sich um ein Gletscherzungenbecken der Angermünder Staffel, in dem in einem Eisstausee Beckenschluffe über der Moräne sedimentiert wurden. Dieses ton- und kalkreiche Sediment (Tongehalte ca.17-25%, Kalkgehalt >15%) bildet das Ausgangssubstrat der Schwarzerden. Aufgrund der sich seit dem mittleren Neolithikum phasenhaft wiederholenden ackerbaulichen Nutzung dieser sehr fruchtbaren Standorte sind auf den erodierten Kuppen Pararendzinen und in den Unterhang- und Senkenpositionen Kolluvien, und mit ihnen verbunden, begrabene Böden verbreitet. Diese Bodengesellschaft ist sowohl in Kleinstzugsgebieten als auch in Verzahnung mit Talmooren anzutreffen.

II. Pararendzina / (Pseudogley)-Parabraunerde-Tschernosem / Parabraunerde / Kolluvisol - BG

Im zentralen Teil der Uckermark bildet in dem bewegten Relief der welligen bis kuppigen Grundmoräne weichselzeitlicher Geschiebemergel mit einem sehr kleinflächigen Wechsel von sandigen bis tonigen Substraten das Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Häufig ist auch das Auftreten von kalkhaltigem Kreidegeschiebe. Entsprechend dem Mosaik des Ton- und Carbonatgehaltes im Geschiebemergel ist für die z.T. pseudovergleyten Böden der Platten ein Mosaik von Böden unterschiedlicher "Lessivierungsstadien" der Tschernoseme typisch. Die Böden der Kuppen sind aufgrund der intensiven ackerbaulichen Nutzung dieser Standorte nahezu vollständig erodiert und als Pararendzinen ausgebildet. In den Unterhang- und Senkenpositionen der überwiegenden Kleinstbinneneinzugsgebiete sind häufig mächtige Kolluvien über Schwarzerden mit hydromorphen Merkmalen (Gley-Tschernosem) anzutreffen.

III. Pararendzina / Pseudogley-Parabraunerde-Tschernosem / Gley-Tschernosem / Kolluvisol / (Niedermoor) - BG

Das Verbreitungsgebiet dieser Bodengesellschaft befindet sich in Niederungen der westlichen Uckermark im Einzugsgebiet der Ucker. Die Schwarzerden dieses Gebietes unterscheiden sich vor allem durch ihre hydromorphen Merkmale.

Diese Böden werden in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht.

Tabelle 3: Landschaftsentwicklung des Nordostdeutschen Jungmoränengebietes (nach Jahnke et al. 1975, Müller 1969, Schmidt 1981, Schmidt & Bork 1999, Bork 1998, Succow 1988, Fischer-Zujkov et al. 1999, Schatz 2000, ■ - Perioden erhöhter Trockenheit in Mitteleuropa nach Jäger 1998)

a BP cal	Stratigraphie	Ostsee- entwicklung	Klima	PZ	Vegetations- entwicklung	Moorent- wicklung	Boden- u. Reliefentwicklung auf der Grundmoräne	Arch. Gliederung	
1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000 11000 12000 13000	S Subatlantikum	Mya-Meer	Annäherung an heutige Verhältnisse	X	Anthropogene Vegetation	intensives Wachstum	Großflächige Erosion Zunahme d. Anteile von Pararendzinen u. Kolluvisolen	Neuzeit	
	M	postlitorine Phase	Temperatur abnehmend, Feuchte zunehmend	IX	Sommergrüne Laubmisch- wälder mit zunehmendem Anteil von Buche		geringes Wachstum	Differenzierung der Bodendecke zeitlich und räumlich begrenzte Erosionsereignisse: Entstehung von Pararendzinen und Kolluvisolen	Mittelalter
	F	Transgr.	sehr trocken						VIII
	S	± 0m	sehr feucht	VII	(Eichen- mischwald, Linden- mischwald, Erlenwald) und Kiefernwald				
	M	Regr.	warm, feucht, atlantisch- ozeanisch						VI
	F	Transgr. - 1m	atlantisch- ozeanisch (Klima- Optimum)	V	z.T. lichter Birken-Kiefern- Wald				
	S	Regr.	bedeutende Erwärmung, Feuchte- zunahme						IV
	M	Transgr. - 5m	mäßige Erwärmung, Feuchte- zunahme	III	Bodenbildung: Humusakkumulation, Entkalkung, Verbraunung (Braunerden, auf carbonatreichem Substrat)				
	F	Regr.	wechelnd subarktisch bis arktisch						II
	S	Transgr. - 22 bis - 5m	wechelnd subarktisch bis arktisch	I	initiale Bodenbildung				
	Boreal	Festland							
	Präboreal	Ancylus-See							
		Festland							
	Jüngere Dryas								
	Alleröd	Eisstausee							
	Ältere Dryas								

3 Schwarzerden – Stand der Forschung

Als Archive der Landschaftsgeschichte werden die Schwarzerden der Uckermark und ihre Kolluvien untersucht. Um aufgrund der in ihnen gespeicherten Informationen Rückschlüsse auf paläoökologische Zustände ziehen zu können, ist die Kenntnis ihrer pedogenetischen Entwicklung Voraussetzung und davon ausgehend die Definition von Indikatorenkomplexen für bestimmte Zustände der Bodenentwicklung und Paläoumwelt.

3.1 Definition

In Bodenklassifikationssystemen werden als Schwarzerden (Tschernoseme) Böden der Steppenklimate mit Jahresniederschlägen von 250-650mm und einem A/C- bzw. Ah/Cc/ICv-Profil mit mindestens 40cm mächtigem Humushorizont auf Lockergestein definiert. Sie sind durch eine intensive Bioturbation, die sich u.a. in Wurmgängen und Krotowinen zeigt, und einer Mull-Humusqualität gekennzeichnet (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998, AG Boden 1994, KUNTZE et al. 1994).

Neben typischen Tschernosemen (Chernozems, FAO 1988), die bis in den Humushorizont kalkhaltig sind, treten verschiedene Subtypen „degradiertes“ (entkalkter, verbraunter und lessivierter) Schwarzerden mit kalkfreiem Oberboden (Phaeozems, FAO 1988) auf.

3.2 Schwarzerden in Deutschland

In Deutschland kommen Schwarzerden hauptsächlich auf Löß und lößähnlichen Ablagerungen in den Mitteldeutschen Trockengebieten und des Oberrheintales sowie auf Ton-, Mergel- und Kalkgesteinen des Mittelgebirgsvorlandes vor. Im Flach- und Hügelland Norddeutschlands treten Schwarzerden einerseits in der Gruppe der Bodengesellschaften von Pseudogley-Tschernosem aus Geschiebelehm mit lehmig-sandiger Deckschicht im Altmoränengebiet im Lee-Bereich des Harzes und andererseits in der Gruppe der Bodengesellschaften der Parabraunerde-Tschernosem und Parabraunerde aus Geschiebemergel und lößähnlichen Beckenablagerungen im Jungmoränengebiet auf. Diese Vorkommen beschränken sich auf zwei Areale: die Uckermark und die Inseln Fehmarn und Poel (nach BÜK der Bundesrepublik Deutschland 1995).

3.3 Schwarzerdeentwicklung in Mitteleuropa

Voraussetzung zur Entwicklung von Tschernosemen in Mitteleuropa sind (RODENBURG & MEYER 1968, ROESCHMANN in KUNTZE et al. 1994, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998):

- ein kalkhaltiges, lockeres Ausgangssubstrat (weichselzeitlichem Löß, örtlich Grundmoräne) und
- ein kontinental beeinflusstes gemäßigttes Klima.

Von den meisten Autoren werden die Schwarzerden als holozäne Bodenbildung angesehen, deren Genese sich in 2 Hauptetappen mit unterschiedlichen paläoökologischen Bedingungen vollzog (ebenda):

1 Tschernosemgenese im Altholozän

Klima:	kontinentales, semiarides bis semihumides winterkaltes, sommertrockenes Klima
Vegetation:	grasreich, steppen- und waldsteppenartig
pedogenetische Prozesse:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Humusakkumulation</i> mit hohem Grahuminsäurenanteil <ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktion von stickstoffreicher Biomasse im Frühjahr, Frühsommer und Herbst ▪ gehemmter mikrobiologischer Umsatz im trockenen Sommer und kalten Winter ▪ <i>Bioturbation</i> durch wühlende Waldsteppenbewohner <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entstehung eines mächtigen schwarzen A_{sh}-Horizontes mit gutem Krümelgefüge ▪ wirkt Entkalkung entgegen ▪ langsame <i>Entkalkung</i> des Humushorizontes und Bildung eines Kalkanreicherungs-horizontes unter dem Ah-Horizont (IC_c)
Bodentypen:	1. Pararendzina ; 2. Tschernosem

2 „Degradation“ der Tschernoseme ab dem Mittelholozän (Atlantikum, 7000 a BP)

Klima:	humider
Vegetation:	Schließen der Walddecke, dichtere Laubwälder
pedogenetische Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entkalkung ▪ Versauerung
(auf durchlässigem Untergrund):	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Silicatverwitterung (Bildung von Tonmineralen und Eisenoxiden) ▪ Tonverlagerung (Lessivierung) des mineralischen Feintons und der Ton-Humuskomplexe ▪ Pseudovergleyung
Bodentypen:	<p>Stufen der Bodenentwicklung der Schwarzerde-Parabraunerde-Reihe (nach RODENBURG & MEYER 1968):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Braunerde-Tschernosem 2. Parabraunerde-Tschernosem 3. Tschernosem-Parabraunerde (Griserde) 4. Pseudogley-Tschernosem-Parabraunerde

Ausgehend von dieser Betrachtung handelt es sich bei den heutigen Vorkommen von Schwarzerden in Mitteleuropa um Relikte des Altholozäns in den Zentren der Verbreitungsareale mit den kontinentalsten Klimabedingungen. GUNREBEN, 1992 stellte einen engen Zusammenhang zwischen rezenter klimatischer Kontinentalität und Intensität der Lessivierung in Tschernosemen in Lößgebieten Mitteldeutschlands fest. In den Randgebieten treten hauptsächlich die „degradierten“ Schwarzerden auf, d.h. die Bodentypen der weiteren Bodenentwicklungsstufen der Schwarzerden in Richtung Parabraunerde.

Regelmechanismus der Schwarzerde-Parabraunerde-Entwicklungsreihe ist die Bicarbonat-Metabolik (RODENBURG & MEYER 1968), d.h. die Frage nach der Anwesenheit von Calciumcarbonat im oberflächennahen Bereich. Sie wird einerseits durch Prozesse des globalen Klimawandels gesteuert, wonach im Frühholozän eine geringe Carbonatabfuhr in den Böden vorhanden war, die mit Beginn des Atlantikums verstärkt wurde. Andererseits kann dieser Mechanismus durch verschiedene Faktoren vor dem Hintergrund des globalen holozänen Klimawandels die Bodenentwicklung verzögern (KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGER 1994, SABEL 1982b, ALTERMANN 1969):

- *Sedimenteigenschaften*: hohe Ausgangsgehalte an Calciumcarbonat im Sediment,
- *Bodenwasserhaushalt*: Schwarzerdekonserierung durch kalkhaltiges Stau- und Grundwasser ab dem Atlantikum als Gley-/Pseudogley-Tschernosem (STAHR & THATER 1991, SABEL 1982b)
- *Anthropogener Faktor*: große Flächen der Schwarzerdeareale werden seit der Jungsteinzeit (seit ca. 4500 J.) wiederholt gerodet, d.h. sie werden waldfrei gehalten, was die Versauerung verzögert (RODENBURG & MEYER 1968, BORK 1983).

Zur Frage der Vegetation zur Zeit der Schwarzerdegenese stellen ROHDENBURG & MEYER, 1968 fest, daß die Schwarzerde-Bildung in Mitteleuropa unter nur sehr kurzfristig offener, dann rasch geschlossener Walddecke, zumindest im ersten Abschnitt des Holozäns dort stattfinden konnte, wo im oberflächennahen Bereich Calciumcarbonat für die Bicarbonat-Metabolik zur Verfügung stand. Das bedeutet, daß Tschernosemgenese sowohl unter steppenartiger Vegetation als auch unter Wald möglich ist. Hinsichtlich der Bodenentwicklung zur Parabraunerde (Lessivierung) ist jedoch eine Waldvegetation Voraussetzung (ROHDENBURG & MEYER 1968, BRONGER 1991, BORK 1983).

EHWALD (1980, 1998) schlußfolgert aufgrund der Synthese der Rückschlüsse einzelner Wissenschaftsdisziplinen (Palynologie, Paläomalakologie, Bodenkunde) und dem Vergleich zur Vegetation in rezenten Schwarzerdegebieten von Osteuropa bis Westsibirien auf walddsteppenartige Verhältnisse mit lichthem Mischwaldbewuchs und üppiger Krautvegetation im boreal-frühatlantischen Bildungszeitraum der Mitteleuropäischen Schwarzerden.

LIEBEROTH (1991, 1964) unterscheidet zwischen Norm- und Feuchtschwarzerden. Nach seiner

Auffassung entstanden die Normschwarzerden (Typischer Tschernosem) unter einer Waldsteppenvegetation mit relativ trockenem Feuchtigkeitsregime im Boden, während die Feuchtschwarzerden aufgrund feuchterer Bedingungen in Reliefdepressionen und bei dicht gelagertem Ausgangsmaterial unter einer wiesenartigen z.T. auch baumreicheren Vegetation entstanden sind.

ALEXANDROVSKIJ unterscheidet aufgrund von Untersuchungen zur Genese von Schwarzerden in der Waldsteppenzone der Russischen Tiefebene unter natürlichem Eichenmischwald und Steppe (in TARGULJAN 1988, ALEXANDROVSLIJ 1983) und in Auswertung zahlreicher Untersuchungen russischer Bodenkundler zur Schwarzerdegenese in der Russischen Ebene drei Varianten der „Tschernosemevolution“:

1 *Weiterentwicklung des Tschernosems bei Bewaldung*

Die Stabilität und geringe Veränderung der primären Steppenschwarzerden unter Waldvegetation wird durch die „Nähe“ der Bedingungen der primären (Steppen) und sekundären (Wald) Bodenbildung bestimmt, für die es folgende Gründe gibt:

- Nahezu identische Parameter des biologischen Kreislaufes der organischen Substanz in der Eichen- und Wiesensteppenvegetation und eine annähernd gleiche primäre Biomasseproduktion in beiden Systemen unabhängig vom Relief.
- Nicht entscheidende Unterschiede im Chemismus des biologischen Stoffkreislaufes für die Tschernosembildung (Eichenwald: Stickstoff-Calcium-Typ, Wiesensteppe: Stickstoff-Silicium-Calcium-Typ).
- Stabilität des Tschernosems gegenüber äußeren Einflüssen.

2 *Entwicklung des Tschernosems zum Grauen Waldboden (= Parabraunerde-Tschernosem / Parabraunerde) bei Bewaldung*

Das entspricht der Tschernosem-Parabraunerde-Entwicklungsreihe für Mitteleuropa (s.o.). Dabei wird der Graue Waldboden (Greyzem, FAO 1988) als zonaler Boden der Waldsteppenzone definiert. Wichtige Bodeneigenschaften sind unter anderem der graue Humushorizont (= Griserde) und die Lessivierung von Ton-Humuskomplexen. Voraussetzung für einen stabilen Bodenzustand des Grauen Waldbodens mit Ton-Humus-Verlagerung ist eine unvollständige Entkalkung des Oberbodens mit aktiver Carbonatdynamik bei mindestens 4-5 mmol/l bis maximal 16-20mmol/l Calciumkonzentration in der Bodenlösung (BÖCKENHOFF et al. 1997a, 1997b, frdl. mdl. Mitteilung von B. MEYER Okt. 1999) und nahezu neutraler Bodenreaktion (ALEXANDROVSKIJ 1983).

3 *Entwicklung des Grauen Waldbodens bei Entwaldung (z.B. Rodung) zum Tschernosem (= Progradation des Tschernosems)*

Als Progradation wird die Erhöhung des Humusgehaltes mit Eigenschaften von Tschernosemhumus und das allmähliche Verschwinden der Eigenschaften der Lessivierungseigenschaften (Bleichung im Al-Horizont) bezeichnet. Erhalten bleiben Eigenschaften der Unterbodenhorizonte wie Verbraunung, Aggregation (Polyeder) und Ton-Humus-Überzüge. (ALEXANDROVSKIJ 1983, 1995, 1996)

Neben den holozänen Schwarzerdebildungen gibt es für rezente Schwarzerdeareale Belege für Tschernosemgenese (ALTERMANN 1968, KOWALKOWSKI 1971/1972, GEHRT 1998) und Tonverlagerung während des Spätglazials (Alleröd, ALTERMANN 1968).

3.4 Humusgenese in Schwarzerden

Die Schwarzerden Mitteleuropas haben durchschnittlich 2...6% Humusgehalt. Der Mullhumus wird durch ein enges C/N-Verhältnis (~10) und eine hohe Kationenaustauschkapazität charakterisiert. Ein großer Anteil der Huminstoffe liegt in Form organomineralischer Verbindungen vor. (KUNTZE et al. 1994) In der Huminsäurefraktion überwiegen Grauhuminsäuren und Calciumhumate (KONONOVA 1963, ORLOV et al. 1996).

Das Problem der Humusgenese und –akkumulation in Tschernosemen (=Tschernosemierung) wird gegenwärtig wieder kontrovers diskutiert.

Durch die Humuskomplexanalyse (KONONOVA 1963) wurden folgende Eigenschaften von

Tschernosemhumus festgestellt (ORLOV et al. 1996):

- Das Huminsäure-Fulvosäure-Verhältnis beträgt zwischen 1,3 – 2,2 und ist der stabilste Parameter zur Charakterisierung von Tschernosemhumus. Humustyp ist der Humat-Humus.
- Der Gehalt an freien und an Sesquioxide gebundenen Fulvo- und Huminsäuren ist sehr gering.
- Der Gehalt von Calciumhumaten in den oberen Bodenhorizonten beträgt ca 20-40% und ist nach unten steigend.
- Das Verhältnis von 1. und 2. Fraktion der Huminstoffe (freien und an Sesquioxide gebundenen Fulvo- und Huminsäuren / Calciumhumate und –fulvate) wird vom Calciumanteil im Austauschkomplex bestimmt, der seinerseits vom Kalkgehalt in den unteren Bodenhorizonten abhängig ist.
- Der Gehalt an Huminen (nicht extrahierbarer Rest) ist großen Schwankungen unterworfen (20-60%).

Einfluß auf die Humusgenese in Schwarzerden haben folgende Faktoren:

- hoher Anteil von Calcium im Austauschkomplex, der die Bindung von Huminstoffen im Boden fördert,
- periodischer Wechsel von feuchten und trockenen Perioden und
- hoher Smectitgehalt in der Tonfraktion.

Nach ORLOV, 1996 sind diese Faktoren allein jedoch nicht ausreichend für eine Tschernosemierung. Entscheidend sind die bioklimatischen Bedingungen, die sich durch eine Periode der biologischen Aktivität mit 140-170 Tage/a charakterisieren lassen. Calcium wirkt sich lediglich fördernd auf die Bodenmikroflora aus, kann jedoch unter Bedingungen der regelmäßigen Bodendurchfeuchtung eine dominierende Rolle spielen.

ROHDENBURG & MEYER, 1968 erklären die Bildung von schwarzem Humus mit einer Art der Endohumus-Bildung, bei der eine dunkelfärbende Mullkomponente entsteht und die Umhüllung der Ton- und Feinschluff-Fraktion mit schwer zu extrahierenden oder aufzuoxidierenden Huminstoffen sehr ausgeprägt ist (HESS 1965: zitiert nach ROHDENBURG & MEYER, 1968). Bedingungen für den Aufbau schwer zu extrahierender oder aufzuoxidierender Huminstoffe sind dabei eine schwach alkalische bis neutrale Bodenreaktion sowie wechselnder Wasserhaushalt (= Wechsel von reduzierenden und oxidierenden Phasen). Diese Humusgenese findet auf allen Graslandtypen der Erde unabhängig von der Niederschlagshöhe, dem Bodenmilieu (kalkhaltig oder kalkfrei) und in allen Bodenarten (Sand bis Ton) statt. Unter Waldvegetation hingegen ist die Bildung von schwarzem Humus auf ein Milieu mit Bicarbonat-Metabolik beschränkt.

SIEWERT, 1994, 1995 verbindet die unterschiedliche Humusfärbung mit bodenhydrologischen Bedingungen. Seiner Meinung nach bedingt eine ganzjährig konstante Bodenfeuchte, wie sie z.B. unter Wald herrscht, die Bildung von braunem Humus. Unter Bedingungen sogenannter Wechselfeuchte wird die Bildung von überwiegend schwarzem Humus unterstützt.

LIEBEROTH, 1991 unterscheidet die Humusbildung in Feuchtschwarzerden und Normschwarzerden, wobei die höheren Humusgehalte und das körnige Gefüge der Feuchtschwarzerden gegenüber den Normschwarzerden auf eine erhöhte Hydromorphie in diesen Böden während der Humusgenese zurückgeführt wird. Er verweist auf die rezente Angleichung beider Humusqualitäten unter Ackernutzung.

In Böden mit schwarzen Humushorizonten wurden in der organischen Bodensubstanz hochpolymere organische Verbindungen mit relativ großen Anteilen am Gesamthumus festgestellt, deren Genese nicht mit biochemischen Prozessen zu erklären ist, sondern auf Hitzeeinwirkungen wie z.B. bei Bränden schließen läßt (SCHMIDT, M. et al. 1998, 1999). Außerdem haben jüngste elektronenmikroskopische Untersuchungen gezeigt, daß ein Teil der bisher in Dünnschliffen erkennbaren und für schwarze Böden typischen schwarzen kohleähnlichen Teilchen eine graphitähnliche Kristallstruktur aufweisen (Vortrag M. SCHMIDT, DBG-Tagung Hannover, 1999).

Bei speziellen Untersuchungen an einer Farbcatena von Schwarz- und Grauerden in der Hildesheimer Börde (SCHMIDT, M. et al. 1998, GEHRT et al 1998) konnte der Nachweis erbracht werden, daß in den Schwarzerden verkohlte organische Substanz vorhanden ist, während sie in den räumlich sehr eng liegenden, jedoch durch relativ scharfe Grenzen abgetrennten Grauerden weitgehend fehlt. Es konnte ein enger Zusammenhang von Bodenfarbe und Gehalt an verkohlter organischer Substanz gezeigt werden. Da beide Bodentypen auf identischem Ausgangsmaterial ausgebildet sind und sich keinerlei bodenchemische und –physikalische Unterschiede feststellen ließen, wird die Genese der schwarzen Böden als Ergebnis von Feuereinwirkung interpretiert und die Entstehung von schwarzem Humus als Ergebnis einer Pyrogenese, welche anthropogen oder durch Vegetationsfeuer hervorgerufen sein kann.

II Die Untersuchungsmethoden

Der in der vorliegenden Arbeit angewandte Methodenkomplex (Tabelle 4) ist ein unter Berücksichtigung der Zielstellung des DFG-Schwerpunktprogrammes auf das spezielle Untersuchungsgebiet und -archiv zugeschnittenes Konzept für paläogeographische und paläoökologische Forschungen. Es ist in der Komplexität des Untersuchungsobjektes „Landschaft“ als ein sich zyklisch in Raum und Zeit entwickelndes System aus abiotischen und biotischen Komponenten, das einer anthropogenen Veränderung unterworfen ist, begründet. Die Untersuchungen wurden an Bodencatenen und –sequenzen als Raum-Zeit-Modell der Bodenentwicklung in einem bestimmten Landschaftstyp vorgenommen.

Das DFG-Schwerpunktprogramm fordert sowohl die zeitliche als auch die räumliche Korrelation der Ergebnisse der einzelnen Projekte. Das setzt die Vergleichbarkeit der Methoden und die möglichst genaue Datierung der Zustände in der Landschaftsentwicklung voraus. Dazu gehören neben der stratigraphischen Einordnung der Sedimente Methoden der absoluten Altersdatierung, wie die Bestimmung stabiler und radiogener Isotope und die Thermo- und optisch stimulierte Luminiszenz. Diese Altersdaten werden zu den Erkenntnissen zur Paläoumwelt in Beziehung gesetzt, die einerseits über die biologische Analyse von fossilen Organismen verschiedener Umweltansprüche und andererseits über die Aufklärung der Abfolgen pedogenetischer Prozesse erlangt werden.

Die einzelnen angewandten Methoden zur Klärung einzelner Prozeßabfolgen in der Landschaftsentwicklung und deren räumliche Verteilung ergänzen sich z.T. gegenseitig, ermöglichen aber auch die Verifizierung von Ergebnissen und Interpretationen, die aufgrund der Analyse nur einer Komponente erstellt wurden. Daher liegt ein wesentlicher Schwerpunkt dieser Arbeit im Vergleich der gewonnenen Einzelerkenntnisse und in ihrer Synthese, d.h., Ziel ist die Gesamtinterpretation in Form von Raum-Zeit-Entwicklungsreihen.

Tabelle 4: Untersuchungsmethoden und Ziele

ANSATZ	METHODEN	ZIEL
Bodenkundlich-Sedimentologisch-Stratigraphisch	<ul style="list-style-type: none"> • Makromorphologische und stratigraphische Aufnahmen von Bodenprofilen, -sequenzen und –catenen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgangssubstrat der Bodenbildung • Faktoren und Prozessabfolgen der Pedogenese • Bestimmung begrabener Böden • Bestimmung reliktscher Bodenmerkmale
	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenchemische Analysen • Bodenphysikalische Analyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Klärung von Abfolgen pedogenetischer Prozesse • Klärung der Carbonat-Methabolik • Aufklärung der Prozesse der Ton- und Ton-Humusverlagerung
	<ul style="list-style-type: none"> • Mikromorphologische Untersuchungen 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Humusqualitätsanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Rückschlüsse auf paläoökologische Bedingungen, insbesondere Hydromorphiebedingungen
	<ul style="list-style-type: none"> • 14C-Altersdatierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Datierung und zeitliche Korrelation der Prozesse der Boden- und Landschaftsgenese
Paläobotanisch und Paläozoologisch	<ul style="list-style-type: none"> • Pollenanalyse • Analyse der Phytolithen • Analyse der Molluskenfauna 	<ul style="list-style-type: none"> • Regionale bzw. lokale Vegetations- und Nutzungsgeschichte • Bestimmung paläoökologischer Bedingungen • Korrelation von Leithorizonten
Archäologisch	<ul style="list-style-type: none"> • Altersbestimmungen • Bodenkundliche Untersuchung archäologischer Befunde • Untersuchung der Böden und Kolluvien auf archäologischen Fundstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsgeschichte • Datierung von Prozessen der Boden- und Landschaftsgenese

1 Bodenkundliche, sedimentologische und stratigraphische Methoden

Um die Bodenentwicklung in ihrer räumlichen und zeitlichen Varianz zu erfassen, wurden typische Bodencatenen ausgewählt, die modellhaft sowohl einen räumlichen Ausschnitt der Landschaft als auch mit ihren reliktschen und rezenten Merkmalen zeitliche Ausschnitte der Landschaftsentwicklung darstellen. Mit Hilfe von Bodencatenen ist es möglich, Aussagen sowohl zur Abfolge postglazialer

pedogenetischer Prozesse an Hand der Schichten und Kolluvien als auch zur Landschaftsgeschichte insgesamt (Morphodynamik, Vegetation, anthropogene Einflüsse, Wasserhaushalt) zu treffen.

Es wurden bevorzugt Kleinstinzugsgebiete untersucht, da diese besonders empfindlich auf ökologische Veränderungen in ihrem Einzugsgebiet reagieren. Binnenentwässerungsgebiete, die, abgesehen von Veränderungen in historischer Zeit, keinen Anschluß an entwickelte Entwässerungssysteme aufweisen, stellen aufgrund ihrer ausschließlich internen Landschaftsprozesse spezifische Archive der Landschaftsentwicklung dar.

Die zu untersuchenden Parameter zur Rekonstruktion der Abfolge der pedogenetischen Prozesse konnten aus dem Kenntnisstand zur Tschernosemgenese (siehe Absatz I3) abgeleitet werden: Dabei gilt der Carbonatdynamik und Prozessen der Ton- bzw. Ton-Humusverlagerung sowie der Humusqualität besondere Aufmerksamkeit. Die Zuordnung von Zuständen der Bodenentwicklung erfolgt überwiegend relativ zueinander, da die Möglichkeiten der absoluten Datierung von Bodenprozessen bisher nicht ausreichend sind (s. II.2 „Absolute Altersdatierung“).

1.1 Geländeuntersuchungen

Bodencatenen wurden sowohl in Form von Einzelschürfen als auch von Baggerschürfen (Biesenbrow, Falkenwalde) makromorphologisch (nach modifizierter KA4¹) aufgenommen. In den stark hydromorph geprägten Abschnitten der Catenen wurden die Aufnahmen durch Rammkernsondierungen ergänzt. Die Geländeansprache umfaßte vor allem die Bestimmung von Bodentyp und Ausgangssubstrat der Bodenbildung in Abhängigkeit von der Reliefposition und Grund- bzw. Stauwassereinflüssen sowie im Hinblick auf die Fragestellung die Erfassung von rezenten und reliktschen Bodenmerkmalen, Kolluvienbildungen und ihre Stratigraphie sowie Bodenbildungen in Kolluvien.

Es erfolgte eine GPS-Vermessung der Baggerschürfe und ihrer näheren Umgebung.

1.2 Laboruntersuchungen

1.2.1 Bodenchemische Methoden

Für die bodenchemischen Analysen erfolgte die Probenahme in Form von Beutelproben aus allen genetischen Bodenhorizonten der beschriebenen Bodenprofile.

Für folgende Größen wurden bodenchemische Analysen durchgeführt:

- pH-Wert - in 0,01M-CaCl₂-Lösung (DIN 10390),
- Carbonatgehalte mit Scheibler-Apparatur (DIN 19684 T5),
- Kohlen- und Stickstoffstoffgesamtgehalte mit Leco CNS-2000-Elementaranalysensystem,
- Kohlenstoffgehalt durch Verglühen (530°C) bei kalkhaltigem Probenmaterial (DIN 19684 T4),
- Gehalt von dithionit- und oxalatlöslichem Eisen (DIN 19684 T6 u.7),
- Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente im HF-Aufschluß (TGL 25418/18, Messung am Plasmaspektrometer - ICP).

1.2.2 Bodenphysikalische Untersuchungen

Die Probenahme zur Bestimmung bodenphysikalischer Eigenschaften erfolgte an ausgewählten Bodenprofilen mit dem Ziel eine Stoffbilanzierung (insbesondere des Calciumcarbonates) für einzelne Elemente über den Zeitraum der Bodenbildung durchführen und damit pedogenetische Prozesse datieren zu können.

Folgende bodenphysikalische Analysen wurden durchgeführt:

- Bestimmung der Trockenrohddichte (DIN 11272, Mittel aus 3 Stechzylinderproben a 100cm³),
- Korngrößenanalysen (nach KÖHN, TGL 31222/02),
- Saugspannungsmessung (TGL 31 222/05).

¹ Die Horizontbezeichnungen erfolgen in Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (AG Boden, 1994), wobei die fossilen oder reliktschen Symbole durch einen hochgestellten Punkt bezeichnet werden. Es werden erst die jüngeren und dann die älteren Horizontmerkmale genannt. Beispiel: fAh°M2°Ah = fossiler Ah-Horizont in Kolluvium 2, das durch Erosion eines Ah-Horizontes entstanden ist.

Zur Berechnung der Parameter des Wasser- und Stoffhaushaltes wurden die Methoden zur Berechnung der Grundwasserneubildung nach RENGER et al., 1989 genutzt.

1.3 Bodenmikromorphologie

Insbesondere zur Klärung der Prozesse der Kalkdynamik und Ton- bzw. Ton-Humusverlagerung und deren Abfolgen wurden Dünnschliffe (ca. 25µm Dicke) angefertigt (TH. BECKMANN, Schwülper-Lagesbüttel). Das Probenmaterial für die Dünnschliffe wurde dabei aus typischen Bodenprofilen sowohl innerhalb der genetischen Bodenhorizonte als auch im Grenzbereich der Bodenhorizonte mit Stechzylindern entnommen. Besonderes Augenmerk galt dabei einerseits den Tonanreicherungshorizonten, um Art und Intensität der Lessivierung zu untersuchen, und andererseits den Horizonten mit aktueller Kalkumlösungsdynamik bzw. den Horizonten mit sekundärer Kalkanreicherung. Die Auswertung der Dünnschliffe hinsichtlich von Bodenprozessen und deren Abfolge erfolgte nach gemeinsamer Diskussion und Geländebegehung durch TH. BECKMANN und liegt als Gutachten vor (BECKMANN 1999).

1.4 Methoden zur Untersuchung der organischen Bodensubstanz

Neben der Bestimmung des Gehaltes an organischer Bodensubstanz (OBS) in allen Bodenhorizonten ist die Humusqualitätsanalyse für die Ap-, Ah- und fAh-Horizonte ausgewählter Bodenprofile ein wichtiger Bestandteil der durchgeführten Untersuchungen. Ziel ist die Klärung der paläoökologischen Bedingungen während der Zeit der Humusgenese der Schwarzerden und deren Entwicklungsstadien in Richtung Parabraunerde.

Es wurden 3 verschiedene Methoden der Humusqualitätsanalyse angewandt:

1. Humuskomplexanalyse (abgewandelt nach KONONOVA 1963, Durchführung O.A.CHICHAGOVA, Moskau),
2. Thermogravimetrische Humusuntersuchung in Verbindung mit Inkubationsversuchen (Durchführung CH.SIEWERT, Berlin),
3. Optische Untersuchung (nach SATO 1974, O.A.CHICHAGOVA, Moskau).

Die Theorie zum pyrogenetischen Ursprung der schwarzen Färbung des Tschernosemhumus stützt sich auf Untersuchungen der Humuszusammensetzung mit Hilfe der ¹³C NMR Spektroskopie (Schmidt et al. 1998, 1999). Proben aus humosen Bodenhorizonten der Catena Biesenbrow werden zur Zeit mit dieser Methode untersucht (G. GUGGENBERGER). Die Analyseergebnisse lagen jedoch noch nicht vor (Juli 2000).

1.4.1 Humuskomplexanalyse

Diese Art der Humusfraktionierung ist speziell auf Humus begrabener Böden zugeschnitten. Anhand der Humuszusammensetzung soll der Nachweis seiner Schwarzerdegenese (Tschernosemierung) erbracht werden (CHICHAGOVA 1985, CHICHAGOVA et al. 1992). Dabei wurden folgende Humusfraktionen bestimmt (Huminsäuren - HS, Fulvosäuren - FS):

- HS1 - löslich in 0,1N NaOH,
- HS2 - löslich in 0,1N NaOH nach Carbonatzerstörung,
- FS1" - löslich in 0,1N H₂SO₄ während Carbonatzerstörung,
- FS1 - löslich in 0,1N NaOH,
- FS2 - löslich in 0,1N NaOH nach Carbonatzerstörung,
- neR - nicht extrahierbarer Rest.

Aufgrund des Verhältnisses der Huminstofffraktionen untereinander ist es möglich, Aussagen zur Humusgenese im Zusammenhang mit bestimmten Bodentypen zu treffen. Insbesondere das Verhältnis von Huminsäuren zu Fulvosäuren (Humustypen) wird als Parameter zur Bestimmung und Zuordnung der Böden zu Bodentypen verwandt (KONONOVA 1963, ORLOV et al. 1996). Es ist Ausdruck unterschiedlicher Prozesse der Humusgenese unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen.

Zur Zusammensetzung des begrabenen Humus und dessen Veränderungen im Vergleich zu rezentem Humus wurden Untersuchungen durch O.A. CHICHAGOVA in Verbindung mit ¹⁴C-Datierungen des Humus (Huminsäurefraktion) durchgeführt (CHICHAGOVA 1992). Ergebnis dieser Untersuchungen war, „... daß, ungeachtet der diagenetischen Veränderungen der OBS, ... die

grundlegenden Eigenschaften ihrer Komponenten und deren für bestimmte Bodentypen charakteristischen Verhältnisse erhalten bleiben. Dazu gehören solche konservativen Eigenschaften wie die Fraktionszusammensetzung, der Humustyp, ... der Humifizierungsgrad der OBS ($C_{\text{Humins.}}/C_{\text{Fulvos}}$). Anhand dieser Parameter kann man Schlußfolgerungen zum Verlauf der Bodenbildung in der Vergangenheit ziehen, mindestens darüber, ob es sich um Prozesse der Wald- oder Steppenbodenbildung handelte; aber ebenso über ihre hydromorphe oder anhydromorphe Genese. Folglich können diese Parameter als Indikatoren zur Diagnose des Bodentyps und für paläopedologische Rekonstruktionen dienen....“ (CHICHAGOVA & TARASOVA 1992).

Aufgrund dieser Tatsachen ist es also möglich, anhand des Indexes $C_{\text{Humins.}}/C_{\text{Fulvos}}$ Aussagen zu Prozessen der Humusgenese begrabener Böden zu treffen und weiterführend in Verbindung mit einer Datierung des Bodens Rückschlüsse auf paläoökologische und insbesondere klimatische Bedingungen während der Humusgenese zu ziehen.

1.4.2 Optische Humusuntersuchung

Ebenfalls zum Nachweis der Tschernosemierung des Humus wurden die Absorptionsspektren der Huminsäuren untersucht. Sie sind sowohl für die Paläo- als auch die rezenten Huminsäuren charakteristisch und erlauben ebenfalls Rückschlüsse auf den Bodentyp (CHICHAGOVA & TARASOVA, 1992).

Anhand der Untersuchungen zum sogenannten grünen Pigment (Pg, green humic acid) im Humus können Rückschlüsse auf dessen hydromorphe bzw. anhydromorphe Genese gezogen werden (nach SATO 1974, ORLOV 1990, ORLOV et al. 1996, BIRYUKOVA 1978). Das Vorhandensein des grünen Pigments im Bodenhumus kann als Indikator für mindestens kurzzeitige Bodensättigung angesehen werden. Es ist ein Stoffwechselprodukt des Pilzes *Cenococcum graniforme*. Der Pg-Gehalt in der OBS kann quantitativ anhand des 615nm-Peaks im Absorptionsspektrum der Huminsäuren bestimmt werden (ORLOV 1990). Allerdings wird das grüne Pigment bei ständiger Belüftung des Bodens abgebaut.

Sowohl die Humuskomplexanalyse als auch die Bestimmung der Absorptionsspektren der Huminsäuren wurden von Frau O.A. CHICHAGOVA, Moskau durchgeführt. Die Ergebnisse wurden gemeinsam diskutiert.

1.4.3 Thermogravimetrie

Mithilfe der thermogravimetrischen Analyse wird die OBS als Merkmal komplexer Wechselwirkungen abiotischer und biotischer Faktoren in Ökosystemen gekennzeichnet. Dazu werden Erkenntnisse zu Funktionsprinzipien von Humusstoffen in Mineralböden genutzt. Sie sind verantwortlich für die Ausbildung von Korrelationsbeziehungen zwischen unterschiedlichen Komponenten der OBS, die unabhängig von der chemischen Zusammensetzung existieren, thermogravimetrisch quantifiziert werden können und dadurch überregional einheitliche Aussagen zu Spezifika der OBS und der Bodenbildung ermöglichen (SIEWERT 1999).

Die OBS wird durch folgende Beziehungen gekennzeichnet:

1. der Menge in Humushydrathüllen gebundenen Wassers und Humusstoffen (Qualitätsindex Q1),
2. den Anteilen an biologisch leicht umsetzbaren Komponenten der OBS und gebundenen Wassers (Qualitätsindex Q2)
3. den Anteilen an umsetzbaren Komponenten und an Humusstoffen (Qualitätsindex Q3).

Bei gestörten Böden liegen diese Indizes außerhalb des Konfidenzintervalls der betreffenden Korrelation, was durch entsprechende Kontrollkriterien (K1, K2 und K3) dokumentiert wird.

Auf der Grundlage der erhaltenen Parameter können Aussagen zum Grad der Kontinentalität des Klimas während der Humusgenese getroffen werden (SIEWERT 1994/95, 1999).

Während der thermogravimetrischen Analyse der OBS werden in einer Thermowaage (Mettler-Toledo) ca. 1g lufttrockener Boden allmählich bis zu einer Temperatur von 1000°C erwärmt. Dabei wird in kurzen Intervallen (Temperaturanstieg um ca. 0,5grd) der Gewichtsverlust gemessen. Die Qualitätsindizes stellen die Verhältnisse des Gewichtsverlustes innerhalb bestimmter Temperaturbereiche dar.

Die thermogravimetrischen Messungen wurden durch CH. SIEWERT, TU Berlin durchgeführt.

1.4.4 Inkubation

Es besteht ein Zusammenhang zwischen bodenklimatischen Bedingungen der Humusgenese und dem Verlauf der Anfangsatumung im Inkubationsversuch (SIEWERT 1994/95). Es werden zwei Typen unterschieden:

- allmählicher Anstieg der Atmungsaktivität bei Böden mit ständig feuchten Bedingungen und
- sehr steiler Kurvenanstieg der Atmungsaktivität in Böden unter Bedingungen der Wechselfeuchte.

Daher ermöglicht eine Zuordnung des jeweils untersuchten Humus zu einem der Typen, Rückschlüsse auf hydroklimatische Verhältnisse während der Zeit der Humusgenese zu ziehen.

Die Inkubationsversuche konnten unter Nutzung der Anlage RESPIROCOND von Nordgreen Innovations der TU Berlin durchgeführt werden. Es wurden ca. 25 g lufttrockener Boden mit 10ml 0.6M KOH versetzt und bis zu einer Bodenfeuchte von 60% destilliertes Wasser dazugegeben. Die Messung der Leitfähigkeit erfolgte alle 20 min.

2 Absolute Altersdatierung

Die absolute Altersdatierung ist für die vorliegenden Archive Boden und Kolluvium problematisch, da Zeitraum der Sedimentation und Bildungszeitraum bestimmter zur Datierung genutzter Eigenschaften nicht übereinstimmen müssen. Die ¹⁴C-Datierung von organischem Kohlenstoff wurde aufgrund des vorhandenen Materials an Holzkohleflittern und organischen Resten in den kolluvialen und organischen Sedimenten sowie der Humusstoffe im Boden als die erfolgversprechendste Methode bewertet. Zur zeitlichen Fixierung von Zuständen der Boden- bzw. Landschaftsentwicklung wurden verschiedene Arten von ¹⁴C-Datierungen vorgenommen.

Die optisch stimulierte Luminiszenz (OSL-Datierung) als Methode der absoluten Altersdatierung wurde im vorliegenden Projekt nicht angewandt, da bisher keine Erfahrungen zur Datierung in Kolluvien vorliegen. Gewöhnlich wird mit dieser Methode der Sedimentationszeitpunkt über die äolische Sedimentkomponente bestimmt. Inzwischen gibt es aufgrund der Weiterentwicklung der Methoden u.a. im DFG-Schwerpunktprogramm Erkenntnisse zur Anwendbarkeit der OSL-Datierung für lößbürtige Kolluvien (LANG & HÖNSCHEIDT 1999) und auch auf Kolluvien des Geschiebemergels (SCHATZ 2000).

Für die Kolluvien der Tschernoseme müssen erst Erfahrungen gesammelt werden. Problematisch erscheint die vollständig neue Belichtung der Feldspäte in der Kolluvialphase. Aufgrund der Bildung von schwarzen organo-mineralischen Komplexen im Tschernosemhumus ist eher die unvollständige Belichtung zu erwarten und damit Mischalter der glazialen und kolluvialen Sedimentation.

2.1 ¹⁴C-Altersdatierung der organischen Bodensubstanz

Die ¹⁴C-Altersdatierung in Böden gestaltet sich besonders problematisch, da die zur Datierung verwandte organische Bodensubstanz (Huminstoffe) über einen längeren Zeitraum und unter sich verändernden Umweltbedingungen gebildet wurde und somit eine Mischung unterschiedlich alter organischer Substanzen darstellt. (SCHARPENSEEL & PIETIG 1969, GEYH 1970, LÜDERS et al.1970, CHICHAGOVA 1985, 1992). Die ¹⁴C-Daten des Humus geben damit nicht das Alter des Bodens oder des Bodenhorizontes an, auch nicht den Beginn der Humusakkumulation in dem betreffenden Horizont, sondern lediglich die Mittlere Verweildauer (MRT, mean residence time) der OBS insgesamt und auch einzelner Fraktionen.

Mit Altersangaben, die auf der Grundlage von ¹⁴C-Datierungen der OBS gewonnen wurden, sind folgende Interpretationen hinsichtlich der Bodengenese möglich (CHICHAGOVA 1985, Lüdgers et al. 1970):

- ¹⁴C-Daten rezenter und begrabener Böden und einzelner Horizonte geben nicht den Zeitpunkt des Beginns der Bodenbildung (Humusakkumulation) und den Zeitpunkt der Überdeckung an. Den Zeitpunkt des Beginns der Humusakkumulation zu bestimmen, ist mit ¹⁴C-Daten nicht möglich
- Für Oberflächenböden wird ein Mindestalter angegeben.
- Für reliktsche und begrabene Bodenhorizonte kann bezüglich des Beginns der Humusakkumulation eine Aussage in Form von „nicht später als...“ getroffen werden. Bezüglich des Zeitpunktes der Überdeckung muß das Datum als „nicht eher als...“ interpretiert werden.

Eine Annäherung an das Maximalalter der OBS und damit an den Beginn der Humusakkumulation in einzelnen Horizonten ist durch Altersbestimmungen in den „datierenden“, d.h. den inertesten Humusfraktionen möglich, wobei es in der Literatur unterschiedliche Angaben zu den ältesten und damit „datierenden“ Huminstofffraktionen gibt. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1989 verweisen auf die Humine als die Humusfraktion mit dem größten ^{14}C -Alter. Das ^{14}C -Alter der Humine in Tschernosemen ist entweder identisch mit der HS2-Fraktion oder bedeutend jünger, was mit dem in dieser Fraktion enthaltenen nicht vollständig humifizierten oder karbonisierten Pflanzenresten zusammenhängt (CHICHAGOVA 1985).

Für Tschernoseme sind folgende Humusfraktionen datierend (CHICHAGOVA in TARGULJAN 1988):

- im Oberflächen-Tschernosem: an Calcium gebundene Huminsäuren,
- im begrabenen Tschernosem: Summe der an Calcium und Sesquioxide gebundenen Huminsäuren.

Außerdem ist insbesondere bei begrabenen, aber noch im Bereich der Pedogenese liegenden, Humushorizonten mit einer Kontaminierung durch jüngere organische Bodensubstanz zu rechnen. Aus diesem Grunde wird das ^{14}C -Alter eines Humushorizontes als sein Mindestalter betrachtet.

Ausgehend aus der oben dargestellten Problematik wurden die ^{14}C -Alter verschiedener Fraktionen der organischen Bodensubstanz folgendermaßen datiert:

- Konventionelle ^{14}C -Datierungen des organischen Gesamtkohlenstoffes von humosen Kolluvien und begrabenen Humushorizonten (P. BECKER-HEIDMANN, Hamburg),
- ^{14}C -Datierungen des organischen Kohlenstoffes in der Huminsäurefraktion von humosen Kolluvien und begrabenen Humushorizonten (O.A. CHICHAGOVA, Moskau),
- ^{14}C -Datierungen des Ton-Humuskomplexes von begrabenen Humushorizonten (P. BECKER-HEIDMANN, Hamburg).

2.2 ^{14}C -Altersdatierung von Makroresten, Holzkohle und Knochenmaterial

Die ^{14}C -Datierungen an Makroresten, Holzkohle und Knochenmaterial wurden wie folgt durchgeführt:

- AMS-Datierung von Makroresten und kohligem Torf in organischen Sedimenten und Kolluvien (P.GROOTES, Kiel).

In Sedimenten mit kolluvialer Komponente ist auch die Datierung dieser gewöhnlich zuverlässig datierenden Fraktionen insofern problematisch, da nicht immer von einer „in situ“-Bildung ausgegangen werden kann.

- AMS-Datierung von Knochenmaterial aus archäologischen Befunden (Grube) (P.GROOTES, Kiel).

Die oben angeführten Probleme der ^{14}C -Datierung in Böden und Kolluvien verlangt eine möglichst genaue Vorstellung zur Genese des jeweiligen Sedimentes bzw. der zu datierenden Fraktion, um Rückschlüsse aus den erhaltenen Altersangaben ziehen zu können. Außerdem wurden, soweit es die Möglichkeiten des Projektes erlaubten, mehrere Kohlenstofffraktionen und Bodeneinschlüsse aus einer Schicht bzw. einem Bodenhorizont datiert.

3 Paläobotanische und paläozoologische Untersuchungen

Vegetation und Tierwelt sind Partialkomplexe der Landschaft mit relativ hoher Dynamik in der Reaktion auf sich verändernde Umweltbedingungen. In der rezenten Landschaft erhaltene, stratigraphisch einzuordnende Reste von Paläobiozönosen können somit als Indikatoren für die Rekonstruktion von paläoökologischen Bedingungen in einem bestimmten Zeitabschnitt dienen.

Es wird eine komplexe Herangehensweise bei der mikroskopischen Untersuchung aller Komponenten der biogenen Bodenfraktion angestrebt, d.h. Pollen, Sporen, pflanzliche Makroreste, Kohleteilchen, Phytolithen, Diatomeen und Spiculae.

3.1 Pollenanalyse

Mithilfe der Pollenanalyse in Verbindung mit der ^{14}C -Altersdatierung können anhand der in einem bestimmten Zeitabschnitt vorherrschenden natürlichen Vegetation Rückschlüsse auf klimatische Bedingungen gezogen werden. Außerdem können aufgrund der pollenanalytisch nachgewiesenen Siedlungszeiger Aussagen zur Nutzungsgeschichte der Landschaft getroffen werden.

Problematisch in der Pollenanalyse ist der Erhaltungszustand der Pollen und Sporen, der nur unter Luftabschluß über den gesamten Zeitraum seit der Sedimentation bis heute gewährleistet ist. Bereits einige Jahre Trockenheit verbunden mit dem Absinken der Grundwasserstände bedingen eine beginnende selektive Zersetzung der Pollen- und Sporen und somit verzerrte Pollenspektren. Methodische Probleme können bei der räumlichen Ausdehnung der aus der Pollenanalyse gewonnenen Daten entstehen. Es wird jedoch davon ausgegangen, daß zumindest für die zu betrachtenden Catenen, die als Modell für die Raum-Zeit-Entwicklung der Einzellandschaften stehen, die zeitliche Korrelation mit Leithorizonten und eine räumliche Ausdehnung möglich ist.

Das Material für die Pollenanalyse stammt sowohl aus einzelnen humosen mineralischen und organischen Bodenhorizonten als auch aus organischen Sedimenten. Durchgeführt wurde die Pollenanalyse von A.BRANDE, TU Berlin, der z.T. auch die Geländearbeiten begleitete (BRANDE 1999).

3.2 Analyse der Phytolithen

Da für die Uckermark in allen bisher bearbeiteten Bohrkernen und Proben die Pollenerhaltung ausgesprochen schlecht ist, wurde eine Analyse der Phytolithenkomplexe im Boden und Kolluvium durchgeführt (GOLYEVA 1998). In Ergänzung zur Pollenanalyse, deren Ergebnisse die Vegetation über eine größere Fläche (Region) widerspiegeln, läßt die Zusammensetzung der Phytolithen Rückschlüsse auf die Vegetationszusammensetzung und hydrologischen Verhältnisse des lokalen Einzugsgebietes zu (s.Tabelle 5). Außerdem bleiben die Phytolithen im Gegensatz zu Pollen und Sporen auch bei Belüftung erhalten. Die Pollenanalyse kann eine Beschreibung der Pflanzendecke z.T. bis zur Bestimmung einzelner Gattungen und Arten geben. Aufgrund der Phytolithenanalyse ist das nur in Einzelfällen möglich. Es wird eine Charakteristik der Pflanzengesellschaft an Ganzes gegeben (GOLYEVA 1997).

Aufgrund der Untersuchung der Phytolithenzusammensetzung innerhalb einen Bodenprofils können folgende Aussagen getroffen werden:

- Rekonstruktion von Veränderungen in der Pflanzendecke und deren Abfolge,
- Rekonstruktion von Erosionsprozessen und Überdeckungen,
- Rekonstruktion anthropogener Einwirkungen (z.B. intensive Beweidung, Ackerbau, Rodungen).

Die Phytolithen unterteilen sich aufgrund ihrer Morphologie in zwei Gruppen:

1. Phytolithen mit charakteristischen Formen und Größen (Phytolithen der Süß- und Riedgräser, aus Fichten- und Kiefernadeln, von Moosen und einzelnen Krautpflanzen)
2. Phytolithen mit unspezifischen Formen und verschiedenen Größen (Phytolithen der Laubbäume und der meisten Krautpflanzen).

Tabelle 5: Möglichkeiten der Pollen- und Phytolithenanalyse im Boden (leicht verändert nach GOLYEVA 1997)

Parameter	Pollenanalyse	Phytolithenanalyse
Zusammensetzung:	Korkähnliche Substanzen	Amorphes Silizium (Opal)
Produktivität:	Sehr große Anzahl	Große Anzahl
Flugfähigkeit:	Sehr hoch	Sehr gering
Gut bestimmbar:	Bäume	Süß- und Riedgräser
Schlecht bestimmbar:	Süß- und Riedgräser	Bäume
Hoher Erhaltungsgrad und Informationsgehalt:	In Torf	Im Boden
Geringer Erhaltungsgrad und Informationsgehalt:	Bäume	In Torf
Wird charakterisiert durch:	Mittlere Vegetationszusammensetzung der Region	Entwicklung der lokalen Pflanzengesellschaft
Brände:	Zerstörung der Pollen	Phytolithe bleiben erhalten

Die Phytolithen können unterschiedliche Formen und Größen aufweisen. Der größte Teil jedoch befindet sich in der Tonfraktion des Bodens. Für paläobotanische Untersuchungen wird die Phytolithenfraktion 20-100µm herangezogen, da diese sich als am stabilsten gegenüber Umwelteinflüssen erwiesen hat. Außerdem unterliegt diese Fraktion nur einer geringen Migrationsfähigkeit im Boden und ist unter dem Lichtmikroskop bei einer Vergrößerung von 200-

900fach gut zu bestimmen.

Die Probe wird in Lösung gebracht und zentrifugiert. Unter dem Mikroskop erfolgt die qualitative Bestimmung und die Auszählung der Bestandteile. Das untersuchte Probenvolumen betrug jeweils 100cm³. Daher sind die quantitativen Angaben der verschiedenen Proben miteinander vergleichbar.

Die Analyse der Phytolithen in Proben aus humosen Kolluvien wurde von A.A. Golyeva am Geographischen Institut der Russischen AdW, Moskau durchgeführt und ein Gutachten erstellt (GOLYEVA 1998).

3.3 Analyse der Molluskenfauna

Ein Teil der untersuchten Sedimente erwies sich als ausgesprochen molluskenreich. „Die Mollusken reagieren sehr empfindlich auf ihre Umwelt und stellen daher verlässliche ökologische Indikatoren dar.“ (LOZEK 1964:49) Die Artenbestimmung und das Auszählen der Mollusken wurde durch Dr. H. RITTWEGER, Marburg durchgeführt, ebenso wie deren Zuordnung zu den ökologischen Gruppen nach LOZEK, 1964 (RITTWEGER 1999).

Die Zuordnung zu den 10 ökologischen Gruppen (s. Tabelle 6) dient der Bewertung bzw. der Rekonstruktion paläoökologischer Bedingungen in Mitteleuropa, insbesondere des Wechsels von Wald- und offenen Formationen. Mithilfe der auf dieser Grundlage erstellten Molluskenspektren der Arten (MSS) und der Molluskenspektren der Individuen (MSI) können paläoökologische Ableitungen getroffen werden.

Tabelle 6: Ökologische Gruppen der Mollusken für Mitteleuropa nach LOZEK, 1964

Hauptgruppe	Gruppe
A Waldarten	1 Waldarten
	2 vorwiegend im Wald, jedoch auch andere mesophile Standorte
	3 feuchtigkeitsliebende Waldarten
B Steppenarten	4 Steppenarten
	5 Arten des Offenlandes
C sowohl Wald als auch Offenland	6 trockenheitsliebende Arten
	7 euryöke Arten
	8 feuchtigkeitsliebende Arten
D terrestrische Sumpfartern und Wasserarten	9 Arten mit hohen Feuchtigkeitsansprüchen
	10 Wasserarten

Da es sich bei einem Großteil der paläobotanisch und –zoologisch untersuchten Proben um Kolluvien handelt, ist es für die drei näher betrachteten biomorphen Fraktionen (Pollen und Sporen, Phytolithen und Mollusken) bei der Rekonstruktion der paläoökologischen Verhältnisse unumgänglich, nach dem Entstehungsort und der Entstehungszeit folgende drei Bestandteile zu unterscheiden (GOLYEVA 1997, LOZEK 1964, MANIA 1973):

1. In situ - Bildungen, eine oder mehrere Biozönosen;
2. Zeitgleich zu den in situ-Bildungen gebildete Biomorphe, die lateral verlagert wurden (allochthone Elemente);
3. Bildungen, die aufgrund der Bodenerosion von älterem, z.T. auch „fossilem“ Material sedimentiert wurden (stratigraphische Vermengung).

4 Archäologie

Da ein offensichtlich enger Zusammenhang zwischen den physisch-geographischen Besonderheiten der Region Uckermark und ihrer Nutzungsgeschichte, insbesondere im frühen Neolithikum (als nördlichste Siedlungsexklave der Linenbandkeramischen Kultur) besteht, lag ein Schwerpunkt der Untersuchungen in der engen Zusammenarbeit mit archäologischen Forschungen.

Wichtigste Ziele dieser gemeinsamen Arbeiten waren die Rekonstruktion und Datierung von reliktschen Geländeoberflächen und den entsprechenden paläoökologischen Bedingungen.

Es wurden 2 Wege der gemeinsamen Untersuchungen beschritten:

1. Die archäologischen Funde und Befunde, die bei der Anlage von Bodenschürfen und insbesondere der Baggerschürfe gemacht wurden, wurden durch Archäologen

dokumentiert, nach Möglichkeit ausgewertet und in Zusammenhang mit den naturwissenschaftlichen Befunden gebracht (DAI, Brandenburgisches Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte).

2. Es wurden bodenkundliche Untersuchungen an archäologischen Grabungen durchgeführt (DAI, Brandenburgisches Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte).

Am Grabungsrand wurden typische Bodensequenzen und Kolluvien nach bodenkundlichen Kriterien dokumentiert und z.T. beprobt. Anhand des im Kolluvium enthaltenen archäologischen Materials ist dessen Datierung möglich.

Ein wichtiges Augenmerk galt den eigentlichen archäologischen Befunden, insbesondere den Gruben. Das Grubenfüllmaterial wurde unter 2 Gesichtspunkten untersucht:

1. Aus welchen Bodenhorizonten stammte das Material?
2. Welche pedogenetischen Umwandlungsprozesse fanden bzw. finden in den Gruben statt?

Diese Analyse läßt bei vorliegender archäologischer Datierung sowohl Aussagen zum Zustand der Bodendecke während der Besiedlungsphase zu als auch zu deren weiterer Entwicklung und somit auch zur zeitlichen Einordnung der pedogenetischen Prozesse vor bzw. nach der entsprechenden Siedlungsphase.

5 Anwendung der Methoden

In Abhängigkeit von den spezifischen natürlichen Gegebenheiten und des Charakters der Untersuchungsobjekte wurde jeweils ein aus den möglichen Untersuchungsmethoden zusammengestellter „Methodenkomplex“ angewandt (Tabelle 7). Dabei wurde Wert auf die möglichst umfassende Untersuchung der speziell angelegten Bodencatänen als Modelle der Bodengesellschaften I und II der Schwarzerden der Uckermark gelegt – Catena Biesenbrow und Catena Falkenwalde. Als Ergänzung hierzu wurden im Bereich der archäologischen Fundplätze weniger umfangreiche Methodenkomplexe angewandt.

Tabelle 7: Auf jeweilige Untersuchungsobjekte abgestimmte und angewandte Methodenkomplexe

Methoden		Unter- suchungs- objekt / Standort	BG I	Bodengesellschaft II				
			Catena Biesenbrow	Catena Falkenwalde	Grabung Falkenwalde	Fundplatz Mönchehof	Grabung Neu Kleinow	
			Nr.	1	2	3	4	5
Bodenkundlich-Sedimentologisch	Makromorphologische und stratigraphische Aufnahmen von	Bodenprofilen	✓	✓	✓	✓	✓	
		Bodensequenzen			✓		✓	
		Bodencatenen	✓	✓				
	Bodenchemische Analysen	pH-Wert	✓	✓	✓	✓	✓	
		Carbonatgehalt	✓	✓	✓	✓	✓	
		C- und N-Gesamtgehalte	✓	✓	✓	✓	✓	
		Gesamtgehalte (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Mn, Zn, Co, Cu, Pb, Ni)	✓	✓	✓	✓	✓	
		Gehalt pedogener Eisenoxide	✓	✓	✓	✓	✓	
	Bodenphysikalische Analyse	Trockenrohdichte	✓	✓				
		Korngrößenanalysen	✓	✓	✓	✓	✓	
		Saugspannung	✓					
	Mikromorphologie		✓	✓	✓	✓		
	Humusqualitätsanalyse	Humuskomplexanalyse	✓	✓				
		Optische Humusuntersuchung	✓	✓				
		Thermogravimetrie	✓	✓				
		Inkubation	✓					
	14C-Altersdatierung	OBS	✓	✓				
Makroreste, Holzkohle, Knochen		✓	✓			✓		
Paläobotanisch u. – zoologisch	Pollenanalyse	✓	✓					
	Phytolithenanalyse	✓	✓					
	Molluskenanalyse	✓						
Archäologisch	Altersdatierung	✓		✓	✓	✓		
	Bodenkundliche Untersuchung von Grubenfüllungen	✓		✓	✓	✓		

III Ergebnisse

1 Die Catena Biesenbrow



Abbildung 4: Catena Biesenbrow mit einem Teil des Einzugsgebietes

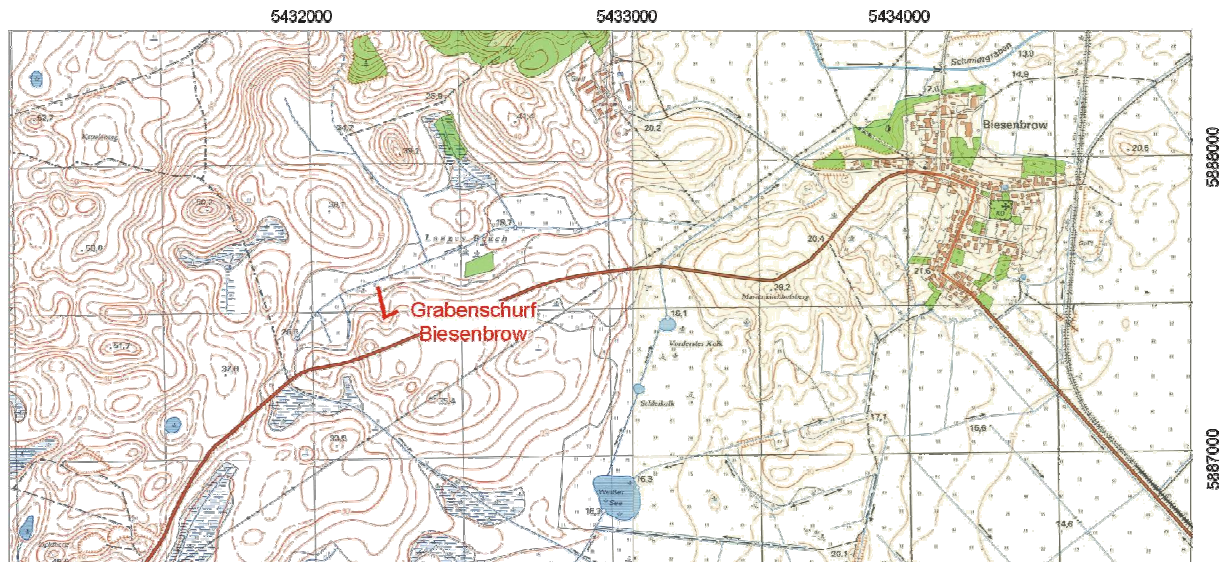


Abbildung 5: Das Untersuchungsgebiet Biesenbrow (Genehmigung des LVerMA BB, GB-G 7/97)

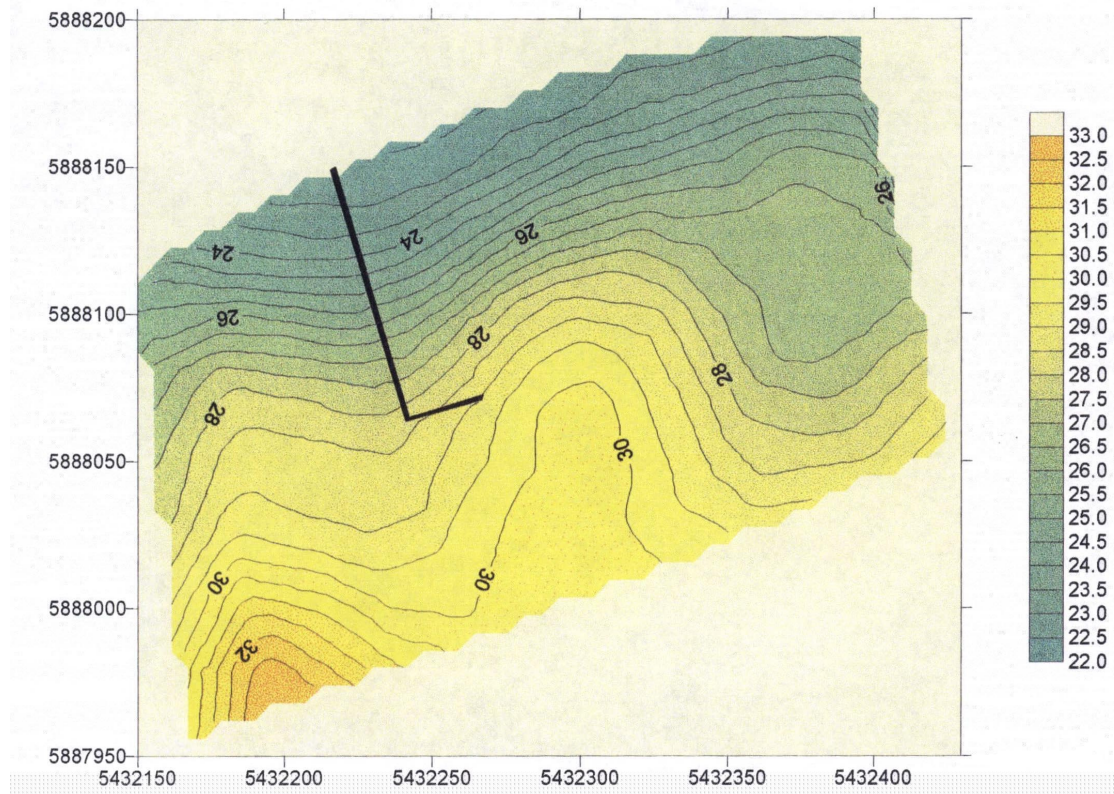


Abbildung 6: Geländemodell des Südhanges des Einzugsgebietes Langes Luch und Lage der Catena Biesenbrow (VAHRSON, GOLDSCHMIDT, 1996)

Als typische Ausbildung der „Pararendzina / Parabraunerde-Tschernosem / Kolluvisol Bodengesellschaft auf Beckenschluff“ wurde die Catena „Biesenbrow“ (Abbildung 7) in Form eines Baggerschurfes untersucht. In den stark hydromorph geprägten Abschnitten der Catena wurden die Aufnahmen durch Rammkernsondierungen ergänzt. Dieser Aufschluß wurde makroskopisch beschrieben und in 17 detaillierten Profilaufnahmen horizontweise beprobt (insgesamt 149 Beutelproben, 95 Stechzylinderproben für die Dichte und pF-Bestimmung, 12 Stechzylinder zur mikromorphologischen Untersuchung, 11 Beutelproben zur Humusanalyse, 32 Proben zur pollenanalytischen Untersuchung und 13 ¹⁴C-Datierungen).

Es erfolgte eine archäologische Untersuchung des Schnittes durch das Brandenburgische Landmuseum für Ur- und Frühgeschichte (Leitung R. SCHULZ). Im Schurf wurden 4 spätslawische Gruben angeschnitten, die sich im Erosionsbereich der Catena befanden (s. III. 1.4 „Bodenbildungen in archäologischen Befunden“). Außerdem konnte in der näheren Umgebung ein vermutlich bronzezeitlicher Siedlungsplatz anhand von Oberflächenfunden und Verfärbungen lokalisiert werden.

Das Oberflächenrelief der näheren Umgebung wurde in einem Raster von ca. 15m mit GPS vermessen und ein Geländemodell erstellt (Abbildung 6).

1.1 Makromorphologie

Entscheidend für die Ansprache der Böden in Ober- und Mittelhangposition als Parabraunerde-Tschernoseme (Abbildung 7) ist der schwarze autochthone Humushorizont (A_{xh}, 10YR2-3/1) mit Humusgehalten von 2-4% unterhalb des deutlich helleren Pflughorizontes (A_p, 10YR3/2, Humusgehalt ca. 2-3%) (Abbildung 10). Er setzt sich am Unterhang als fA_{xh} fort. Die Kolluvien sind durchweg humos. Deutlich zu unterscheiden ist im Unterhangbereich eine tiefschwarze Schicht (10YR2/1), die als „Schwarzes Kolluvium“ bezeichnet und als Umlagerungsprodukt des Humushorizontes der Schwarzerde gedeutet wird. Der Humusgehalt dieses Kolluviums steigt hangabwärts bis ca. 15% an. Im Senkenbereich (Bohrtrasse) nimmt es mit Humusgehalten bis zu 30% anmoorigen Charakter an, was auf eine zusätzliche Humusakkumulation nach der kolluvialen Ablagerung schließen läßt. Die darüberliegenden Kolluvien sind deutlich heller mit grau-braunen Färbungen (10YR 3/1 - 4/2) und

Humusgehalten um 2-3%. Eine höherer Humusgehalt ist lediglich auf der Oberfläche des mittleren kolluvialen Körpers (fAh°M2°Ah) mit 4-8% als Ausdruck einer hydromorphen Humusakkumulation zu verzeichnen, die in Verbindung mit einem Grundwasseranstieg steht, der durch den moorrandparallelen saumartig ausgebildeten Go°M2°Ah markiert wird.

Auffallend sind die sehr hohen pH-Werte (7,0 - 8,1), deren Ursache im hohen Kalkgehalt des Ausgangssubstrates liegt (Abbildung 11 u. Abbildung 12). Dieses weist Kalkgehalte von 15% bis 50% auf; in Anreicherungshorizonten erreicht der Gehalt über 70%. Es können 4 verschiedene Horizonttypen mit Sekundärkalkbildungen unterschieden werden (Abbildung 7):

1. Der anhydromorphe Cc-Horizont, der direkt unter dem Bht liegt, dessen Untergrenze sich als scharfe Entkalkungsgrenze darstellt.
2. Unterhalb dieses Horizontes ist mit zunehmender Pseudovergleyung ein zweiter Carbonatanreicherungshorizont ausgebildet, dessen Grenzen jedoch eher diffus sind.

Beide Horizonttypen sind hauptsächlich aufgrund der vertikalen Kalkverlagerung entstanden.

3. Ein weiterer Kalkanreicherungshorizont befindet sich im Unterhangbereich direkt unter dem fAh im Grundwasserschwankungsbereich. Er weist die höchsten Carbonatgehalte auf (gemessen bis 74%) und läßt sich auf laterale Kalkverlagerung mit dem Hangzuzugswasser zurückführen.

Das Sekundärcarbonat dieser drei Horizonttypen tritt in Form von lößkindelähnlichen Konkretionen auf und kleidet Risse und Poren aus.

4. Es können außerdem bereits entkalkte und sekundär aufgecalcete Bodenhorizonte ausgeschieden werden (Bcht, z.T. auch Ach). In diesen Horizonten tritt das Sekundärcarbonat in Form von Pseudomycel auf.

In Abbildung 11 ist der entkalkte Bereich der Catena zu erkennen: die Humushorizonte der Schwarzerde und die B-Horizonte im Hangbereich sowie das untere und mittlere Kolluvium. Der rezente Pflughorizont und das oberste Kolluvium sind kalkhaltig, was auf die Erosion der kalkhaltigen Ausgangssubstrate und der Bodenhorizonte mit sekundärer Kalkanreicherung im Oberhang und Kuppenbereich zurückzuführen ist.

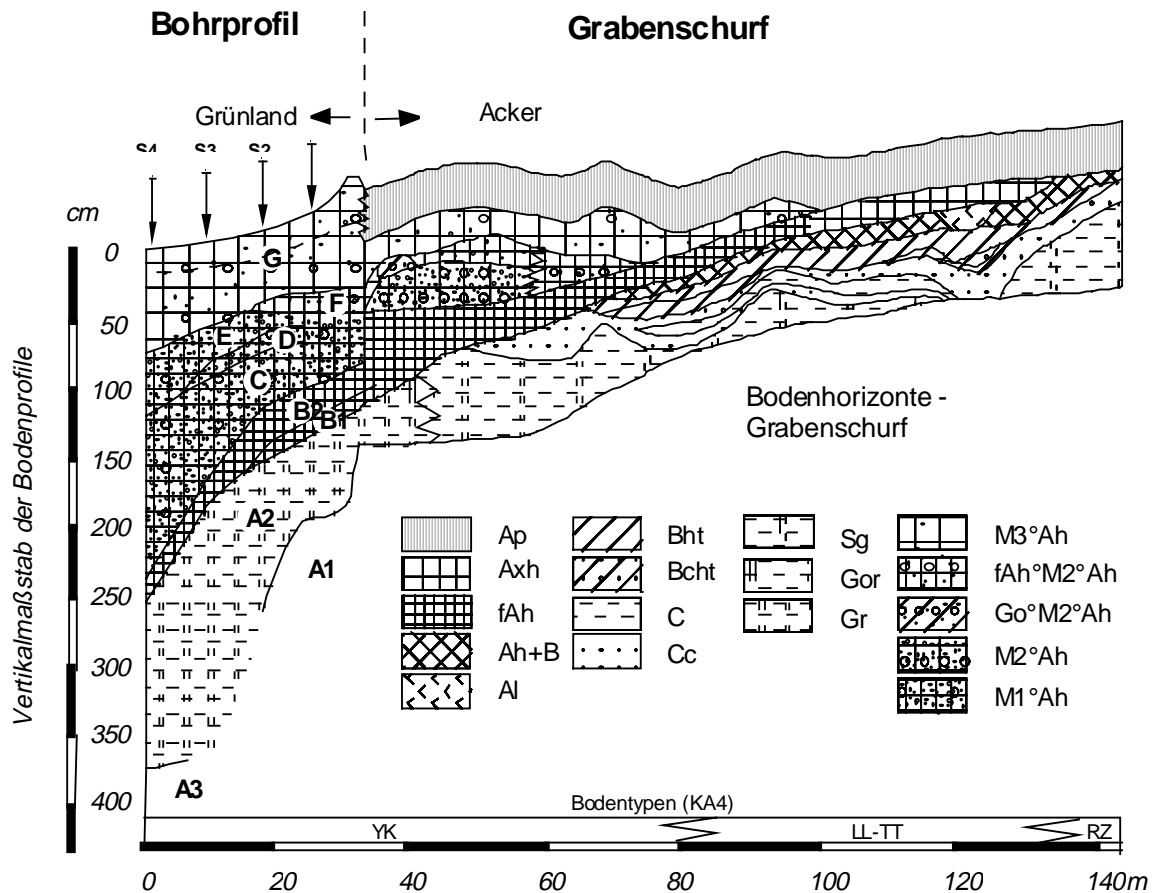


Abbildung 7: Bodenhorizonte und Kolluvien der Catena "Biesenbrow" (Bohrprofil A.Brande)

Tabelle 8: Charakteristika der Schichten/Kolluvien der Catena "Biesenbrow" * 14C-Altersbestimmung AMS-Datierung von Laubblattresten (Huminsäurefraktion), s. Abschnitt III.1.7.2

Schichten	Kurzbeschreibung	Chronozonen / 14C-Alter	Kolluvien
G	Kolluvium, lehmig, kalkhaltig	SA ₂	Oberes (neuzeitlich)
F	fAh	SA ₁	Mittleres (mittelalterlich)
E	Schluff mit Mollusken, torfig-muddig	AT ₂ – SB	Unteres (eisenzeitlich)
D	ehemalige Geländeoberfläche (Brandhorizont): stark schluffiger Torf, hochzersetzt, stark kohlig, mit Mollusken	2360 ± 30 BP*	Schwarzes Kolluvium
C	stark schluffiger Torf, kalkhaltig, z.T. mit Mollusken	AT ff.	Unterstes (neolithisch – bronzezeitlich)
B2	ehemalige Geländeoberfläche (Brandhorizont): Torf, sehr stark zersetzt, sehr kohlig, mit Mollusken	4920 ± 30 BP*	
B1	Torf, sehr stark zersetzt, mit Mollusken	PB	
A3	Schluff, kalkhaltig	YD	
A2	Schluff, kalkhaltig, schwach limnisch	AL ₂	
A1	Beckenschluff, kalkhaltig, z.T. steinig		

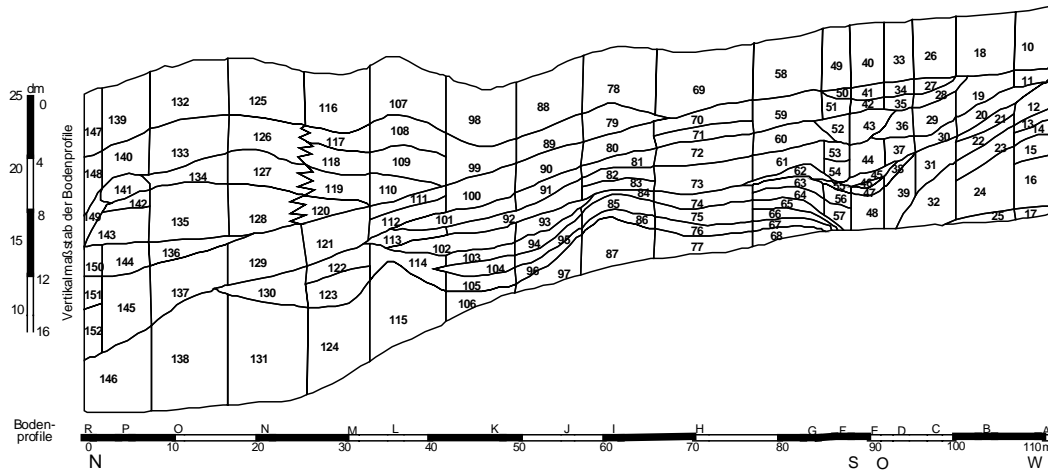


Abbildung 8: Probeentnahmestellen in der Catena Biesenbrow

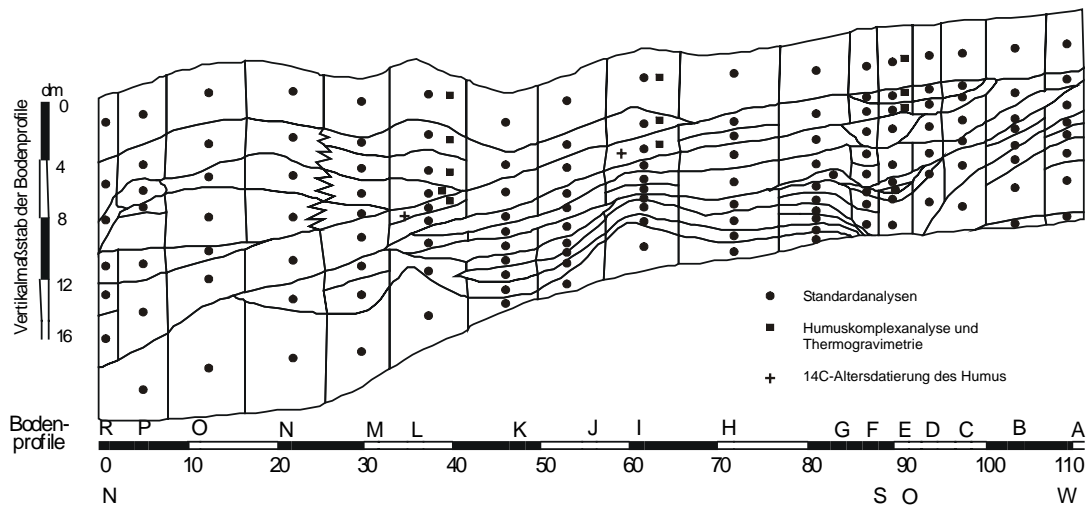


Abbildung 9: Durchgeführte Analysen in der Catena Biesenbrow

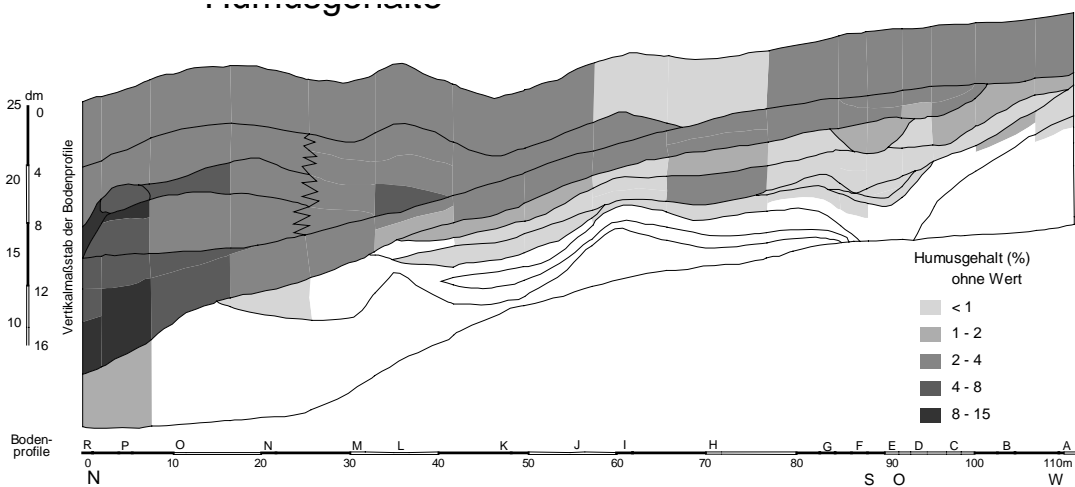


Abbildung 10: Verteilung der Humusgehalte in der Catena Biesenbrow

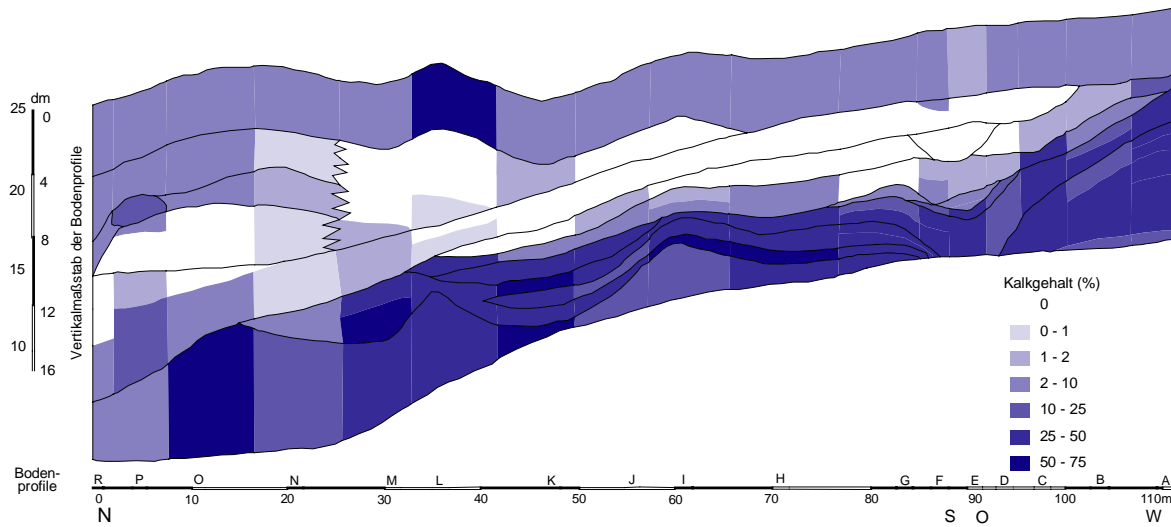


Abbildung 11: Verteilung der Kalkgehalte in der Catena Biesenbrow

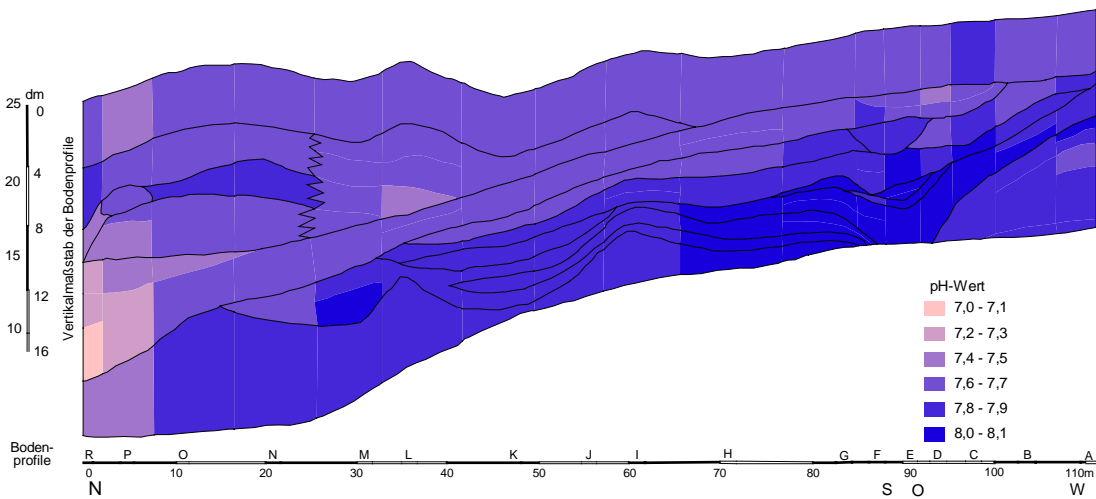


Abbildung 12: Verteilung der pH-Werte in der Catena Biesenbrow
Tongehalte

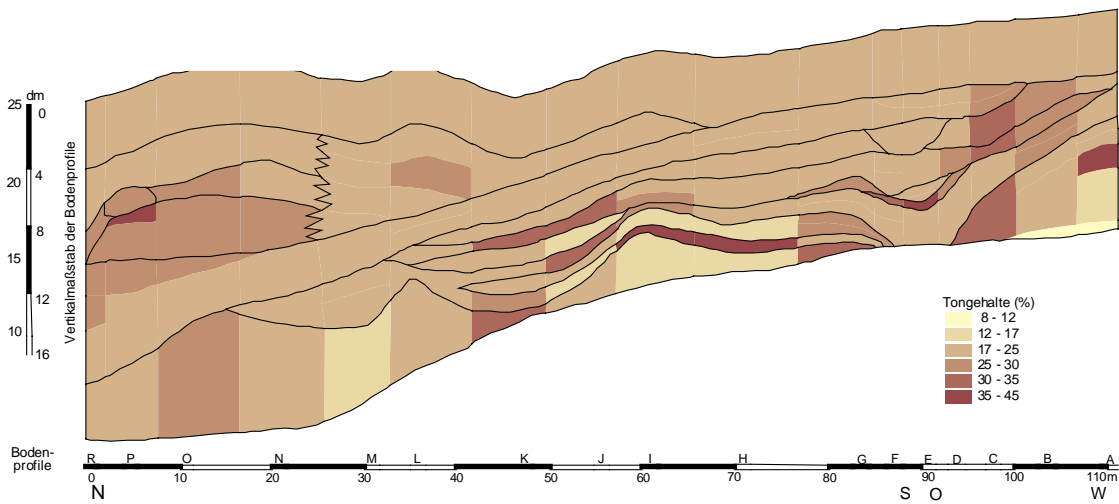


Abbildung 13: Verteilung der Tongehalte in der Catena Biesenbrow

1.2 Besonderheiten einzelner Bodenprofile

Zur Verdeutlichung der Besonderheiten der Bodenbildung in unterschiedlichen Reliefpositionen werden 5 der untersuchten Bodenprofile beispielhaft dargestellt:

- Profile E und G sind Beispiele für den Bodentyp Parabraunerde-Tschernosem in unterschiedlicher Ausbildung.
- In den Profilen I und L sind die Tschernoseme durch Kolluvien überdeckt.
- Durch Profil R wird ein Kolluvisol auf dem Schwarzen Kolluvium gekennzeichnet.

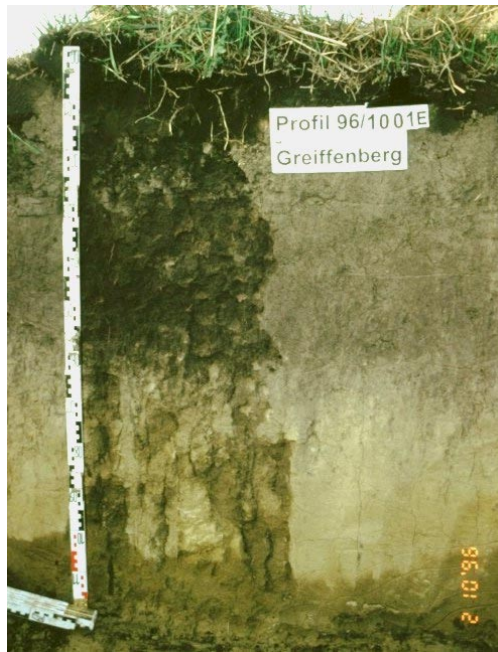


Abbildung 14: Profil E



Abbildung 15: Profil G



Abbildung 16: Profil I



Abbildung 17: Profil L



Abbildung 18: Profil R

Der Parabraunerde-Tschernosem in **Profil E** (Abbildung 14, Abbildung 19, Tabelle 9 - Tabelle 13) weist nur eine sehr geringe Lessivierung auf, wie die geringen Tongehaltsschwankungen (1-2%) in den A- und B-Horizonten zeigen. Es lassen sich lediglich morphologisch schwach ausgebildete Ton- bzw. Ton-Humusüberzüge und ein leichter grauer Schimmer in den unteren Humushorizonten erkennen.

Insgesamt stellt sich für alle betrachteten chemischen Elemente eine relativ homogene Vertikalverteilung dar. Einziges mobiles Element ist das Calcium, das als Carbonat in den Oberbodenhorizonten gelöst und verlagert wurde. Eine intensive Sekundärkalkbildung ist im Cc-Horizont im Zusammenhang mit der erhöhten Sorptionskapazität aufgrund des erhöhten Tongehaltes zu beobachten. Im Bereich des entkalkten B-Horizontes sind als Folge von lateraler Zufuhr gelöster Carbonate mit dem Bodenwasser aus den Erosionsbereichen mit Pararendzinen, bzw. vertikal aus dem aus dem schwach kalkhaltigen Ap-Horizont, auf den Aggregatoberflächen, z.T. auch auf den Tonhäutchen, Sekundärcarbonate in Form von Pseudomycel ausgebildet. Die Lage dieses Profils in einer kleinen Delle am Oberhang begünstigt einen solchen Effekt. Diskutiert werden muß jedoch auch die Möglichkeit einer Zufuhr gelöster Carbonate über kapillaren Wasseranstieg unter trockenen ("ariden") Bedingungen.

Auffallend sind die um das 10-fache gegenüber den anderen Humushorizonten erhöhten Mangangehalte im Axh-Horizont (0,702%). Möglicherweise ist das ein Ergebnis der Verlagerung von Mn^{2+} -Ionen, die unter kurzzeitig absinkendem Redoxpotential zum Beginn der Vegetationsperiode nach intensiver Anfangsbodenatmung aufgrund mikrobieller Reduktion entstehen. Eine Änderung des Fe-Gehaltes in ähnlicher Weise ist nicht nachweisbar und kann auf das nur kurzzeitige und nicht ausreichende Absinken des Redoxpotentials zurückgeführt werden.

Der Gehalt an pedogenen Eisenoxiden ist in den B-Horizonten deutlich höher als im Oberboden und im Ausgangsmaterial. Der Aktivitätsgrad (Feo/Fed) ist mit 0,4 bis 0,5 in den A- Horizonten am höchsten, sinkt in den B-Horizonten allmählich ab und erreicht im C-Horizont ca. 0,1. Die Verbraunung des Ausgangsmaterials ist bereits durch die Färbung der B-Horizonte deutlich.

In Bezug auf die Stellung dieses Bodens in der Reihe der Bodenentwicklung handelt es sich um einen typischen Parabraunerde-Tschernosem.

Bei dem Parabraunerde-Tschernosem in **Profil G** (Abbildung 15, Abbildung 20, Tabelle 14 - Tabelle 18) ist die Lessivierung bereits weiter fortgeschritten als im Profil E. Die Differenz im Tongehalt des Ah- bzw. Axh-Horizontes und des Bt beträgt bis zu 7%.

Die pedogene Vertikaldifferenzierung der betrachteten chemischen Elemente ist mit Ausnahme von

Calcium, Mangan und Phosphor relativ gering, in den verschiedenen ausgeschiedenen C-Horizonten ist sie primär durch unterschiedliche Sedimentschichten bedingt und wird auch durch die unterschiedlichen Bodenarten deutlich.

Die Carbonatverteilung im Boden ist analog zu Profil E: Im Oberboden treten geringe Carbonatgehalte aufgrund von mechanischer Verlagerung kalkhaltigen Materials aus dem Erosionsbereich auf. Der Unterboden ist primär entkalkt und weist eine sekundäre Aufkalkung in Form von Pseudomycel in einem schmalen Saum über der Entkalkungsgrenze auf.

Im Vergleich zum Profil E ist im A_{xh}-Horizont ein Minimum an Mangan im darunter liegenden Ah+B-Verzahnungshorizont als Folge weiter fortgeschrittener Auswaschung der Mn²⁺-Ionen zu verzeichnen.

Der höchste Gehalt an pedogenen Eisenoxiden wird in den B-Horizonten erreicht. Das Verhältnis Fe_o/Fe_d ist ebenfalls in den A-Horizonten mit 0,34-0,46 am höchsten und sinkt in den B-Horizonten deutlich auf 0,23-0,24 ab.

Bei **Profil I** (Abbildung 16, Abbildung 21, Tabelle 19 - Tabelle 23) handelt es sich um einen Kolluvisol über einem Parabraunerde-Tschernosem. Die diffuse Untergrenze des Kolluviums ist nur anhand der besseren Bodenaggregation des darunterliegenden fA_{xh} zu bestimmen. Davon, daß es sich um Kolluvium handelt, zeugen die darin gefundenen Artefakte (Scherben, nicht datierbar). Das 14C-Alter des organischen Kohlenstoffes des begrabenen Humushorizontes ergab 5050 BP (s. III.1.7.1), was eine neolithische kolluviale Überdeckung dieses Parabraunerde-Tschernosems vermuten läßt. Deutlich wird die Abnahme des Gehaltes an organischem Kohlenstoff (0,3%) im Pflughorizont gegenüber dem Kolluvium (1,28%) und dem fA_{xh}-Horizont (1,19%), was auf die Humusdegradierung schließen läßt.

Die Kalkverteilung ist den oben betrachteten gleich; hinzuweisen ist auf die Kalkfreiheit des unteren Kolluviums, das höchstwahrscheinlich aus einem bereits entkalkten A_{xh} eines Tschernosems gebildet wurde.

Anhand der Korngrößenzusammensetzung läßt sich in diesem Profil keine Lessivierung nachweisen. Die Unterschiede in den C-Horizonten sind auf unterschiedliche Sedimentationsschichten zurückzuführen. Damit ist auch die leichte Pseudovergleyung zu erklären.

Ebenfalls minimal ist die Vertikaldifferenzierung der betrachteten chemischen Elemente. In den humosen Horizonten ist der Mangengehalt leicht erhöht.

Der Gehalt an pedogenen Eisenoxiden ist in A- und B-Horizonten gleichermaßen hoch, erreicht jedoch nicht die Werte, wie in den vorher betrachteten Profilen E und G. Das läßt die Schlußfolgerung zu, daß die kolluviale Überdeckung die Verbraunung behinderte.

Anhand dieses Profils läßt sich die verringerte Verbraunung und Lessivierung unter Kolluvium zeigen. Somit läßt sich auf Verbraunung und Lessivierung als pedogene Prozesse nach der kolluvialen (neolithischen) Überdeckung schließen.

Bei **Profil L** (Abbildung 17, Abbildung 22, Tabelle 24 - Tabelle 28) handelt es sich um einen Kalk-Kolluvisol über einem Pseudogley-Tschernosem.

Anhand des Kalkgehaltes lassen sich zwei Schichten innerhalb des Kolluviums unterscheiden: das untere Kolluvium, daß "primär" kalkfrei ist (erodierter entkalkter A_{xh} des Tschernosems) und das obere kalkhaltige Kolluvium, mit erodiertem Material der Pararendzinen. Das untere Kolluvium ist neolithisch, das 14C-Alter des fA_{xh} beträgt 5900 BP (s. III.1.7.1). Die Entkalkung des oberen Kolluviums hat eingesetzt; das Carbonat fällt in Form von Pseudomycel im unteren Kolluvium aus. Der darunterliegende fA_{xh} ist wiederum kalkfrei und fungiert in diesem Fall als Stauschicht.

Die Tongehaltsdifferenzen im Kolluvium können Folge einer Lessivierung im Kolluvisol sein, Tonhäutchen waren jedoch nicht nachweisbar. Es kann sich ebenso um "primäre" Unterschiede im Kolluvium handeln.

Die synchronen Schwankungen im Gesamtgehalt aller betrachteten chemischen Elemente außer Calcium weisen auf deren nicht pedogene Differenzierung hin. Es handelt sich lediglich um eine relative Abnahme im Horizont mit intensiver sekundärer Kalkbildung aufgrund lateraler Zufuhr.

Der Gehalt an pedogenen Eisenoxiden insbesondere in den B-Horizonten ist ähnlich dem Profil I, das Verhältnis Fe_o/Fe_d jedoch aufgrund der veränderten Redoxverhältnisse (Pseudovergleyung und Vergleyung) größer.

Die geringe Verbraunung im Unterboden könnte sowohl vor der ersten kolluvialen Überdeckung als auch danach (Mächtigkeit ca. 50cm) vor sich gegangen sein. Sowohl die Vergleyung als auch die intensive Sekundärkalkbildung in den B- bzw. C-Horizonten sind postkolluviale Veränderungen im begrabenen Boden.

Der Boden von **Profil R** (Abbildung 18, Abbildung 23, Tabelle 29 - Tabelle 32) läßt sich als Kalk-Kolluvisol über einem Gley-Tschernosem, dem hydromorphen Boden in der "Norm-Tschernosem-Catena" ausscheiden.

Sowohl anhand der Korngrößenzusammensetzung (höhere Tongehalte) als auch der Färbung und des Humusgehaltes läßt sich das Kolluvium in ein unteres, das Schwarze Kolluvium, und ein oberes Kolluvium gliedern. Eine weitere Gliederung ist innerhalb dieses Profiles nicht möglich, erst die Korrelation mit den im Senkentiefsten erbohrten Schichten gibt Aufschluß darüber, daß es sich um die neolithischen, bronzezeitlichen und eisenzeitlichen Kolluvien handelt (Abbildung 7 u. Tabelle 8).

Der hohe Humusgehalt des unteren Kolluviums macht dessen syndesimentäre Akkumulation unter hydromorphen Bedingungen deutlich. Der enorme Anstieg des Humusgehaltes im vormittelalterlichen Oberflächenhorizont läßt auf postsedimentäre Humusakkumulation (Torf?) unter Bedingungen mit hohen Grundwasserständen schließen. Diese Sedimente sind jedoch zu einem Großteil mineralisiert, wovon der "Aggregierungshorizont" zeugt. Die Untersuchungen am Bohrkern haben gezeigt, daß während der neolithischen bis eisenzeitlichen Besiedlungsphasen mehrfach extreme Schwankungen der Grundwasserstände stattfanden.

Das obere Kolluvium in diesem Bereich ist als mittelalterlich-neuzeitlich einzustufen (Abbildung 7 u. Tabelle 8) und in diesem Profil nicht weiter differenzierbar, jedoch deutlich heller aufgrund des geringeren Humusgehaltes. Außerdem ist es kalkhaltig.

Die höchsten Grundwasserstände sind als Go-Horizont mit deutlichen Eisenoxidausfällungen im oberen Kolluvium repräsentiert.

Profil E der Catena "Biesenbrow": Parabraunerde-Tschernosem, Oberhang (leichte Delle)

Tabelle 9: Beschreibung des Profils E

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0-30	Ap	10YR3/2, kru-bro, gri2 f1-2, Lu, scharfe Untergrenze;
-40	Ah	10YR3/2, subpol, gri2 f3, Lu, diffuse Untergrenze;
-60	Axh(l)	10YR3/2, z.T. leicht grau im trockenen Zustand, pol-pri, gri2 f5 + gri4 f2, Lu, bioturbat eingemischtes B-Material, deutliche Untergrenze;
-80	Ah(l)+B	10YR 5/2 (50%), 10YR10YR 6/6 (50%), z.T. leicht grau im trockenen Zustand, pri, ReR +WR 4-5, gri4 f2, Ut4, vereinzelt dunkle Ton-Humushäutchen, diffuse Untergrenze;
-100	Bht	10YR 6/6, pri, ReR +WR 4-5, gri4 f2, Ut4, graue Ton-Humushäutchen, deutliche Untergrenze,
-105	Bcht	10YR 6/4, pri, gri2 f3, Ut4, dunkle Ton-Humushäutchen, Matrix kalkfrei, intensive Pseudomycelbildung, deutliche Untergrenze;
-110	Bcht+Cc	10YR 4/6, pol-pri, gri2 f2, Ut4, dunkle Ton-Humushäutchen, Matrix z.T. kalkfrei, wenig Pseudomycel, deutliche Untergrenze;
-115	Cc2	10YR 4/4, koh, Tu3, leicht pseudovergleyt, deutliche Untergrenze;
-140+	Sg	2,5YR6/1 (20%), 10YR5/6 (80%), koh, gri2f2-3, Ut4, pseudovergleyt

Tabelle 10: Bodenchemische Eigenschaften von Profil E

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe Cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0-30	7,7	1,87	2,04	0,17	11,74	0,17	0,38	0,45
2	Ah	-40	7,7	0,00	1,35	0,12	11,42	0,21	0,42	0,50
3	Axh(l)	-60	7,7	0,00	1,44	0,12	12,50	0,19	0,46	0,41
4	Ah(l)+B	-80	7,8	0,00	0,60	0,06	10,31	0,23	0,45	0,50
5	Bht	-100	8,0	1,66	0,49	0,04	13,11	0,18	0,55	0,32
6	Bcht	-105	8,0	5,32	0,59	0,03	19,06	0,14	0,76	0,18
7	Bcht+Cc	-110	8,0	7,49	0,77	0,03	28,67	0,13	0,72	0,18
8	Cc2	-115	8,0	42,53	0,44	0,03	12,94	0,06	0,59	0,10
9	Sg	-140+	8,0	28,25	-	0,01	-	0,09	0,42	0,20

Tabelle 11: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil E

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Co	Cu
%												
1	Ap	0,141	2,645	1,614	0,652	0,984	4,758	5,232	0,083	0,081	0,017	0,015
2	Ah	0,096	2,661	0,957	0,595	0,962	4,972	5,551	0,080	0,080	0,018	0,014
3	Axh(l)	0,078	2,637	0,864	0,558	0,964	4,601	5,448	0,702	0,062	0,017	0,011
4	Ah(l)+B	0,055	2,737	0,701	0,616	0,982	4,882	5,780	0,050	0,058	0,018	0,006
5	Bht	0,052	2,708	1,158	0,640	1,008	5,385	5,660	0,049	0,228	0,019	0,008
6	Bcht	0,054	2,793	1,754	0,722	1,069	6,187	5,768	0,063	0,064	0,020	0,010
7	Bcht+Cc	0,070	2,782	2,735	0,732	1,076	5,860	5,673	0,066	0,063	0,020	0,009
8	Cc2	0,062	2,786	7,650	1,000	0,773	6,061	5,985	0,091	0,068	0,021	0,009
9	Sg	0,062	2,453	5,652	0,934	0,963	4,185	4,545	0,052	0,052	0,014	0,008

Tabelle 12: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil E (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)

lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	% T fU mU gU ffS gfS mS gS							
				1	Ap	1,51	Lu	22	12	27	17
2	Ah	1,56	Lu	24	13	34	15	4	5	4	1
3	Axh(l)	1,44	Lu	22	12	32	21	5	4	3	1
4	Ah(l)+B	1,53	Ut4	22	11	35	20	4	4	3	1
5	Bht	1,59	Ut4	21	12	31	25	2	4	4	1
6	Bcht	1,64	Ut4	23	13	34	24	2	2	1	1
7	Bcht+Cc	1,60	Ut4	22	13	40	23	1	1	0	0
8	Cc2	-	Tu3	40	17	29	14	0	0	0	0
9	Sg	-	Ut4	18	12	30	26	3	5	5	1

Tabelle 13: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil E (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)

lfd. Nr.	Horizont		Saugspannung (pF)									nFK	
			1	1,4	1,8	1,9	2	2,3	2,5	2,6	3		4,2
.													
1	Ap	Wassergehalt (Vol-%)	23,51	21,73	21,16	20,95	20,74	20,20	19,95	19,78	4,85	1,81	18,39
2	Ah		21,93	20,65	19,88	19,59	19,29	18,79	18,57	18,40	4,97	2,80	15,98
3	Axh(l)		23,34	22,15	21,14	20,81	20,39	19,54	19,20	18,89	3,56	1,86	17,69
4	Ah(l)+B		22,09	21,15	20,48	20,19	19,87	19,21	18,92	18,62	5,87	1,91	17,30
5	Bht		21,69	20,89	20,44	20,23	19,98	19,39	19,14	18,88	7,52	2,20	17,19
6	Bcht		20,72	20,16	19,97	19,82	19,63	19,21	18,98	18,79	6,37	1,81	17,40
7	Bcht+Cc		24,36	23,65	23,50	23,35	23,24	22,97	22,85	22,74	5,51	2,64	20,33

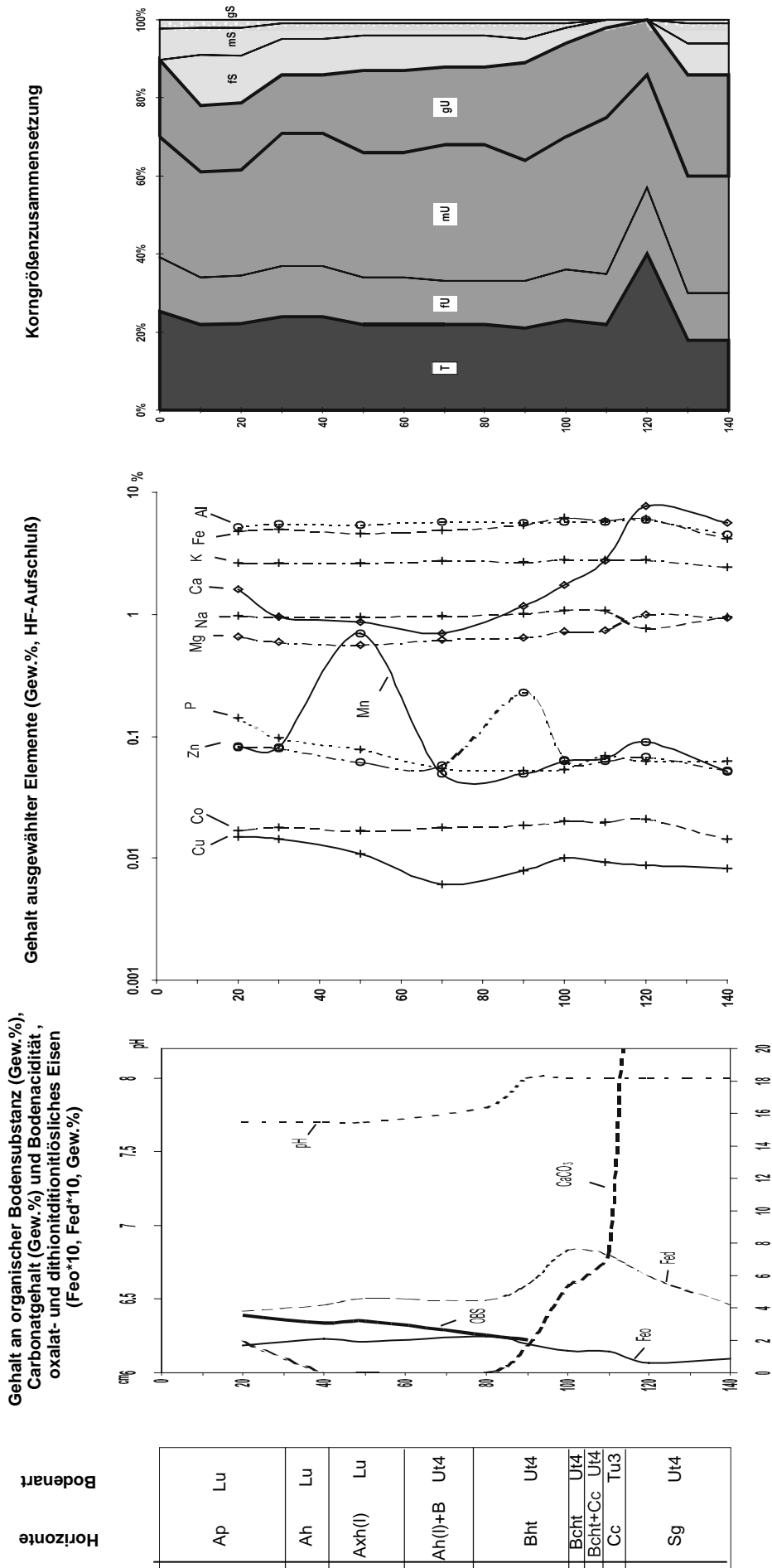


Abbildung 19 : Grafiken der chemischen und –physikalischen Eigenschaften von Profil E

Profil G der Catena "Biesenbrow": Parabraunerde-Tschernosem, Mittelhang

Tabelle 14: Beschreibung des Profils G

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0-40	Ap	10YR3/2, bro-kru, Lu, kalkfrei, deutlich-scharfe Untergrenze;
-60	Axh	10YR3/1, pol, gri2 f3-4, Ls2, kalkfrei, einzelne Steine, deutlich-diffuse Untergrenze;
-75	Ah+B	10YR3/2+10YR 6/6, pri, ReR4-5, gri2 f4, Lu, kalkfrei, einzelne Steine, diffuse Untergrenze;
-90	Bt1	10YR 6/6, pri, ReR4-5, gri2 f3, Lu, kalkfrei, braune Tonhäutchen, deutlich-scharfe Untergrenze;
-95	II Bt2	10YR 5/4, pol, ReR 3-4, gri2 f3, Tu4, Matrix kalkfrei, vereinzelt Pseudomycel, deutlich-scharfe Untergrenze,
-105	II Cc1	10YR 5/6, koh, ReR 2, gri2 f3, Ut3, Matrix kalkhaltig, Pseudomycelbildung, diffuse Untergrenze;
-115	II Cc2	10YR 7/3 + 10YR5/6, koh, ReR 2, gri2 f3, Ut4, Matrix kalkhaltig, Kalkkonkretionen, leicht pseudovergleyt, diffuse Untergrenze;
-120	III C3	10YR 5/6, koh, Tu4, kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-125	IV C4	10YR 6/3-4, koh, Lu, kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-130	V Cc5	10YR 6/3-4, koh, Ls2, kalkhaltig, Kalkkonkretionen, leicht pseudovergleyt, kiesig, deutliche Untergrenze;
-135+	VI C6	10YR 6/3-4, koh, Lu, kalkhaltig, leicht pseudovergleyt

Tabelle 15: Bodenchemische Eigenschaften von Profil G

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0-40	7,7	3,30	1,62	0,15	10,77	0,18	0,51	0,34
2	Axh	-60	7,7	0,00	1,29	0,10	12,51	0,20	0,42	0,46
3	Ah+B	-75	7,8	0,00	0,49	0,05	10,93	0,19	0,54	0,35
4	Bt1	-90	7,9	0,00	0,41	0,04	10,28	0,18	0,75	0,23
5	II Bt2	-95	8,0	7,27	0,26	0,04	7,22	0,15	0,60	0,24
6	II Cc1	-105	8,1	24,40	-	0,02	-	0,10	0,33	0,29
7	II Cc2	-115	8,0	35,93	-	0,02	-	0,09	0,42	0,21
8	III C3	-120	8,0	36,79	-	0,02	-	0,06	0,38	0,16
9	IV C4	-125	8,0	43,02	-	0,02	-	0,04	0,32	0,13
10	V Cc5	-130	8,0	28,67	-	0,02	-	0,05	0,32	0,16
11	VI C6	-135+	8,0	38,07	-	0,02	-	0,04	0,33	0,12

Tabelle 16: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil G

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Co	Cu
%												
1	Ap	0,120	2,769	1,723	0,679	0,959	5,301	5,602	0,084	0,075	0,017	0,014
2	Axh	0,072	2,613	0,815	0,539	0,961	4,787	5,446	0,008	0,056	0,016	0,009
3	Ah+B	0,515	2,569	0,650	0,579	0,943	5,310	5,474	0,055	0,052	0,016	0,007
4	Bt1	0,044	2,670	0,764	0,668	0,986	5,930	5,823	0,061	0,059	0,018	0,010
5	II Bt2	0,060	2,728	2,538	0,793	0,975	5,961	5,979	0,063	0,066	0,018	0,011
6	II Cc1	0,074	2,497	7,017	0,935	0,983	4,393	4,781	0,056	0,053	0,014	0,008
7	II Cc2	0,066	2,376	5,899	0,980	0,870	4,330	4,622	0,052	0,051	0,014	0,007
8	III C3	0,074	2,750	8,397	1,228	0,928	5,390	5,657	0,061	0,067	0,017	0,010
9	IV C4	0,055	2,047	7,858	0,866	0,561	3,859	4,197	0,042	0,048	0,012	0,006
10	V Cc5	0,057	2,313	7,103	0,940	0,742	4,045	4,553	0,044	0,052	0,013	0,007
11	VI C6	0,049	2,033	7,544	0,893	0,570	3,862	4,275	0,042	0,050	0,012	0,007

Tabelle 17: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil G (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)

lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	gfS	mS	gS
%											
1	Ap	1,66	Lu	21	13	28	20	4	7	6	1
2	Axh	1,57	Ls2	19	14	25	27	5	5	4	1
3	Ah+B	1,58	Lu	20	10	26	27	3	4	3	7
4	Bt1	1,54	Lu	24	13	29	21	3	4	4	2
5	II Bt2	1,47	Tu4	26	16	36	16	2	2	2	0
6	II Cc1	1,62	Ut3	17	14	36	29	1	2	1	0
7	II Cc2	1,72	Ut4	18	15	37	28	1	1	0	0
8	III C3	-	Tu4	27	21	35	14	2	1	0	0
9	IV C4	-	Lu	28	26	18	10	6	7	4	1
10	V Cc5	-	Ls2	22	16	14	13	8	13	11	3
11	VI C6	-	Lu	30	29	17	10	7	4	2	1

Tabelle 18: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil G (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)

lfd. Nr.	Horizont	Wassergehalt (Vol-%)	Saugspannung (pF)									nFK	
			1	1,4	1,8	1,9	2	2,3	2,5	2,6	3		4,2
1	Ap		21,63	20,92	21,00	20,92	20,72	20,28	19,88	19,63	6,62	3,21	17,07
2	Axh		23,90	22,40	21,48	21,20	20,87	20,21	19,96	19,71	5,49	2,05	18,16
3	Ah+B		21,90	20,90	20,16	19,86	19,57	18,89	18,68	18,42	3,64	3,11	15,78
4	Bt1		23,31	22,03	21,44	21,24	20,99	20,46	20,26	20,05	6,08	3,07	17,40
5	II Bt2		23,00	22,18	21,88	21,62	21,30	20,89	20,54	20,46	8,76	2,33	18,56
6	II Cc1		23,94	23,37	23,18	22,99	22,50	22,14	21,10	20,74	5,93	1,97	20,17
7	II Cc2		21,59	21,13	21,06	20,92	20,60	20,45	20,24	20,22	4,01	2,76	17,70

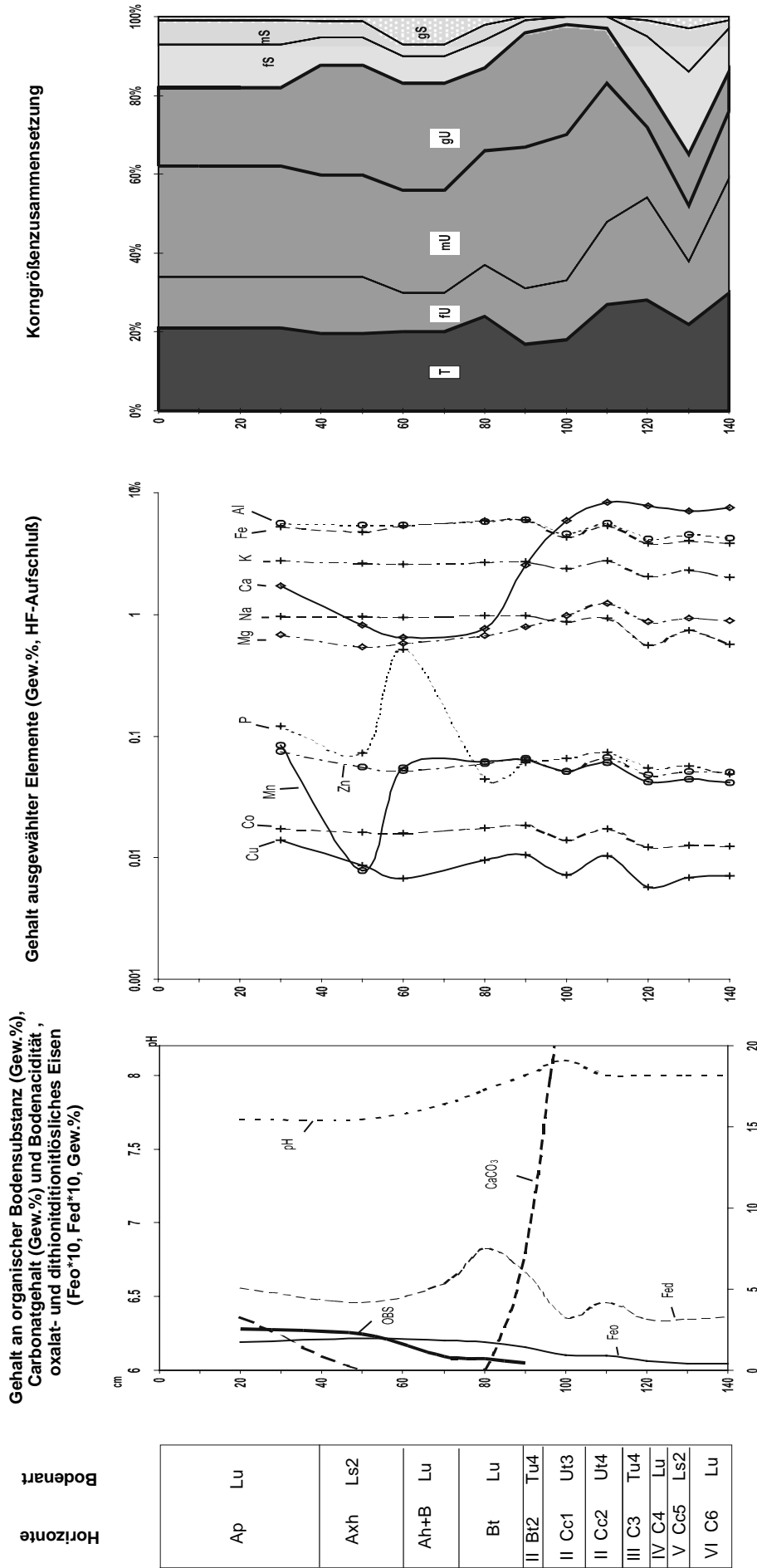


Abbildung 20: Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil G

Profil I der Catena "Biesenbrow": Kolluvisol über Parabraunerde-Tschernosem, Mittelhang

Tabelle 19: Beschreibung des Profils I

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0-40	Ap	10YR 3/2, kru-bro, kalkhaltig, Artefakt (Scherbe), deutlich-scharfe Untergrenze;
-60	Ah	10YR 3/1, subpol, gri2 f4, kalkfrei, Artefakt (Scherbe), diffuse Untergrenze;
-70	II fAxh	10YR 3/1, pol, gri4 f1-2 + gri2 f3-4, kalkfrei, diffuse Untergrenze;
-80	II Ah+B	10YR 3/1 + 10YR 6/6, pri, ReR4, gri2 f5, kalkfrei, deutlich-diffuse Untergrenze;
-90	II Bht	10YR 6/6, pri, ReR4, gri2 f4-5, nahezu kalkfrei, einige dunkelbraune Tonhäutchen, deutliche Untergrenze,
-95	III Bht+C	10YR 4/4, pri, ReR 3, gri2 f4, dunkle Ton-Humushäutchen, Matrix z.T.kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-100	IV Cc	10YR 6/6, koh, ReR 1, gri2 f4-5, Matrix kalkhaltig, Pseudomycel, scharfe Untergrenze;
-110	IV C	10YR 6/6, koh, ReR 1, gri2 f4, kalkhaltig, leicht pseudovergleyt, deutliche Untergrenze;
-115	V Sg-Cc	10YR 6/4, koh, gri2 f-1, kalkhaltig, Kalkkonkretionen 5 ("Löbkindel"), scharfe Untergrenze;
-135+	VI Sg	10YR 6/6, plattig, gri2 f0-1, kalkhaltig, intensiv pseudovergleyt (marmoriert)

Tabelle 20: Bodenchemische Eigenschaften von Profil I

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0-40	7,7	4,62	0,30	0,05	5,52	0,16	0,47	0,34
2	Ah	-60	7,6	0,00	1,28	0,11	11,61	0,19	0,51	0,37
3	II fAxh	-70	7,7	0,00	1,19	0,10	12,27	0,22	0,49	0,44
4	II Ah+B	-80	7,6	0,00	0,57	0,05	11,18	0,19	0,51	0,38
5	II Bht	-90	7,8	1,54	0,38	0,04	10,30	0,14	0,46	0,29
6	III Bht+C	-95	7,8	8,73	0,30	0,04	7,55	0,08	0,51	0,15
7	IV Cc	-100	7,9	44,05	-	0,03	-	0,01	0,37	0,01
8	IV C	-110	7,9	38,50	-	0,01	-	0,04	0,37	0,11
9	V Sg-Cc	-115	7,8	60,71	-	0,03	-	0,02	0,37	0,04
10	VI Sg	-135+	7,9	22,69	-	0,01	-	0,03	0,37	0,07

Tabelle 21: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil I

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe %	Al	Mn	Zn	Co	Cu
1	Ap	0,176	2,391	1,861	0,651	0,880	4,619	4,832	0,079	0,078	0,015	0,016
2	Ah	0,099	2,717	0,950	0,591	1,324	5,049	5,657	0,081	0,067	0,013	0,016
3	II fAxh	0,070	2,583	0,799	0,553	1,016	4,700	5,398	0,063	0,056	0,015	0,012
4	II Ah+B	0,058	2,683	0,752	0,660	0,923	5,264	5,835	0,051	0,061	0,017	0,012
5	II Bht	0,056	2,522	1,073	0,622	0,911	4,962	5,366	0,053	0,056	0,015	0,012
6	III Bht+C	0,720	2,559	2,709	0,740	0,867	5,259	5,590	0,057	0,063	0,016	0,013
7	IV Cc	0,075	2,323	9,640	0,845	0,794	4,260	4,644	0,052	0,055	0,014	0,010
8	IV C	0,078	2,592	7,323	1,000	1,060	4,076	4,656	0,058	0,052	0,013	0,010
9	V Sg-Cc	0,073	2,690	14,360	1,200	0,672	5,380	5,701	0,051	0,067	0,017	0,011
10	VI Sg	0,077	2,890	8,314	1,238	1,199	4,588	5,175	0,065	0,062	0,015	0,012

Tabelle 22: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil I (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)

lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	gfS	mS	gS
							%				
1	Ap	1,5	Lu	21	13	29	19	4	7	6	1
2	Ah	1,4	Lu	21	12	29	21	5	6	4	2
3	II fAxh	1,5	Lu	22	10	26	27	5	5	4	1
4	II Ah+B	1,6	Lu	24	11	27	24	4	5	4	1
5	II Bht	1,6	Lu	23	8	23	28	4	6	5	3
6	III Bht+C	1,6	Lu	25	12	25	23	4	6	4	1
7	IV Cc	1,6	Lu	25	13	28	22	3	5	3	1
8	IV C	1,6	Ut3	15	10	36	33	2	2	2	0
9	V Sg-Cc	1,5	Tu3	43	18	22	14	2	1	0	0
10	VI Sg	1,6	Ut3	15	12	42	30	1	0	0	0

Tabelle 23: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil I (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)

lfd. Nr.	Horizont	Wassergehalt (Vol-%)	Saugspannung (pF)										nFK
			1	1,4	1,8	1,9	2	2,3	2,5	2,6	3	4,2	
1	Ap		28,29	25,43	24,76	24,42	24,17	23,95	23,30	23,13	3,79	3,79	20,16
2	Ah		27,24	25,71	25,00	24,62	24,36	23,67	23,41	23,28	4,68	2,43	21,25
3	II fAxh		23,61	23,26	23,14	22,86	22,66	22,09	21,89	21,68	6,16	2,54	19,56
4	II Ah+B		52,71	51,41	50,70	50,16	49,64	47,79	47,00	46,29	9,92	6,53	41,26
5	II Bht		37,38	36,56	36,32	36,01	35,68	33,94	33,20	32,54	5,17	5,00	28,94
6	III Bht+C		30,42	29,37	29,24	29,08	29,00	28,62	28,29	27,90	6,02	5,77	22,85
7	IV Cc		38,58	36,68	36,21	35,91	35,70	35,05	34,78	34,52	9,35	3,74	31,30
8	IV C		45,23	43,42	42,71	42,35	42,08	41,20	40,87	40,58	8,94	1,73	39,47
9	V Sg-Cc		27,58	25,80	25,29	24,99	24,77	24,11	23,89	23,71	9,94	6,25	17,86
10	VI Sg		25,81	23,11	22,70	22,44	22,28	21,77	21,60	21,42	6,45	2,88	18,89

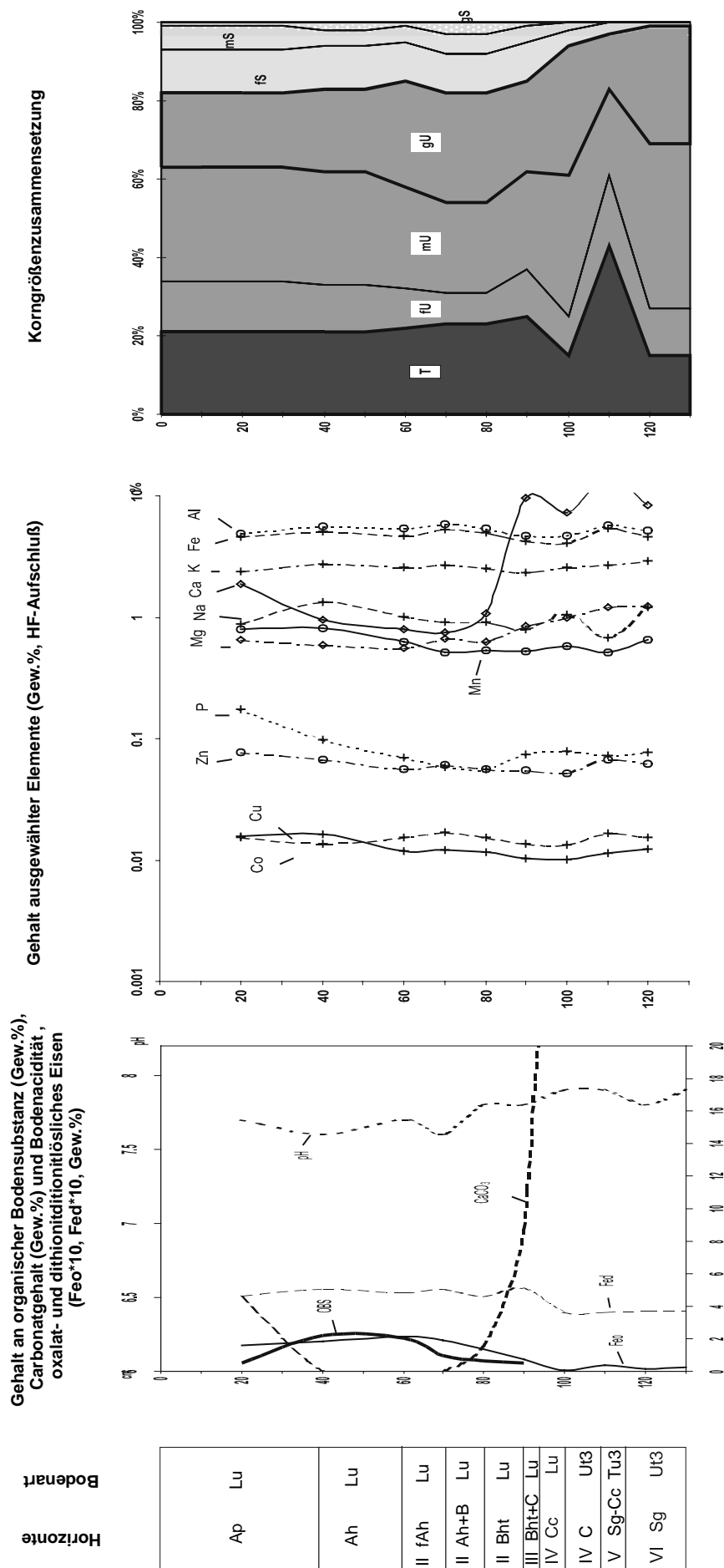


Abbildung 21: Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil I

Profil L der Catena "Biesenbrow": Kalk-Kolluvisol über (Pseudogley) Braunerde-Tschernosem, Unterhang

Tabelle 24: Beschreibung des Profils L

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0-35	Ap	10YR 3/2, klu-subpol, kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-60	Ah1	10YR 3/1, kru, gri3 f1 + gri2 f1-2, kalkhaltig, diffuse Untergrenze;
-80	Ah2	10YR 3/1, kru, gri3 f1 + gri2 f1-2, kalkfrei, diffuse Untergrenze;
-100	Ach	10YR 3/1, subpol-pol, gri2 f1-2, Matrix kalkfrei, Pseudomycel, diffuse Untergrenze;
-105	II fAxh	10YR 3/1, pol, gri2 f2, kalkfrei, deutlich-diffuse Untergrenze;
-115	II Ah+Bv	10YR 3/1 + 10YR 6/6, subpol, gri2 f2, deutlich-diffuse Untergrenze,
-130	II Sg-Bv	10YR 6/6, koh, gri2 f2, pseudovergleyt, schwach kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-150	II Sg-Cc	2,5YR 5/5, koh, gri2 f1, Matrix kalkhaltig, Kalkkonkretionen 5 (Lößkindel), diffuse Untergrenze;
-200+	II Go	2,5YR 5/5, rostfleckig, koh, gri2 f0-1, kalkhaltig

Tabelle 25: Bodenchemische Eigenschaften von Profil L

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0-35	7,6	69,25	1,65	0,16	10,58	0,15	0,40	0,38
2	Ah1	-60	7,6	0,00	1,65	0,15	10,82	0,17	0,50	0,34
3	Ah2	-80	7,6	0,00	1,47	0,14	10,58	0,18	0,51	0,36
4	Ach	-100	7,5	0,30	2,36	0,19	12,18	0,24	0,44	0,55
5	II fAxh	-105	7,6	0,00	1,95	0,16	12,04	0,21	0,51	0,41
6	II Ah+Bv	-115	7,7	0,55	1,02	0,09	11,08	0,20	0,42	0,48
7	II Sg-Bv	-130	7,8	43,20	-	0,03	-	0,09	0,44	0,21
8	II Sg-Cc	-150	7,9	27,73	-	0,02	-	0,04	0,27	0,13
9	II Go	-200+	7,8	29,01	-	0,02	-	0,06	0,46	0,13

Tabelle 26: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil L

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Co	Cu
%												
1	Ap	0,122	2,834	2,197	0,764	1,029	5,330	5,698	0,091	0,084	0,018	0,017
2	Ah1	0,078	2,962	1,113	0,706	1,060	5,844	6,272	0,097	0,080	0,020	0,017
3	Ah2	0,032	1,767	0,538	0,379	0,516	3,200	3,400	0,051	0,042	0,011	0,008
4	Ach	0,027	1,621	0,578	0,300	0,456	2,501	2,677	0,042	0,031	0,008	0,005
5	II fAxh	0,027	1,694	0,590	0,319	0,564	2,594	2,859	0,042	0,031	0,009	0,005
6	II Ah+Bv	0,030	2,394	0,809	0,525	0,832	4,134	4,482	0,046	0,048	0,014	0,007
7	II Sg-Bv	0,017	1,157	1,736	0,335	0,322	1,576	1,586	0,016	0,019	0,005	-
8	II Sg-Cc	0,042	2,280	13,790	1,179	0,775	4,006	4,357	0,045	0,050	0,013	0,008
9	II Go	0,016	0,842	2,764	0,372	0,225	1,324	1,281	0,019	0,022	0,004	-

Tabelle 27: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil L (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung)

lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	gfS	mS	gS
				%							
1	Ap	1,62	Lu	19	13	30	20	4	4	7	1
2	Ah1	1,42	Lu	21	15	30	20	4	6	4	1
3	Ah2	1,41	Lu	26	12	30	18	4	5	4	1
4	Ach	1,42	Lu	13	13	26	20	5	7	5	1
5	II fAxh	1,47	Lu	21	11	25	26	5	5	5	2
6	II Ah+Bv	1,56	Lu	20	10	26	29	4	5	4	2
7	II Sg-Bv	1,64	Ut4	18	13	31	32	3	2	1	0
8	II Sg-Cc	1,60	Lu	19	16	32	13	5	10	5	0
9	II Go	1,62	Ut4	17	20	48	13	1	1	0	0

Tabelle 28: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil L (Saugspannung, nutzbare Feldkapazität)

lfd. Nr.	Horizont		Saugspannung (pF)										nFK
			1	1,4	1,8	1,9	2	2,3	2,5	2,6	3	4,2	
1	Ap	Wassergehalt (Vol-%)	23,65	22,29	21,92	21,63	21,34	20,83	20,58	20,41	4,93	3,14	17,69
2	Ah1		23,72	22,55	22,31	22,07	21,78	21,34	21,13	20,96	8,33	4,32	17,01
3	Ah2		23,83	23,32	23,21	22,99	22,74	22,22	21,95	21,73	8,44	2,43	19,79
4	Ach		21,63	20,71	20,31	20,04	19,58	19,35	18,94	18,66	5,65	4,96	14,40
5	II fAxh		23,71	22,66	22,25	22,00	21,59	21,37	20,95	20,86	11,30	2,83	18,54
6	II Ah+Bv		22,06	21,09	20,85	20,65	20,21	20,05	19,76	19,55	6,19	2,03	18,02
7	II Sg-Bv		22,87	22,46	22,38	22,27	21,88	21,81	21,61	21,53	7,03	3,51	18,30
8	II Sg-Cc		20,65	19,95	19,84	19,73	19,28	19,20	19,01	18,97	6,63	2,46	16,74
9	II Go		23,10	22,75	22,68	22,54	22,11	22,08	21,86	21,65	10,02	2,27	19,81

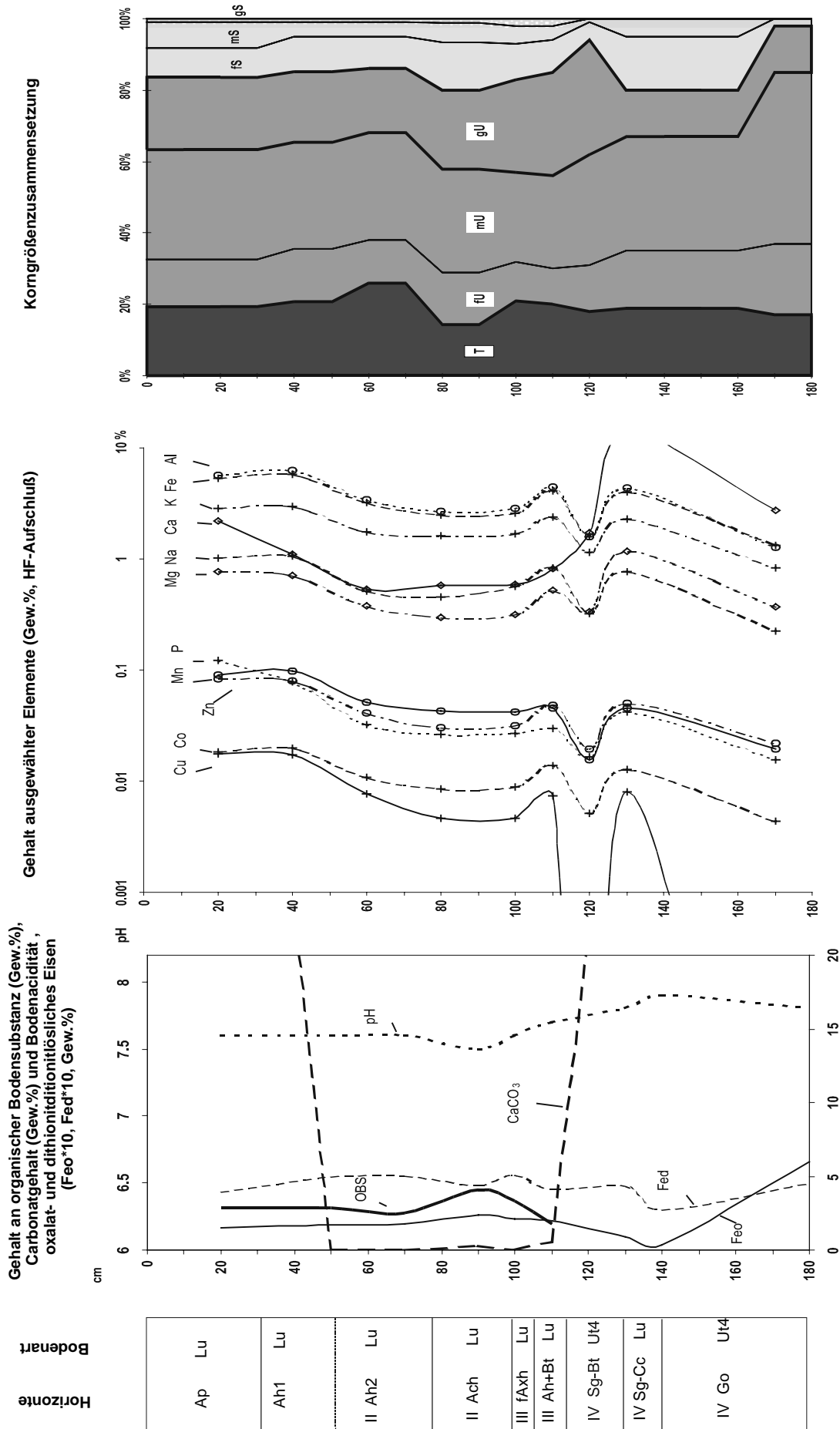


Abbildung 22: Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil L

Profil R der Catena "Biesenbrow": Kalk-Kolluvisol über Gley-Tschernosem, Senke

Tabelle 29: Beschreibung des Profils R

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0-40	Ap	10YR 3/2, kru-klu, kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-80	(Go)-Ah	10YR 2/2, einige Rostflecken, kru-bro, kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-100	II Go-fAh	N 2,5/1, rostfleckig, subpol-pol, kalkhaltig, deutliche Untergrenze;
-120	II Gor-Ah	10YR 2/1, rostfleckig, koh, z.T. senkrechte Schrumpfrisse, kalkfrei, diffuse Untergrenze;
-140	II Gr-Ah	N 2,5/1, koh, kalkfrei Untergrenze
-160	III Gr-fAh	N 2,5/1, koh, kalkhaltig
-...	III Gr	BG 7/5 - G 8/10, koh, kalkhaltig

Tabelle 30: Bodenchemische Eigenschaften von Profil R

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0-40	7,6	4,17	1,72	0,18	9,50	0,22	0,29	0,76
2	(Go)-Ah	-80	7,8	7,13	1,70	0,17	9,96	0,97	0,36	2,72
3	II Go-fAh	-100	7,5	2,86	7,29	0,69	10,58	0,83	0,40	2,08
4	II Gor-Ah	-120	7,3	0,00	3,04	0,27	11,37	0,57	0,24	2,35
5	II Gr-Ah	-140	7,2	0,00	3,40	0,24	13,97	0,35	0,35	1,00
6	III Gr-fAh	-160	7,1	3,86	8,61	0,49	17,61	0,49	0,33	1,51

Tabelle 31: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil R

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Co	Cu
%												
1	Ap	0,127	2,503	2,079	0,645	0,860	4,323	4,862	0,080	0,078	0,015	0,015
2	(Go)-Ah	0,124	2,291	3,355	0,629	0,817	5,117	4,678	0,096	0,074	0,015	0,013
3	II Go-fAh	0,180	2,290	2,869	0,633	0,854	4,812	5,188	0,042	0,214	0,014	0,014
4	II Gor-Ah	0,055	2,504	1,207	0,619	0,903	4,656	5,463	0,032	0,284	0,016	0,017
5	II Gr-Ah	0,062	2,599	1,233	0,640	1,025	4,520	5,516	0,023	0,072	0,016	0,017
6	III Gr-fAh	0,205	2,104	3,843	0,610	0,679	6,872	4,592	0,028	0,055	0,017	0,018

Tabelle 32: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil R

lfd. Nr.	Horizont	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	gfS	MS	gS
%										
1	Ap	Lu	22	10	28	19	5	8	7	1
2	(Go)-Ah	Lu	22	10	27	22	5	7	6	1
3	II Go-fAh	Lu	26	12	27	18	4	6	6	1
4	II Gor-Ah	Lu	26	12	28	20	4	5	4	1
5	II Gr-Ah	Lu	27	12	29	18	4	5	4	1
6	III Gr-fAh	Lu	17	10	26	21	8	9	8	1

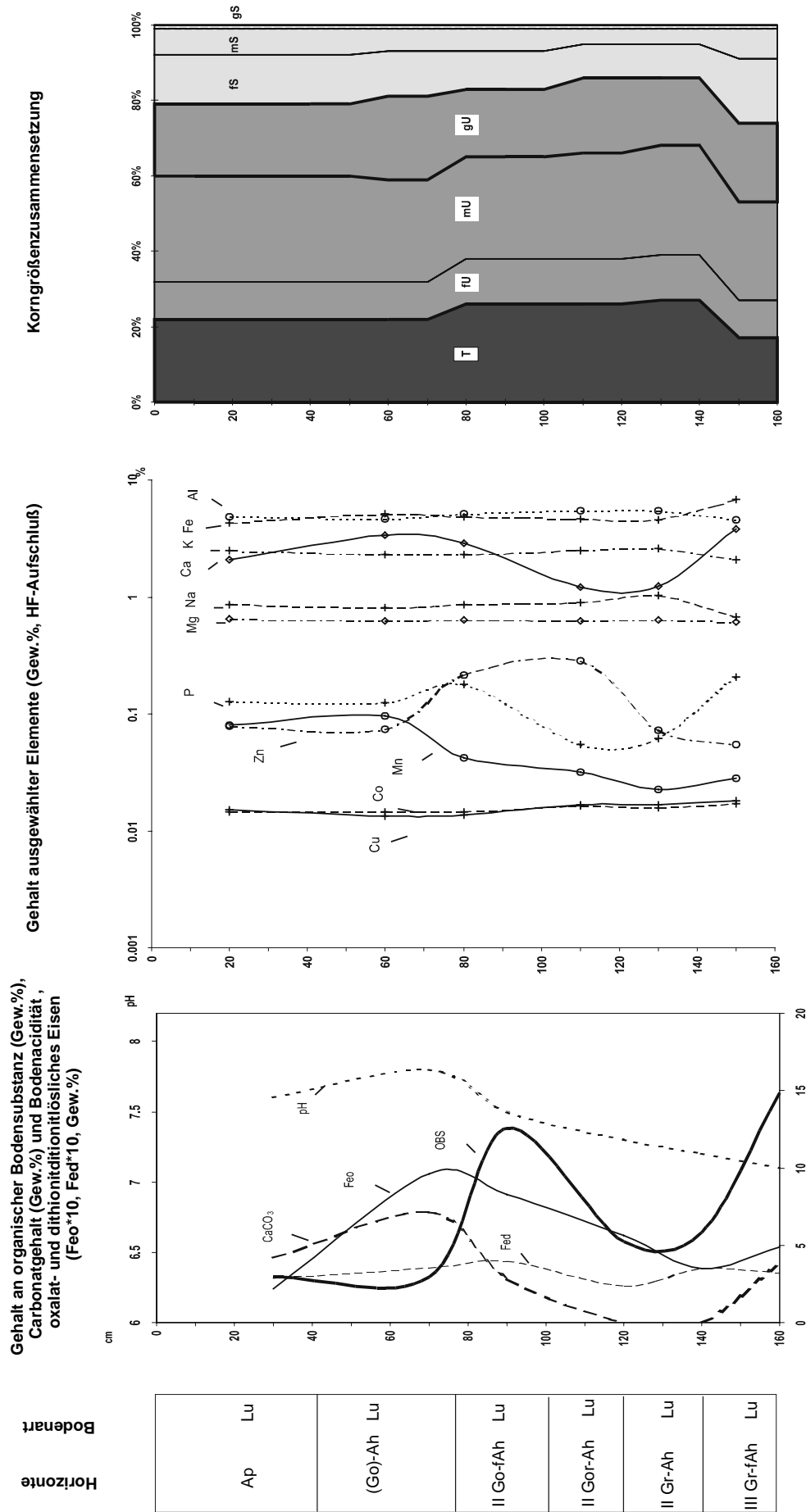


Abbildung 23: Grafiken der chemischen und -physikalischen Eigenschaften von Profil R

1.3 Mikromorphologie

Die Befunde der mikromorphologischen Untersuchungen sind in Tabelle 33 zusammengefaßt.

Für den erodierten Parabraunerde-Tschernosem (**Profil C**) kann aufgrund der Tonbeläge im B-Horizont auf einen ehemals entkalkten Oberboden geschlossen werden. Die Aufkalkung des Oberbodens findet sowohl durch Bioturbation als auch durch Einmischung carbonathaltigen Materials im Oberboden (im Pflughorizont) statt.

Die Humushorizonte Ap und Ah des Parabraunerde-Tschernosems in **Profil E** sind sowohl durch korrodierte Carbonatkristalle als auch durch vereinzelt auftretende dunkle und helle Tonbeläge gekennzeichnet. Es handelt sich um ein geringmächtiges Kolluvium (ca. 10 cm) in der leichten Senkenposition am Oberhang. In den B-Horizonten sind sowohl dunkle als im unteren Bereich auch helle Tonbeläge anzutreffen, was ein Beleg für die Lessivierung zunächst der Ton-Humuskomplexe und nach weiterer Entkalkung nur des braunen Tones ist. Die ebenfalls in diesen Horizonten vorhandenen Sekundärcarbonate, zeugen von einer auf die Lessivierungsphase folgende Aufkalkung. Da diese Sekundärcarbonate z.T. stark korrodiert sind und innerhalb der B-Horizonte Pseudomycel vorhanden ist, muß auf eine aktuelle intensive Carbonatdynamik geschlossen werden.

In **Profil G** kann mit Hilfe der mikromorphologischen Untersuchung der Übergang von einem Braunerde-Tschernosem zum Parabraunerde-Tschernosem gezeigt werden. In der B-Horizonten ist die intensive Tonverwitterung im entkalkten Bereich zu verzeichnen. Im gleichen Horizont sind bereits schwache Ton-Humusbeläge auf den Bodenaggregaten infolge Ton-Humusverlagerung vorhanden. Im Bereich der Entkalkungsgrenze Bt1/Bt2 ist die rezente Carbonatumfällung mit einerseits korrodiertem Primär- und Sekundärcarbonat und andererseits rezenter Bildung von Sekundärcarbonat in Form von Pseudomycel belegt.

Im kolluvial überdeckten Parabraunerde-Tschernosem (**Profil I**) sind anhand der Verteilung und Form der Carbonate mehrere Phasen der Carbonatdynamik nachweisbar. Aufgrund der Überdeckung des bereits oberflächlich entkalkten Profils mit kalkhaltigem Kolluvium setzte die erste Aufkalkungsphase „von oben“ ein. Mit der Entkalkung dieses Kolluviums wurden im unteren Teil des Humushorizontes Sekundärcarbonate ausgefällt. Mit fortschreitender Entkalkung begann in diesem Horizont die Lösung dieser Kristalle. Aufgrund einer rezenter Aufkalkung ist die weitere Kalklösung gestoppt und die Sekundärcarbonatkristalle sind mit Huminstoffen überzogen. Von einer Phase der Bodenentwicklung mit bereits entkalktem Oberboden und B-Horizont zeugen die Verbraunungen und die dunklen Ton-Humusbeläge im gesamten Profil (A- und B-Horizonte). Die Tatsache, daß die rezenten Klufflächen keine Ton-Humusbeläge aufweisen, belegt, daß rezent keine Lessivierung stattfindet.

Verallgemeinernd für alle mikromorphologisch untersuchten Profile der Catena Biesenbrow lassen sich hinsichtlich der Abfolge der pedogenetischen Prozesse folgende Aussagen treffen:

- Mit der Entkalkung des kalkhaltigen Beckenschluffes setzt eine Verbraunung in Form von Tonneubildung aus der Silicatverwitterung ein.
- In den B-Horizonten ist der Prozeß der Lessivierung von dunklen Ton-Humuskomplexen nachweisbar.
- Von fortschreitender Entkalkung und dem Absinken der pH-Werte des Bodens in besonders durchfeuchteten Reliefpositionen zeugen helle Tonhäutchen im Bt-Horizont.
- Vom Abschluß der Lessivierung zeugt das Fehlen von Tonhäutchen im rezenten Kluft- und Porenflächensystem.
- Eine rezente Aktivierung der Carbonatdynamik wird durch die Überlagerung der Ton-Humusbeläge mit Sekundärcarbonaten (Pseudomycel) belegt.
- Mindestens zwei Generationen von Sekundärcarbonat infolge von Aufkalkung sind im Boden nachweisbar.

Tabelle 33: Mikromorphologische Befunde, Catena Biesenbrow (nach BECKMANN 1999)

Profil	Horizont	Befunde bezüglich		
		Carbonatdynamik	Verbraunung/Lessivierung	Sonstiges
C – erodierter Parabraunerde – Tschernosem, Oberhang	Ah2	<ul style="list-style-type: none"> eingemischtes carbonathaltiges Material, das rezent gelöst wird Bildung von Sekundärcarbonaten an Porenwänden und als Lublinit 		
	Ah+B	<ul style="list-style-type: none"> wenige stark korrodierte Carbonatreste 	<ul style="list-style-type: none"> einige orientierte Tonbeläge 	
	Cc1			<ul style="list-style-type: none"> bioturbate Einmischung von humosem Material
E – Parabraunerde – Tschernosem, Oberhang (leichte Delle)	Ap	<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt stark korrodierte Carbonatkristalle mit braunen Huminstoffüberzügen 	<ul style="list-style-type: none"> an Untergrenze vereinzelt dunkle Tonbeläge einige helle Tonbeläge 	<ul style="list-style-type: none"> hoher Humusgehalt aktive Bioturbation
	Ah	<ul style="list-style-type: none"> gleichmäßig eingemischte Carbonatpartikel in der Schlufffraktion 	<ul style="list-style-type: none"> keine Tonbeläge 	
	Axh(I)			
	Ah(I)+B	<ul style="list-style-type: none"> Bodenaggregate carbonatfrei in Hohlräumen stark korrodierte Sekundärcarbonate 	<ul style="list-style-type: none"> dunkle Tonbeläge, jedoch nicht auf rezenten Kluffflächen 	
	Bht	<ul style="list-style-type: none"> in Hohlräumen korrodierte Sekundärcarbonate 	<ul style="list-style-type: none"> orientierte Tonbeläge, z.T. bräunlich 	<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt Fe/Mn-Konkretionen
	Bcht	<ul style="list-style-type: none"> Lublinit in Hohlräumen korrodierte Sekundärcarbonate 		
	Bcht + Cc	<ul style="list-style-type: none"> in einem Teil primäres Carbonat enthalten Fehlen kleiner Carbonatkristalle 		
G – Parabraunerde – Tschernosem, Mittelhang	Bt1		<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt Tonbeläge doppelbrechender Ton aus Tonverwitterung 	
	Bt2	<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt sehr stark korrodierte Sekundärcarbonate Bodenmatrix carbonatfrei vereinzelt Lublinit (z.T. auf Tonbelägen) 	<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt Tonbeläge doppelbrechender Ton aus Tonverwitterung 	
	Cc1	<ul style="list-style-type: none"> scharfe Entkalkungsgrenze primäre Kalksteinstückchen Sekundärcarbonat in Poren 		
I – Kolluvisol über Parabraunerde – Tschernosem, Mittelhang	Ah		<ul style="list-style-type: none"> orientierte Tonbeläge in Bodenaggregaten (nicht auf der Oberfläche) 	<ul style="list-style-type: none"> sehr humos intensive Bioturbation
	fAxh	<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt sehr stark korrodierte Sekundärcarbonate mit braunen Huminstoffüberzügen 	<ul style="list-style-type: none"> einige orientierte dunkle Tonbeläge, jedoch nicht auf rezenten Kluffflächen 	<ul style="list-style-type: none"> Bioturbation
	Ah + B		<ul style="list-style-type: none"> dunkle Tonbeläge, jedoch nicht auf rezenten Kluffflächen 	<ul style="list-style-type: none"> bioturbat vermischtes Material
	Bht	<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt stark korrodierte Sekundärcarbonate 	<ul style="list-style-type: none"> dunkle Tonbeläge, jedoch nicht auf rezenten Kluffflächen 	

1.4 Bodenbildungen in archäologischen Befunden

Im Grabenschurf wurden insgesamt vier archäologische Befunde angeschnitten: es handelte sich dabei um drei Gruben und eine Kulturschicht, die sämtlich der spätslawischen Zeit (ca. 12 Jh.) zuzuordnen sind.² Bei zwei Gruben handelte es sich wahrscheinlich um Abfallgruben, eine dritte Grube war eine Silogrube mit einer Tiefe von 2 Metern. Alle archäologischen Funde befanden sich im Oberhangbereich des Grabenschurfes.

In Abbildung 24 ist Abfallgrube 3 im erodierten Oberhangbereich des Grabenschurfes mit deutlich entwickeltem Bv- Horizont sowohl im ungestörten Boden, als auch durch die Grube durchziehend zu erkennen. Dieser Befund wird als Beleg für eine Verbraunung als pedogenetischem Prozeß nach dem 12. Jahrhundert gewertet.



Abbildung 24: Spätslawische Abfallgrube im Bereich des erodierten Oberhanges der Catena Biesenbrow mit „durchziehendem“ verbrauchten Bodenhorizont

1.5 Bestimmung des Entkalkungszeitraumes

Beispielhaft wird die Berechnung des Entkalkungszeitraumes anhand von zwei Einzelprofilen in Ober- bzw. Mittelhangposition der Catena Biesenbrow dargestellt. Die Positionen wurden derart gewählt, um den durch Bodenab- bzw. -auftrag entstehenden Fehler zu minimieren.

Die Berechnung dieses Parameters war mit der Hoffnung verknüpft, Anhaltspunkte zum absoluten Alter der Bodenbildungsprozesse, insbesondere der Entkalkung, zu erhalten. Als geeignet erschien die Catena Biesenbrow daher, da sie eine weitgehende Homogenität des Ausgangsmaterials der Bodenbildung (Beckenschluff) aufweist.

Es wurde in drei Schritten vorgegangen:

1. Bilanzierung des Carbonatverlustes,
2. Berechnung der Sickerwassermengen,
3. Berechnung des Entkalkungszeitraumes.

Einige der in die Berechnung einfließenden Parameter wurden aufgrund fehlender Daten als konstant angenommen und extrapoliert. Diese Extrapolation erfolgte sowohl in Zeit (Rezente Daten – gesamtes Holozän) als auch in Raum (z.B. Übertragung der Klimadaten der Station Angermünde).

A Bilanzierung des Carbonatverlustes

- Als konstant für die beiden Bodenprofile wurde eine Trockenrohdichte des kalkhaltigen Ausgangssubstrates mit $1,6 \text{ g/cm}^3$ angenommen.

² Die Grabung wurde durch das Brandenburgische Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte, Arbeitsstelle Frankfurt/O. unter Leitung von R.Schulz durchgeführt.

Tabelle 35: Berechnete Entkalkungszeiträume für Profil G, Catena Biesenbrow unter unterschiedlichen Vegetations- bzw. Nutzungsbedingungen

Vegetation / Nutzungsart	Sickerwasser mm/Jahr	Entkalkungszeitraum (Jahre)	
		17 Gew-% CaCO ₃	20 Gew-% CaCO ₃
Acker	103	16.569	19.493
Laubwald	78	21.834	25.687
Nadelwald	134	65.486	77.042

Alle berechneten Daten für den Entkalkungszeitraum der jeweiligen Profile sind zu hoch, da das Alter der Sedimente als jungweichselzeitlich (ca. 14 000 Jahre) bekannt ist.

Folgende Probleme führten zur Fehlberechnung des Entkalkungszeitraumes:

- Das größte Berechnungsproblem stellt die Bilanzierung des tatsächlichen Kalkverlustes im Bodenprofil dar. Da das Calciumcarbonat nicht vollständig aus dem Bodenprofil verlagert wird, sondern im Unterboden und auch im Ausgangsmaterial in Form von Sekundärcarbonat ausgefällt wurde, sind keine zuverlässigen Aussagen zum Primärcarbonatgehalt im Sediment vor Beginn der Bodenbildung möglich. Es wurden daher zwei Szenarien zu möglichen Gehalten gerechnet (in der Catena gefundener Minimalgehalt im C-Horizont im Kuppenbereich). Jedoch auch diese Werte erwiesen sich als überhöht. Prozentual geht dieser Parameter mit dem größten Fehleranteil in das Ergebnis ein und bewirkt dessen Überhöhung.
- Unberücksichtigt blieben die lateralen Zusammenhänge in der Catena:
 - Zufuhr und Fällung von gelöstem Calciumcarbonat mit dem Hangzugwasser,
 - Zufuhr von ungelöstem Calciumcarbonat durch Bodenerosion und –akkumulation im Profilvereich.
- Unberücksichtigt in der Berechnung der Sickerwassermenge blieb der Oberflächenabfluß, der insbesondere im Winterhalbjahr (gefrorener Boden) eine Rolle spielt. Damit sind die zur Bilanzierung angenommenen jährlichen Sickerwassermengen für die in Ober- bzw. Mittelhanglage befindlichen Profile zu hoch und bedingen eine Verringerung des berechneten Zeitraums für die Kalklösung.
- Es wurden Vegetation bzw. Nutzungsart jeweils als konstant über das gesamte Holozän hinweg angenommen, was nicht der Realität entspricht. Eindeutig um das mehrfache die erwarteten Ergebnisse übersteigend ist die Berechnung unter Annahme einer Nadelwaldvegetation, die laut paläobotanischer Analyse nur im Präboreal im Einzugsgebiet der Catena Biesenbrow in Form eines Kiefernwaldes vorhanden war. Um bessere Daten zu berechnen, müßten anhand der aus der paläoökologischen Analyse gewonnenen Erkenntnisse Zeiträume mit Ackernutzung und mit Wiederbewaldung (Laubmischwald) modelliert werden.
- Es wurde eine Extrapolation der Klimadaten der Station Augustenfelde auf das Gebiet der Catena Biesenbrow (ca. 12 km entfernt) vorgenommen.
- Die Extrapolation der rezenten jährlichen Versickerungsraten auf das gesamte Holozän ist zu ungenau. Allerdings sollten die rezenten Werte eher zu einer Verkürzung des realen Entkalkungszeitraumes führen, da zumindest im Alt- und Mittelholozän aufgrund der globalen Klimaschwankungen geringere Versickerungsraten und damit auch der jährlichen Raten der Kalkabfuhr verbunden waren.
- Die nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum wurde als konstant angenommen. Tatsächlich hat sie sich seit Beginn der Bodenbildung erhöht, was zu einer Verringerung der Versickerungsrate führte. Davon ausgehend führt die Annahme ihrer Konstanz zu Berechnung eines kürzeren Entkalkungszeitraumes als real vorgefallen.

Diese Betrachtung der Fehlerquellen zur Datierung des pedogenetischen Prozesses der Entkalkung und die unbefriedigenden Ergebnisse führten zu dem Schluß, daß diese Methode für die weitere Bearbeitung der Fragestellung als ungeeignet, da zu ungenau, bewertet wurde. Die Zahl der unbekanntenen Variablen ist zu groß, um befriedigende Ergebnisse zu erhalten.

1.6 Untersuchung der organischen Bodensubstanz

1.6.1 Humuskomplexanalyse

Die Humusfraktionierung aus ausgewählten Bodenhorizonten hat folgendes ergeben:

- Der Gehalt an Huminsäuren und insbesondere der an Carbonate gebundenen Huminsäurenfraktion (2) (Tabelle 36) ist ausgesprochen hoch und nimmt in den begrabenen Humushorizonten gegenüber den darüberliegenden, jüngeren Horizonten zu. Da diese Fraktion als Indikator für Schwarzerdehumus angesehen wird (ORLOV 1990/96, CHICHAGOVA 1992, ALTERMANN 1969), wird die Schwarzerdegenese für diese Humushorizonte bestätigt.
- Der ausgesprochen hohe Anteil der nicht extrahierbaren Huminstoffe (Tabelle 36), der zu einem großen Teil aus den Ton-Humus-Komplexen gebildet wird, wird ebenfalls als Indiz für die Tschernosemierung (ORLOV et al. 1996) angesehen.
- Ein weiterer Indikator für Schwarzerdehumus ist das Verhältnis Huminsäuren/Fulvosäuren mit Werten über 1, d.h. die Zugehörigkeit zum Humat-Humustyp (ORLOV 1990, 1996). Auch hier wird ein Anstieg der Werte in den begrabenen Humushorizonten auf bis z.T. über 2 registriert (Abbildung 25).

Tabelle 36: Ergebnisse der Humusfraktionierung ausgewählter Bodenhorizonte, Catena Biesenbrow (nach CHICHAGOVA 1998)

Profil	Horizont	OBS (%)	Huminsäuren (%)		Fulvosäuren (%)			Rest (%)	C _{HS} /C _{FS}
			1	2	1"	1	2		
E	Ap	2,79	1,3	18,5	3,1	2,5	10,4	64,2	1,24
	Ah1	1,86	0,5	25,4	3,7	0,0	13,9	56,5	1,47
	Ah2	1,88	0,6	30,6	2,7	0,1	11,9	54,1	2,12
I	Ap	2,64	1,5	17,4	3,2	2,7	11,1	64,1	1,11
	Mah1	2,26	1,1	20,3	3,0	1,5	12,3	61,8	1,27
	fAh	1,90	0,6	27,6	3,6	0,3	14,3	53,6	1,55
L	Ap	3,05	2,0	17,2	2,8	3,0	10,0	65,0	1,22
	Mah1	2,79	0,6	24,7	2,4	1,1	11,3	59,9	1,71
	Mah2	2,65	0,4	24,3	2,6	0,9	11,4	60,4	1,66
	MAch	2,90	0,3	30,7	2,4	0,6	11,2	54,8	2,18
	fAh	2,59	0,5	32,8	2,0	1,0	12,4	51,3	2,16

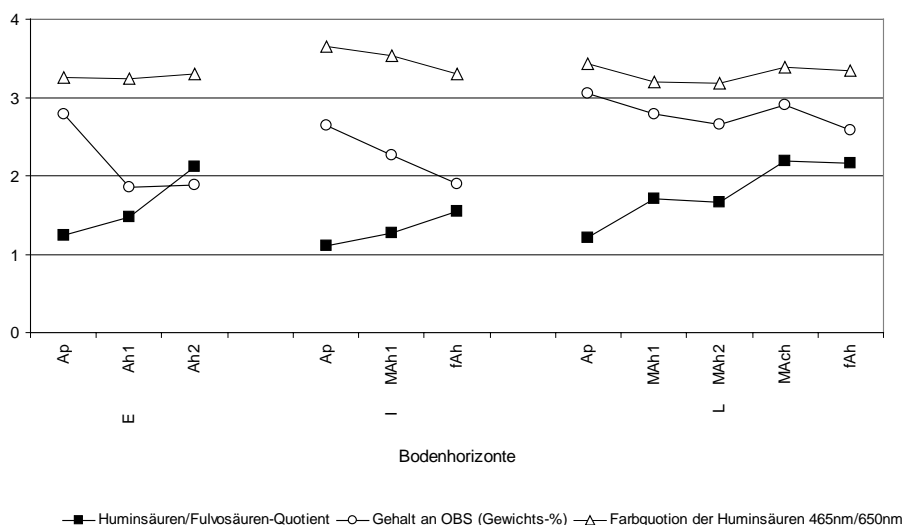


Abbildung 25: Graphische Darstellung einiger Humuseigenschaften ausgewählter Bodenhorizonte der Catena Biesenbrow

1.6.2 Optische Untersuchung

Die Bestimmung der Absorptionsspektren der Huminsäureextrakte und des Farbquotienten 465nm/650nm hat die für dunkle Böden typischen Werte (> 3 , Abbildung 25) ergeben. Außerdem ist nur eine geringe Schwankung des Quotienten innerhalb der einzelnen Bodenprofile zu verzeichnen, was ebenfalls typisch für Tschernoseme ist (ORLOV et al. 1996; MARKGRAF 1964, STRUNK-LICHTENBERG 1970).

Ein Gehalt an „grünem Pigment“ (Pg) im Humus (nach SATO 1974) konnte nicht nachgewiesen werden. Das Fehlen dieses Indikator für Feuchthumusakkumulation kann folgendermaßen interpretiert werden:

- Die Humusakkumulation erfolgte unter anhydromorphen Bedingungen.
- Wenn die Humusakkumulation unter hydromorphen Bedingungen stattgefunden hat, wurde das „grüne Pigment“ in einer späteren Trockenphase vollständig zersetzt.

1.6.3 Thermogravimetrische Untersuchung

Alle durch die Humusfraktionierung untersuchten Proben wurden auch der Humusqualitätsanalyse nach Ch. Siewert (SIEWERT 1994/95) unterzogen.

Die berechneten Q2-Indizes der Catena Biesenbrow liegen zwischen 0.4 und 0.7 (Tabelle 37). Sie entsprechen damit Werten, die bisher in ackerbaulich genutzten Böden der Waldsteppe und in Schwarzerden unter natürlicher Vegetation gefunden wurden. Unterhalb der Ap- Horizonte wird allerdings die Interpretierbarkeit der Ergebnisse durch Abweichungen von den verwendeten Beziehungen in Frage gestellt. Dies äußert sich in den angegebenen K2-Werten und ist mit dem Verlust von gebundenem Wasser in der OBS begrabener Böden zu erklären.

Die analysierten Proben zeigen keine Abweichungen bei K1, wie sie sonst typisch für Humusstoffe sind, die unter hydromorphen Einflüssen gebildet wurden (SIEWERT 1999). Alle Proben liegen innerhalb des Gültigkeitsbereiches der Beziehung zwischen der Menge humifizierter Substanz und gebundenem Wasser. Außerdem fehlen Hinweise auf überhöhte Anteile umsetzbarer Komponenten, alle K2 - Werte sind negativ und weisen damit auf deutlich reduzierte Anteile umsetzbarer Komponenten hin. Erklärbar ist dies durch verstärkten biologischen Abbau umsetzbarer Komponenten unter nichthydromorphen Bedingungen. Die Abweichungen K1 – K3 kennzeichnen die veränderten Proportionen zwischen Zufuhr und Abbau umsetzbarer Komponenten zugunsten von Abbauprozessen seit der Humusgenese und zeugen vom reliktschen Charakter der organischen Bodensubstanz in den untersuchten Böden.

Tabelle 37: Thermogravimetrische OBS - Qualitätsindizes der Catena "Biesenbrow" mit Kontrollkriterien (nach SIEWERT)

		Qualitätsindizes und Kontrollkriterien		
Profil	Horizont	Q1	Q2	Q3
E	Ap	2.7	0.6	2.5 (K3: -0.3)
	Ah	1.7	0.4 (K2: -1.1)	1.6 (K3: -0.3)
	Axh	2.5	0.5 (K2: -1.6)	1.6 (K3: -0.4)
I	Ap	2.6	0.7	2.5 (K3: -0.4)
	Ah	2.3	0.6 (K2: -1.0)	2.0 (K3: -0.3)
	II fAxh	2.1	0.4 (K2: -1.2)	1.6 (K3: -0.3)
L	Ap	3.0	0.7	2.7 (K3: -0.3)
	Ah1	2.4	0.5 (K2: -0.9)	2.2 (K3: -0.4)
	Ah2	2.3	0.5 (K2: -1.1)	1.9 (K3: -0.4)
	Ach	3.4	0.5 (K2: -1.3)	1.9 (K3: -0.4)
	II fAxh	2.7	0.4 (K2: -1.2)	1.7 (K3: -0.4)

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte läßt sich durch Interpolation auf ursprüngliche Anteile umsetzbarer Substanz die Höhe der Q2-Werte korrigieren. Dabei ergeben sich Werte um 0,8 bis maximal 1,3 (SIEWERT 1999). Diese Werte gestatten die Zuordnung der analysierten Proben zu Böden der Waldsteppe (bei Beeinflussung durch langjährigen Ackerbau) oder der Steppen (bei Bildung unter natürlicher Vegetation). Gleiche Aussagen ergeben sich aus einer Analyse und Korrektur der Q3-Werte. Damit weisen die thermogravimetrisch erfaßten Kenngrößen der organischen Bodensubstanz auf eine Entstehung der untersuchten Böden als Schwarzerden hin.

1.6.4 Inkubation

Für alle humusanalytisch untersuchten Bodenproben wurden auch Versuche zur Bodenatmung durchgeführt.

Alle untersuchten Proben zeigen den typischen Kurvenverlauf für wechselfeuchte Bedingungen (s. Abbildung 26), d.h. für Humus mit kontinentaler Genese. Das bestätigt wiederum die Schwarzerdegenese. Da sich jedoch alle untersuchten Böden rezent unter Ackernutzung (d.h. Bedingungen mit Trockenphasen) befinden, können diese Daten nur für die begrabenen Horizonte als sinnvoll angesehen werden.

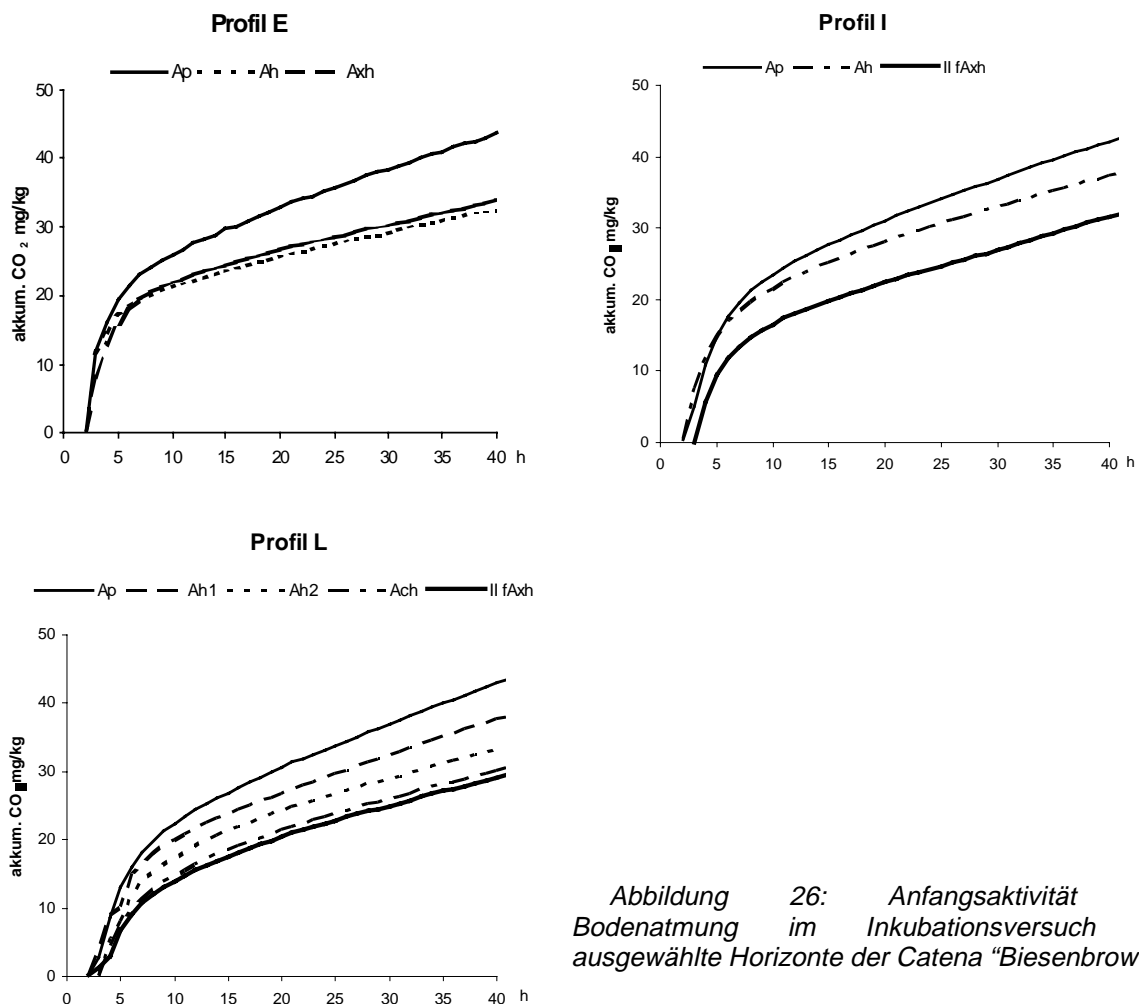


Abbildung 26: Anfangsaktivität der Bodenatmung im Inkubationsversuch für ausgewählte Horizonte der Catena "Biesenbrow"

1.7 14C-Datierungen

1.7.1 14C-Datierungen des Humus

In 4 Böden wurde für den begrabenen Humushorizont eine 14C-Altersdatierung des gesamten organischen Kohlenstoffes der organischen Bodensubstanz durchgeführt (P. BECKER-HEIDMANN, Hamburg). Außerdem wurde in zwei Böden zum Vergleich der Humus des hangenden Kolluviums

nach der gleichen 14C-Methode datiert (Tabelle 38). Da es sich um Mischalter handelt (s. II. 2.1 „14C-Altersdatierung der organischen Bodensubstanz“) und außerdem eine Kontamination durch jüngere Humusstoffe nicht ausgeschlossen werden kann, müssen die Ergebnisse als zu jung eingeschätzt werden. Sie geben einen Anhaltspunkt zum Mindestalter des Schwarzerdehumus (5900 BP – 4480 BP, Mittleres Atlantikum – Frühes Subboreal) und vermitteln eine zeitliche Vorstellung zum *Zeitraum* der Verbreitung der Schwarzerden an der Oberfläche.

Bedeutend jüngere Alter (1215 BP und 1990 BP) weist der organische Kohlenstoff des hangenden humosen Kolluviums aus. Hier handelt es sich eindeutig um Mischalter des kolluvial verlagerten alten Humus und der intensiven Kontamination durch junge Humusstoffe.

Es wurde versucht, die Fraktion des "inerten Humus" zu datieren - den Ton-Humuskomplex der Ton-Zwischenschichten (s. s. II. 2.1 „14C-Altersdatierung der organischen Bodensubstanz“, Tabelle 38). Die Differenzen der Altersdatierungen im Ton-Humuskomplex zum Gesamtkohlenstoff von ca. 1000 Jahren deuten darauf hin, daß es sich im Gegensatz zu Podsolen und Braunerden bei dieser Fraktion in Schwarzerden und schwarzerdeartigen Böden nicht um den ältesten Humus handelt (CHICHAGOVA 1992). Das widerspricht jedoch nicht der Theorie, daß es sich bei den Ton-Humuskomplexen um die inerteste Humusfraktion handelt. Erklärt werden kann das jüngere Alter des organischen Kohlenstoffes in den Tonzwischenschichten mit der erst nach der Schwarzerdegenese mit fortschreitender Entkalkung intensiver ablaufenden Tonmineralverwitterung. Daher konnte an die neu entstandenen Tone auch jüngerer Kohlenstoff gebunden werden.

Tabelle 38: 14C-Alter des Gesamtgehaltes an organischem Kohlenstoff und des organischen Kohlenstoffes aus der Tonmineral-Zwischenschicht begrabener Humushorizonte der Schwarzerden und des humosen Kolluviums (IfB, Uni Hamburg)

Profil-Nr.	Bodentyp	Horizont	Tiefe in cm	Fraktion	Konventionelles 14C-Alter	Lab.-Nr.
0701 I	Kolluvial überdeckter Parabraunerde-Tschernosem	fAh	60 – 70	ges. C org.	5050±70 BP	HAM 3608
				Corg. Tonmin.	3970±40 BP	HAM 3609
0505 L	Kolluvial überdeckter Parabraunerde-Tschernosem	fAh	100 – 105	ges. C org	5900±80 BP	HAM 3610
				Corg. Tonmin.	5060±40 BP	HAM 3611
S9501 ³	Kolluvial überdeckter Gley-Tschernomsem	M°Ah	25 – 60	ges. C org	1215±50 BP	HAM 3459
		fAh	60 – 90	ges. C org	4310±60 BP	HAM 3460
S9502 ²	Parabraunerde-Tschernosem	M°Ah	45 – 65	ges. C org	1990±50 BP	HAM 3461
		fAch	56 – 85	ges. C org	4480±60 BP	HAM 3462

1.7.2 14C-Datierungen im Kolluvium

Es wurden insgesamt 13 AMS-Datierungen unterschiedlicher Fraktionen aus Brandhorizonten des Kolluviums durchgeführt. Für die organischen Sedimente der Schichten B und D (Tabelle 8, Abbildung 7) wurden je eine Datierung des kohligen Torfes und eine Datierung der Makroreste vorgenommen. Die Altersdatierung der kohligen Substanz soll den Sedimentationszeitraum bestimmen. Für Schicht B konnte durch die pollenanalytische Untersuchung bereits das Präboreal bestimmt werden. Eine zeitliche Zuordnung aufgrund der Pollenanalyse von Schicht D war nicht möglich. Die Datierung der Makroreste (Wurzeln u.ä.) soll Aufschluß über Trockenperioden oder Perioden mit extremen Wasserspiegelschwankungen geben, in denen die Durchwurzelung bis in diese Schichten reichte.

Die aus verschiedenen Fraktionen der Schichten B (Liegendes des Schwarzen Kolluviums) und D (Brandschicht im Schwarzen Kolluvium) (Tabelle 8, Tabelle 39, Tabelle 40) gewonnenen 14C-Daten widerspiegeln die Komplexität der Genese des Schwarzen Kolluviums.

Sowohl bei Schicht B als auch bei Schicht D handelt es sich um ehemalige Geländeoberflächen, die Ruhephasen in der Morphodynamik kennzeichnen (s. Abschnitt III.1.8). Wie die Großrestanalyse des Materials zeigt (Tabelle 8, Tabelle 41), sind in beiden Schichten Reste von Laubblättern und

³ Die Bodenprofile S 9501 und S9502 sind in unmittelbarer Nähe zur Catena Biesenbrow in der Vorerkundungsphase aufgenommen worden.

Epidermen krautiger Pflanzen in guter Erhaltung und großer Anzahl vorhanden, was eine kolluviale Verlagerung ausschließt. Beide Schichten zeichnen sich darüber hinaus durch einen ausgesprochen hohen Anteil an Kohlepartikeln aus (Brandhorizonte).

Die 14C-Alter der Laubblattreste/Huminsäuren sollten diese Oberflächen am besten datieren. Für Schicht B wäre das ein jungsteinzeitliches Alter von 3755 - 3653 cal BC und für Schicht D ein eisenzeitliches Alter von 405 - 391 cal BC. Die 14C-Alter für den Feintorf und kleinste Kohlepartikel liegen bei Schicht B um ca. 1000 Jahre vor der Datierung der Oberfläche. Da der untere Teil dieser Schicht aufgrund der Pollenanalysen dem Präboreal (PB) zugeordnet werden kann (Tabelle 8), läßt sich diese Differenz durch die Einmischung des alten Torfes durch die Moorbrände und das Alter somit als Mischalter erklären. Bei Schicht D beträgt dieser Unterschied ca. 600 Jahre, wobei hier zusätzlich das Alter des kolluvial verlagerten Schwarzerdehumus eine Rolle spielt.

Tabelle 39: 14C-Alter verschiedener Fraktionen aus Schicht B des Schwarzen Kolluviums (Bohrung S2), Catena Biesenbrow (AMS-Labor, Uni Kiel)

KIA4756: Entnahmetiefe 1,50 - 1,55, Schicht B, pH = 6,0, CaCO ₃ = 33%, Corg (%)=19,5		
Datierte Fraktion (LR = Lauge Rest, HS = Huminsäuren)	Konventionelles 14C-Alter	Kalibriertes Alter
Grobe Pflanzenreste, Laubblattreste (LR)	2420 ± 40 BP	cal BC 752 (476, 474, 410) 402
Laubblattfragmente, z.T. stark zersetzt (LR)	2630 ± 30 BP	cal BC 808 (798) 790
Laubblattfragmente, z.T. stark zersetzt (HS)	4920 ± 30 BP	cal BC 3755 (3702, 3680, 3672) 3653
Feintorf / Kohlepartikel (LR)	5250 ± 40 BP	cal BC 4218 (4076, 4048, 4041, 4006, 4004) 3980
Feintorf / Kohlepartikel (HS)	5900 ± 40 BP	cal BC 4889 (4788) 4713
Carbonatschalen	6130 ± 50 BP	cal BC 5211 (5206, 5182, 5057, 5049, 5042) 4989

Tabelle 40: 14C-Alter verschiedener Fraktionen aus Schicht D des Schwarzen Kolluviums (Bohrung S2), Catena Biesenbrow (AMS-Labor, Uni Kiel)

KIA4755: Entnahmetiefe 0,75 - 0,80; Schicht D, pH = 7,1, CaCO ₃ = 75%, Corg=9,8%		
Datierte Fraktion (LR = Lauge Rest, HS = Huminsäuren)	Konventionelles 14C-Alter	Kalibriertes Alter
Grobe Pflanzenreste (LR)	1510 ± 40 BP	cal AD 537 (559, 573, 576) 635
Wurzeln u. wurzelähnliches org. Material (LR)	1620 ± 70 BP	cal AD 362 (430) 540
Pflanzenreste, org. Material (LR)	1920 ± 40 BP	cal AD 31 (79) 130
Pflanzenreste, org. Material (HS)	2360 ± 30 BP	cal BC 405 (399) 391
Feintorf / Kohlepartikel (LR)	2650 ± 50 BP	cal BC 827 (804) 791
Feintorf / Kohlepartikel (HS)	2970 ± 30 BP	cal BC 1255 (1210, 1201, 1175, 1130, 1116, 1114) 1053
Carbonatschalen	3320 ± 40 BP	cal BC 1684 (1601, 1586, 1575, 1555, 1542, 1533) 1514

Die für jede Schicht zu hohen 14C-Alter der Molluskenschalen sind auf den Hartwassereffekt des kalkhaltigen Grund- und Moorwassers zurückzuführen. Außerdem können kolluviale Verlagerungen von älteren Mollusken eine Rolle spielen.

Auffallend sind die jeweils sehr jungen 14C-Alter der Wurzel- bzw. laugelöslchen Fraktionen, die offenbar Phasen mit Grundwasserspiegelabsenkungen und damit verbundener tiefer Durchwurzelung und Huminsäuremobilisierung markieren. Eine solche Phase wird in der Schicht B mit 752 - 402 cal BC und 808 - 790 cal BC markiert und entspricht der voreisenzeitlichen Oberfläche (Schicht D). In Schicht D wird eine weitere „Trockenphase“ mit 537 - 635 cal AD, 362 - 540 cal AD und 31 - 130 cal AD datiert. Diese Datierungen sollten der nacheisenzeitlichen Trocken- und morphologischen

Ruhephase entsprechen und die Oberfläche des Schwarzen Kolluviums (Oberfläche von Schicht E) datieren.

1.8 Paläobotanische und paläozoologische Untersuchungen

An den Bohrkernen der Bohrungen S2 und S4 (Abbildung 7) wurden palynologische Untersuchungen und Untersuchungen der Phytolithen und Molluskenfauna durchgeführt, die die paläoökologischen Bedingungen der Genese dieser Schichten, die hauptsächlich durch das Schwarze Kolluvium gebildet werden, charakterisieren sollen.

1.8.1 Pollenanalyse

Es wurden aus den Bohrkernen S2 und S4 insgesamt 32 Proben pollenanalytisch durch A. Brande, TU Berlin untersucht. Die Ergebnisse wurden gemeinsam diskutiert und ausgewertet.

Die Pollenführung ist durchweg äußerst gering und die Pollenerhaltung sehr schlecht. Der verbleibende Pollenanteil ergibt durch selektive Zersetzung extrem stark verzerrte Pollenspektren. Einige Proben sind durch vollständige Zersetzung pollenfrei. Die Ergebnisse der Datierungen können sich lediglich auf qualitative Kriterien (Pollentypen) stützen und umfassen teilweise große Zeitspannen oder Angaben wie „jünger als“. Daraus ergibt sich, daß die Ergebnisse nicht als Pollendiagramm dargestellt werden können; ihre Angabe erfolgt in der zur Abbildung 7 gehörenden Tabelle 8: Charakteristika der Schichten/Kolluvien der Catena "Biesenbrow".

Auf die spätglazialen minerogenen Ablagerungen (Alleröd, Jüngere Dryas) folgen als erste organogene Sedimente der Senke des heutigen entwässerten Talmoores Torfe des Präboreals. Sie kennzeichnen ein mesotroph-eutrophes Niedermoor in einer Umgebung von Birken-Kiefernwäldern. Ablagerungen des Boreals scheinen zu fehlen. Das Unterste Kolluvium bzw. kalkhaltige Torfe des Atlantikums (und evtl. jünger) sind in einer Kiefern-Laubholzmischwald-Vegetation abgelagert. Für das gesamte Schwarze Kolluvium ist der Adlerfarn als Rodungszeiger neben Getreide und krautigen Kulturbegleitern (z.B. Spitzwegerich) charakteristisch. Im oberen Teil kommt der Pollen von Rotbuche hinzu. Ausschlaggebend für die Einordnung des mittleren Kolluviums als mittelalterlich ist das Vorkommen von Roggen. Im oberen Kolluvium tritt reichlich Pollen von Raps auf, was die Einordnung als spätneuzeitlich erlaubt. Andere Pollentypen ermöglichen die Präzisierung der genetischen Deutung der Sedimente aus der lokalen Vegetation des Talmoores. Sie bestätigen zudem die Rekonstruktion der Torfbildung (neben Quellmooren überwiegend Versumpfungstorfe mit vorherrschendem Schilf und zeitweiligen Flachwasserbedingungen) im östlich anschließenden Talverlauf (Succow 1988).

1.8.2 Analyse der Phytolithen

An 7 Proben aus den kolluvialen Schichten C, D, E und G (Tabelle 8), die in Bohrung S2 erbohrt wurden, wurde die Zusammensetzung der Phytolithen und anderer biomorpher Bodenbildungen untersucht (A.A. GOLYEVA Moskau).

Die Ergebnisse dieser Analyse liegen als Gutachten vor und sind in Tabelle 41, Tabelle 42 und Abbildung 27 dargestellt.

Aufgrund der pollenanalytischen Datierungen (Tabelle 8) und der ^{14}C -Datierungen aus dem Kolluvium Schicht B und D (Tabelle 39, Tabelle 40) kann eine zeitliche Zuordnung der untersuchten Schichten erfolgen.

Für den Beginn der Sedimentation des untersten neolithischen Schwarzen Kolluviums (C_{Basis}) ist eine sehr geringe Anzahl von Phytolithen charakteristisch, die keine Aussagen zur Vegetation und paläoökologischen Bedingungen zuläßt, was jedoch charakteristisch für die Sedimentation in einem Gewässer ist. Ein großer Anteil von Holzkohleteilchen legt die Schlußfolgerung des Beginns der Sedimentation aufgrund von Brandeinwirkung nahe. Im oberen Teil (C_{Top}) des neolithischen Kolluviums zeigt die Zusammensetzung der biomorphen Bodenbildungen (Detritus, Epidermiszellen, Zellwandabdrücke, kaum Pollen) von einer Bodenbildung unter hydromorphen Bedingungen, jedoch ohne Versumpfung oder Torfbildung. Es sind Phytolithen sowohl von Wiesen- als auch Waldgrasarten und von Seggen vorhanden, was auf ein Wald-Wiesen-Vegetationsmosaik im Einzugsgebiet schließen läßt.

Nahezu identisch ist die Zusammensetzung der biomorphen Bodenneubildungen und der Phytolithen in der gesamten bronze-eisenzeitliche Schicht D (D1/D2, 405 - 391 cal BC). Auffällig ist die sehr große Phytolithenanzahl, die große Anzahl von pflanzlichen Makroresten, Zellwandresten und Wurzeln, z.T. Holzkohlepartikel. Pollen fehlen vollständig. Außerdem sind Reste von Schwämmen vorhanden. Der Phytolithenkomplex ist aus verschiedenen Komponenten (Nadelmischwalde, Wiesengräser, Gräser des Offenlandes) zusammengesetzt. Ausgehend von dieser Charakteristik läßt sich für die Bildungsbedingungen dieser Schicht folgendes schlußfolgern: es handelt sich um Kolluvium, das zeitlich auf eine Brandeinwirkung in einer Vegetation mit Wald-Wiesen-Mosaik folgte. Auf diesem Kolluvium fand syndementär eine Bodenbildung statt, die durch hydromorphe Bedingungen geprägt ist. Kurzzeitig sind erhöhte Wasserstände mit Bildung von offenen Wasserflächen anzunehmen.

Im oberen Teil des Schwarzen Kolluviums ($E_{\text{Basis}}/E_{\text{Top}}$) sinkt die Anzahl der Phytolithen ab. Die Zusammensetzung des Phytolithenkomplexes läßt auf ein Mosaik von Mischwald (hauptsächlich mit Kiefer) und Wiesenvegetation schließen. Die große Anteil von Epidermiszellen im Phytolithenkomplex von Schicht E_{Top} zeugt von einer Pause im Sedimentationsprozeß.

Das gesamte Schichtpaket des Schwarzen Kolluviums (C-E) hat einen ausgesprochen hohen Anteil von fossilen Phytolithenformen, was die überwiegend kolluviale Genese des Sedimentes belegt.

Die mittelalterliche Schicht (G_{Basis}) unterscheidet sich grundlegend von den liegenden Schichten. Neben einer großen Anzahl von Holzkohleteilchen und pflanzlichen Makroresten sind kaum Pollen und nur eine geringe Anzahl von Phytolithen vorhanden. Im Phytolithenkomplex fehlen vollständig Arten des Waldes, es kommen Grasarten des Offenlandes hinzu. Diese Zusammensetzung läßt auf eine Brandeinwirkung in einem durch Wiesen und Ackerflächen bestimmten Vegetationsmosaik schließen.

Tabelle 41: Vergleichende halbquantitative Charakteristik der biomorphen Bodenneubildungen (Bohrung S2, Catena Biesenbrow, Probenvolumen je 100cm^3 ; 3 – in großer Anzahl vorhanden, 2 – mittlere Anzahl, 1 – wenig, einz. – einzelne nach A.A. GOLYEVA)

Schicht	Tiefe (cm)	PZ	Detritus	Wurzeln	Zellwand- abdrücke	Holzkohle	Schwämme (Spiculae)	Phytolithen		Pollen und Sporen
								fossile	rezente	
G_{Basis}	40-45	IX	1	1	0	2	0	0	1	einz.
E_{Top}	60-65	VIII	3	2	1	0	0	0	1	1
E_{Basis}	65-70	VI – VIII	3	3	1	0	0	einz.	einz.	einz.
D_1	70-75	-	3	1	3	2	einz.	1	3	einz.
D_2	75-80	-	3	3	2	2	einz.	1	3	einz.
C_{Top}	90-95	VI ff.	3	1	3	3	0	1	3	einz.
C_{Basis}	115-120	VI ff.	3	0	0	3	0	einz.	1	einz.

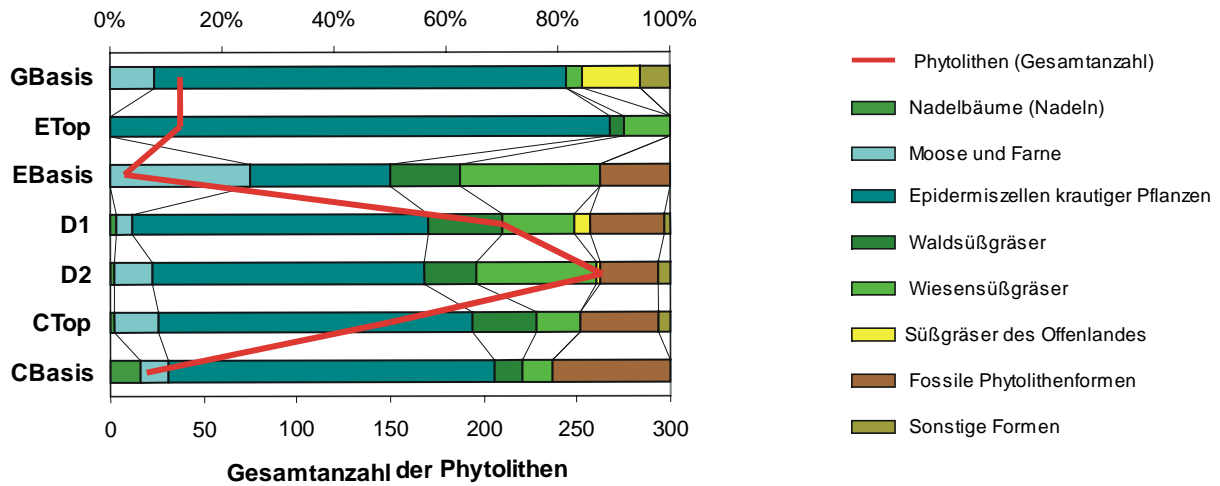


Abbildung 27: Phytolithendiagramm der Bohrung S2, Catena Biesenbrow

Tabelle 42: Ergebnisse der Phytolithenanalyse an Bohrkern S2, Probenvolumen je 100cm³ (nach A.A. Golyeva)

Schicht	Tiefe (cm)	PZ	Silikatbiomorphe (Gesamtanzahl)	Schwämme (Spiculae)	Phytolithen (Gesamtanzahl)	Rezente Phytolithenformen						Fossile Phytolithenformen	Sonstige Formen
						Nadelbäume (Nadeln)	Moose und Farne	Epidermiszellen krautiger Pflanzen	Waldsüßgräser	Wiesensüßgräser	Süßgräser des Offenlandes		
G _{Basis}	40-45	IX	38	0	38	0	3	28	0	1	4	0	2
E _{Top}	60-65	VIII	37	0	37	0	0	33	1	3	0	0	0
E _{Basis}	65-70	VI - VIII	8	0	8	0	2	2	1	2	0	1	0
D ₁	70-75	-	212	2	210	2	6	111	28	27	6	28	2
D ₂	75-80	-	266	2	264	2	18	128	25	56	2	27	6
C _{Top}	90-95	VI ff.	150	0	150	1	12	84	17	12	0	21	3
C _{Basis}	115-120	VI ff.	19	0	19	1	1	11	1	1	0	4	0

1.8.3 Analyse der Mollusken

Die Analyse der Molluskenfauna der Catena Biesenbrow wurde an den Bohrkernen der Bohrungen S2 und S4 (Abbildung 7) für insgesamt 10 Einzelproben durch H. Rittweger, Marburg, durchgeführt und in gemeinsamer Diskussion ausgewertet. Die Arten wurden den ökologischen Gruppen nach LOZEK, 1964 zugeordnet (Tabelle 43).

Da die Untersuchungen an Proben aus Bohrkernen durchgeführt wurden, sind die Probenvolumina für eine umfassende paläoökologische, statistisch abgesicherte Bewertung der vorliegenden Molluskenthanatozönosen (und damit die Individuenzahlen) zu gering. Dennoch ergibt sich eine eindeutige Tendenz, die zu klaren Schlußfolgerungen berechtigt (RITTWEGER, Gutachten 1998). Es sind sowohl die Molluskenspektren der Arten als auch der Individuen dargestellt (Abbildung 28).

Anhand der pollenanalytischen (Tabelle 8) und 14C-Datierungen (Tabelle 39, Tabelle 40) ist eine zeitliche Zuordnung der untersuchten Schichten ausschnittsweise zum gesamten Holozän möglich (Frühholozän - Schicht B; Mittelholozän - Schichten C, D, E und Spätholozän - Subatlantikum in Schicht G). Dennoch sind innerhalb der Artenzusammensetzung keine deutlichen Veränderungen zu erkennen, die auf Veränderungen der paläoökologischen Bedingungen schließen lassen könnten. Es ist jedoch auffällig, daß sowohl in der Arten- als auch in der Individuenzusammensetzung ein großer

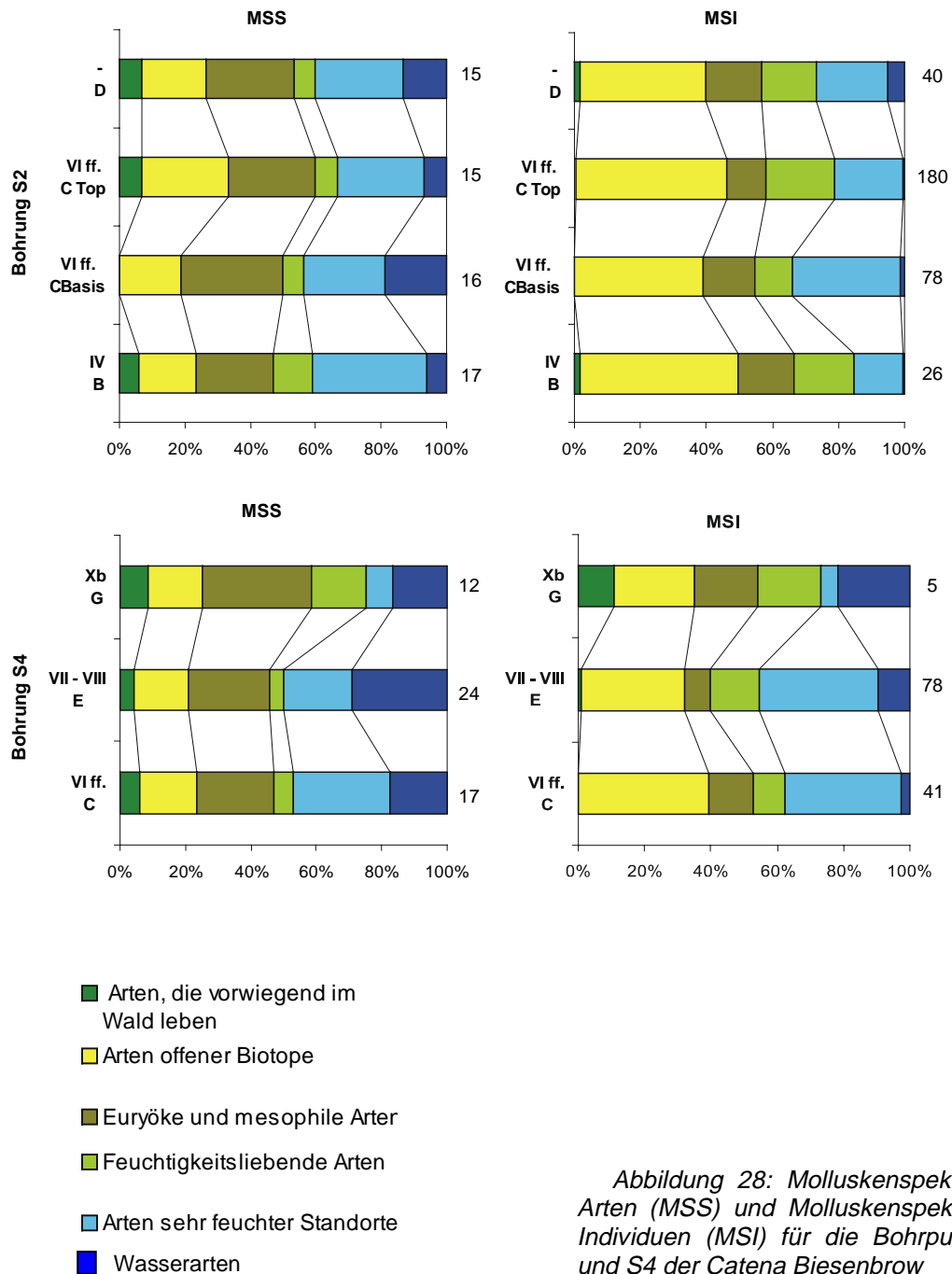


Abbildung 28: Molluskenspektren der Arten (MSS) und Molluskenspektren der Individuen (MSI) für die Bohrpunkte S2 und S4 der Catena Biesenbrow

Anteil von euryöken und mesophilen Arten (ökologische Gruppe 7 nach LOZEK 1964) eingenommen wird. Die Arten dieser Gruppe lassen jedoch im Hinblick auf Umweltveränderungen nur sehr eingeschränkt Aussagen zu (RITTWEGER 1998).

In allen Schichten ist ein ungefähr gleichbleibender Anteil von Feucht- und Sumpfsarten zu verzeichnen (ökologische Gruppen 8 und 9 nach LOZEK 1964), wobei ihr Anteil im Zentrum der Senke (Bohrung S4) deutlich höher ist als an deren Rand (Bohrung S2). Insbesondere im Zentrum der Senke war über den untersuchten Zeitraum wahrscheinlich immer wieder phasenhaft mit Wasserbedeckung zu rechnen. Insbesondere in der bronze-eisenzeitlichen Schicht E ist aufgrund der erhöhten Arten- und Individuenzahl der Wasserarten (ökologische Gruppe 10 nach LOZEK 1964) von einem Offengewässer auszugehen.

Nahezu konstant über alle Schichten sind mit hohen Arten- und Individuenwerten die Arten offener Biotope (ökologische Gruppe 5 nach LOZEK 1964). Sie weisen sowohl auf eine offene Sumpflandschaft (*Vallonia pulchella*) als auch auf benachbarte offene, besonnte Trockenstandorte

Tabelle 43: Ergebnisse der Molluskenanalyse an den Bohrkernen S2 und S4 (nach Rittweger 1998, *): Zusammenfassung in ökologischen Gruppen nach Lozek 1964)

	Proben-Nr.:	1+2	3	4	5	6+7	8+9	10
	Bohrkern	S2	S2	S2	S2	S4	S4	S4
	Schicht	B	C _{Basis}	C _{Top}	D	C	E	G
	PZ	IV	VI ff.	VI ff.	-	VI ff.	VII - VIII	Xb
Ökologische Gruppe (nach LOZEK, 1964)	Art							
2. Arten, die vorwiegend im Wald leben	<i>Bradybaena fruticum</i>	3	-	2	1	1	5	4
	Artenanzahl der Gruppe	1	0	1	1	1	1	1
5. Arten offener Biotope:	<i>Pupilla muscorum</i>	-	-	2	-	-	1	3
	<i>Vallonia costata</i>	40	21	80	2	43	19	-
	<i>Vallonia pulchella</i>	47	81	154	19	206	110	6
	<i>Vertigo pygmaea</i>	1	4	10	2	12	14	-
	Artenanzahl der Gruppe	3	3	4	3	3	4	2
7. Euryöke u. mesophile Arten	<i>Cochlicopa lubrica</i>	9	18	32	4	31	23	3
	<i>Euconulus fulvus</i>	1	4	5	1	9	2	-
	<i>Limacidae (sp. Div.)</i>	-	-	-	-	-	1	-
	<i>Nesovitrea hammonis</i>	11	6	21	1	20	8	2
	<i>Punctum pygmaeum</i>	10	14	6	4	27	2	1
	<i>Trichia cf. Hispida</i>	-	-	-	-	-	.	1
	<i>Vitrina pellucida</i>	-	1	-	-	-	1	-
Artenanzahl der Gruppe	4	5	4	4	4	6	4	
8. Feuchtigkeitsliebende Arten	<i>Carychium tridentatum</i>	1	-	-	-	-	.	2
	<i>Vertigo angustior</i>	32	32	112	10	64	70	5
	Artenanzahl der Gruppe	2	1	1	1	1	1	2
9. Arten sehr feuchter Standorte	<i>Carychium minimum</i>	19	75	59	7	156	99	-
	<i>Succinea "putris-elegans" (juv.)</i>	3	5	21	2	26	30	-
	<i>Vallonia enniensis</i>	5	6	25	-	41	19	2
	<i>Vertigo antivertigo</i>	-	3	8	2	8	17	-
	<i>Vertigo moulinsiana</i>	-	-	-	-	-	1	-
	<i>Zonitoides nitidus</i>	-	-	-	2	1	2	-
Artenanzahl der Gruppe	6	4	4	4	5	5	1	
10. Wasserarten	<i>Bithynia tentaculata</i>	-	-	-	-	-	1	6
	<i>Galba truncatula (juv.)</i>	-	1	2	2	2	25	-
	<i>Gyraulus cf. Laevis (Frgm.)</i>	-	-	-	-	-	1	-
	<i>Radix peregra</i>	-	-	-	-	-	2	-
	<i>Stagnicola palustris (juv.)</i>	-	-	-	-	7	2	-
	<i>Valvata cristata</i>	1	1	-	-	-	2	2
	<i>Pisidium sp.</i>	-	1	-	1	9	11	-
Artenanzahl der Gruppe	1	3	1	2	3	7	2	
	Anzahl gesamt:	183	273	539	60	663	468	37
	Anzahl Arten:	17	16	15	15	17	24	12
	Volumen (ml)	700	350	300	150	1600	600	800

(*Vallonia costata*, *Pupilla muscorum*, *Vertigo pygmaea*) hin (RITTWEGER 1998). Allerdings fehlen Vertreter der Steppenarten (ökologische Gruppe 4 nach LOZEK 1964) vollständig.

Auffallend ist außerdem das vollständige Fehlen von Wald- oder Auwaldarten (ökologische Gruppen 1 u. 3 nach LOZEK 1964). Da insgesamt mehr als 2200 Individuen erfaßt wurden, könnte auf eine weitgehende Waldfreiheit am Standort während aller erfaßten Entwicklungsphasen geschlossen werden. *Bradybaena fruticum* allein kann hier nicht als Waldzeiger gewertet werden, da sie auch an

vielen anderen Standorten (z.B. Hecken, Felder, Gebüsch) lebt (RITTWEGER 1998).

Insgesamt ist die durch die untersuchten Proben charakterisierte Molluskensukzession sehr ähnlich der von MANIA, 1973 für das "Mitteldeutsche Trockengebiet" erarbeiteten. Unterschiedlich ist das Fehlen der Steppenarten. Typisch ist das vermehrte Auftreten der ökologisch breiten Arten seit dem Beginn der anthropogenen Nutzung des Gebietes. Damit widerspiegelt die Zusammensetzung der Molluskenfauna die ökologischen Bedingungen während der Kolluvialphasen, insbesondere des Bildungszeitraums des Schwarzen Kolluviums, dessen Artenzusammensetzung durch Arten feuchter Standorte und Arten des Offenlandes dominiert werden, d.h. ein Vegetations- und Nutzungsmosaik aus Wiesen und Ackerland kennzeichnen. Die in Schicht B gefundenen Mollusken sind zeitlich eher dem Atlantikum, d.h. der ersten neolithischen ackerbaulichen Nutzung zuzuordnen (entsprechend der 14C-Datierung der Holzkohle, Tabelle 39).

Ausgehend vom guten Erhaltungszustand der Mollusken im Schwarzen Kolluvium und ihrer großen Artenanzahl kann für den Senkenbereich der Catena Biesenbrow über das gesamte Holozän auf eine aktive Carbonatdynamik geschlossen werden.

1.8.4 Zusammenfassung

Die Gegenüberstellung der paläobotanischen und paläomalakologischen Untersuchungen läßt folgende Schlußfolgerungen zu den paläoökologischen Bedingungen im Holozän zu:

- Im Präboreal war das Einzugsgebiet der Catena Biesenbrow durch Birken-Kiefernwälder dominiert. In der Senke entwickelte sich ein mesotroph-eutrophes Niedermoor.
- Die Vegetation im Boreal und frühen Atlantikum wird indirekt durch die Zusammensetzung der Phytolithenkomplexe (allochthone Komponente) im Schwarzen Kolluvium repräsentiert und deutet auf ein Mischwaldmosaik hin. Die Existenz von typischen Steppenkomplexen läßt sich ausschließen.
- Die scheinbar widersprüchlichen Aussagen zum Vegetationsmosaik während der Bildungszeit des Schwarzen Kolluviums (Neolitikum bis Eisenzeit) sind folgendermaßen zu erklären:

Die Pollenanalyse und die Analyse der Phytolithen zeigen ein Mosaik aus einer krautreichen Kiefern-Laubmischwaldvegetation mit Feuchtwiesen- und Niedermooranteilen in Übereinstimmung mit der holozänen Waldentwicklung in Mitteleuropa, sowie Anteilen von als Ackerland genutzten Offenflächen sowohl lokal im hydrologischen Einzugsgebiet (Phytolithen) als auch in der näheren Umgebung (Pollen).

Aus dem Fehlen von Waldarten in den Molluskenkomplexen darf nicht auf Waldfreiheit des Einzugsgebietes geschlossen werden. Mollusken, die im Wald existierten sind im Kolluvium nicht repräsentiert, da sie in den unter Wald im Oberboden entkalkten Böden nicht erhalten blieben. Mollusken der offenen, besonnten Trockenstandorte (*Vallonia costata*, *Pupilla muscorum*, *Vertigo pygmaea*) sind daher ackerbaulichen Nutzungsphasen zuzuordnen, wenn einerseits aufgrund der Revitalisierung der Carbonatdynamik ihre Erhaltung und andererseits aufgrund der Bodenerosion ihr Transport in den Unterhang- und Senkenbereich gesichert waren. Diese Erklärung bedeutet gleichzeitig, daß der Oberboden der Tschernoseme zu Beginn der ersten Kolluvialphase im Neolithikum (3755 - 3653 cal BC) bereits entkalkt gewesen sein muß.

- In der mittelalterlichen Nutzungsphase war das oberirdische hydrologische Einzugsgebiet vollständig waldfrei.

1.9 Zusammenfassung Catena Biesenbrow

1.9.1 Landschaftsentwicklung

Ausgehend von den Ergebnissen zu Entwicklung von Vegetation, Wasserhaushalt und Boden am Beispiel der Catena Biesenbrow können folgende Etappen der holozänen Landschaftsentwicklung für das Areal der Pararendzina / Parabraunerde-Tschernosem / Kolluvisol - Bodengesellschaft rekonstruiert werden:

- I. Mit Beginn des Holozäns sinken im Präboreal die Wasserstände allmählich ab, es kommt zur Verlandung der offenen Wasserfläche in der Senke. Die limnische Sedimentation wird durch die

Torfbildung eines mesotroph-eutrophen Niedermooses abgelöst. Im übrigen Einzugsgebiet findet eine rasche Bewaldung durch Kiefernwälder mit Birkenanteilen statt.

- II. Nach der Bildung der präborealen organischen Sedimente ist eine Sedimentationslücke bis zu den neolithischen Kolluvien zu verzeichnen; zusätzlich sind die Torfe des Präboreals hochzersetzt. Die Wasserstände sinken im gesamten Einzugsgebiet im Boreal bis mindestens in das Frühe Atlantikum unter die Geländeoberfläche ab. Dies ist der Zeitraum der Schwarzerdebildung unter der geschlossenen Vegetationsdecke eines krautreichen Eichenmischwaldes.
- III. Zeugen der ersten Siedlungsphasen sind die neolithischen bis eisenzeitlichen Schwarzen Kolluvien über den präborealen Torfen. Die Zusammensetzung der subborealen z.T. sehr tonigen Schichten weist auf ein zeitweise limnisches Sedimentationsmilieu hin. Während die hohen Zersetzungsgrade der organischen Bestandteile und die bedeutend jüngere Durchwurzelung auf Trockenperioden oder Perioden mit starken Wasserspiegelschwankungen während und/oder im Anschluß an diese Phase schließen lassen. Zwei Oberflächenhorizonte werden durch die Phytolithenanalyse identifiziert und können mit morphogenetischen Ruhephasen mit geringen Grundwasserständen in Verbindung gesetzt werden.

Die Pollenanalyse und die Analyse der Phytolithen zeigen ein Mosaik aus einer krautreichen Kiefern-Laubmischwaldvegetation mit Feuchtwiesen- und Niedermooranteilen in Übereinstimmung mit der holozänen Waldentwicklung in Mitteleuropa, sowie Anteilen von als Ackerland genutzten Offenflächen sowohl lokal im hydrologischen Einzugsgebiet (Phytolithen, Mollusken) als auch in der näheren Umgebung (Pollen).

Die Böden sind abwechselnd kalkhaltig und entkalkt (Mollusken!).

- IV. Seit der mittelalterlichen Nutzungsphase war das oberirdische hydrologische Einzugsgebiet vollständig waldfrei. Das mittlere, mittelalterliche Kolluvium wurde höher am Hang oberhalb der Ackerkante akkumuliert. Ein moorrandparalleler Go-Horizont in diesem Kolluvium markiert einen Wasserhöchststand, der zeitlich zwischen dem mittleren und oberen Kolluvium steht und als Effekt der mittelalterlichen Rodungen zu werten ist. Mit dieser durch anthropogene Einwirkung hervorgerufenen Anhebung der Wasserstände ist ein erneutes Torfwachstum verbunden.
- V. Das oberste Kolluvium ist als neuzeitlich einzustufen. Durch Melioration wurden die Grundwasserstände abgesenkt und es kam zur Vererdung der seit dem Mittelalter gebildeten Torfe.

Mit Beginn der anthropogenen Nutzung im Einzugsgebiet im Neolithikum finden mehrfach Wasserspiegelschwankungen statt. Zeitlich zuordnen lassen sich drei Phasen mit hohen Wasserständen, die jeweils in Verbindung mit Brandhorizonten (Rodung) stehen:

1. am Beginn der neolithischen Nutzungsphase.
2. am Beginn der eisenzeitlichen Nutzungsphase.
3. am Beginn der mittelalterlichen Nutzungsphase.

Zum Ende der jeweiligen Nutzungsphasen bzw. während nutzungsfreier Phasen sind geringe Wasserstände zu verzeichnen.

1.9.2 Bodengenese

Humusgenese

- Der Untersuchungen der organischen Bodensubstanz belegen die Bildung von „echtem“ anhydromorphen Tschernosemhumus.
- Auf den carbonathaltigen und tonreichen lößähnlichen Beckentonen sind besonders gute Bildungsbedingungen vorhanden, d.h. die Bildung von stabilen Humaten und organisch-mineralischen Komplexen wurde unterstützt.
- Die Schwarzerdegenese fand unter Wald statt.
- Datiert kann der Tschernosemhumus auf mindestens 5900 BP – 4840 BP (Mittleres Atlantikum) werden.

Bodenentwicklung

Zu Beginn des Neolithikums sind die Oberbodenhorizonte der Tschernoseme entkalkt.

Nach einer Klimaverschlechterung am Übergang zum Subboreal und einer Bewaldung des Gebietes kam es zur Entwicklung der Schwarzerden in Richtung Parabraunerden. Rezent sind Parabraunerde-Tschernoseme ausgebildet.

Hinsichtlich der Abfolge der pedogenetischen Prozesse können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Mit der Entkalkung des kalkhaltigen Beckenschluffes setzt eine Verbraunung ein, die mindestens bis zur Späten Slawenzeit anhielt.
2. Im Zuge der Entkalkung ist der Prozeß der Lessivierung zunächst von dunklen Ton-Humuskomplexen, in Einzelfällen bei vollständiger Entkalkung von reinem Ton nachweisbar.
3. Rezent ist die Carbonatdynamik wieder aktiviert, es findet keine Lessivierung statt.

2 Das Untersuchungsgebiet Falkenwalde

Im Untersuchungsgebiet Falkenwalde ist die Grundmoräne durch eine sehr große Substratheterogenität gekennzeichnet. Im Relief sind flachwellige Platten dominierend, die durch periglaziär angelegte Rinnen durchschnitten sind. Nach dem Austauen der Toteisblöcke im Untergrund der Rinnen wurden diese in einzelne Binneneinzugsgebiete unterteilt (Abbildung 29). Als Bodengesellschaft ist die Pararendzina / (Pseudogley)–Parabraunerde-Tschernosem / Parabraunerde / Kolluvisol – Bodengesellschaft auf Grundmoräne anzusprechen.

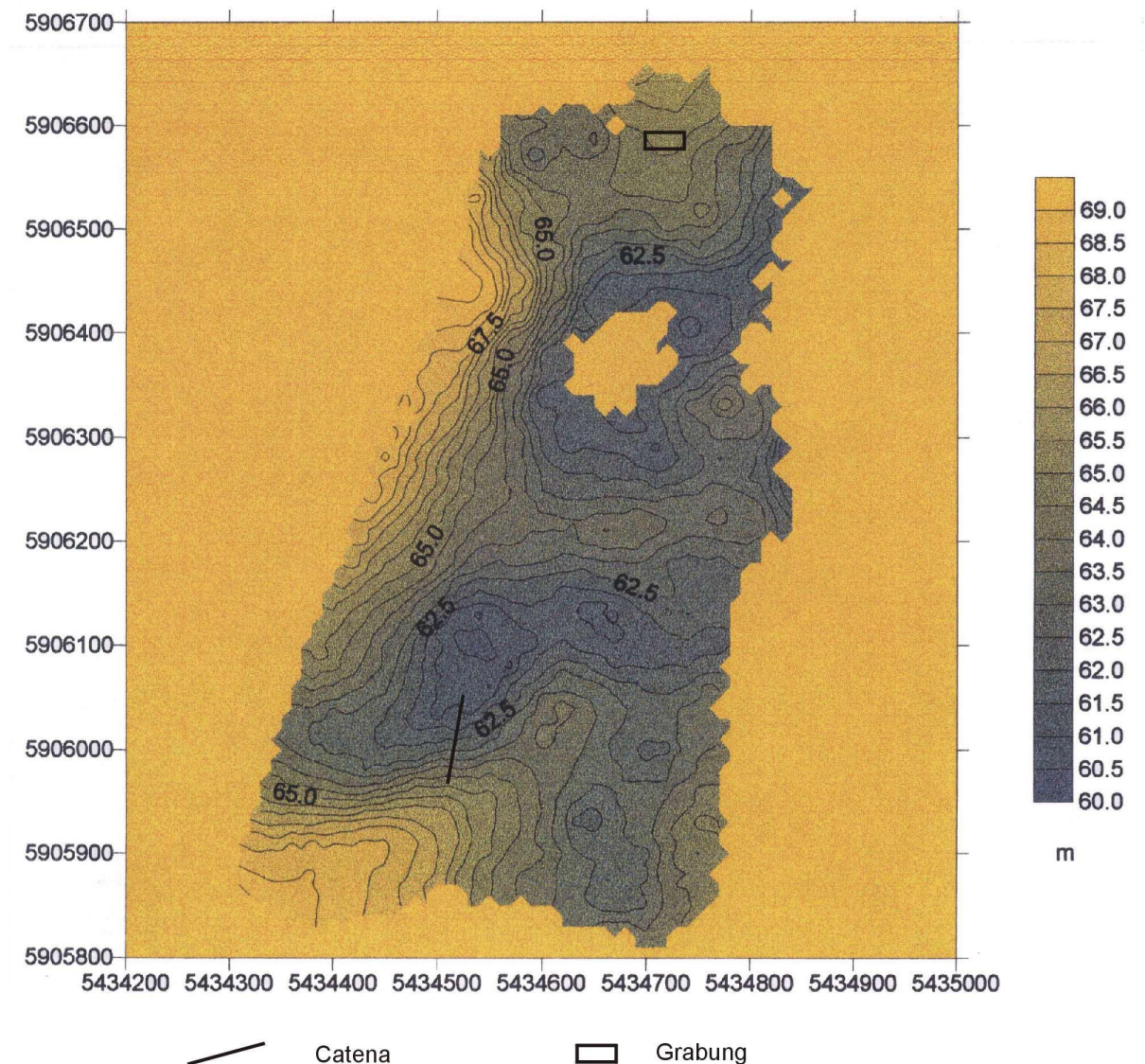


Abbildung 29: Geländemodell des Untersuchungsgebietes Falkenwalde (VAHRSON 1998)



Abbildung 30: Die Untersuchungsgebiete Falkenwalde und Neu Kleinow (Genehmigung des LVerMA BB, GB-G 7/97)

2.1 Die Catena Falkenwalde



Abbildung 31: Einzugsgebiet der Catena Falkenwalde

Die Catena „Falkenwalde“ (Abbildung 31) wurde in Form eines Grabenschurfes auf einer Gesamtlänge von ca. 90m in unmittelbarer Nähe einer linienbandkeramischen Siedlung (s. Grabung Falkenwalde) angelegt und dokumentiert (Abbildung 32). Es erfolgte in insgesamt 10 Teilabschnitten eine detaillierte bodenkundliche Aufnahme mit Entnahme von Bodenproben (insgesamt 78 Beutelproben, 78 Stechzylinderproben für die Dichtebestimmung, 15 Stechzylinder zur mikromorphologischen Untersuchung, 5 Beutelproben zur Humusanalyse, 3 Monolithen zur paläobotanischen Untersuchung (Pollenanalyse, Phytolithenanalyse) und ¹⁴C-Datierung (Abbildung 34, Abbildung 35).

Das Oberflächenrelief der näheren Umgebung wurde in einem Raster von ca. 10m mit GPS vermessen und ein Geländemodell erstellt (Abbildung 29).

2.1.1 Makromorphologie

Aufgrund der Reliefbesonderheiten sind in Plateaulagen nicht oder schwach erodierte Parabraunerden-Tschernoseme ausgebildet, in den stark erodierten Oberhangbereichen der überwiegend konvexen Hänge Pararendzinen (Abbildung 32). Im Unterhang- und Senkenbereich entwickeln sich Kolluvisole über Parabraunerde-Tschernosem und organogenen Sedimenten.

Typisch ist die große Heterogenität der Sedimente im Bereich der Catena Falkenwalde. Das Ausgangssubstrat der Bodenbildung wird im Hangbereich durch kalkhaltigen Geschiebemergel (Ls-SI) gebildet (Abbildung 39). Sowohl in Senkenposition als auch in Oberhang- und Plateaulage treten tonige bis sandig-kiesige Sedimentschichten auf, die Ausdruck der Wasserdynamik in der Niedertauphase des Inlandeises sind. In Oberhanglage sind die oberen Sedimentschichten solifluidal verlagert.

Die Werte der Trockenrohdichten (Tabelle 48, Tabelle 56, Tabelle 60, Tabelle 64, Tabelle 68) schwanken innerhalb der Catena in beträchtlichen Grenzen: von ca. 0,3 g/cm³ in den torfigen Mudden der Senken bis ca. 1,9 g/cm³ im dicht gelagerten Geschiebemergel. Eine mittlere Stellung nehmen dabei die Bodenhorizonte mit kolluvialer Sedimentgenese mit Werten um 1,5 – 1,6 g/cm³ ein.

Die Einordnung der Böden als Parabraunerde-Tschernosem (Abbildung 33, Abbildung 36) erfolgt aufgrund der dunkelgrauen bis schwarzen (10YR 3/1-3) autochtonen Humushorizonte, die eine Mächtigkeit von über 40cm besitzen (einschließlich Ap-Horizonte). Deutlich heller und mehr bräunlich sind die Pflughorizonte (10YR 3-4/2-3). In Unterhangposition setzt sich der Humushorizont als begrabener fAh fort und kann im Senkenbereich mit einer torfigen Mude (s. III.2.1.6.1 „Pollenanalyse“) korreliert werden.

Im Unterhang- und Senkenbereich treten mehrere kolluviale Schichten auf (Abbildung 33, Tabelle 44), die sich in zwei Schichtpakete gliedern lassen: in das ältere, das Schwarze Kolluvium (Schichten IV-VI), und das jüngere, helle Kolluvium (Schichten VII u. VIII). Die älteste Schicht des Schwarzen Kolluviums wird durch seine tiefschwarze Färbung (10YR 2/1) charakterisiert. Die Humusgehalte in den Humushorizonten der Schwarzerden betragen ca. 0,5 – 1% in Mittel-, Oberhang- und Plateaulage, am Unterhang ca. 2,5-3%, in den Senkensedimenten erreichen die Gehalte an organischer Bodensubstanz nahezu 90%. Im Schwarzen Kolluvium, dem syn- und postsedimentär überprägten Umlagerungsprodukt der Humushorizonte der Schwarzerden, betragen die Humusgehalte zwischen 13 und 20%. Die jüngeren, deutlich helleren Kolluvien weisen Humusgehalte zwischen 1-2% auf.

In der gesamten Catena Falkenwalde sind die humosen Bodenhorizonte kalkfrei (Abbildung 37). Eine Ausnahme bildet lediglich der Pflughorizont mit Kalkgehalten um 2%, die auf die Einmischung von kalkhaltigem Ausgangssubstrat ausgehend von den Erosionsbereichen zurückzuführen sind. Im Unterboden ist der Kalk einerseits als Primärkalk sowohl in Form von Feincarbonat als auch von Kreidegeschiebe vorhanden. Andererseits findet die Sekundärcarbonatausfällung in verschiedenen Bodenhorizonten statt:

1. Direkt unter der Entkalkungsgrenze (10-15% CaCO_3), die sich z.T. an Sedimentschichten anpaßt. In einer Tonschicht werden dabei Kalkgehalte bis zu 40% erreicht.
2. Die Risse eines wahrscheinlich periglaziär entstandenen Polygonalnetzes dienen zur Wasserzirkulation und sind bis zu 1,5 m unter der Entkalkungsgrenze mit Sekundärcarbonaten ausgekleidet.
3. Aufgrund lateraler Verlagerung der gelösten Carbonate bildete sich in Unterhangposition ein Bodenhorizont mit ca. 18% CaCO_3 direkt unter dem Humushorizont aus.
4. Die sekundäre Aufkalkung bereits entkalkter Bodenhorizonte ist lokal anhand peripher kalkhaltiger verbraunter Bodenaggregate in Unterhangposition nachweisbar.

Die Möglichkeit einer Erstellung von Stoffbilanzen, insbesondere einer Bilanz der Carbonatdynamik im Holozän hat sich aufgrund der großen Heterogenität des Substrates sowohl in der Fläche als auch in den verschiedenen Schichten als nicht möglich erwiesen. Die Substratheterogenität äußert sich in der Korngrößenzusammensetzung sowie im primären und sekundären Carbonatgehalt.

Die pH-Werte bewegen sich im neutralen bis schwach sauren Bereich (Abbildung 38). Überwiegend liegen sie sowohl in den Oberboden- als auch den Unterbodenhorizonten um 7,0 bis 7,4. Die geringsten Werte werden mit 6,3 - 6,5 im begrabenen Parabraunerde-Tschernosem in Unterhangposition erreicht, was auf die bereits fortgeschrittene Versauerung dieses Bodens zum Zeitpunkt der Überdeckung schließen läßt. Auffällig in den oberen Catenaabschnitten ist der leicht saure pH-Wert im Oberboden der Plateaubereiche im Gegensatz zu den neutralen im Oberhangbereich. Zurückzuführen ist dies auf die laterale Kalkzufuhr, die als Carbonatquelle in Plateauposition auszuschließen ist.

Als Folge der weitgehenden Entkalkung des Bodens und der neutralen pH-Werte spielt die Lessivierung in Form von Ton-Humusverlagerung eine große Rolle; es kommt zur Bildung schwarzer Toncutane in den B-Horizonten der Parabraunerde-Tschernoseme und auf den Carbonaten der Frostrisse.

Lokal sind makromorphologisch leicht gebleichte Humushorizonte als Lieferanten der Ton-Humuskomplexe zu erkennen. Sie sind jedoch wahrscheinlich häufig Bestandteil des Pflughorizontes und daher schwer anzusprechen.

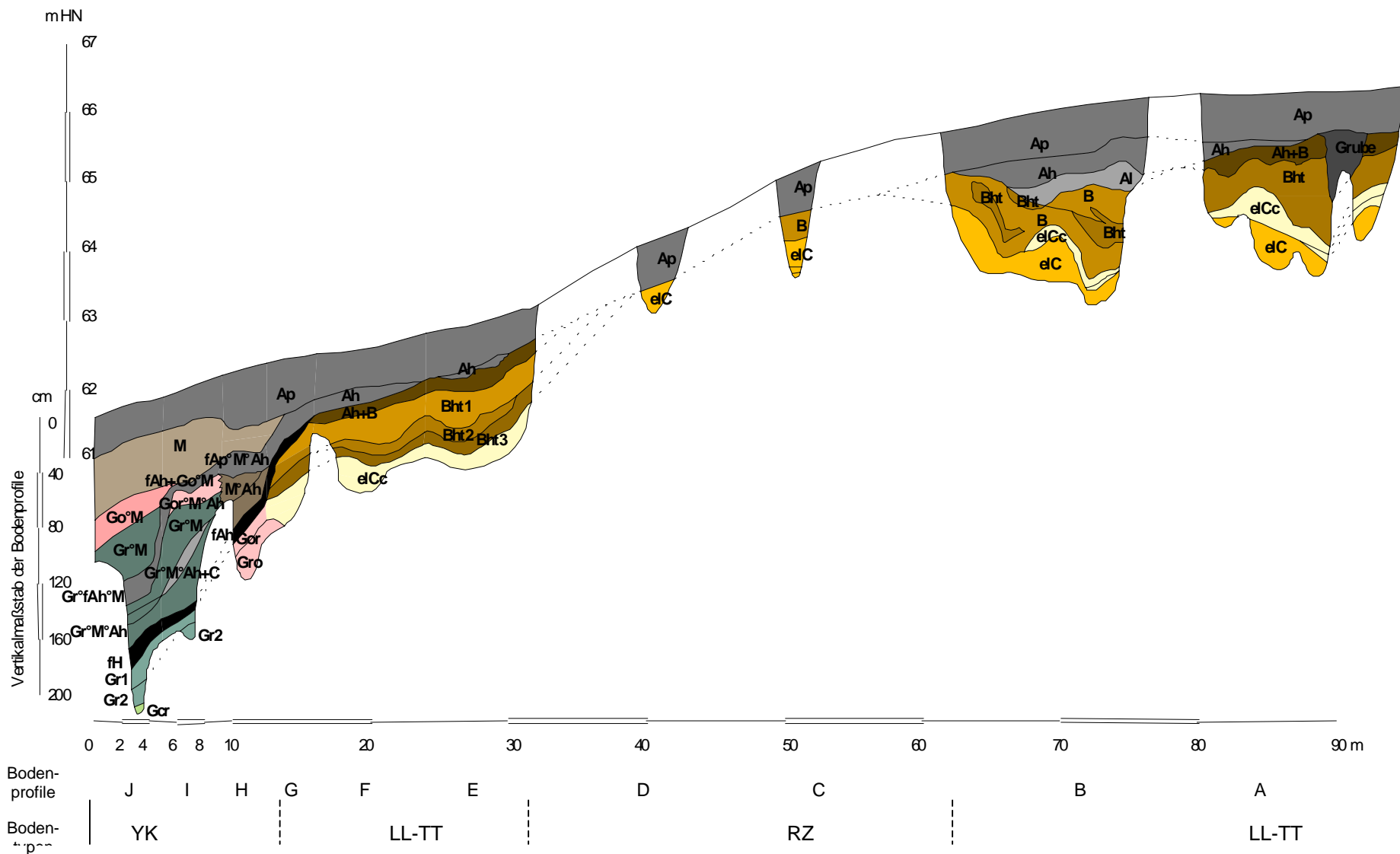


Abbildung 32: Catena Falkenwalde – Bodenhorizonte

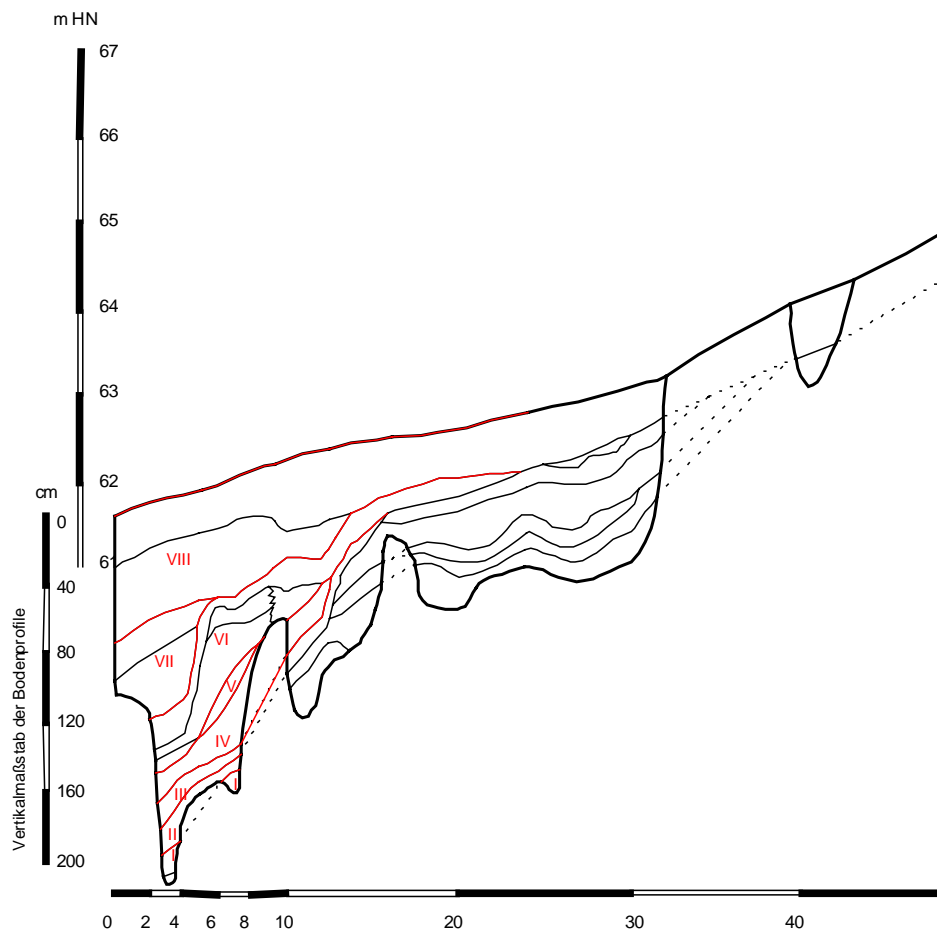


Abbildung 33: Schichten und Kolluvien der Catena Falkenwalde (Unterhang und Senke)

Tabelle 44: Schichten und Kolluvien der Catena Falkenwalde (Unterhang und Senke)

Schichten	14C-Alter	Chronozonen	Substratgenese
VIII		SA?	kolluvial
VII		SA?	
VI			
V	3330±130 BP	SB	kolluvial/organogen
IV			
III	1286 – 1195 cal BC 1676 – 1560 cal BC		
II		YD?	periglazial?
I			glazial (Grundmoräne)

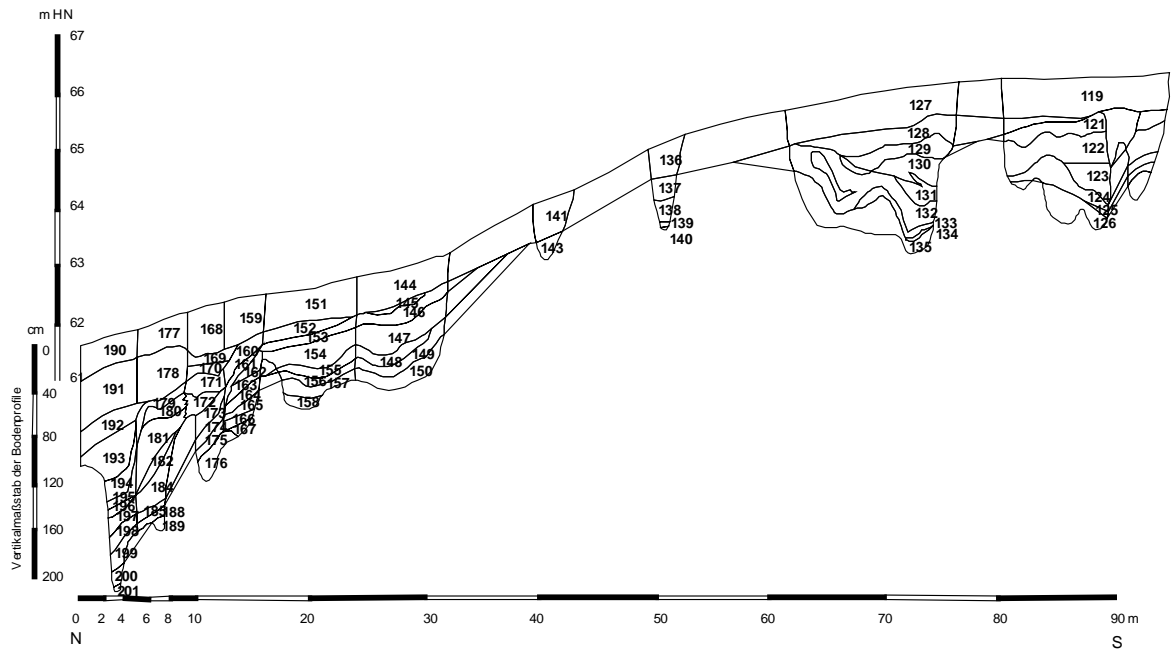


Abbildung 34: Probeentnahmestellen und Labornummern, Catena Falkenwalde

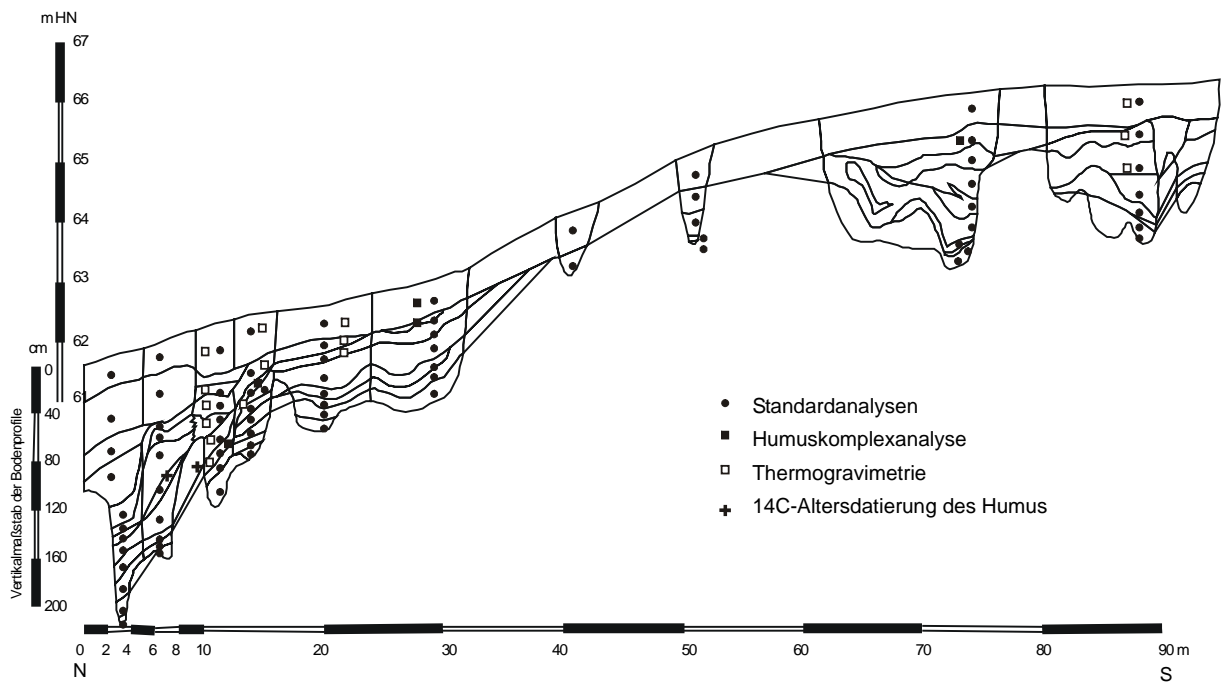


Abbildung 35: Durchgeführte Analysen an Bodenproben der Catena Falkenwalde

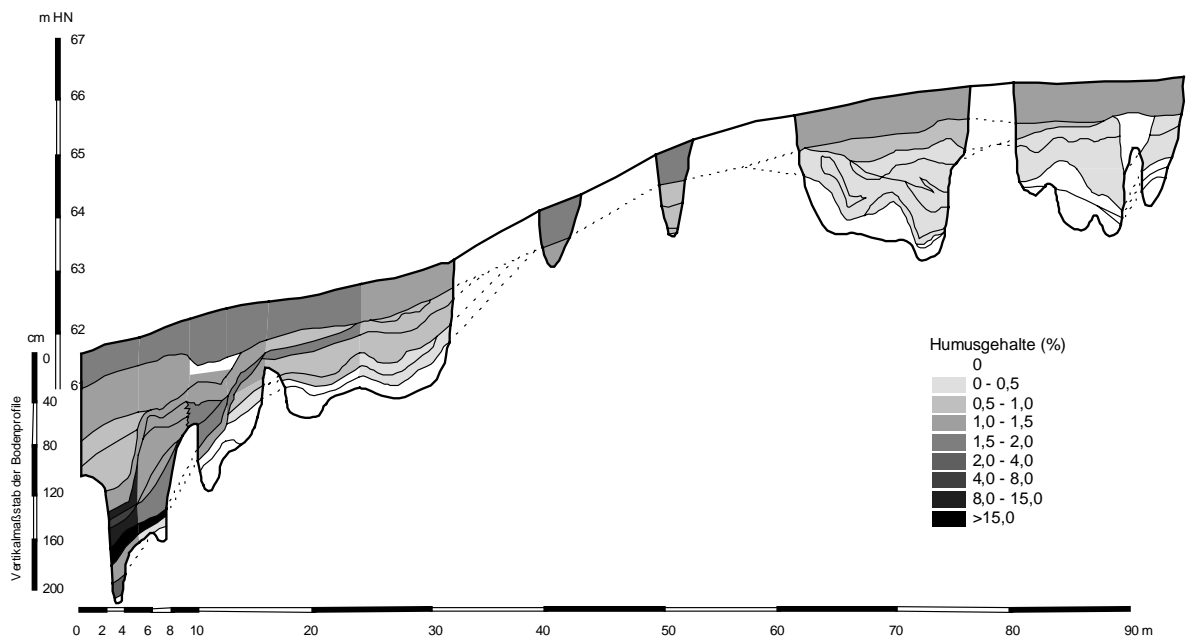


Abbildung 36: Verteilung der Humusgehalte, Catena Falkenwalde

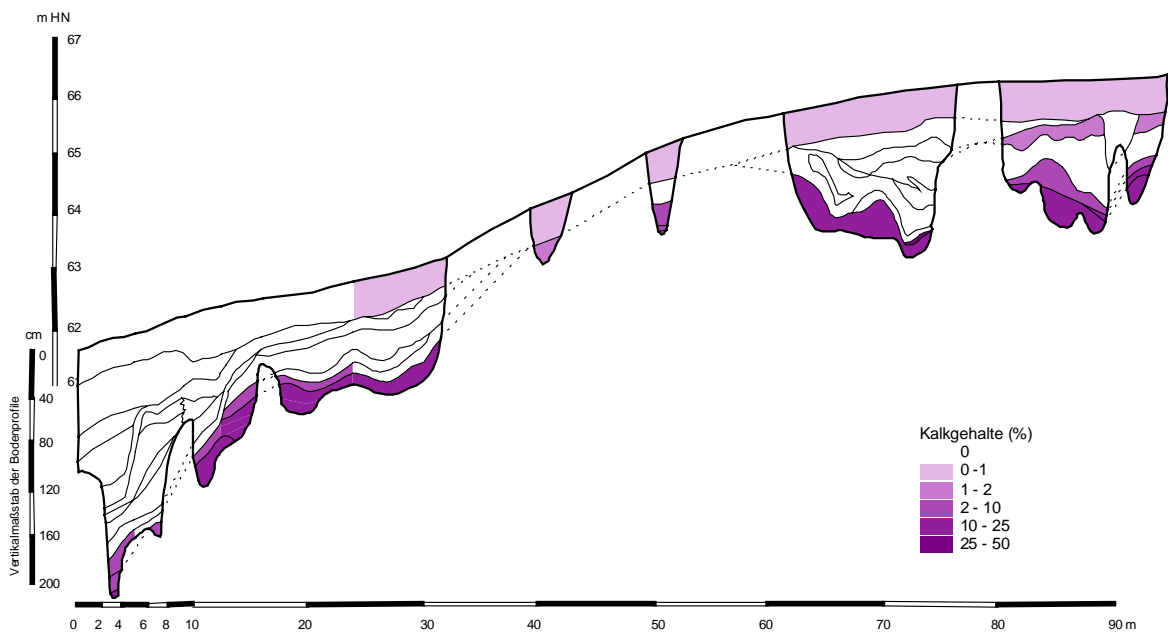


Abbildung 37: Verteilung der Kalkgehalte, Catena Falkenwalde

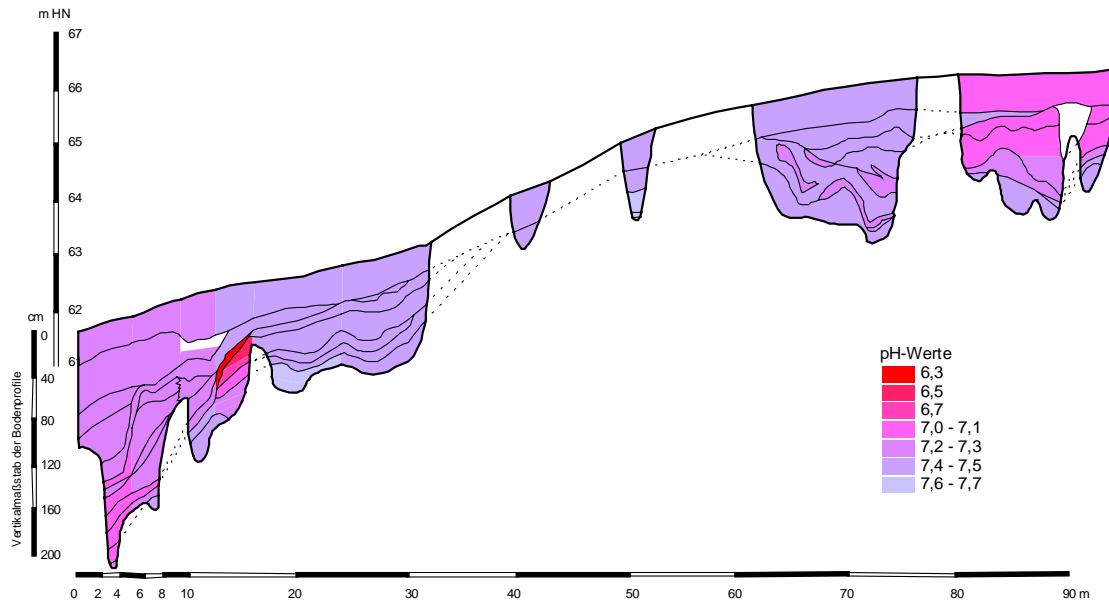


Abbildung 38: Verteilung der pH-Werte, Catena Falkenwalde

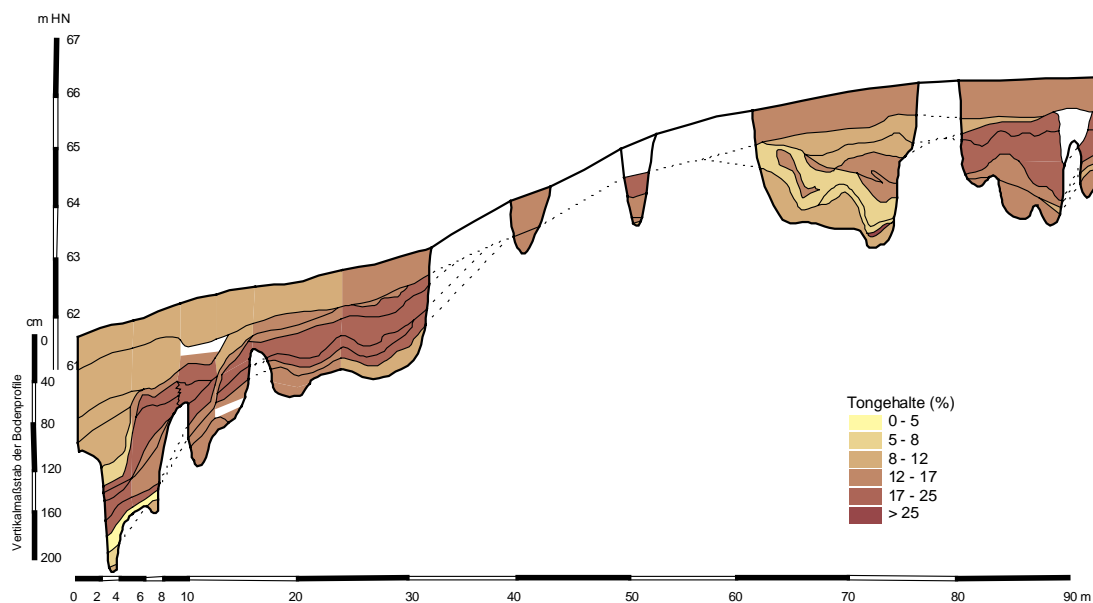


Abbildung 39: Verteilung der Tongehalte, Catena Falkenwalde

2.1.2 Besonderheiten einiger Einzelprofile

Zur Verdeutlichung der Besonderheiten der Bodenbildung in Bezug zu Substrat und Reliefposition werden sechs der untersuchten Bodenprofile beispielhaft dargestellt:

- Profile B, F und G sind Beispiele für den Bodentyp Parabraunerde-Tschernosem in unterschiedlichen Reliefpositionen und verschiedenen Substratverhältnissen bzw. mit leichtem kolluvialen Einfluß.
- Profil H, I und J sind Kolluvisole, die sich auf begrabenem Parabraunerde-Tschernosem bzw. in Kolluvium über organischen Senkensedimenten entwickeln.



Abbildung 40: Profil B



Abbildung 41: Profil F



Abbildung 42: Profil G



Abbildung 43: Profil H



Abbildung 44: Profil I



Abbildung 45: Profil J

Profil B (Tabelle 46, Tabelle 47, Tabelle 48, Abbildung 46) liegt im Plateaubereich (schwach geneigt) der Catena Falkenwalde und ist als Parabraunerde-Tschernosem zu bezeichnen. Eine Besonderheit des Ausgangsmaterials der Bodenbildung ist die durch die Verbraunung und Ton-Humusverlagerung nachgezeichnete spätglaziale solifluidale Verlagerung der Sedimente. In den Tonanreicherungshorizonten sind die Tongehalte um 3-5% (insgesamt 13-15%) höher als in den darüberliegenden Bodenhorizonten. Allerdings schwanken die Werte im C-Horizont sedimentbedingt von 5% bis 37%. Carbonatgehalte im Oberboden sind mit lediglich 0,88% im Pflughorizont nachweisbar. Unterhalb der scharfen Entkalkungsgrenze steigen im Sekundärcarbonathorizont die Werte sprunghaft auf über 40% an. Der Sekundärcarbonathorizont paßt sich an das tonige Sedimentband an.

Interessant ist der Verlauf der Ca-Gesamtkurve: Sie besitzt neben dem absoluten Maximum im Cc-Horizont (16,9%), das mit der Sekundärcarbonatausfällung verbunden ist, zwei kleinere Piks im carbonatfreien Ah- und Bht-Horizont. Beide Piks dürften auf die erhöhten Gehalte von Calciumhumaten im tschernosembürtigen Humus dieser Horizonte zurückzuführen sein, einerseits im Schwarzerdehorizont und andererseits im verlagerten Ton-Humus-Komplex, dessen lösliche Komponente die Calciumhumate bilden.

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff beträgt im Ap-Horizont 0,69% und sinkt stetig bis auf 0,14% im Bv-Horizont ab. Die höchsten C/N-Verhältnisse werden mit 11,8 bzw. 11,1 im Ah- und Al-Horizont erreicht. Der makromorphologisch anhand einer schwachen Bleichung erkennbare Lessivierungshorizont läßt sich weder bodenchemisch noch –physikalisch bestätigen.

Der Aktivitätsgrad (Feo/Fed) ist mit 0,58 im Bv am höchsten und weist deutlich auf die bereits fortgeschrittene Verbraunung hin. In den darüberliegenden Ah- und Al-Horizonten ist ebenfalls eine erhöhte Konzentration pedogener Eisenoxide zu verzeichnen (Feo/Fed=0,5). Mit zunehmender Tiefe nimmt der Gehalt ab.

Im Bereich des Bv- und Bht-Horizontes ist die erhöhte Konzentration der Elemente Zn, Mg, Ca, Fe und Na im Vergleich zu einer Abreicherung im darüberliegenden Horizont zu verzeichnen. Unklar ist die Abnahme des Na-Gehaltes im Al-Horizont um nahezu das 100fache sowohl im Vergleich zum Hangenden als auch zum Liegenden.

Profil F (Tabelle 49, Tabelle 51, Tabelle 52, Abbildung 47) stellt einen typischen Parabraunerde-Tschernosem im Mittelhangbereich dar. Unter dem braun-grauen Pflughorizont von 30cm Mächtigkeit ist der dunkelgraue Tschernosemhumushorizont bis zu 45cm erhalten und bis 50cm Tiefe bioturbat in das Profil eingearbeitet. Obwohl der Boden bis zu einer Tiefe von 75cm entkalkt ist, bewegen sich die pH-Werte im gesamten Profil im neutralen Bereich von 7,4 – 7,6. Eine Versauerung hat noch nicht stattgefunden. Dieses Milieu begünstigt die intensive Lessivierung von Ton-Humuskomplexen, deren Akkumulation im Bht-Horizont zur Ausbildung der charakteristischen fettschwarzen Ton-Humuscutane geführt hat. Besonders intensiv ist die Cutanbildung oberhalb der Entkalkungsgrenze. In Spalten und Rissen reicht sie bis zu 20-30cm in den carbonathaltigen Horizont hinein. Dort bilden die Ton-Humuscutane eine weitere Schicht über Sekundärkalkausfällungen, die die Risse und Spalten vollständig auskleidet. Aufgrund der Verkittung des Sekundärcarbonathorizontes fungiert er im Profil als Stauschicht, daher ist eine leichte Pseudovergleyung zu beobachten, die sich u.a. in der Erhöhung des Gehaltes an pedogenen Eisenoxiden, insbesondere des dithionitlöslichen Eisens äußert.

Während die Tongehaltsdifferenz zwischen Ausgangssubstrat und Tonanreicherungshorizonten (Bht-Horizonten) 6-7% beträgt, liegt sie zwischen den „Tonverarmungshorizonten“ und dem Ausgangssubstrat lediglich bei 2-3%. Das mag einerseits an einer Schichtung des Sedimentes liegen, kann jedoch auch mit der der Lessivierung vorangehenden Verlehmung des Sedimentes erklärt werden. Die Verwitterung (Verbraunung/Verlehmung) in den Bodenhorizonten bis zur Entkalkungsgrenze kann u.a. durch deutlich höhere Werte der Gehalte der pedogenen Oxide belegt werden.

Die Horizontdifferenzierung der Elementgesamthalte äußert sich insbesondere in Piks der Elemente Fe, Mn, Mg, Zn, Ni und Pb im Bht-Horizont.

In **Profil G** (Tabelle 53, Tabelle 54, Tabelle 55, Tabelle 56, Abbildung 48) wurde ein kolluvial (ca. 50 cm) überdeckter Parabraunerde-Tschernosem in Unterhangposition untersucht. Die Oberfläche des begrabenen Bodens ist nicht eindeutig festzulegen, da Kolluvium und Humushorizont in einem ehemaligen Pflughorizont miteinander vermischt sind. Deutlich zeichnet sich jedoch der unveränderte Humushorizont der Schwarzerde anhand der schwarzen Farbe und der erhöhten Humusgehalte ab.

Die Entkalkungstiefe dieses Bodens nimmt im Vergleich zu den hangaufwärts gelegenen Profilen deutlich ab (knapp 40cm, unter der Annahme, daß das Kolluvium 50cm mächtig ist). Die Verbraunungshorizonte sind lediglich ca. 15cm mächtig. Das ist mit der lateralen Carbonatzufuhr mit dem Hangzuzugswasser zu begründen. Daß die Ent- bzw. Aufkalkung in diesem Profil verschiedenen Phasen unterlag, belegen u.a. verbrauchte Bodenaggregate im Bht-Horizont, die in ihrer Peripherie kalkhaltig sind, was nur mit folgender pedogenetischer Abfolge erklärbar ist: Entkalkung → Verbraunung → Aufkalkung. Zusätzlich sind Reste von carbonatischen Auskleidungen der Frostrisse, die in die B-Horizonte hineinragen, vorhanden.

Im begrabenen Boden weisen die pH-Werte von 6,3 - 6,7 auf Versauerungsprozesse vor der Überdeckung hin. Deutlich erhöht sind sowohl die Gehalte der pedogenen Eisenoxide in den B-Horizonten (Verbraunung) als auch der Tongehalte um ca. 3 % im Vergleich zum Ausgangssubstrat (Lessivierung). Die Intensität der Ton-Humusverlagerung und entsprechend der Cutanbildung ist gegenüber Profil F geringer, was mit dem Absinken der pH-Werte und der damit verbundenen Verminderung der Migrationsfähigkeit der Ton-Humus-Komplexe erklärt werden kann.

Sowohl die leichtere Korngrößenzusammensetzung als auch der geringere Gesamtgehalt der meisten untersuchten chemischen Elemente kann nicht pedogenetisch gedeutet werden, sondern ist vom kolluvialen Sediment ererbt.

In **Profil H** (Tabelle 57, Tabelle 58, Tabelle 59, Abbildung 49) wird die mehrfache kolluviale und pedogenetische Überprägung eines Tschernosems in Unterhangposition deutlich. Aufgrund der lateralen Carbonatzufuhr in der Catena ist lediglich der Humushorizont des Tschernosems entkalkt. Es gibt keine Hinweise auf Verbraunung im Boden. Zur Zeit der Tschernosemgenese befand sich der Boden im Bereich des Hangrandes der entstandenen Hohlform. Während der ersten ackerbaulichen Nutzung des Einzugsgebietes lag das Profil unterhalb der Ackerkante und wurde allmählich mit Kolluvium überdeckt (ca. 3070 BP, s. III.2.1.5). Es handelt sich dabei um Schwarzes Kolluvium, d.h. es trägt als Information die Eigenschaften des Humushorizontes der Schwarzerden aus den Mittel-, Oberhang- und Kuppenbereichen in sich, was sich sowohl in der Farbe als auch in dem erhöhten Humusgehalt (ca. 2%) äußert. Das gesamte Schwarze Kolluvium ist kalkfrei. Es sind zwei Schichten anhand unterschiedlicher Färbung und Aggregation zu unterscheiden. Auf der Oberfläche des Schwarzen Kolluviums fand in einer Ruhephase eine Bodenbildung mit Aggregation und Humusakkumulation statt. Auf dem Schwarzen Kolluvium liegt ein weiteres Kolluvium, das jedoch deutlich heller, weniger humos und verbraunt ist. Während dieser Phase befand sich dieser Teil der Catena ebenfalls in ackerbaulicher Nutzung. Nur makromorphologisch zu erkennen ist eine schwache Ton-Humusverlagerung innerhalb dieses Kolluviums mit undeutlichen Ton-Humushäutchen.

Im Zusammenhang mit den Wasserspiegelschwankungen im Senkenbereich sind Vergleichen sowohl des begrabenen Tschernosems als auch des Kolluviums zu beobachten. Die Grundwasserhöchststände werden durch Piks von oxalat- und dithionitlöslichem Eisen im Bereich der Oberfläche des Schwarzen Kolluviums nachgezeichnet.

Die Verteilung der Elementgesamtgehalte und der Korngrößenzusammensetzung ist weitestgehend von den erodierten Böden bzw. Bodenhorizonten ererbt.

Im Senkenbereich der Catena befinden sich Kolluvisole – **Profil I** (Tabelle 61, Tabelle 62, Tabelle 63, Tabelle 64, Abbildung 50) im Randbereich der Senke und **Profil J** (Tabelle 65, Tabelle 66, Tabelle 67, Tabelle 68, Abbildung 51) in deren Zentrum.

Die pH-Werte sind neutral und schwanken in Grenzen von 7,0 – 7,4; die geringsten pH-Werte sind in der Torfmudde (Schicht III) zu verzeichnen, was das Milieu während der Torfbildung widerspiegelt. Dem Torf ist in beiden Fällen über dem Geschiebemergel eine geringmächtige sandig-kiesige Schicht (II) unterlagert, die im Senkentieftsten noch kalkhaltig ist und Sekundärkalkausfällungen aufweist.

Das gesamte Kolluvium ist kalkfrei. Es können mehrere Kolluvienschichten über dem Torfband ausgeschieden werden: Zunächst das Schwarze Kolluvium, in dem im Senkentieftsten z.T. noch eine synsedimentäre Humusakkumulation unter Feuchtbedingungen stattfand. Es werden Gehalte an organischer Bodensubstanz bis zu knapp 6% erreicht. Das Hangende des Schwarzen Kolluviums wird durch eine geringmächtige Schicht (V) gebildet, in der sich makroskopisch große verlagerte Bodenaggregate aus Humus- und Unterbodenhorizonten erkennen lassen. Diese Schicht keilt in Richtung Senkentieftstes aus. Die Sedimentation dieses Kolluviums war höchstwahrscheinlich mit einem einmaligen katastrophalen Erosionsereignis mit Tiefenerosion in Rinnen verbunden. Aufgrund des ¹⁴C-Alters des Humus von 3330 BP (s. III.2.1.5) kann das Ereignis der späten Bronzezeit zugeordnet werden.

Nach einer Sedimentationspause wird das obere Schwarze Kolluvium (VI) gebildet, daß weniger humos ist und eine deutlich grauere Färbung aufweist. Die Oberfläche des Schwarzen Kolluviums wird durch einen Pflughorizont markiert. Im jungen, hellgrau – bräunlichen Kolluvium sind analog zu Profil H in sehr begrenztem Umfang dunkle Tonhäutchen ausgebildet.

Die Schichten des Schwarzen Kolluviums einschließlich der Torfmudde (mit kolluvialer Komponente) unterscheiden sich von den jüngeren Kolluvien durch die deutlich dunklere Färbung und den höheren Tongehalt (17-22% im Vergleich zu 8-10%), während jedoch der Gehalt an organischer Bodensubstanz zumindest im oberen Teil des Schwarzen Kolluviums und des jüngeren Kolluviums annähernd gleich sind.

Gehaltsschwankungen an oxalat- und dithionitlöslichem Eisen sind mit den Wasserstandsschwankungen im Senkenbereich zu erklären und mindestens so alt wie das Kolluvium, in dem sie vorkommen.

Die Gesamtelementverteilung in beiden Profilen korreliert mit der Schichtung, daher sind pedogenetische Ableitungen im Hinblick auf „in-situ“ - Bildungen nicht möglich.

Profil B der Catena "Falkenwalde": Parabraunerde-Tschernosem-, Plateau

Tabelle 45 : Beschreibung des Profils B

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0 – 30	Ap	10 YR 4/3, kru-bro, gri2 f2, hW, ReR, SI 3, scharf – deutliche Untergrenze;
- 50	Ah	10 YR 3/3, kru-bro, gri2 f3, hW, ReR, SI 3, deutliche Untergrenze;
- 65	Al	10 YR 4-5/4, subpol, gri2 f3, hW, ReR 2, SI 3, diffuse Untergrenze;
- 85	Bv	10 YR 5/8, mit 10% 10 YR 3/2 (in Schlieren), subpol, gri2 f2-3, hW, ReR 2-3, SI 4, deutlich – scharfe Untergrenze;
-100	Bht	10 YR 5/8, mit 30-40% 10 YR 2/2 (in Schlieren), Kittgefüge, gri2 f2, ReR, SI 4, durch verlagerten Ton-Humus-Komplex verkitteter Sand, deutlich – scharfe Untergrenze,
- 115	Bv	10 YR 4-6/6-8 (in gleichmäßigen Anteilen Schlieren), Sediment solifluidal überprägt, gri2 f2, Su 3, deutliche Untergrenze;
- 125	Cc1	10 YR 4/4, sedimentäres Schichtgefüge, gri2 f3, SI 2, kalkhaltig, Sekundärcarbonat in Zwischenschichten, leicht pseudovergleyt, scharfe Untergrenze;
- 135	Cc2	10 YR 8/1-3, sedimentäres Schichtgefüge, gri3 f1, gri2 f3, Lt 3, „Sekundärcarbonatband“, kalkhaltig, leicht pseudovergleyt, scharfe Untergrenze;
- 145+	eIC	10 YR 5/6, Bleichbahnen 5 YR 6/1, Rostflecken 5 YR 5/8, sedimentäres Schichtgefüge, gri2 f1, gri 2 f3, SI 3, pseudovergleyt

Tabelle 46: Bodenchemische Eigenschaften von Profil B

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0 – 30	7,4	0,88	0,69	0,08	8,81	0,07	0,24	0,27
2	Ah	- 50	7,4	0,00	0,41	0,04	11,80	0,12	0,24	0,50
3	Al	- 65	7,4	0,00	0,28	0,03	11,08	0,12	0,24	0,50
4	Bv	- 85	7,4	0,00	0,25	0,03	9,33	0,17	0,30	0,58
5	Bht	-100	7,3	0,00	0,24	0,03	9,23	0,11	0,32	0,35
6	Bv	- 115	7,4	0,00	0,13	0,01	10,31	0,08	0,24	0,33
7	Cc1	- 125	7,3	0,00	0,14	0,01	10,69	0,06	0,22	0,28
8	Cc2	- 135	7,4	40,84		0,03		0,00	0,14	0,00
9	eIC	- 145+	7,5	13,19		0,01		0,04	0,26	0,15

Tabelle 47: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil B

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Pb	Ni
%												
1	Ap	0,041	1,722	0,652	0,331	6,862	1,622	3,399	0,408	0,040	0,017	0,022
2	Ah	0,030	1,696	1,109	0,267	7,061	1,373	3,178	0,364	0,036	0,012	0,016
3	Al	0,031	1,577	0,388	0,272	0,066	1,607	3,048	0,253	0,029	0,011	0,014
4	Bv	0,036	1,588	0,484	0,371	7,082	2,104	3,514	0,303	0,061	0,013	0,019
5	Bht	0,045	1,662	1,038	0,373	6,598	1,785	3,406	0,405	0,044	0,014	0,018
6	Bv	0,037	1,495	0,403	0,240	6,435	1,404	2,779	0,283	0,031	0,010	0,014
7	Cc1	0,035	1,394	0,467	0,235	5,899	1,416	2,646	0,307	0,034	0,011	0,014
8	Cc2	0,034	1,610	16,900	0,700	5,136	2,337	3,850	0,329	0,042	0,010	0,026
9	eIC	0,036	1,833	4,717	0,536	6,992	1,758	3,253	0,340	0,040	0,012	0,018

Tabelle 48: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil B

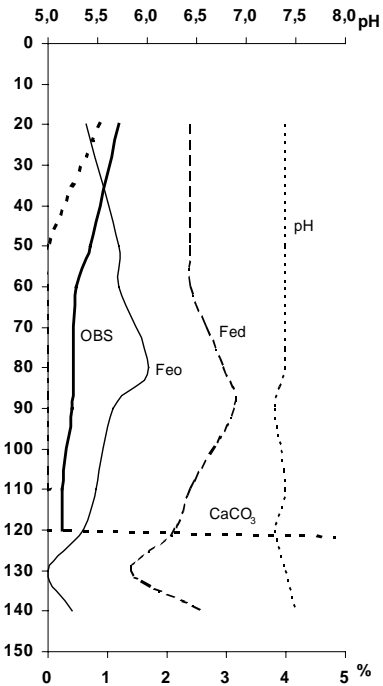
lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	gfS	mS	gS
%											
1	Ap	1,74	SI 3	12	5	7	16	11	23	22	4
2	Ah	1,73	SI 3	9	4	8	18	11	23	23	4
3	Al	1,66	SI 3	10	4	6	12	11	26	26	5
4	Bv	1,65	SI 4	15	3	6	10	9	22	28	7
5	Bht	1,76	SI 4	13	3	4	8	8	23	35	6
6	Bv	1,67	Su 3	5	3	8	17	16	29	19	3
7	Cc1	1,71	SI 2	7	2	5	12	13	32	26	3
8	Cc2	1,63	Lt 3	37	9	13	16	6	9	8	2
9	eIC	1,86	SI 3	11	5	9	16	12	23	21	3

Horizonte

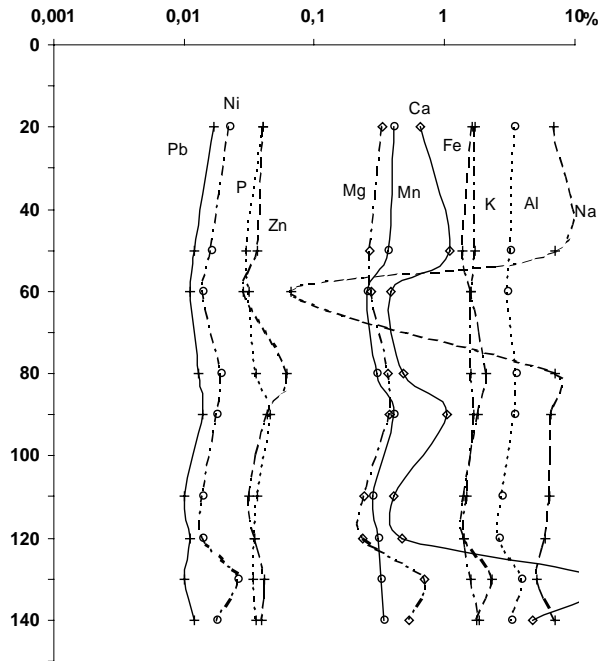
Bodenart

A p	S I 3
A h	S I 3
A l	S I 3
B v	S I 4
B h t	S I 4
B v	S u 3
C c 1	S I 2
C c 2	L t 3
e l C	S I 3

Gehalt an OBS (Gew.-%),
Carbonatgehalt5 (Gew.-%) und
Bodenacidität, oxalat- und
dithionitlösliches Eisen (Feo*10,
Fed*10, Gew.-%)



Gehalt ausgewählter Elemente (Gew.-%, HF-
Aufschluß)



Korngrößenzusammensetzung

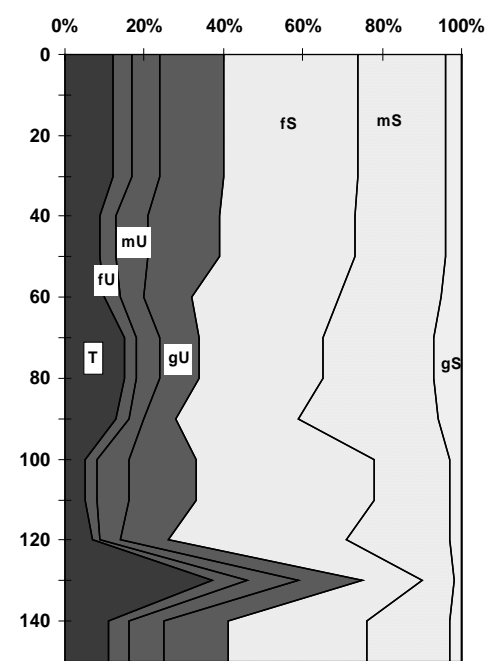


Abbildung 46: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil B

Profil F der Catena "Falkenwalde": Parabraunerde-Tschernosem-, Mittelhang

Tabelle 49: Beschreibung des Profils F

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0 – 30	Ap	10 YR 3/2-3, kru, gri2 f1-2, SI 3, scharfe Untergrenze;
- 45	Ah	10 YR 2/2, subpol, gri2 f3(-4), ReR 3, SI 3, diffuse Untergrenze;
- 50	Ah+B	10 YR 3/2, pol, gri2 f3, gri3 f1, ReR 3, SI 4, im trockenen Zustand leichte Bleichung der Aggregatoberflächen bemerkbar, diffuse Untergrenze;
- 60	Bht1	10 YR 6/8 (Aggregatinneres), 10 YR 3/1 (Aggregatoberflächen), pri (groß), gri3 f1, gri2 f3, Ls 4, diffuse Untergrenze;
- 75	Bht2	10 YR 6/8 (Aggregatinneres), 10 YR 2/1(Aggregatoberflächen), pri, gri3 f1, gri2 f3, ReR 3, Ls 4, wenig Sekundärcarbonat in Regenwurmröhren, intensive Ausbildung von Ton-Humus-Cutanen auf fast allen Klufflächen, z.T. in Poren der Aggregate, diffus – deutliche Untergrenze,
- 80	Bht3	10 YR 6/8 (Aggregatinneres), 10 YR 2/1 (Aggregatoberflächen), pri (sehr klein), gri2 f3, ReR 3, SI 4, Aggregatinneres kalkhaltig, Ton-Humusbeläge carbonatfrei, scharfe Untergrenze;
- 90	Cc1	10 YR 5/8, pri (groß), gri2 f3, ReR 3, SI 4, kalkhaltig, Sekundärcarbonat kleidet alle Risse, Spalten und Poren aus, auf Sekundärcarbonaten in Spalten Ton-Humus-Cutane, leicht pseudovergleyt, deutlich – diffuse Untergrenze;
- 105+	Cc2	10 YR 5/8, sedimentäres Schichtgefüge, gri2 f3, ReR 3, SI 4, kalkhaltig, Sekundärcarbonat kleidet teilweise Risse, Spalten und Poren aus, auf Sekundärcarbonaten in Spalten Ton-Humus-Cutane, leicht pseudovergleyt

Tabelle 50: Bodenchemische Eigenschaften von Profil F

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0 – 30	7,5	0,00	0,91	0,09	9,71	0,11	0,23	0,49
2	Ah	- 45	7,4	0,00	0,44	0,05	9,48	0,11	0,32	0,34
3	Ah+B	- 50	7,4	0,00	0,97	0,10	9,89	0,10	0,25	0,40
4	Bht1	- 60	7,4	0,00	0,41	0,05	9,00	0,10	0,43	0,23
5	Bht2	- 75	7,4	0,00	0,43	0,05	8,78	0,10	0,50	0,20
6	Bht3	- 80	7,5	9,37		0,02		0,03	0,27	0,11
7	Cc1	- 90	7,6	14,17		0,02		0,01	0,26	0,04
8	Cc2	- 105+	7,6	15,07		0,01		0,01	0,23	0,04

Tabelle 51: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil F

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Pb	Ni
%												
1	Ap	0,038	1,975	0,431	0,277	6,645	1,428	3,208	0,355	0,030	0,015	0,018
2	Ah	0,022	2,024	0,422	0,316	7,721	1,605	3,627	0,335	0,028	0,012	0,014
3	Ah+B	0,018	1,951	0,429	0,364	6,910	1,817	3,780	0,279	0,030	0,011	0,018
4	Bht1	0,017	2,029	0,502	0,438	6,176	2,445	4,187	0,303	0,039	0,013	0,020
5	Bht2	0,024	2,095	0,632	0,522	6,507	3,025	4,647	0,382	0,047	0,015	0,028
6	Bht3	0,034	2,066	2,784	0,412	5,794	1,835	3,460	0,255	0,033	0,011	0,019
7	Cc1	0,028	2,157	3,506	0,369	4,798	1,520	2,965	0,212	0,029	0,010	0,016
8	Cc2	0,022	1,684	1,975	0,211	2,962	0,770	1,682	0,116	0,016	0,007	0,009

Tabelle 52: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil F

lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	gfS	mS	gS
%											
1	Ap	1,55	SI 3	11	5	9	15	13	23	21	3
2	Ah	1,67	SI 3	12	5	9	13	11	23	23	4
3	Ah+B	1,72	SI 4	14	4	9	15	11	22	21	4
4	Bht1	1,65	Ls 4	21	5	10	13	11	21	16	3
5	Bht2	1,61	Ls 4	21	5	8	12	11	20	19	4
6	Bht3	1,68	SI 4	14	4	8	17	12	23	19	3
7	Cc1	1,73	SI 4	14	0	12	16	13	26	17	2
8	Cc2	1,80	SI 4	13	5	9	16	14	22	18	3

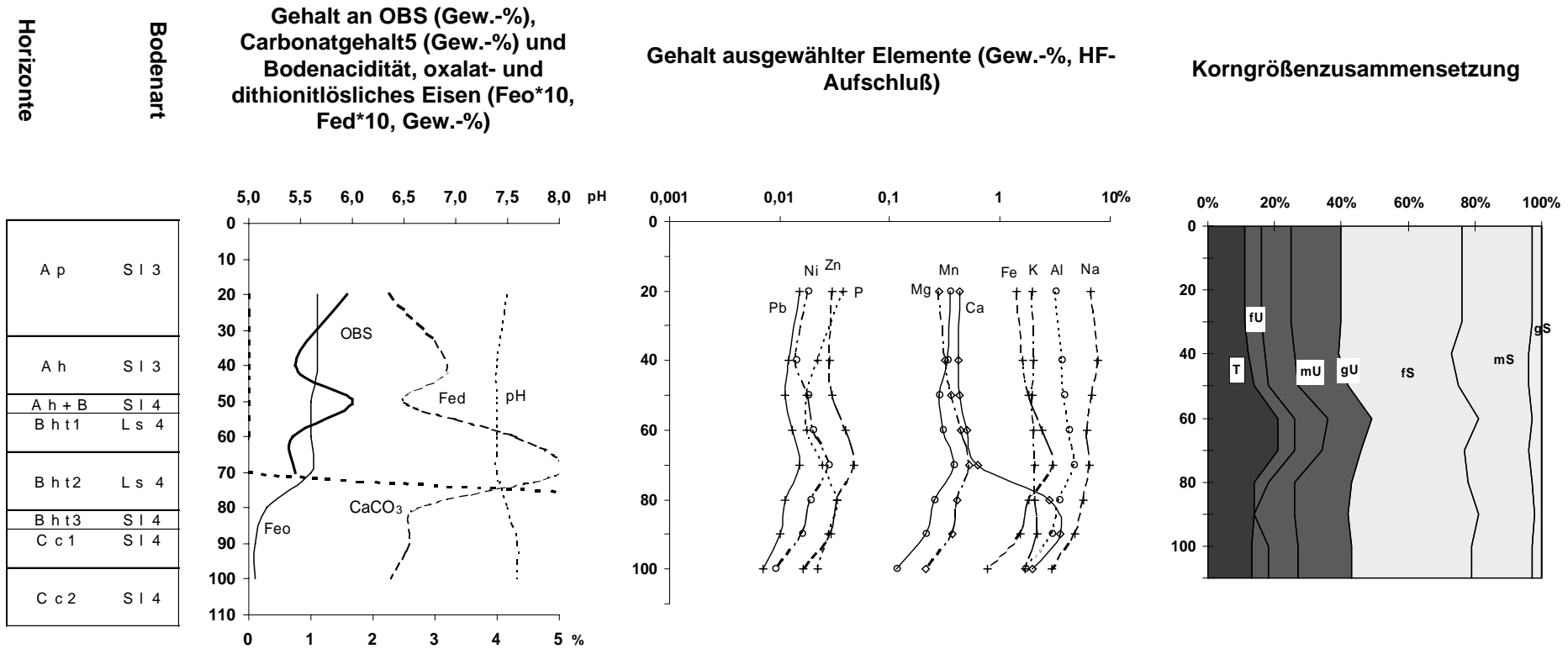


Abbildung 47: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil F

Profil G der Catena "Falkenwalde": kolluvial überdeckter Parabraunerde-Tschernosem-, Unterhang

Tabelle 53: Beschreibung des Profils G

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0 – 35	II Ap	10YR 3-4/2, bro-kru, gri2 f2, gri4 f1, ReR, SI 3, deutliche Untergrenze;
- 50	II M°Ah	10YR 3-4/2, kaum aggregiert, gri2 f2, gri4 f1, ReR, SI 3, deutliche Untergrenze;
- 60	fAp°M°Ah	10YR 3/1, subpol, gri2 f2, gri3 f2, ReR 3-4, SI 4, deutliche Untergrenze;
- 70	Ah+B	10YR 3/2, 10YR 5/6(5-10%), subpol, gri2 f 2-3, ReR 3-4, Ls 4, diffuse Untergrenze;
- 80	Bht1	10YR 6/6, 10YR 3/1(30-40%), subpol, gri2 f3, gri3 f1-2, ReR 3-4, Ls 4, in Spalten und auf Kluffflächen Sekundärcarbonat, Bodenaggregate kalkfrei, z.T. peripher aufgekalzt, Ton-Humushäutchen schwach ausgebildet, diffuse Untergrenze,
- 86	Bht2	10YR 5/6, 10YR 7/1(20%), 10 YR 3/1(5%), subpol, gri2 f2, gri3 f2-3, ReR 3-4, SI 4, in Spalten und auf Kluffflächen intensiv Sekundärcarbonat, Bodenaggregate kalkfrei, z.T. peripher aufgekalzt, wenige Ton-Humushäutchen auf Sekundärcarbonat, deutlich - diffuse Untergrenze;
- 95	Cc1	10YR 6/6, 10YR 3/1(20%), pol, gri2 f2-3, ReR 3, SI 4, kalkhaltig, Sekundärkalk in Rissen und Poren, wenig Tonhäutchen in Rissen und Poren, leicht pseudovergleyt, diffuse Untergrenze;
- 105	Cc2	10YR 6-7/1(90%), 10YR 6/8, koh, gri2 f2, ReR 2-3, SI 4, kalkhaltig, Sekundärcarbonat kleidet teilweise Risse, Spalten und Poren aus, sehr wenig Ton-Humushäutchen in Rissen, leicht pseudovergleyt, diffuse Untergrenze;
- 120+	Cc3+Sg	10YR 5/8, koh, gri2 f2, ReR 2-3, SI 4, kalkhaltig, Sekundärcarbonat kleidet teilweise Risse, Spalten und Poren aus, pseudovergleyt

Tabelle 54: Bodenchemische Eigenschaften von Profil G

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	II Ap	0 – 35	7,5	0,00	0,95	0,10	9,82	0,11	0,22	0,51
2	II M°Ah	- 50	7,5	0,00	0,62	0,07	9,44	0,13	0,23	0,58
3	fAp°M°Ah	- 60	6,3	0,00	1,02	0,10	10,27	0,18	0,29	0,63
4	Ah+B	- 70	6,5	0,00	0,71	0,07	9,89	0,11	0,35	0,30
5	Bht1	- 80	6,7	0,00	0,53	0,05	9,91	0,09	0,35	0,24
6	Bht2	- 86	7,1	7,88	0,04	0,03	1,25	0,07	0,28	0,25
7	Cc1	- 95	7,3	17,05		0,02		0,04	0,21	0,20
8	Cc2	- 105	7,2	18,99		0,02		0,04	0,20	0,18
9	Cc3+Sg	- 120+	7,3	18,91		0,02		0,04	0,17	0,21

Tabelle 55: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil G

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Pb	Ni
%												
1	II Ap	0,034	2,034	0,323	0,168	4,323	0,912	2,323	0,224	0,022	0,011	0,007
2	II M°Ah	0,027	1,970	0,523	0,304	7,045	1,612	3,617	0,399	0,042	0,013	0,014
3	fAp°M°Ah	0,030	2,020	0,654	0,400	6,910	2,200	4,199	0,388	0,040	0,013	0,019
4	Ah+B	0,025	2,033	0,668	0,432	6,748	2,346	4,287	0,259	0,040	0,013	0,021
5	Bht1	0,022	1,987	0,601	0,461	6,437	2,490	4,225	0,245	0,042	0,012	0,021
6	Bht2	0,034	2,005	2,844	0,526	6,157	2,375	4,003	0,251	0,043	0,013	0,024
7	Cc1	0,031	1,706	3,375	0,390	4,078	1,477	2,654	0,169	0,031	0,008	0,016
8	Cc2	0,032	1,590	6,156	0,541	4,881	1,888	3,355	0,217	0,038	0,009	0,021
9	Cc3+Sg	0,035	1,858	6,330	0,645	5,769	2,000	3,733	0,227	0,044	0,012	0,026

Tabelle 56: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil G

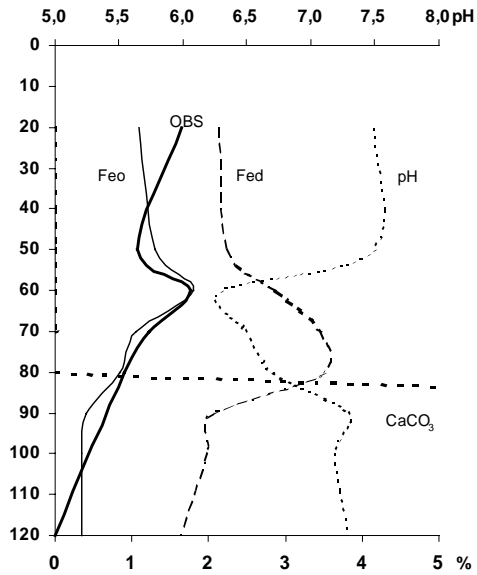
Ifd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	%							
				T	fU	mU	gU	ffS	gfS	mS	gS
1	II Ap	1,70	SI 3	10	5	7	17	12	23	22	4
2	II M°Ah	1,73	SI 3	11	5	8	14	12	23	23	4
3	fAp°M°Ah	1,65	SI 4	16	5	8	16	11	21	19	4
4	Ah+B	1,69	Ls 4	18	5	8	15	11	19	19	5
5	Bht1	1,67	Ls 4	18	5	8	15	11	20	19	4
6	Bht2	1,85	SI 4	17	5	9	15	12	22	18	2
7	Cc1	1,85	SI 4	15	5	8	13	12	24	20	3
9	Cc3+Sg	1,91	SI 4	14	4	8	15	11	24	21	3

Horizonte

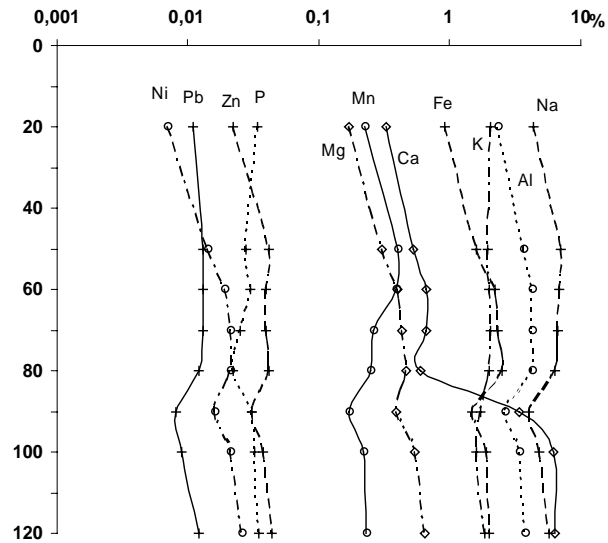
Bodenart

Gehalt an OBS (Gew.-%),
Carbonatgehalt₅ (Gew.-%) und
Bodenacidität, oxalat- und
dithionitlösliches Eisen (Feo*10,
Fed*10, Gew.-%)

II A p	SI 3
II M ° A h S I 3	
f A p ° M ° A Sh I 4	
A h + B	L s 4
B h t1	L s 4
B h t2	SI 4
C c 1	SI 4
C c 3 + S g S I 4	



Gehalt ausgewählter Elemente (Gew.-%, HF-
Aufschluß)



Korngrößenzusammensetzung

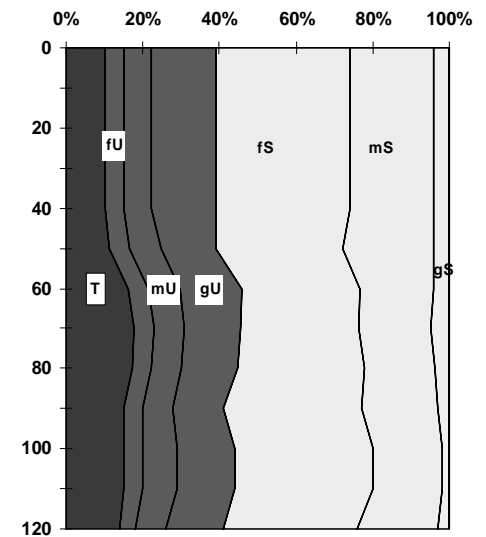


Abbildung 48: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil G

Profil H der Catena "Falkenwalde": Kolluvisol, Hangfuß im Bereich der ehemaligen Ackerkante

Tabelle 57: Beschreibung des Profils H

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0 – 35	IV Ap	grau, schlecht aggregiert, gri2 f1-2, SI 3, deutliche Untergrenze;
- 45	IV M°Ah1	grau, schlecht aggregiert, gri2 f1-2, SI 3, diffus deutliche Untergrenze;
- 60	IV M°Ah2	dunkel- und hellgrau in etwa gleichen Anteilen fleckig gemischt, schlecht aggregiert, gri 2 f1-2, SI 3, schwach ausgebildete dunkelgraue Tonhäutchen, leicht rostfleckig, diffuse Untergrenze;
- 70	III fAp°M°Ah	dunkelgrau – schwarz, subpol – pol, gri2 f2, Ls 4, leicht rostfleckig, deutlich – scharfe Untergrenze;
- 90	III M°Ah (Ap?)	dunkelgrau – schwarz, pol (klein), gri2 f2, gri4 f2, Ls 4, leicht rostfleckig, deutlich - diffuse Untergrenze,
- 110	II M°Ah	schwarz, pol (groß), gri2 f2, gri4 f2, Ls 4, leicht rostfleckig, deutliche Untergrenze;
- 130	fAh	fett schwarz, subpol - pol, gri2 f2-3, SI 4, rostfleckig, deutlich – scharfe Untergrenze;
- 145	Gor	grünlichgrau in Spalten rostig, koh, gri2 f2-3, SI 4, kalkhaltig, Rostbahnen, z.T gebleicht, deutlich – scharfe Untergrenze;
- 155+	Gro	grünlichgrau in Spalten rostig, koh, gri2 f3, SI 4, kalkhaltig, gebleicht, leicht rostfleckig

Tabelle 58: Bodenchemische Eigenschaften von Profil H

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fe d
1	IV Ap	0 – 35	7,3	0,00	0,99	0,11	9,21	0,12	0,21	0,59
3	IV M°Ah2	- 60	7,3	0,00	0,63	0,07	8,67	0,19	0,23	0,80
4	III fAp°M°Ah	- 70	7,2	0,00	0,82	0,10	8,63	0,24	0,32	0,75
5	III M°Ah (Ap?)	- 90	7,2	0,00	1,11	0,10	11,69	0,15	0,23	0,65
6	II M°Ah	- 110	7,3	0,00	1,04	0,09	11,45	0,07	0,08	0,81
7	fAh	- 130	7,3	0,00	0,64	0,06	11,50	0,03	0,06	0,45
8	Gor	- 145	7,4	8,04		0,01		0,03	0,04	0,86
9	Gro	- 155+	7,4	10,06		0,02		0,03	0,04	0,75

Tabelle 59: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil H

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Pb	Ni
1	IV Ap	0,045	1,711	0,501	0,306	6,372	1,539	3,296	0,416	0,038	0,017	0,018
3	IV M°Ah2	0,026	1,433	0,441	0,263	5,102	1,516	3,082	0,382	0,032	0,013	0,018
4	III fAp°M°Ah	0,028	1,612	0,574	0,362	5,127	2,185	3,777	0,328	0,038	0,012	0,025
5	III M°Ah (Ap?)	0,028	1,753	0,719	0,439	5,328	2,397	4,210	0,197	0,043	0,012	0,030
6	II M°Ah	0,020	1,513	0,622	0,344	5,203	1,519	3,554	0,126	0,028	0,011	0,025
7	fAh	0,018	1,470	0,547	0,298	5,471	1,174	3,247	0,117	0,023	0,010	0,021
8	Gor	0,035	1,458	2,754	0,495	5,006	1,355	3,064	0,177	0,032	0,008	0,022
9	Gro	0,033	1,704	3,514	0,599	5,492	1,556	3,500	0,206	0,038	0,009	0,019

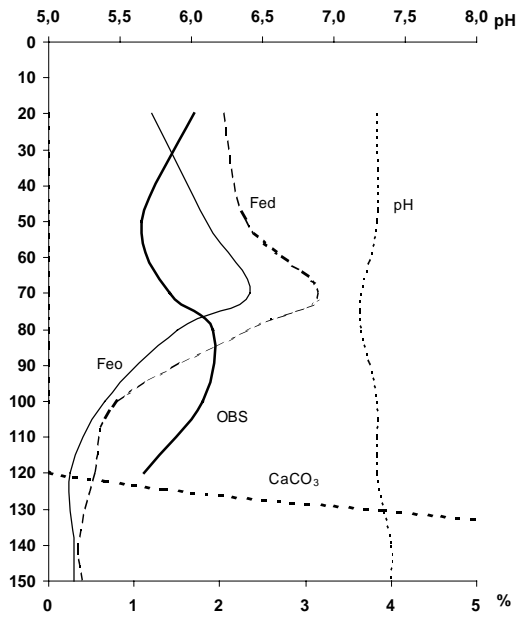
Tabelle 60: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil H

lfd. Nr.	Horizont	Trockenröhdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	gfS	mS	gS
1	IV Ap	1,59	SI 3	10	5	9	15	12	22	22	5
3	IV M°Ah2	1,73	SI 3	12	5	9	17	11	21	22	3
4	III fAp°M°Ah	1,60	Ls 4	18	5	8	15	11	20	19	4
5	III M°Ah (Ap?)	1,53	Ls 4	21	5	7	13	11	20	19	4
6	II M°Ah	1,50	Ls 4	18	5	8	15	12	21	18	3
7	fAh	1,58	SI 4	13	4	7	15	11	23	23	4
8	Gor	1,82	SI 4	14	5	9	14	11	23	21	3
9	Gro	1,87	SI 4	14	5	9	15	11	24	20	2

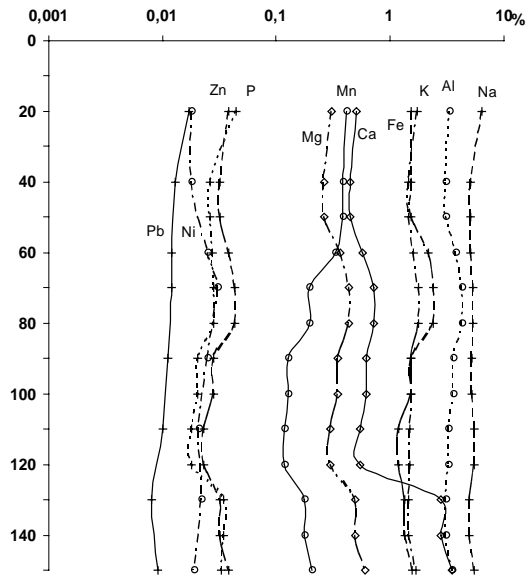
Horizonte
Bodenart

IV A p S I 3
IV M ° A h S I 3
III f A p ° M L A s h 4
III M ° A h L s 4
II M ° A h L s 4
f A h S I 4
G o r S I 4
G r o S I 4

**Gehalt an OBS (Gew.-%),
 Carbonatgehalt5 (Gew.-%) und
 Bodenacidität, oxalat- und
 dithionitlösliches Eisen (Feo*10, Fed*10,
 Gew.-%)**



**Gehalt ausgewählter Elemente (Gew.-%,
 HF-Aufschluß)**



Korngrößenzusammensetzung

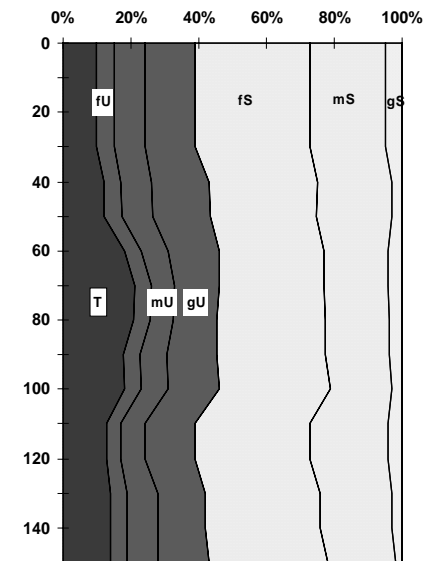


Abbildung 49: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil H

Profil I der Catena "Falkenwalde": Kolluvisol, Senke (Randbereich)

Tabelle 61: Beschreibung des Profils I

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0 – 30	VII Ap	10YR 5/2-3, schlecht aggregiert, gri2-3 f2, SI 3, einzelnes Stück Kreidegeschiebe, deutlich – diffuse Untergrenze;
- 65	VII M	10YR 5/2-3, schlecht aggregiert, gri2-3 f2, SI 3, einzelne Rostflecken, deutliche Untergrenze;
- 76	VI fAp°M°Ah	10YR 3-4/2, schlecht aggregiert, gri3 f2, gri2 f1-2, SI 4, einzelne Rostflecken, schwach ausgebildete dunkelgraue Tonhäutchen, diffuse Untergrenze;
- 90	VI Gor°M°Ah	10YR 2/1, 7,5YR 5/8 (50%), pol, gri3 f1-2, gr 2 f2, Ls 4, stark rost-fleckig (50%), diffuse Untergrenze;
- 115	VI Gr°M°Ah	10YR 2/1, 7,5YR 5/8 (50%), pol, gri3 f2, gri2 f2, SI 4, rostfleckig, deutlich – scharfe Untergrenze;
- 125	V Gr°M°A+C	10YR 2/1, 5Y 1-2 (60%), 7,5YR 6/8 (3%), pol, gri2 f3, gri3 f1, SI 4, deutlich - scharfe (geneigt in Richtung Senkenzentrum), z.T. rostfleckig, GW bei ca. 150cm, deutliche Untergrenze;
- 157	IV Gr°M°Ah	10YR 2/1, pol, gri2 f3-4, SI 4, z.T. kiesig, kleine Steine, scharfe Untergrenze;
- 163	III H	10YR 2/1, pol, Ls 4, scharfe Untergrenze;
- 170	II Gr1	5Y 5/1, Einzelkorngefüge, Ss, scharfe Untergrenze;
- 180+	Gr2	5Y 5/62, koh, SI 3, in Spalten und Wurzelgängen intensiv rostig, kalkhaltig

Tabelle 62: Bodenchemische Eigenschaften von Profil I

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	VII Ap	0 – 30	7,2	0,00	1,13	0,12	9,51	0,14	0,20	0,68
2	VII M	- 65	7,3	0,00	0,60	0,07	8,78	0,21	0,22	0,95
3	VI fAp°M°Ah	- 76	7,3	0,00	0,60	0,07	8,71	0,23	0,32	0,72
4	VI Gor°M°Ah	- 90	7,3	0,00	0,75	0,09	8,66	0,22	0,33	0,66
5	VI Gr°M°Ah	- 115	7,3	0,00	0,75	0,08	9,68	0,27	0,28	0,96
6	V Gr°M°A+C	- 125	7,3	0,00	0,65	0,06	10,53	0,13	0,16	0,81
7	IV Gr°M°Ah	- 157	7,3	0,00	0,96	0,09	10,48	0,08	0,06	1,45
8	III H	- 163	7,1	0,00	20,79	0,94	22,19	0,26	0,09	3,00
9	II Gr1	- 170	7,3	0,00	0,19	0,02	12,13	0,01	0,00	
10	Gr2	- 180+	7,4	6,97		0,01		0,04	0,01	4,00

Tabelle 63: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil I

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe %	Al	Mn	Zn	Pb	Ni
1	VII Ap	0,044	1,686	0,473	0,290	6,006	1,517	3,206	0,415	0,035	0,016	0,015
2	VII M	0,028	1,625	0,423	0,266	6,096	1,473	3,204	0,461	0,030	0,009	0,015
3	VI fAp°M°Ah	0,027	1,634	0,573	0,329	5,573	1,878	3,570	0,451	0,043	0,012	0,018
4	VI Gor°M°Ah	0,028	1,656	0,564	0,391	5,368	2,292	3,926	0,320	0,041	0,009	0,023
5	VI Gr°M°Ah	0,033	1,740	0,601	0,396	5,615	2,382	3,932	0,321	0,039	0,015	0,028
6	V Gr°M°A+C	0,026	1,706	0,621	0,399	5,804	1,758	3,814	0,210	0,037	0,013	0,021
7	IV Gr°M°Ah	0,024	1,706	0,568	0,360	5,771	1,418	3,758	0,160	0,037	0,013	0,022
8	III H	0,051	1,622	2,548	0,440	5,642	1,469	3,932	0,139	0,030	0,013	0,055
9	II Gr1	0,023	1,305	0,420	0,161	7,279	0,559	2,420	0,104	0,012	0,009	0,012
10	Gr2	0,035	1,630	2,448	0,564	5,899	1,426	3,410	0,192	0,034	0,012	0,020

Tabelle 64: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil I

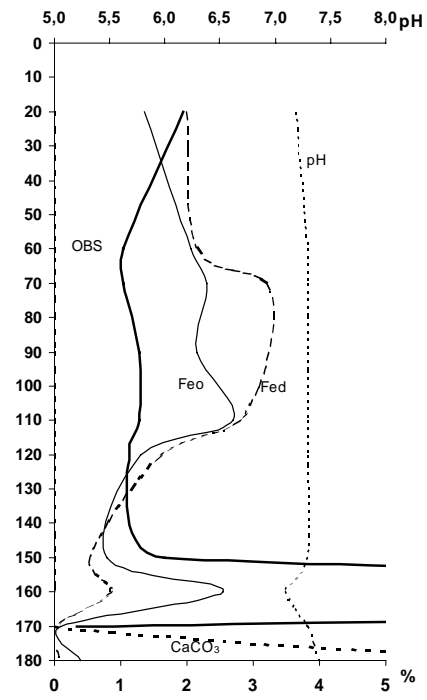
lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	gU %	ffS	gfS	mS	gS
1	VII Ap	1,55	SI 3	10	6	9	14	12	23	22	4
2	VII M	1,73	SI 3	10	6	11	17	12	21	20	3
3	VI fAp°M°Ah	1,60	SI 4	14	7	8	15	12	20	20	4
4	VI Gor°M°Ah	1,58	Ls 4	19	4	9	16	11	20	19	2
5	VI Gr°M°Ah	1,59	SI 4	17	4	8	16	11	21	19	4
6	V Gr°M°A+C	1,78	SI 4	16	4	9	14	11	22	20	4
7	IV Gr°M°Ah	1,62	SI 4	16	4	9	14	11	22	21	3
8	III H	0,61	Ls 4	21	7	8	10	9	18	22	5
9	II Gr1	1,74	Ss	2	1	2	4	7	27	47	10
10	Gr2	1,82	SI 3	11	5	9	14	11	23	23	4

Horizonte

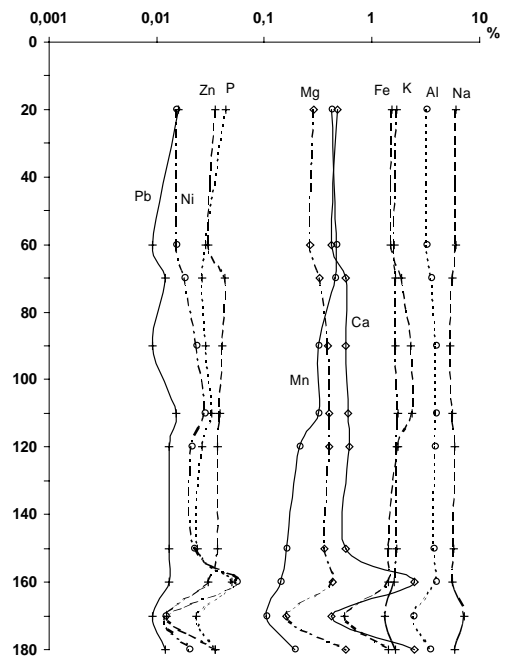
Bodenart

VII Ap	Sl 3
VII M	Sl 3
VI fAp ^o M ^o Ah	Sl 4
VI Gor ^o M ^o Ah	Ls 4
VI Gr ^o M ^o Ah	Sl 4
V Gr ^o M ^o A+C	Sl 4
IV Gr ^o M ^o Ah	Sl 4
III H	Ls 4
II Gr1	Ss
Gr2	Sl 3

Gehalt an OBS (Gew.-%),
Carbonatgehalt₅ (Gew.-%) und
Bodenacidität, oxalat- und
dithionitlösliches Eisen (Feo*10,
Fed*10, Gew.-%)



Gehalt ausgewählter Elemente (Gew.-%, HF-Aufschluß)



Korngrößenzusammensetzung

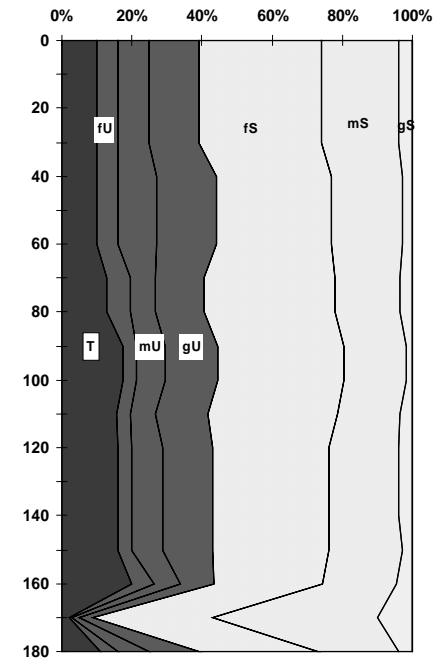


Abbildung 50: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil I

Profil J der Catena "Falkenwalde": Kolluvisol, Senke (Zentrum)

Tabelle 65: Beschreibung des Profils J

Tiefe (cm)	Horizont	Kurzbeschreibung
0 – 30	VIII Ap	Hellgrau, schlecht aggregiert, SI 3, diffuse Untergrenze;
- 70	VIII M	Hellgrau, schlecht aggregiert, SI 3, einige Rostflecken, diffus – scharfe Untergrenze;
- 95	VII Go°M	hellgrau, pol - pri, gri 2 f 2-3, SI 3, gebleicht, stark rostfleckig, diffuse Untergrenze;
- 105	VI Gr°fAh°M	Grau, pol, SI 3, einige Rostflecken, einige Bleichflecken, schwach ausgebildete dunkle Tonhäutchen, diffuse Untergrenze;
- 140	V Gr°Aa°M°Ah1	grau, pol, gri2 f3-4, gri3 f3, Su 3, Ton-Humushäutchen, einzelne größere Steine (incl. 1 Findling), Holzkohleflitter, scharfe Untergrenze;
- 145	V Gr°Aa°M°Ah2	schwarz, pol, Ls 3, Farn-Riedtorf mit Holzresten, Rostbahnen entlang von Wurzelbahnen, ehemalige Oberfläche, bei 145cm ein Stück cf. <i>Pinus</i> -Holz, scharfe Untergrenze;
- 155	IV Gr°M°Ah	Dunkelgrau, subpol, SI 4, Farn-Riedtorf mit Holzresten, kleine Steine, wenige Rostflecken entlang von Wurzelbahnen, einzelne gebleichte Sandkörner, diffuse Untergrenze;
- 185	III H2	stark zersetzter Riedtorf mit <i>Phragmites</i> , dunkelgrau, SI 4, einzelne Steine, einzelne gebleichte Sandkörner, diffuse Untergrenze;
- 200	III H1	stark zersetzter Riedtorf mit <i>Phragmites</i> , mehrfach <i>Lycopus</i> - und cf. <i>Mentha</i> -Samen, vereinzelt Zweigstücke, wenig Braunmoos, muddedurchsetzt mit <i>Characeae</i> -Oogonien, <i>Potamogeton</i> - und <i>Nymphaea</i> -Samen und weiteren Wasserpflanzenresten, schwarz, Ls 2, deutliche Untergrenze;
- 205	II Gr	grau, Ss, z.T. kiesig, einzelne Wurzelbereiche rostig, Matrix kalkfrei, einzelne kleine Carbonatkonkretionen, deutliche Untergrenze;
- 215	Grc	Dunkelgrau, Su 3, kalkhaltig, einzelne kleine Carbonatkonkretionen, scharfe Untergrenze;
- 220*	Grc	Weißgrau, SI 3, z.T. kleine Steine, wenige Mollusken, kalkhaltig, durchwurzelt, Carbonatkonkretionen, sehr gut von Seggenresten durchzogen

Tabelle 66: Bodenchemische Eigenschaften von Profil J

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	VIII Ap	0 – 30	7,3	0,00	1,04	0,11	9,08	0,15	0,19	0,81
2	VIII M	- 70	7,3	0,00	0,67	0,08	8,75	0,23	0,20	1,13
3	VII Go°M	- 95	7,3	0,00	0,50	0,05	9,49	0,13	0,09	1,44
4	VI Gr°fAh°M	- 105	7,3	0,00	0,46	0,05	10,07	0,06	0,04	1,50
5	V Gr°Aa°M°Ah1	- 140	7,3	0,00	0,63	0,06	11,27	0,06	0,03	1,83
6	V Gr°Aa°M°Ah2	- 145	7,1	0,00	4,82	0,42	11,45	0,22	0,11	1,95
7	IV Gr°M°Ah	- 155	7,2	0,00	4,30	0,37	11,78	0,14	0,06	2,33
8	III H2	- 185	7,0	0,00	8,02	0,64	12,50	0,21	0,09	2,47
9	III H1	- 200	7,0	0,00	41,79	2,54	16,48	0,54	0,34	1,57
10	II Gr	- 205	7,1	2,65	0,58	0,05	10,72	0,07	0,01	6,50
11	Grc	- 215	7,1	7,78	1,17	0,10	11,69	0,13	0,03	4,33
12	Grc	- 220*	7,3	13,00		0,03		0,08	0,03	3,20

Tabelle 67: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil J

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Pb	Ni
1	VIII Ap	0,047	1,620	0,484	0,299	5,998	1,569	3,205	0,431	0,039	0,019	0,017
2	VIII M	0,026	1,380	0,408	0,238	5,232	1,276	2,798	0,427	0,032	0,013	0,013
3	VII Go°M	0,022	1,737	0,479	0,288	7,073	1,291	3,379	0,178	0,039	0,015	0,027
4	VI Gr°fAh°M	0,018	1,710	0,424	0,267	6,709	1,145	3,278	0,140	0,031	0,013	0,023
5	V Gr°Aa°M°Ah1	0,016	1,676	0,435	0,254	6,384	1,054	3,200	0,128	0,034	0,014	0,027
6	V Gr°Aa°M°Ah2	0,059	1,827	1,143	0,448	6,252	1,789	4,589	0,142	0,043	0,021	0,055
7	IV Gr°M°Ah	0,043	1,639	1,008	0,358	5,674	1,403	3,882	0,125	0,035	0,015	0,049
8	III H2	0,055	1,701	1,367	0,389	5,488	1,392	3,850	0,134	0,081	0,013	0,046
9	III H1	0,119	1,304	12,660	0,960	3,975	3,947	3,399	0,340	0,177	0,013	0,169
10	II Gr	0,020	1,206	0,979	0,151	6,671	0,532	2,250	0,117	0,012	0,007	0,019
11	Grc	0,027	1,436	3,075	0,345	6,258	1,253	2,726	0,168	0,022	0,009	0,027
12	Grc	0,038	1,613	4,182	0,651	6,613	1,655	3,282	0,243	0,038	0,011	0,031

Tabelle 68: Bodenphysikalische Eigenschaften von Profil J

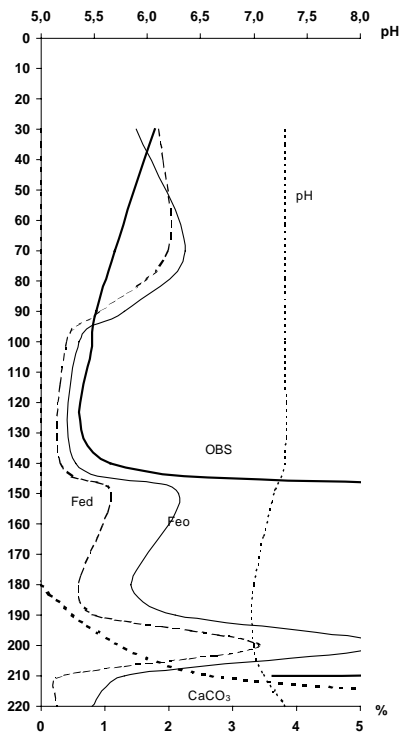
lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	mU	%				
							gU	ffS	gfS	mS	gS
1	VIII Ap	1,58	SI 3	10	6	9	14	12	24	21	4
2	VIII M	1,64	SI 3	9	6	9	16	12	23	21	4
3	VII Go ^o M	1,64	SI 3	10	6	10	14	12	23	21	4
4	VI Gr ^o fAh ^o M	1,77	SI 3	10	6	8	18	12	22	21	3
5	V Gr ^o Aa ^o M ^o Ah1	1,82	Su 3	8	6	8	17	12	23	22	4
6	V Gr ^o Aa ^o M ^o Ah2	0,62	Ls 3	22	7	13	15	9	17	14	3
7	IV Gr ^o M ^o Ah	0,89	SI 4	17	5	10	17	11	20	18	2
8	III H2	0,27	SI 4	17	7	10	16	11	19	17	3
9	III H1	1,52	Ls 2	19	6	17	22	8	15	12	1
10	II Gr	1,49	Ss	4	1	2	7	6	23	45	12
11	Grc	-	Su 3	8	4	6	17	12	25	25	3
12	Grc	-	SI 3	10	4	11	25	11	19	17	3

Horizonte

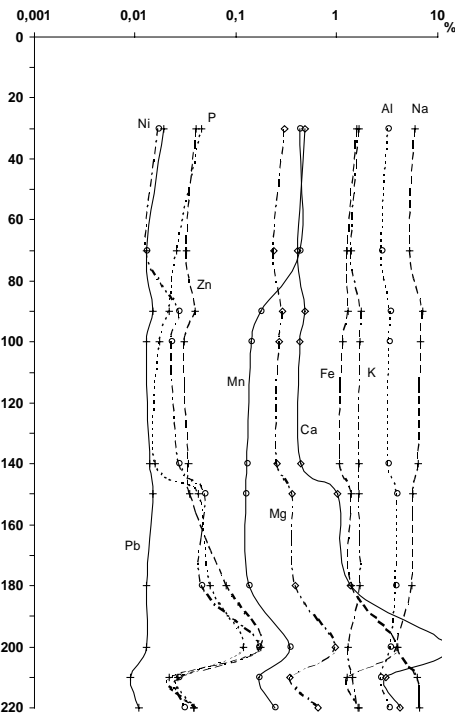
Bodenart

VIII Ap	SI 3
VIII M	SI 3
VII Go*M	SI 3
VI Gr*Ah*M	SI 3
V Gr*Aa*M*Ah1	Su 3
V Gr*Aa*M*Ah2	Ls 3
IV Gr*M*Ah	SI 4
III H2	SI 4
III H1	Ls 2
II Gr	Ss
Grc	Su 3
Grc	SI 3

Gehalt an OBS (Gew.-%),
Carbonatgehalt5 (Gew.-%) und
Bodenacidität, oxalat- und
dithionitlösliches Eisen (Fed*10,
Feo*10, Gew.-%)



Gehalt ausgewählter Elemente
(Gew.-%, HF-Aufschluß)



Korngrößenzusammensetzung

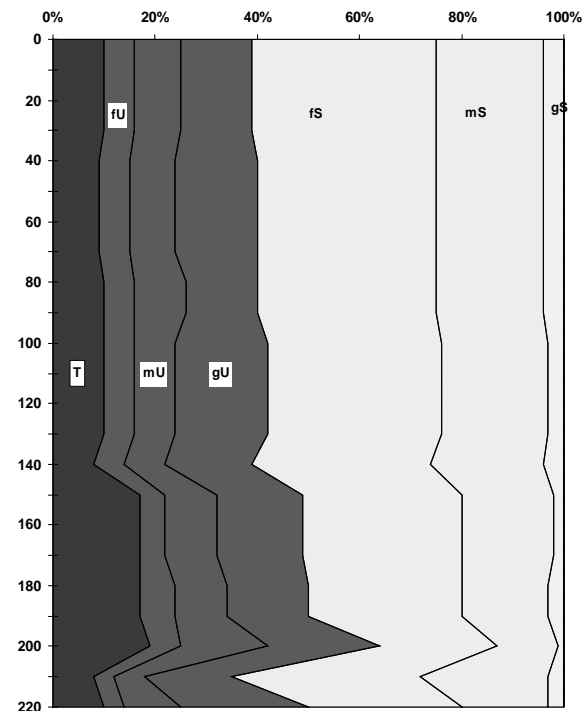


Abbildung 51: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil J

2.1.3 Mikromorphologie

Die Befunde der mikromorphologischen Untersuchungen sind in Tabelle 69 zusammengefaßt.

Tabelle 69: Mikromorphologische Befunde, Catena Falkenwalde (nach BECKMANN 1998)

Profil	Horizont	Befunde bezüglich		
		Carbonatdynamik	Verbraunung/Lessivierung	Sonstiges
A – Parabraunerde – Tschernosem, Plateau	Ap	<ul style="list-style-type: none"> carbonatfrei 		<ul style="list-style-type: none"> Krümel/Bröckel mit großen Interaggregatzwischenraum sehr humos
	Ah	<ul style="list-style-type: none"> carbonatfrei 		<ul style="list-style-type: none"> einzelne runde Fe/Mn-Konkretionen in der Sandfraktion sehr humos
	Ah + B		<ul style="list-style-type: none"> orientierte dunkle Tonbeläge, nicht im Grobporensystem 	
	Bht1		<ul style="list-style-type: none"> reichlich orientierte dunkle Tonbeläge, nicht im Grobporensystem 	<ul style="list-style-type: none"> einzelne Fe/Mn-Konkretionen, auch in Tonbelägen
	Bht2		<ul style="list-style-type: none"> orientierte dunkle Tonbeläge 	<ul style="list-style-type: none"> einzelne runde Fe/Mn-Konkretionen in der Sandfraktion in situ – Fe/Mn-Konkretionen
	Cc1/ Cc2	<ul style="list-style-type: none"> carbonathaltig Sekundärcarbonat in horizontalen Rissen und im vertikalen Porensystem 	<ul style="list-style-type: none"> keine Tonbeläge stellenweise Verbraunung erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> vereinzelt Fe/Mn-Ausscheidungen
	Sg-eIC	<ul style="list-style-type: none"> carbonathaltig, einzelne Kalksteinbruchstücke Sekundärcarbonate im vertikalen Porensystem 		<ul style="list-style-type: none"> horizontales „Rißsystem“
F – Parabraunerde – Tschernosem, Mittelhang	Ap			<ul style="list-style-type: none"> dunkle Tonmatrix verbreitet „Schwarze Pigmente“ vereinzelt runde Fe/Mn-Konkretionen
	Ah			<ul style="list-style-type: none"> dunkle Tonmatrix verbreitet „Schwarze Pigmente“ vereinzelt runde Fe/Mn-Konkretionen
	Ah + B		<ul style="list-style-type: none"> dunkle Tonbeläge 	<ul style="list-style-type: none"> z.T. dunkle Tonmatrix
	Bht1		<ul style="list-style-type: none"> intensive dunkle Tonbeläge nicht auf jungen Wurzeln und Regenwurmröhren 	
	Bht2	<ul style="list-style-type: none"> in Regenwurmgang Lublinit 	<ul style="list-style-type: none"> nahezu alle Poren mit dunklen Tonbelägen 	<ul style="list-style-type: none"> schwache Fe/Mn-Ausscheidungen, auch innerhalb der Tonbeläge
	Bht3	<ul style="list-style-type: none"> Matrix z.T. carbonathaltig, z.T. Kalkstein, leicht korrodiert Sekundärcarbonat an Poren-rändern 	<ul style="list-style-type: none"> in Grobporen dunkle Tonbeläge 	
	Cc1	<ul style="list-style-type: none"> primäres Feincarbonat und Kalkstein, z.T. korrodiert Sekundärcarbonat im Porensystem, z.T. über Tonbelägen 	<ul style="list-style-type: none"> in Grobporen dunkle Tonbeläge 	<ul style="list-style-type: none"> z.T. horizontale Orientierung der Poren, durch Sekundärcarbonat stabilisiert
	Cc2	<ul style="list-style-type: none"> primäres Feincarbonat und Kalkstein, z.T. korrodiert Sekundärcarbonat im Porensystem 		

Beide untersuchten Bodenprofile der Parabraunerde-Tschernoseme weisen im Dünnschliff hinsichtlich der ablaufenden pedogenetischen Prozesse die gleichen Merkmale auf:

- In den Humushorizonten ist die Bildung von Ton-Humuskomplexen in der Bodenmatrix als Teil des Prozesses der Tschernosemierung erkennbar.
- In den B-Horizonten ist der Prozeß der Lessivierung von schwarzen Ton-Humuskomplexen nachweisbar. Da das rezente Grobporensystem dieser Horizonte keine Tonbeläge aufweist, kann darauf geschlossen werden, daß rezent keine Lessivierung stattfindet.
- Vom Abschluß der Lessivierung und einer erneuten Aktivierung der Carbonatdynamik zeugt die Überlagerung der Ton-Humusbeläge mit Sekundärcarbonaten.
- Deutlich wird im Bereich der Entkalkungsgrenze die Carbonatumlösungsdynamik, d.h. die Lösung primären Carbonates einerseits und Ausfällung als Sekundärcarbonat im gleichen Horizont. Innerhalb der C-Horizonte ist in kleinen Flächenanteilen nach einsetzender Entkalkung bereits die Verbraunung nachzuweisen.
- Neben reliktschen Fe/Mn-Konkretionen, die wahrscheinlich bereits mit dem Sediment abgelagert wurden, sind „in-situ“ – Bildungen vorhanden, die z.T. in zeitlicher Verbindung mit der Lessivierung stehen.
- Als Besonderheit des Ausgangsmaterials ist in beiden Bodenprofilen sein horizontales Rißsystem zu erkennen, was auf laterale Hangverlagerungsprozesse des wassergesättigten Materials unter Frosteinwirkung (Solifluktion) schließen läßt. Dieses Porensystem wurde sekundär durch Carbonatausscheidungen stabilisiert.

2.1.4 Untersuchung der organischen Bodensubstanz

Aufgrund der Ergebnisse und Erfahrungen zur Untersuchung der organischen Bodensubstanz konnte die Methodik und Probenanzahl für die Catena Falkenwalde eingeschränkt werden. Es wurden eine Humuskomplexanalyse, eine optische Untersuchung der Huminsäuren und eine thermogravimetrische Untersuchung der organischen Bodensubstanz durchgeführt.

2.1.4.1 Humuskomplexanalyse

Es erfolgte eine Humuskomplexanalyse in humosen Horizonten von vier Bodenprofilen. Um Rückschlüsse auf die Humusgenese während der Schwarzerdegenese ziehen zu können, wurde der Schwerpunkt auf die reliktschen Humushorizonte der Schwarzerden und die begrabenen Humushorizonte gelegt.

Tabelle 70: Ergebnisse der Humuskomplexanalyse ausgewählter Humushorizonte der Catena Falkenwalde (nach O.A. CICHAGOVA)

Profil	Horizont	Tiefe (cm)	Huminsäuren (%)		Fulvosäuren (%)			Nicht extra- hierb. Rest	C _{HS} /C _{FS}
			1	2	1"	1	2		
0801B	Ah	30 – 50	2,4	30,9	11,9	0	11,9	42,9	1,40
0208F	Ap	10 – 30	5,7	14,8	4,5	6,8	5,7	62,5	1,21
	Ah	30 – 45	2,3	22,7	9,1	0	6,8	59,1	1,57
0202G	fAh	50 – 60	1,5	30,9	10,3	0	7,3	50,0	1,84
0109 H	fAh	110 – 130	1,3	39,6	5,2	0	6,5	47,4	3,50

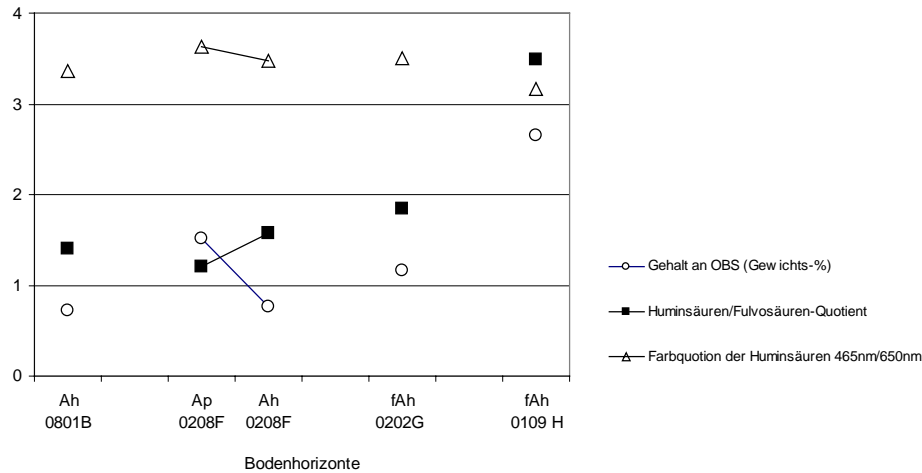


Abbildung 52: Graphische Darstellung einiger Humuseigenschaften ausgewählter Bodenhorizonte der Catena Falkenwalde (nach O.A. CICHAGOVA)

Aus den Ergebnissen der Humusfraktionierung (Tabelle 70) lassen sich folgende Schlußfolgerungen ableiten:

- Der Gehalt der an Carbonate gebundenen Huminsäuren ist in den Humushorizonten der Schwarzerde sehr hoch (22,7 – 39,6%), was ein Indiz für Schwarzerdegenese ist (ORLOV 1990, 1996, CICHAGOVA 1992, ALTERMANN 1969).
- Im Ap-Horizont von Profil F sinkt der Anteil der Huminsäuren am Kohlenstoffgehalt der organischen Bodensubstanz auf 14,8 ab, was auf einen anderen Typ der Humusbildung nach der Tschernosemierung schließen läßt.
- Für alle untersuchten Humushorizonte liegt das Verhältnis von Huminsäuren zu Fulvosäuren über 1 (1,21 – 1,84), der Humus dieser Böden gehört zum Humat-Humustyp (ORLOV 1990, 1996). Dieser Humustyp ist charakteristisch für Schwarzerden, wobei der kleinste Quotient im Pflughorizont gemessen wurde. Der sehr hohe Quotient für den begrabenen Humushorizont in Profil H kann mit einer zusätzlichen Aufkalkung durch carbonathaltiges Grundwasser zusammenhängen.
- Der in der Humuskomplexanalyse nicht extrahierbare Rest beträgt von 42,9 bis 62,5 %. Da dieser Rest überwiegend aus dem für Schwarzerden typischen Ton-Humus-Komplex besteht, kann auch dieser Wert als Indiz für Tschernosemierung angesehen werden.

2.1.4.2 Optische Untersuchung

Die in den Huminsäureextrakten durchgeführten Messungen der Absorptionsspektren haben in allen untersuchten Proben einen für Schwarzerden typischen Farbquotienten $Q_{465nm/650nm}$ mit Werten über 3 ergeben.

Das „Grüne Pigment“ (Pg) wurde in den untersuchten Proben der Catena Falkenwalde nicht gefunden.

2.1.4.3 Thermogravimetrische Untersuchungen

Für insgesamt 4 Bodenprofile wurden in allen humosen Bodenhorizonten thermogravimetrische Messungen durchgeführt und die Qualitätsindizes der organischen Bodensubstanz bestimmt (SIEWERT 1994/95).

Die berechneten Q2-Indizes liegen zwischen 0,1 und 0,7 (Tabelle 71). Die Werte der Parabraunerde-Tschernoseme in den Profilen F und B entsprechen damit Werten von Schwarzerden (SIEWERT, 1999). Abweichungen treten vor allem in den begrabenen Humushorizonten von Profil G und H auf. Allerdings ist in diesen Horizonten aufgrund von Abweichungen der Kontrollkriterien (K2, K3), die Interpretierbarkeit der Ergebnisse nicht gewährleistet. Die negativen Werte der Kontrollkriterien deuten

auf die Konservierung der organischen Bodensubstanz hin (s. III.1.6.3 „Thermogravimetrische Untersuchung“ Catena Biesenbrow).

Die vorliegenden Werte liefern jedoch ein weiteres Indiz für die Humusgenese der untersuchten Böden unter kontinentalen klimatischen Verhältnissen mit periodisch wechselnden Bedingungen der Bodenfeuchte.

Tabelle 71: Thermogravimetrische Qualitätsindizes der organischen Bodensubstanz ausgewählter Humushorizonte der Catena Falkenwalde (nach SIEWERT)

Pofil-Nr.	Horizont	Qualitätsindizes und Kontrollkriterien		
		Q1	Q2	Q3
B	Ap	2,7	0,6	2,1
	Ah	1,3 (K1: -0,3)	0,4 (K2: -0,9)	1,4
	Al+B	0,5 (K1: -0,4)	0,3	1,2
F	Ap	3,4	0,7	2,2
	Ah	0,7 (K1: -0,2)	0,3	1,2
	Al+B	1,0	0,3	1,0
G	Ap	2,7	0,7	2,3
	Mah	1,3	0,4	1,5
	fAh	1,2	0,3	1,3
H	Ap	4,3	0,7	2,3
	M2	1,4	0,4	1,6
	M3	0,8	0,2	1,1
	M4	0,6	0,2	0,9 (K3: -0,3)
	M5	0,9	0,1 (K2: -0,7)	0,7 (K3: -0,3)
	fAh	1,0	0,2 (K2: -1,3)	0,7 (K3: -0,4)

2.1.5 ¹⁴C-Datierungen

2.1.5.1 ¹⁴C-Datierungen des Humus

Es wurden in zwei Proben ¹⁴C-Altersdatierungen der Huminsäurefraktion durchgeführt. Für Profil H wurde der begrabene Humushorizont der Parabraunerde-Tschernoseme datiert. Das relativ junge subboreale Alter von 3070 BP ist für die Humusgenese dieses Horizontes zu gering, könnte jedoch auf den Zeitpunkt der kolluvialen Überdeckung hinweisen (s. Tabelle 72). Probe IGAN-1846 datiert den Humus im Kolluvium V (Abbildung 33). Das ¹⁴C-Alter dieser Probe von 3330 BP befindet sich in Übereinstimmung mit den pollenanalytisch gewonnenen Datierungen und den Datierungen im Torf (Tabelle 73) der Schichten III und IV. Aufgrund makromorphologischer Beobachtungen ist dieses Kolluvium Ergebnis eines katastrophalen Erosionsereignisses (s. III.2.1.2 „Besonderheiten einiger Einzelprofile“). Die Altersdatierung erlaubt die Zuordnung dieses Ereignisses zur späten Bronzezeit.

Die Wahrscheinlichkeit der Kontamination durch jüngere Huminsäuren in den betreffenden Proben ist jedoch relativ hoch. Die ¹⁴C-Alter liefern lediglich Anhaltswerte.

Tabelle 72: 14C-Datierung der Huminsäure, Profile H und I, Catena Falkenwalde (nach CHICHAGOVA)

Lab.-Nr.	Profil	Horizont	Schicht	Tiefe cm	Fraktion	Konventionelles 14C-Alter ⁴ BP
IGAN-1836	H	fAh	III	110 – 130	Huminsäure (Fraktion HS2)	3070 ± 400
IGAN-1846	I	IV Gr°M°A+C	V	115 – 125	Huminsäure (Fraktion HS2)	3330 ± 130

2.1.5.2 14C-Datierungen der organischen Sedimente

Der Torf der organogenen Schicht III (Tabelle 44, Abbildung 33) ist mit Kohlepartikeln reichlich durchsetzt, die neben den Characeae-Oogonien zur 14C-Datierung ausgelesen wurden (A. BRANDE).

Die AMS-Datierung der beiden Fraktionen ergibt für beide Proben ein Alter im Mittleren bzw. Jüngeren Subboreal. Die Alter der Oogonien sind in jedem Fall geringfügig älter als die Alter der Holzkohle. Erklärbar ist dieser Unterschied durch einen Hartwassereffekt. Dennoch läßt sich die Torfbildungsphase in Schicht III durch diese beiden Daten sehr gut zeitlich begrenzen. Sie umfaßt lediglich ca. 300 Jahre. Kulturgeschichtlich ist die mittlere und jüngere Bronzezeit einschließlich der Uckermärkischen Gruppe erfaßt.

Tabelle 73: 14C-Datierung der Torfproben, Profil J, Schicht III, Catena Falkenwalde (AMS, nach GROOTES)

Lab.-Nr.	Tiefe in cm	Fraktion	Konventionelles 14C-Alter ⁵ BP	Kalibriertes Alter ⁶ cal BC
KIA 6105	170-176	Characeae – Oogonien (Säurerückstand)	3018 ± 30	1286, 1284, 1257, 1225, 1195
		Holzkohle (Säurerückstand)	2897 ± 30	1067, 1065, 1050, 1036, 1020
KIA 6106	182-188	Characeae – Oogonien (Säurerückstand)	3334 ± 31	1676, 1675, 1604, 1570, 1560
		Holzkohle (Säurerückstand)	3262 ± 31	1504

2.1.6 Paläobotanische Untersuchungen

Die paläobotanischen Untersuchungen wurden in der unteren organogenen Schichtfolge des Bodenprofils J (135-195cm) durchgeführt, die im Liegenden und im Hangenden von minerogenen Schichtpaketen begrenzt ist (Charakteristik der Schichten s. Tabelle 65 - Tabelle 68, Tabelle 65).

2.1.6.1 Pollenanalyse

Zur Erstellung des Pollendiagramms (Abbildung 53) wurden insgesamt 8 Proben aus den Schichten III und IV (135 – 195cm, Abbildung 33, Tabelle 44) pollenanalytisch von A. BRANDE 1999, TU Berlin, untersucht und ausgewertet. Die Ergebnisse werden hier zusammenfassend dargestellt.

⁴ nach Stuiver und Polach, Radiocarbon

⁵ nach Stuiver und Polach, Radiocarbon

⁶ Übersetzung des konventionellen Alters mit „CALIB rev 3.0“, Stuiver und Reimer, Radiocarbon 35, 215 – 230, 1993, durchgeführt durch M. Grootes

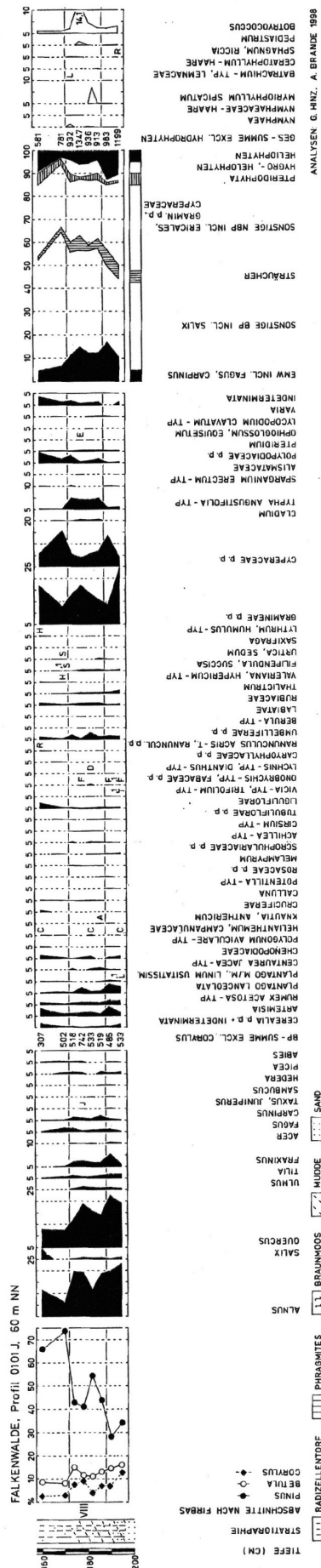


Abbildung 53: Pollendiagramm Profil J, Catena Falkenwalde

Pollenführung

Die Pollenführung ist bei 135-155cm durch Korrosion bzw. Zersetzung sehr gering und nicht näher auswertbar. Bei 160-170cm liegt selektive Pollenersetzung vor, doch ist die Pollenführung befriedigend. Der muddedurchsetzte Torf bei 172-195cm weist eine gute Pollenführung und –erhaltung auf. In den liegenden Sanden (Schicht II, Abbildung 33, Tabelle 44) bis 220cm ist die Pollendichte einschließlich einer „präquartären“ Komponente auf sekundärer Lagerstätte extrem gering und quantitativ nicht auswertbar.

Datierung

Durch regelmäßige Nachweise von *Fagus* und *Carpinus* in Verbindung mit nennenswerten Anteilen von *Tilia* und *Corylus*, aber wenig *Ulmus*, dazu regelmäßigem und häufigem Auftreten von Kulturpflanzen (*Cerealia* excl. *Secale*) und Kulturbzw. Siedlungsbegleitern (*Artemisia* bis *Cruiferae*) gehören die untersuchten Schichten III und IV in die Zeit zwischen Atlantikum und Subatlantikum, also in das Subboreal (FIRBAS-Abschnitt VIII, ca. 800 – 3800 BC cal.). Das wird für Schicht III durch die beiden 14C-Daten KIA 6105 und 6106 mit 940 – 1210 und 1415 – 1678 BC cal. (s. 2.1.5, Tabelle 73) bestätigt und auf den jüngeren Teil des Subboreals eingegrenzt.

Kultureinfluß

Die Basis von Schicht III weist die höchsten %-Werte an Kulturpflanzen (*Cerealia*, Nachweis von Leinbau durch *Linum usitatissimum*) und krautigen Kultur- und Siedlungsbegleitern (Summenkurve der Heliophyten bis 13%) auf. Dabei wird die *Chenopodiaceae*-Pollenkurve durch Samenfunde von *Chenopodium cf. album* ergänzt.

Im oberen Teil des Diagrammabschnittes (Schicht IV, (Abbildung 33, Tabelle 44) deutet sich – trotz schlechter Pollenerhaltung – ein zweites Maximum der Kulturpflanzen und –begleiter an. Beides spricht dafür, daß die liegenden und hangenden minerogenen Schichtpakete als anthropogen induzierte Ablagerungen und somit als Kolluvien anzusprechen sind. Das wird für die Schichten unterhalb von 195 cm ebenso wie für die trockenen Torfe oberhalb von 160 cm bestätigt, die in ihrer jeweils sehr geringen Pollenführung gleichfalls Nachweise von Getreide und Kulturbegleitern aufweisen.

Der Torf in Schicht III ist also als autochtone Ablagerung in einer Phase relativer, wenn auch nicht völliger Nutzungsruhe (vgl. auch 5cm großen Stein bei 165cm) zwischen zwei nutzungsintensiveren Phasen mit allochthoner Sedimentation gebildet worden. Ackerbau, Viehhaltung, Ruderalvegetation und die Nähe von Frisch- bis Naßwiesen sind aus den Pollenspektren ableitbar.

2.1.6.2 Analyse der Phytolithen

In 7 Proben aus dem Schichtpaket von 135 – 193cm wurden von A.A. GOLYEVA die silikatischen Bodenneubildungen, mit Schwerpunkt auf der Phytolithenanalyse untersucht und ausgewertet (Tabelle 74, Tabelle 75, Abbildung 54).

Tabelle 74: Vergleichende halbquantitative Charakteristik der biomorphen Bodenneubildungen (Profil J, Catena Falkenwalde,; Probenvolumen je 100cm³; 3 – in großer Anzahl vorhanden, 2 – mittlere Anzahl, 1 – wenig, 0 – nicht vorhanden, einz. – einzelne, nach GOLYEVA 1998)

Tiefe (cm)	Horizont	Detritus	Wurzeln	Zellwand- abdrücke	Holzkohle	Schwämme (Spiculae)	Phytolithen		Pollen und Sporen
							fossile	rezente	
135 – 140	IV Gr ^o fAh ^o M	2	1	3	0	1	1	3	0
140 – 145	IV Gr ^o Aa ^o M ^o Ah1	3	1	1	1	1	einz.	3	einz.
148 – 152	III Gr ^o M ^o Ah	3	3	3	1	einz.	0	2	1
160 – 165	II H2	2	1	2	0	e	e	1	2
170 – 175	II H2	3	3	3	0	0	0	0	3
175 – 180	II H2	3	3	3	0	einz.	einz.	einz.	3
180 – 185	II H2	3	3	3	0	0	0	einz.	3
188 – 193	II H1	3	3	3	0	0	0	einz.	3

Tabelle 75: Ergebnisse der Phytolithenanalyse (Profil J, Catena Falkenwalde, Probenvolumen je 100cm³; nach GOLYEVA 1998)

Tiefe	Horizont	Phytolithen (Gesamtanzahl)	Rezente Phytolithenformen						Fossile Phytolithenformen	Sonstige Formen
			Nadelbäume (Nadeln)	Moose und Farne	Epidermen krautiger Pflanzen	Waldsüßgräser	Wiesensüßgräser	Süßgräser des Offenlandes		
135 - 140	IV Gr ^o fAh ^o M	207	5	12	90	42	38	0	10	10
140 - 145	IV Gr ^o Aa ^o M ^o Ah1	209	3	12	105	31	46	2	5	5
148 - 152	III Gr ^o M ^o Ah	38	4	10	13	6	4	0	0	1
160 - 165	II H2	31	2	4	16	4	2	0	2	1
170 - 175	II H2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175 - 180	II H2	11	0	1	4	4	0	0	0	1
180 - 185	II H2	3	0	1	1	0	0	0	0	1
188 – 193	II H1	2	0	0	2	0	0	0	0	0

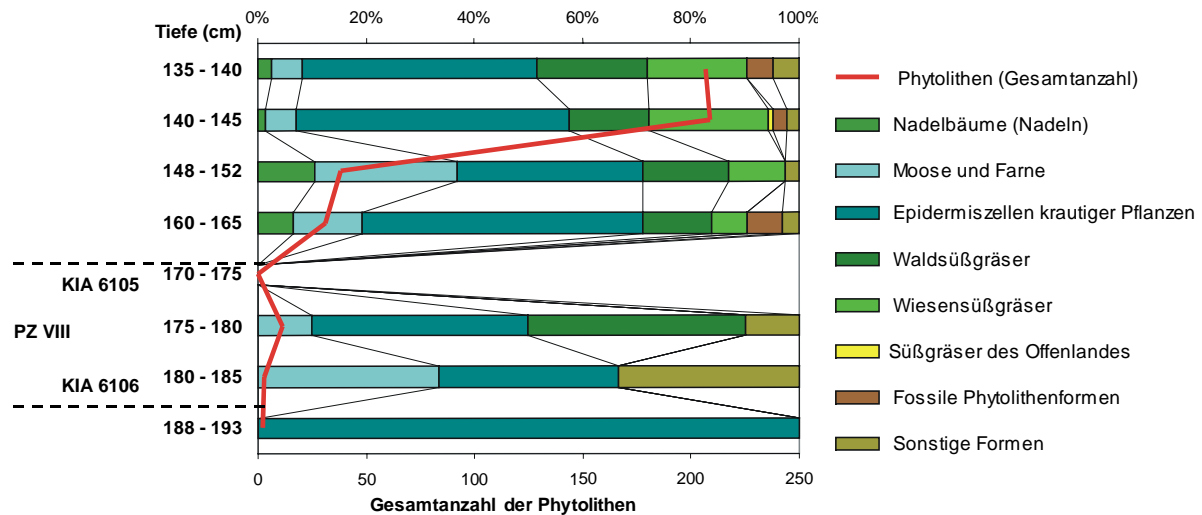


Abbildung 54: Phytolithendiagramm des Profils J, Catena Falkenwalde

Analog zu den Ergebnissen der Pollenanalyse läßt sich die Schichtfolge in drei Abschnitte unterteilen.

Aufgrund der durchgeführten ¹⁴C-Datierungen (Tabelle 73) und der Ergebnisse der Pollenanalyse (s. 2.1.6.1) kann die mittlere organogene Schicht III (Abbildung 33, Tabelle 44) zeitlich dem Jüngeren Subboreal zugeordnet werden.

In diesem Abschnitt ist die Phytolithenanzahl sehr gering, was typisch für Torfe und Mudden ist. Diese sehr geringe Anzahl erschwert Schlußfolgerungen aufgrund der Phytolithenzusammensetzung. Es treten Reste von Schwämmen auf, was auf eine zumindest zeitweise offene Wasserfläche während der Bildungszeit organischer Sedimente hinweist. Die Anwesenheit von Phytolithen, die nicht typisch sind für Torfe und Mudden, sondern für minerogene Böden, belegt den anthropogen bedingten kolluvialen Eintrag während der Torfbildungsphase.

Für die unterste organogene Schicht (Basis von Schicht III, 188 - 193cm) (Abbildung 33, Tabelle 44) kann am Beginn der Torfbildung kein kolluvialer Eintrag nachgewiesen werden.

In der Tiefe von 135 – 165cm (Schicht IV, Abbildung 33, Tabelle 44) steigt in Richtung des Hangenden die Anzahl der Phytolithen sprunghaft an. Das kann durch das Absinken des Wasserspiegels unter die Geländeoberfläche erklärt und mit dem großen Anteil von Phytolithen aus Epidermiszellen krautiger Pflanzen, die eine kolluviale Umlagerung ausschließen, belegt werden. In allen Proben treten jedoch auch Reste von Schwämmen auf, die nur in offenen Wasserflächen gebildet werden können. Eine Erklärung hierfür kann eine phasenhafte Schwankung des Wasserspiegels, d.h. die phasenweise Austrocknung des Torfes und eine tendenzielle Wiederbewaldung (hohe Anteile von Kiefer, Waldgräsern, Moosen und Farnen) liefern. Der erhöhte kolluviale Eintrag während dieser Sedimentationsphase wird u.a. durch das Auftreten fossiler Phytolithenformen belegt. Weiterhin zeugen Phytolithenformen von Kulturgräsern von der Beackerung des Einzugsgebietes.

2.1.6.3 Zusammenfassung

Der Beginn der Torfbildung im Subboreal ist stark limnisch geprägt und auf einen erhöhten Oberflächenabfluß und der damit verbundenen Anhebung des örtlichen Wasserstandes zu dieser Zeit zurückzuführen. In der verstärkt vernäßten Senke ist eine durch offene Wasserflächen (*Characeae*, *Nymphaceae*, *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Batrachium*, *Lemnaceae*, *Pediastrum*, *Botryococcus*), Röhrichte (*Phragmites*, *Typha*, *Sparganium*, *Lycopus/Mentha*, *Gramineae* p.p.) und Riede (*Carex*, *Cyperaceae* p.p., *Polypodiaceae* p.p./*Thelypteris palustris*) geprägte Vegetation entstanden. In den randlichen Gehölzbeständen waren *Alnus* und *Fraxinus* bestandsbildend.

Ein kolluvialer Eintrag während dieser Initialphase der Torfbildung ist nicht nachweisbar, so daß nicht entschieden werden kann, ob die Änderung des Landschaftswasserhaushaltes auf den natürlichen Klimawandel im Subboreal oder auf anthropogenen Einfluß zurückzuführen ist.

Während der Hauptphase der Torf- bzw. Muddebildung im Subboreal kann von einer zeitweise offenen Wasseroberfläche ausgegangen werden (*Cladium*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Nymphaea*, *Botryococcus*). Antropogene Einflüsse werden durch einen geringen kolluvialen Eintrag dokumentiert und können kulturgeschichtlich der mittleren und jüngeren Bronzezeit zugeordnet werden.

Im oberen untersuchten Schichtpaket ist die Verlandung bei absinkenden Wasserständen bereits zum Abschluß gekommen. Der Landschaftswasserhaushalt ist durch starke Schwankungen gekennzeichnet. Das führt zur zeitweiligen Austrocknung der Torfe und dem Beginn von Bodenbildungsprozessen. Aufgrund selektiver Pollenzersetzung kommt es zu Verzerrungen in den Pollenspektren (Maximum von *Pinus*, Minima von *Quercus*, *Fraxinus*, *Carpinus*, Aussetzen von *Ulmus*). Reichlich auftretende autochthone Phytolithen eines Laubmischwaldes und örtlicher *Salix*-Pollen unterstreichen die zunehmende Austrocknung und zunehmende lokale Bewaldung am Untersuchungspunkt. Die ackerbauliche Tätigkeit im Einzugsgebiet wird durch den großen Anteil der kolluvialen Komponente im Sediment und das Auftreten von Phytolithen von Getreidearten belegt.

2.2 Die Grabung Falkenwalde

Das „Oderprojekt“ der Römisch-Germanischen Kommission des Deutschen Archäologischen Institutes unter Leitung von E. GRINGMUTH-DALLMER führte auf dem linienbandkeramischen Fundplatz Falkenwalde 1997 eine Prospektion durch. Der Fundplatz befindet sich in einer Entfernung von ca. 500m von der Catena Falkenwalde (s. Abbildung 29). Er erwies sich als gestört (wahrscheinlich Stellungen des 2. Weltkrieges) und für eine weitere archäologische Untersuchung als ungeeignet.

Der Fundplatz befindet sich in Kuppen- bzw. Plateaulage und die Böden sind in großen Flächenanteilen erodiert. Als Normprofil sind Tschernosem-Parabraunerden ausgebildet. Charakteristische kolluviale Schichten einer durch junge Störungen unbeeinflussten Bodensequenz (Tschernosem-Parabraunerde - Kolluvisol) konnten im Prospektionsschnitt aufgenommen und analysiert werden.

Die Bodensequenz AR 3-5 wurde in einem Abstand von insgesamt lediglich ca.10m bei einer nahezu ebenen Reliefoberfläche aufgenommen. Es handelt sich um eine vollständig mit Schwarzem Kolluvium aufgefüllte Senke im Plateaubereich, wobei sich Profil AR5 – Kolluvisol – im Zentrum und Profil AR3 – Tschernosem-Parabraunerde - am Rand der kleinen ehemaligen Hohlform befinden. Rezent ist die Bodenerosion der umgebenden Kuppe so weit fortgeschritten, daß auch die aufgefüllte Hohlform wieder in eine Erosionsposition geriet. Der moderne Pflughorizont schneidet in das oberste Kolluvium ein.

Obwohl im Pflughorizont der Humusgehalt innerhalb der gesamten Bodensequenz am höchsten ist, (ca. 3%) ist er deutlich heller gefärbt als die darunter liegenden schwarzen Schichten (Ah: 1,8%, fAh: 1,2-1,4%, Schwarzes Kolluvium: 1,7-2,3%), was von einer veränderten Qualität des jüngeren Humus zeugt.

Die humosen Bodenhorizonte und die Kolluvien sind vollständig entkalkt, direkt unterhalb der Entkalkungsgrenze sind Sekundärcarbonatausfällungen, z.T. in Form von lößkindelartigen Konkretionen, ausgebildet. Die pH-Werte bewegen sich im neutralen Bereich von 6,9 – 7,8.

Der Geschiebemergel ist relativ tonreich (ca. 14-19%). Eine Lessivierung des Bodens läßt sich anhand von dunklen Tonhäutchen im Bht-Horizont von Profil AR3 und einer Erhöhung der Tongehalte im Unterboden im Vergleich zum Oberboden (19% zu 15-16%) zeigen.

Innerhalb des Kolluviums konnten keine pedogenetischen Veränderungen nachgewiesen werden.

Das Schwarze Kolluvium enthielt weder archäologische Artefakte noch Pollen. Da die Hohlform unmittelbar an die linienbandkeramische Siedlung angrenzt, liegt es nahe, das Kolluvium in diese Zeit zu datieren.

Ausgehend von dieser Beschreibung lassen sich bezüglich der Tschernosem- und Reliefgenese dieses Standortes folgende Schlußfolgerungen treffen:

- Zur Zeit der bandkeramischen Besiedlung war ein Tschernosem mit entkalktem Humushorizont entwickelt.

- Während der bandkeramischen Siedlungszeit funktionierte die Hohlform als Sedimentfalle. Da es sich nur um eine sehr kleine Senke handelte war sie verhältnismäßig rasch aufgefüllt. Kolluvial umgelagert wurde der entkalkte Humushorizont der Schwarzerden.
- Rezent gebildeter Humus ist nicht durch Tschernosemierung entstanden.

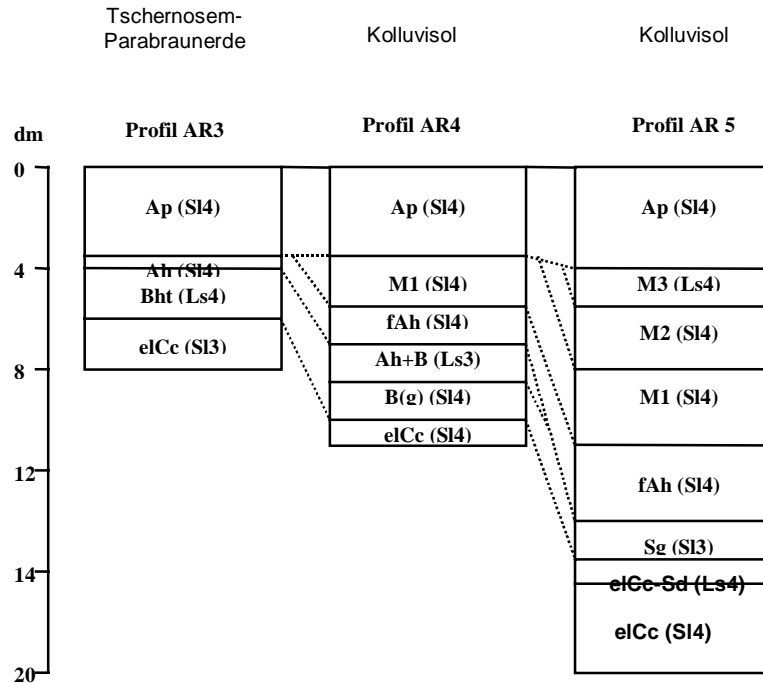


Abbildung 55: Bodensequenz auf der Grabung Falkenwalde

Tabelle 76: Bodenchemische Eigenschaften der Bodensequenz auf der Grabung Falkenwalde

Profil	lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	ph-Wert	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N-Verhältnis
AR 3	1	Ap	0 – 30	7,4	0,00	1,10	0,11	10,24
	2	Ah	- 40	7,5	0,30	0,65	0,07	9,66
	3	Bht	- 60	7,5	0,21	0,48	0,05	10,06
	4	eICc	- 75+	7,8	29,66		0,02	
AR 4	1	Ap	0 – 34	7,1	0,00	1,10	0,11	10,08
	2	M1	- 54	7,1	0,00	0,62	0,06	11,07
	3	fAh	- 70	7,2	0,00	0,50	0,05	10,72
	4	Ah+B	- 85	7,2	0,00	0,31	0,03	11,33
	5	B(g)	- 100	7,3	0,00	0,16	0,02	9,88
	6	eICc	- 105+	7,8	17,09		0,01	
AR 5	1	Ap	0 - 40	7,4	0,00	1,09	0,11	9,86
	2	M3	- 50	7,5	0,00	0,74	0,07	10,91
	3	M2	- 75	7,3	0,00	0,83	0,07	12,24
	4	M1	- 110	7,4	0,00	0,72	0,06	12,40
	5	fAh	- 140	7,4	0,00	0,42	0,03	14,34
	6	Sg	- 155	7,4	0,00	0,10	0,01	14,14
	7	elCc-Sg	- 165	7,4	0,89	0,00	0,01	0,35
	8	eICc	- 165+	6,9	3,03		0,01	

Tabelle 77: Korngrößenzusammensetzung der Bodensequenz auf der Grabung Falkenwalde

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	fS	mS	gS	
								%				
AR 3	1	Ap	0 - 30	Sl 4	16	4	9	14	11	22	20	4
	2	Ah	- 40	Sl 4	16	6	8	15	11	20	19	4
	3	Bht	- 60	Ls 4	19	5	9	15	10	19	19	4
	4	eICc	- 75+	Sl 3	12	5	8	16	12	22	21	4
AR 4	1	Ap	0 - 34	Sl 4	15	5	9	14	11	22	20	4
	2	M1	- 54	Sl 4	16	5	8	12	12	22	21	4
	3	fAh	- 70	Sl 4	17	5	9	15	10	20	20	4
	4	Ah+B	- 85	Ls 3	19	5	10	16	10	20	17	3
	5	B(g)	- 100	Sl 4	17	6	9	15	10	21	19	3
	6	eICc	- 105+	Sl 4	14	5	10	15	12	22	19	3
AR 5	1	Ap	0 - 40	Sl 4	15	5	9	13	11	22	21	4
	2	M3	- 50	Ls 4	18	5	8	14	10	21	21	3
	3	M2	- 75	Sl 4	17	5	8	15	10	21	21	3
	4	M1	- 110	Sl 4	17	4	8	14	10	21	22	4
	5	fAh	- 140	Sl 4	14	5	9	14	11	22	21	4
	6	Sg	- 155	Sl 3	12	6	10	16	11	22	20	3
	7	eICc-Sg	- 165	Ls 4	21	5	9	13	11	20	18	3
	8	eICc	- 165+	Sl 4	14	4	7	13	13	23	21	5

2.3 Zusammenfassung Untersuchungsgebiet Falkenwalde

2.3.1. Landschaftsentwicklung

Die Untersuchungen zur Sedimentstratigraphie und Pedogenese und ihre Betrachtung im Zusammenhang mit der Vegetations- und Siedlungsgeschichte des Untersuchungsgebietes Falkenwalde ermöglichen die Rekonstruktion einzelner Etappen der Landschaftsentwicklung seit dem Spätglazial nach dem Eisfreiwerden:

- I. Die erste Etappe der Landschaftsentwicklung nach dem Eisfreiwerden des Gebietes war während des Spätglazials (Jüngere Tundrenzeit?) unter periglazialen Umweltbedingungen durch Prozesse der Sediment- und Reliefgenese gekennzeichnet. Aufgrund von Solifluktion entsteht neben Rutschungen im Hangbereich in der Hohlform eine sandige, z.T. kiesige geringmächtige Schicht (10 - 15 cm). Z.T. ausgehend von dieser Oberfläche entstand unter Permafrostbedingungen ein polygonales Frostrißnetz, z.T. vor der Solifluktion (Verwürgungen des Rißsystems).
- II. Mit Beginn des Holozäns setzt eine morphogenetische Ruhephase ein. Da keine Sedimente aus diesem Zeitraum vorliegen, können nur indirekt aus den in jüngeren Kolluvien enthaltenen Informationen Rückschlüsse über die paläoökologischen Bedingungen dieser Phase gezogen werden. Sie sind dementsprechend lückenhaft. Der Grundwasserstand war bereits zu Beginn des Präboreals unter die Geländeoberfläche gesunken. Auf der kalkhaltigen Grundmoräne entwickelten sich in allen Reliefpositionen über ein Pararendzinastadium im Präboreal unter Laubmischwald Tschernoseme, deren Humushorizont bis Ende dieser Phase (Mittleres Atlantikum) entkalkt war.
- III. Im Mittleren Atlantikum beginnt die Phase der ersten anthropogenen Beeinflussung im Untersuchungsgebiet mit der frühneolithischen Besiedlung. Sie ist jedoch räumlich auf ein Kleinstzugsgebiet (Siedlungskammer) begrenzt. Die Bodenerosion läßt sich mit der Akkumulation des untersten Schwarzen Kolluviums belegen. Auf den unbesiedelten und ungenutzten Flächen des Untersuchungsgebietes dauert die Bodenbildung mit Humusakkumulation, Entkalkung und Verbraunung geringmächtiger Horizonte unter dem Humushorizont der Tschernoseme in allen Reliefpositionen bei Grundwasserständen unter der Geländeoberfläche an.
- IV. Gegen Ende des Mittleren Subboreals steigen die Grundwasserstände in der Senke an, was

zumindest zum Teil durch die Besiedlung in der Mittleren Bronzezeit hervorgerufen wurde. Es bildet sich eine offene Wasserfläche, in deren Randbereich die Vegetation von Röhrichten und Erlenbeständen dominiert wird. Während der bronzezeitlichen Besiedlung verlandet das Gewässer allmählich. Der Prozeß der Verlandung wird durch starke Wasserspiegelschwankungen begleitet, die durch den unausgeglichenen Wasserhaushalt der überwiegend als Ackerland genutzten Flächen des Einzugsgebietes hervorgerufen werden. Gleichzeitig verstärkt sich die Bodenerosion. Der Humushorizont der Schwarzerden des konvexen Oberhanges wird erodiert und als Schwarzes Kolluvium in Senkenposition sedimentiert. Den Abschluß der bronzezeitlichen Siedlungsphase bildet ein Kolluvium eines katastrophalen Erosionsereignisses. Zu diesem Ereignis ist ein Teil der Hangflächen bis auf den Unterboden abgetragen worden. Das führte wahrscheinlich zur Aufgabe der Siedlung.

- V. Nach der Siedlungsaufgabe findet die Wiederbewaldung des Einzugsgebietes mit Kiefern-Mischwald statt. Im Boden wird die Entkalkung verbunden mit Verbraunung fortgesetzt. Versauerung ist nur in geringem Umfang vorhanden, somit setzt eine Ton-Humusverlagerung ein.
- VI. Während der mittelalterlichen Nutzungsphase setzt wiederum verstärkt Bodenerosion ein. Es wird ein braun-graues Kolluvium (VI) am Unterhang sedimentiert und eine Ackerkante im Übergangsbereich zur Hohlform geschaffen.
- VII. Auf der nachmittelalterlichen Geländeoberfläche⁷ findet Bodenbildung in Form von Humusakkumulation wiederum unter Kiefern-Mischwald statt.
- VIII. Die zwei obersten Kolluvien dokumentieren die nachmittelalterliche Landschaftsentwicklung mit landwirtschaftlicher Nutzung des Einzugsgebietes. Nachmittelalterliche hohe Wasserstände werden durch die Vergleyung dokumentiert. Als Bodenbildungsprozesse treten Aggregation und schwache Ton-Humusverlagerung auf.

2.3.2. Bodengenese

Humusgenese

- Die Untersuchungen der organischen Bodensubstanz belegen die Bildung von „echtem“ anhydromorphen Tschernosemhumus.
- Die Schwarzerdegenese fand unter Wald statt.
- Tschernosemhumus war bis mindestens in das Subboreal an der Geländeoberfläche anstehend.

Bodenentwicklung

Nach der Phase der Schwarzerdebildung, d.h. der Akkumulation mächtiger schwarzer Humushorizonte, setzen mit den veränderten Umweltbedingungen (Wiederbewaldung, erhöhte Niederschläge und damit verbunden geringere Kontinentalität) die Prozesse ihrer Entwicklung in Richtung Parabraunerde ein (Entkalkung - Verbraunung - Lessivierung).

Obwohl diese pedogenetischen Prozesse eine Abfolge in der Bodenentwicklung darstellen, können sie dennoch zeitgleich innerhalb der gesamten Bodencatena und auch eines Bodenprofils ablaufen. Da z.B. der primäre Kalkgehalt des Ausgangsmaterials der Bodenbildung nicht homogen verteilt ist, sind innerhalb des B-Horizontes häufig kalkhaltige Bereiche ausgebildet, in deren Zentrum sich Reste von Kreidestücken befinden und wo deshalb eine bessere Pufferung des Ausgangssubstrates gegenüber Versauerung und damit Verbraunung gegeben ist.

Solche gut gepufferten Bereiche befinden sich auch an der Untergrenze des B-Horizontes in der Zone der sekundären Kalkausfällung (z.B. intensive Kalkausfällungen in Rissen des Polygonalnetzes). Ebenso weisen z.B. Bodenaggregate vor allem in unteren Bereichen des B-Horizontes häufig einen geringen Kalkgehalt in ihrem Innern auf.

⁷ Die ¹⁴C-Datierung eines Kiefernholzstückes aus dem Ah-Horizont der wahrscheinlich nachmittelalterlichen (Wüstungsperiode?) Geländeoberfläche konnte bisher noch nicht erfolgen.

Im Gegensatz zu den irreversiblen Verbraunungs- und Lessivierungsprozessen ist die Entkalkung des Bodens ein bedingt umkehrbarer Prozeß. Daher kann die Aufkalkung des Bodens, die sich in Form verschiedener Sekundärkalkbildungen darstellt (z.B. Pseudomycel auf Ton-Humushäutchen), von Phasen der Landschafts- bzw. Bodenentwicklung mit erhöhter klimatischer Kontinentalität zeugen, die sowohl natürlichen Ursprungs als auch eine Folge intensiv betriebener Landwirtschaft sein kann.

Die morphologischen Befunde lassen folgende Abfolge der bodengenetischen Prozesse rekonstruieren:

	<u>Pedogenetische Prozesse</u>	<u>Befunde</u>
↓	Tschernosemierung	<ul style="list-style-type: none"> • unterer schwarzer Humushorizont • „Schwarzes Kolluvium“
Z	Entkalkung im Oberboden + Kalkausfällung im Unterboden	<ul style="list-style-type: none"> • kalkfreie Bodenhorizonte • Kalkanreicherungshorizonte mit Konkretionen
E		
	Verbraunung	<ul style="list-style-type: none"> • kalkhaltiges Aggregatinneres im B-Horizont
I		<ul style="list-style-type: none"> • korrodierte Kalkkonkretionen im B-Horizont
	(Aufkalkung)	<ul style="list-style-type: none"> • Aggregate des B-Horizontes mit kalkhaltiger „Hülle“ und kalkfreiem Inneren
T		
↓	Lessivierung	<ul style="list-style-type: none"> • Ton-Humusbeläge auf Sekundärkalkausfällungen
	(in Form von Ton-Humusverlagerung)	<ul style="list-style-type: none"> • Ton-Humusbeläge auf der Oberfläche verbraunter Aggregate und deren Porensystem • Ton-Humusbeläge auf Aggregatoberflächen junger Kolluvien
	(Aufkalkung)	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundärkalkausfällungen (Pseudomycel) auf Ton-Humusbelägen

Die Prozesse der sekundären Aufkalkung bedingt durch Carbonatzufuhr mit dem Hangzugswasser und/oder kalkhaltigem Kolluvium sind auf die Hangpositionen beschränkt. Daher ist in nicht erodierter Plateaulage das Normprofil der Parabraunerde-Tschernoseme ausgebildet, in dem die Versauerung des Oberbodens deutlich wird.

3 Das Untersuchungsgebiet Mönchehof

Der Fundplatz Mönchehof befindet sich auf einer flachwelligen Grundmoränenplatte, die durch ein periglaziales, in Richtung des Uckerzungenbeckens geneigtes Rinnensystem durchschnitten wird. Es ist eine Pararendzina / Pseudogley-Parabraunerde-Tschernosem / Parabraunerde / Kolluvisol – Bodengesellschaft auf Geschiebemergel ausgebildet. Auf der nicht erodierten Platte tritt der Pseudogley-Parabraunerde-Tschernosem im Mosaik mit einer Variante mit deutlich lessiviertem Bodenhorizont (Al) auf. Auf den steilen erodierten Hängen des Rinnensystems befinden sich Pararendzinen. Hohlformen, die durch das Austauen von Toteisblöcken am Rinnenboden entstanden sind, sind rezent vermoort, z.T. mit Kleingewässern ausgestattet.

Der Bereich des Rinnenbodens mit Kolluvisolen ist im Untersuchungsgebiet aufgrund von Verrohrungen stark gestört.

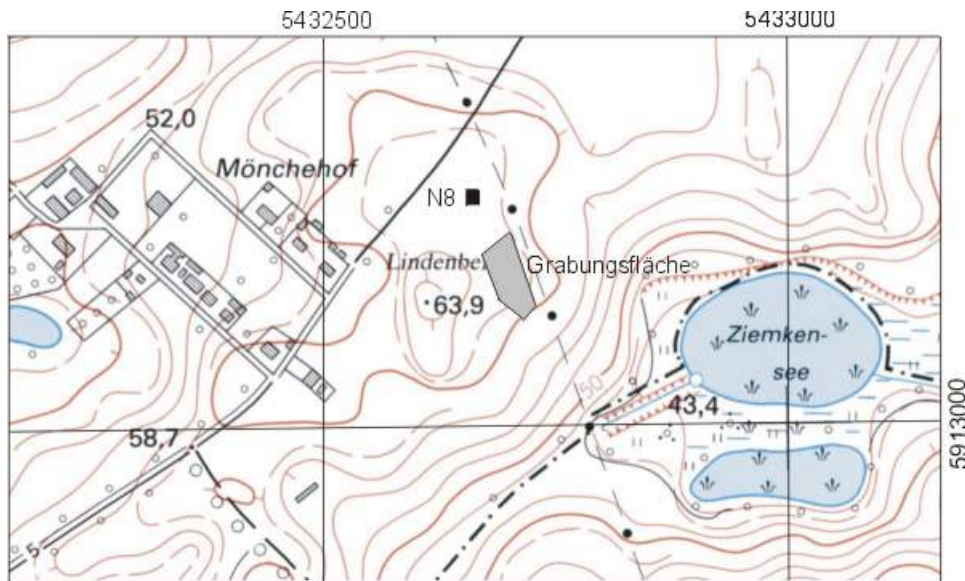


Abbildung 56: Das Untersuchungsgebiet Mönchehof (Genehmigung des LVermA BB, GB-G 7/97)

3.1 Das Bodenprofil N8 - Pseudogley-Parabraunerde-Tschernosem- auf Geschiebemergel

Das Profil N8 zeigt die typische Ausbildung eines Parabraunerde-Tschernosems in einer plateauähnlichen Situation mit nur sehr geringer Hangneigung (2-3°). Im untersuchten Profil sind Einflüsse von Bodenerosion oder kolluvialer Überdeckung nicht nachzuweisen und daher zu vernachlässigen. Aufgrund dieser Position sind auch Sekundäraufkalkungen durch laterale Kalkzufuhr während der holozänen Bodenentwicklung weitgehend auszuschließen. Daher ist dieses Bodenprofil als Leitprofil zur Charakterisierung des rezenten Boden- bzw. Degradationszustandes der Schwarzerden auf Geschiebemergel in Nordostdeutschland geeignet.

3.1.1 Makromorphologische, bodenchemische und –physikalische Besonderheiten

Anhand der Korngrößenzusammensetzung ist bis zu einer Tiefe von ca. 50cm der Geschiebedecksand zu erkennen, an dessen Untergrenze sich eine Steinsohle andeutet. Es handelt sich hier um Substratveränderungen unter periglazialen Bedingungen vor Beginn der Pedogenese der Schwarzerden. Die Tongehalte des Geschiebedecksandes betragen nur 10-11%, er ist vollständig entkalkt. In dieser Schicht sind die humosen Horizonte ausgebildet.

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff im Pflughorizont (Ap) liegt bei knapp 1%, im darunterliegenden deutlich dunkleren Horizont Axh liegt der Gehalt bei nur 0,43%. Die intensivere Schwarzfärbung dieses Horizontes im Vergleich zum Pflughorizont bei geringerem Humusgehalt deutet auf die unterschiedliche Qualität der organischen Bodensubstanz hin. Im Axh-Horizont ist der Humus des Schwarzerdestadiums dieses Bodens konserviert.

Der Boden ist bis zu einer Tiefe von 95 cm entkalkt. Die pH-Werte der Ah- und B-Horizonte liegen im

schwach sauren bis neutralen Bereich. Als Folge spielt die Lessivierung der Ton-Humuskomplexe eine Rolle, es kommt zur Bildung schwarzer Ton-Humushäutchen und -cutane bis zu einer Tiefe von 90 cm. Das verstärkte Auftreten brauner und grauer Tonhäutchen im untersten Bt-Horizont zeugt von veränderten Bedingungen in der Bodenentwicklung, d.h. die pH-Werte der Bodenlösung und damit deren Calciumionenkonzentration sind soweit abgesunken, daß überwiegend brauner Ton (nicht in komplexer Verbindung mit schwarzen Calciumhumaten) lessiviert wird. Unter der Annahme, daß die Ausflockung des Tons aufgrund veränderter Migrationsbedingungen (sprunghafter pH- und Ca^{2+} -Konzentrationsanstieg in der Bodenlösung sowie Stauwasserbildung) überwiegend an der Entkalkungsgrenze erfolgt, kann seit dem Übergang der Ton-Humusverlagerung in Ton-Verlagerung ein Absinken der Entkalkungsgrenze um ca. 5 cm angenommen werden.

Der Boden ist somit in seiner Entwicklung in eine neue Qualität, d.h. den Bodentyp „Parabraunerde“ übergegangen.⁸

Ungeachtet der fortgeschrittenen Lessivierung des Bodens ist die Vertikaldifferenzierung der chemischen Elemente nicht sehr ausgeprägt. Es lassen sich für Fe, Al, Mg, Zn und Ni verringerte Gesamtgehalte im Oberboden nachweisen.

Die Menge der pedogenen Eisenoxide erreicht ihr Maximum in den B-Horizonten. Das Verhältnis Fe_o/Fe_d fällt von 0,38 im Oberboden über 0,16 im B-Horizont auf 0,08 im Ausgangsmaterial.

Die Marmorierung mit deutlichen Rost- und Bleichflecken weist auf zeitweise Staunässe auf der Grundmoräne und auf dem Sekundärcarbonathorizont (Cc+Sg) hin.



Abbildung 57: Bodenprofil N8

1.1.1 Mikromorphologie

Durch die mikromorphologische Untersuchung der einzelnen Bodenhorizonte (Th. BECKMANN 1999) zeigt sich die Ähnlichkeit der Schwarzerden der Uckermark zu den mitteldeutschen Schwarzerden (Raum Hildesheim).

Im Humushorizont (Abbildung 59) ist deutlich die Bioturbation durch Regenwürmer nachweisbar.

⁸ nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA4, 1994) ist dieser Boden dennoch als Parabraunerde-Tschernosem anzusprechen, da die Mächtigkeit der Humushorizonte 40cm überschreitet.

Außerdem sind dunkelbraune Ton-Humusverbindungen und "schwarze Pigmente", d.h. stark humifiziertes Pflanzenmaterial erkennbar (GEHRT et al., 1998).

Die Eisen-Mangan-Ausfällungen sind typisch für Humushorizonte der Schwarzerden (GEHRT et al., 1998). Sie sind auf den sprunghaften Anstieg der Bodenatmung im Schwarzerdehumus mit Beginn der Vegetationsperiode zurückzuführen (s. II.1.4 Methoden zur Untersuchung der organischen Bodensubstanz: Inkubation). Der Sauerstoff der Bodenluft wird in den humosen Aggregatkrümeln sehr schnell aufgebraucht und unter Sauerstoffmangel werden Eisen und Mangan reduziert und mobil. Sie fallen als Konkretionen im besser durchlüfteten Grobporensystem aus.

Die Lessivierung der Ton-Humuskomplexe in Phasen und unter unterschiedlichen Bedingungen der Bodenwasserverhältnisse zeigt sich im Bht1-Horizont (Abbildung 60) durch die in dunkle Tonbeläge eingelagerten Schichten von Eisen-Mangan-Ausfällungen. Diese Phänomene fehlen im rezenten Porensystem. Schlußfolgern läßt sich hieraus, daß die Pseudovergleyung im Unterboden der Schwarzerden zeitlich mit der Lessivierung gleichzusetzen und daher jünger als die Schwarzerdegenese ist.

Im Schliff aus dem Horizont Bht2 sind korrodierte Sekundärkalkbildungen erkennbar (Abbildung 61). Sie zeugen von der Bodenentwicklung an diesem Standort, die sich in der Kalkdynamik äußert. Unter feuchten Klimabedingungen kommt es zur Entkalkung des Oberbodens und zu Sekundärkalkbildungen im kalkhaltigen Unterboden. Korrodierte Kalkkonkretionen entstehen, wenn die Entkalkungsgrenze die Bodenhorizonte mit früherer Sekundärkalkbildung erreicht.

Leitprofil N8: Pseudogley - Parabraunerde - Tschernosem auf Geschiebemergel

Tabelle 78: Beschreibung des Profils N8 – Pseudogley - Parabraunerde - Tschernosem auf Geschiebemergel

Tiefe in cm	Horizont-bezeichnung	Kurzbeschreibung
0 – 30	Ap	10 YR 4/3; bro-kru; kalkfrei, SI3, scharfe Untergrenze;
– 50	Axh	10 YR 3/2; kru; kalkfrei; "Steinsohle" angedeutet bei ca. 40-50cm; SI3, diffuse Untergrenze;
– 70	Bht ₁	Aggregatoberfläche - 10 YR 3/2, Aggregatinneres - 10 YR 3/3; subpol; dunkle Ton-Humushäutchen, z.T. bioturbat eingearbeiteter Humus; sehr selten kleine Rostflecken; kalkfrei, Ls4, diffuse Untergrenze;
– 90	Bht ₂	Aggregatoberfläche - 10 YR 3-2/1, Aggregatinneres - 10 YR 4/4; pol; schwarze Ton-Humushäutchen; einzelne Rostflecken; kalkfrei, Ls4, diffuse Untergrenze;
– 95	Bt	10 YR 4/3-4; pol; leicht pseudovergleyt; bräunliche bis helle Ton-Häutchen; Matrix kalkfrei, vereinzelt Sekundärkalk in Form von Pseudomycel; Ls4, deutliche Untergrenze;
- 100+	Cc+Sg	Matrix – 7,5 YR 5/8, deutliche Rost- und Bleichflecken, koh, Matrix kalkhaltig (z.T. Kreidegeschiebebruchstücke), Sekundärkalk in versch. Formen, SI4

Tabelle 79: Bodenchemische Eigenschaften von Profil N8

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	ph-Wert	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	Ap	0-30	6.7	0.00	0.98	0.099	9.87	0.08	0.20	0.38
2	Axh	-50	6.8	0.00	0.43	0.048	8.88	0.08	0.22	0.37
3	Bht1	-70	7.0	0.00	0.33	0.046	7.13	0.08	0.35	0.23
4	Bht2	-90	7.0	0.00	0.35	0.051	6.88	0.07	0.45	0.16
5	Bt	-95	7.1	0.00	0.30	0.044	6.82	0.04	0.43	0.08
6	Cc+Sg	-100	7.3	11.32	-	0.018	-	0.02	0.26	0.08

Tabelle 80: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente (HF-Aufschluß) - Profil N8

lfd. Nr.	Horizont	P	K	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Ni	Pb
		%									
1	Ap	0.052	1.665	0.257	7.095	1.396	3.215	0.049	0.004	0.003	0.002
2	Axh	0.030	1.724	0.302	6.705	1.604	3.465	0.049	0.004	0.003	0.001
3	Bht1	0.031	1.915	0.515	6.171	2.787	4.544	0.043	0.005	0.005	0.001
4	Bht2	0.036	1.952	0.556	6.321	3.106	4.820	0.031	0.006	0.005	0.002
5	Bt	0.045	1.895	0.565	6.785	2.923	4.687	0.043	0.006	0.005	0.002
6	Cc+Sg	0.043	1.743	0.463	6.548	2.019	3.630	0.038	0.004	0.002	0.001

Tabelle 81: Bodenphysikalische Eigenschaften (Trockenrohdichte, Korngrößenverteilung) - Profil N8

lfd. Nr.	Horizont	Trockenrohdichte g/cm ³	Bodenart	T	fU	MU	gU	ffS	gfS	mS	gS
		%									
1	Ap	1.70	SI3	10	4	14	15	11	20	21	5
2	Axh	1.70	SI3	11	6	10	17	11	20	20	5
3	Bht1	1.72	Ls4	20	6	10	13	10	19	18	4
4	Bht2	1.68	Ls4	22	6	9	12	11	19	17	4
5	Bt	1.64	Ls4	20	6	9	14	10	19	18	4
6	Cc+Sg	1.82	SI4	13	6	10	16	12	21	19	3

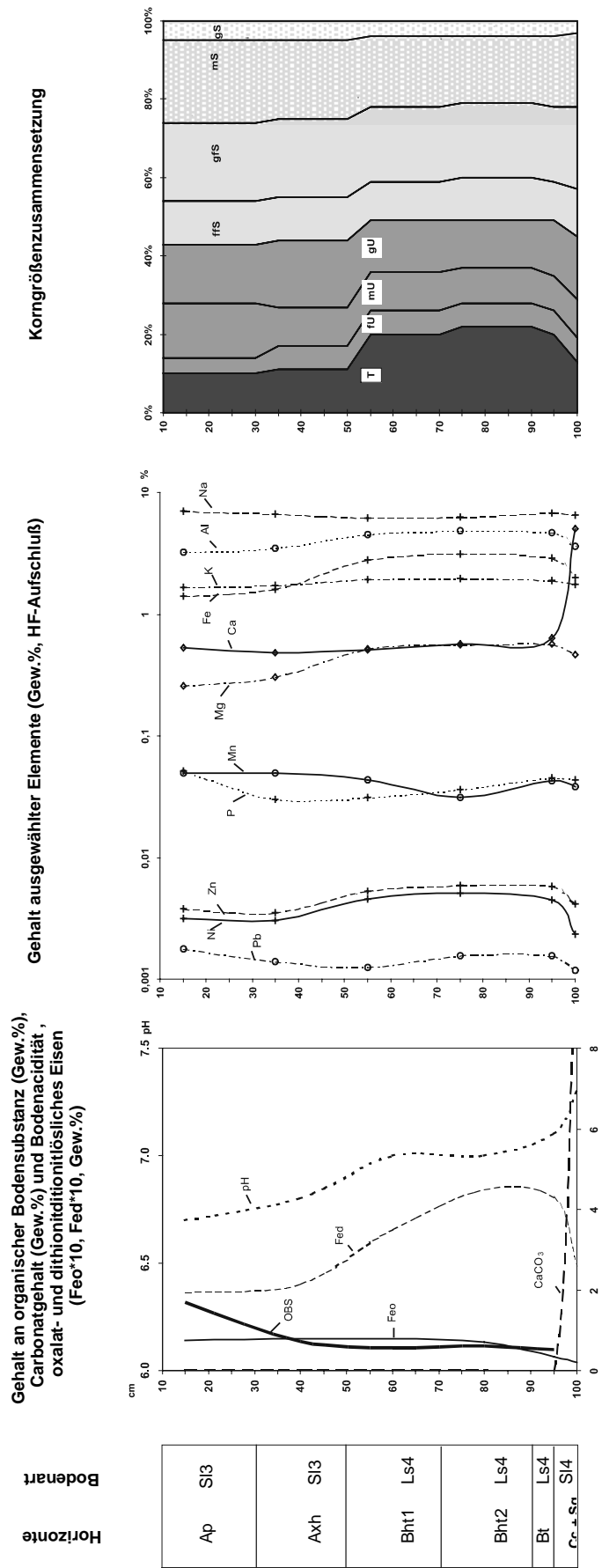


Abbildung 58: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Profil N8

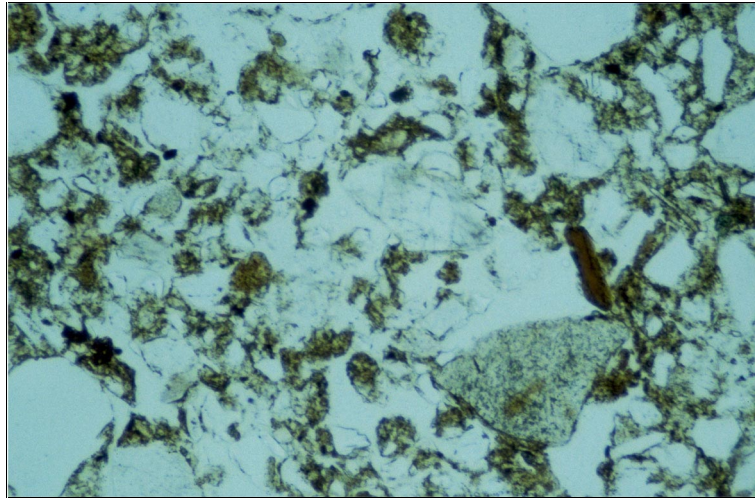


Abbildung 59: Dünnschliffaufnahme Profil N8 Ah (40-45cm); - Nicols; Ausschnitt 1,3 x 1,0mm

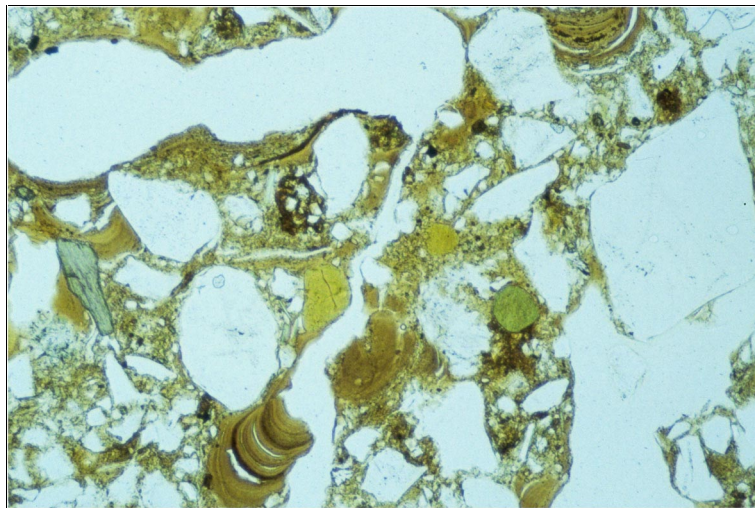


Abbildung 60: Dünnschliffaufnahme Profil N8 Bht1 (60-65cm); - Nicols; Ausschnitt 1,3 x 1,0mm

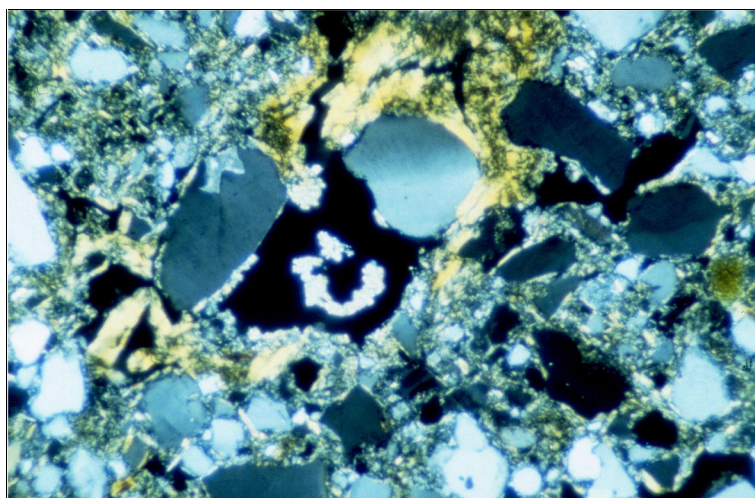


Abbildung 61: Dünnschliffaufnahme Profil N8 Bht2 (70-75cm); x Nicols; Ausschnitt 1,3 x 1,0mm

1.2 Grube der Trichterbecherkultur

In unmittelbarer Nähe zu Leitprofil N8 befinden sich mehrere bekannte Siedlungsstellen: auf der Platte ein mittelalterliches Dorf, auf dem erodierten Hang in Richtung Rinne eine Siedlung der Trichterbecherkultur (ca. 3700-3100 v.u.Z., KIRSCH, 1993). Auf dem unmittelbar gegenüberliegenden Hang sind slawische Siedlungen bekannt.

Bodenkundliche Aufnahmen konnten auf einer Grabung der Siedlung der Trichterbecherkultur des Brandenburgischen Landesmuseums für Ur- und Frühgeschichte durchgeführt werden. Die Grabungsfläche befand sich im Kuppen- und Oberhangbereich des Grundmoränenplateaus auf dem Tschernosem-Parabraunerden bzw. Pseudogley-Tschernosem-Parabraunerden ausgebildet sind. Das Leitprofil N8 befindet sich in ca. 50 m Entfernung zur Siedlungsfläche.

Da zur Zeit der bodenkundlichen Aufnahmen die archäologischen Befunde bereits zerstört waren, konnten nur die unzerstörten Unterbodenhorizonte auf der Grabungsfläche und unter den ehemaligen Befunden angesprochen werden. Es handelte sich um Bht-Horizonte der Tschernosem-Parabraunerden mit dunklen und schwarzen Ton-Humusüberzügen.

Es konnte festgestellt werden, daß die Untergrenze der Bht-Horizonte unter den ehemaligen Gruben tiefer als in der Umgebung war und im Profilschnitt die Grubenuntergrenze nachzeichnete (Abbildung 62).

Die Mächtigkeit der Bht-Horizonte unter den Gruben betrug zwischen 10 und 15 cm, sie konnten häufig in zwei Unterhorizonte Bht1 und Bht2 gegliedert werden, wobei sich der obere, direkt an die Grube anschließende Horizont Bht1 durch besonders intensive schwarze Ton-Humusanreicherungen sowohl auf den Oberflächen der polyedrischen Bodenaggregate als auch den Poren auszeichnete. Im darunterliegenden Horizont Bht2 war dieser Prozeß nicht mehr so intensiv ausgeprägt.

Als Besonderheit in den Bht-Horizonten sowohl in ungestörter Lagerung als auch unter den Gruben wurde ein Restcarbonatgehalt in den Bodenaggregaten festgestellt (s. Tabelle 82). Teilweise waren die Bht-Horizonte auch sekundär aufgekalkt. Der Sekundärkalk war in Form von Pseudomycel ausgebildet. Die Untergrenze der B-Horizonte war nicht scharf ausgeprägt. In einem Übergangsbereich konnten in Spalten und auf Kluffflächen kalkhaltiger Bodenaggregate Ton-Humusüberzüge gefunden werden.

In Tabelle 82 - Tabelle 84 sind die Analysenergebnisse der Untersuchung des Unterbodens (Bht, C-Horizonte) in ungestörter Position und unter einer trichterbecherzeitlichen Grube dargestellt.



Abbildung 62: Grube der Trichterbecherkultur mit Verbräunung unter der Grubenbasis (Foto: Brandenburgisches Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte, D. Govedarica, Grabung Ziemkendorf)

Tabelle 82: Bodenchemische Eigenschaften des Unterbodens einer Tschernosem- Parabraunerde neben und unter einer trichterbecherzeitlichen Grube

Profil	Hori- zont	Tiefe der Probenahme	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
Unterboden ca. 20 cm neben dem Grubenrand	Bht	10-15cm unter Grabungsplanum	7,5	7,27	0,32	0,05	7,01	0,12	0,19	0,63
	C	20-30cm unter Grabungsplanum	7,6	14,20	0,12	0,02	6,00	0,07	0,10	0,70
Unterboden unter der Grube	Bht1	5-10 cm unter Grube (35-40 cm unter Grabungsplanum)	7,4	0,27	0,29	0,05	6,30	0,18	0,31	0,59
	Bht2	10-15 cm unter Grube (40-45 cm unter Grabungsplanum)	7,4	1,39	0,26	0,05	5,60	0,18	0,24	0,74
	C	20-25 cm unter Grube (50-55 cm unter Grabungsplanum)	7,6	8,91	0,20	0,03	6,76	0,11	0,15	0,72

Tabelle 83: Gesamtgehalt ausgewählter chemischer Elemente im Unterboden einer Tschernosem- Parabraunerde neben und unter einer trichterbecherzeitlichen Grube

Profil	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Cu
		%									
Unterboden ca. 20 cm neben dem Grubenrand	Bht	0,118	1,920	3,716	0,511	0,617	2,223	4,196	0,411	0,061	0,013
	C	0,073	1,830	5,998	0,563	0,670	1,745	3,627	0,354	0,043	0,010
Unterboden unter der Grube	Bht1	0,134	2,083	0,806	0,528	0,666	2,485	4,705	0,430	0,071	0,015
	Bht2	0,128	2,023	1,130	0,535	0,633	2,456	4,593	0,434	0,071	0,015
	C	0,093	1,904	4,224	0,481	0,670	1,991	3,972	0,386	0,059	0,012

Tabelle 84: Korngrößenzusammensetzung des Unterbodens einer Tschernosem- Parabraunerde neben und unter einer trichterbecherzeitlichen Grube

Profil	Horizont	Bodenart	T	fU	mU	gU	ffS	fS	mS	gS
		%								
Unterboden ca. 20 cm neben dem Grubenrand	Bht	Lt 2	25	8	14	12	6	15	17	3
	C	Sl 4	15	8	9	12	11	23	19	3
Unterboden unter der Grube	Bht1	Lt 2	26	10	8	12	10	17	15	2
	Bht2	Lt 2	31	7	16	12	7	13	12	2
	C	Ls 3	21	7	8	16	11	19	16	2

1.3 Zusammenfassung Untersuchungsgebiet Mönchehof

Aus den vorliegenden Daten können folgende Schlußfolgerungen hinsichtlich der Pedogenese gezogen werden:

- Die makroskopische Bodenbeschreibung (Verbraunung und Carbonatverteilung) und die Analyse der erhöhten Gehalte an pedogenen Oxiden (Feo und Fed) belegen das zeitliche Nacheinander der pedogenetischen Prozesse der Entkalkung, der Verbraunung und anschließend der Ton-Humusverlagerung in den Böden der Untersuchungsfläche. Räumlich laufen alle 3 Prozesse insbesondere im „Bht-Horizont“ nebeneinander ab.
- Da rezent nur die letzte Aufkalkungsphase nachzuweisen ist, ist dieser Prozeß für diesen Standort als der jüngste in der Bodenentwicklung zu werten.

- Zeitlich läßt sich der Prozeßkomplex der Bodenentwicklung (Entkalkung, Verbraunung, Lessivierung) von einem Tschernosem in Richtung Parabraunerde für die Böden unter den Gruben als „nachtrichterbecherzeitlich“, d.h. max. 5300 Jahre alt datieren.

Der Vergleich der unterschiedlichen Ausprägungen der Bodenbildung im Bereich unter den Gruben und im ungestörten Bereich zeigt, daß sowohl die Mächtigkeiten der pedogenetischen Bodenhorizonte als auch deren Eigenschaften sehr ähnlich sind. Das legt die Hypothese nahe, daß das Alter der Verbraunung und Lessivierung der ungestörten Böden annähernd dem der anthropogen beeinflussten und archäologisch datierbaren Böden entspricht.

4 Die Grabung Neu Kleinow (Autobahnkreuz A20)

Im Trassenbereich der Autobahnbaustelle A20 wurde durch das Brandenburgische Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte im Teilbereich des Autobahnkreuzes eine Grabung auf einem mehrfach genutzten Siedlungsplatz durchgeführt. Dieser Siedlungsplatz befindet sich auf einer flachwelligen Grundmoräne sowohl im Kuppen-, Hang- als auch Senkenbereich (Lage s. Abbildung 30). Rezent ist eine Pararendzina / Parabraunerde / Kolluvisol – Bodengesellschaft auf Geschiebemergel bzw. –lehm anzusprechen, der eine große Heterogenität in der Korngrößenzusammensetzung aufweist.

Eine Schwarzerdevergangenheit der Parabraunerden ist nur für einen Teil der Parabraunerden nachzuweisen (s. unten).

Obwohl es sehr viel Keramik und zum Teil auch Knochenreste in den zahlreich vorhandenen Gruben gab, konnte nur ein Teil der Befunde eindeutig archäologisch datiert werden (s. Abbildung 64):

- neolithische (Havelländische) 4-fach – Hockebestattung,
- Pfostensetzungen neolithischer (Havelländischer) Langhäuser,
- Grube der Havelländischen Kultur mit Rinderschädel an der Grubenbasis,
- Grubenkomplex der Havelländischen Kultur,
- Bronzezeit (Gruben),
- Römische Kaiserzeit (Gruben).

Diese Zuordnungen lassen die mindestens 3-malige Besiedlung dieses Fundplatzes schlußfolgern:

1. Mittelneolithische (Havelländische) Besiedlungsphase,
2. Bronzezeitliche Besiedlungsphase,
3. Kaiserzeitliche Besiedlungsphase.

Im näheren Umfeld der Grabung konnten Befunde sowohl für trichterbecherzeitliche als auch für slawische Siedlungsaktivitäten dokumentiert werden (Brandenburgisches Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte).

Im Bereich dieser Grabung wurden zwei Bodensequenzen mit mehrschichtigen Kolluvien aufgenommen (Profilwand A und C). Außerdem erfolgte die bodenkundliche Untersuchung der archäologischen Befunde, von denen hier exemplarisch eine Grube der Havelländischen Kultur (Bodenprofil B) dargestellt werden soll (Lage der Objekte s. Abbildung 64). Da auf einer Grabungsfläche von ca. 3000m² der Humushorizont abgetragen wurde, war außerdem die Möglichkeit gegeben, Zusammenhänge zwischen Substrat, Relief und Bodenmosaik zu untersuchen.

4.1 Bodensequenz Profilwand A



Abbildung 63: Bodensequenz "Profilwand A" auf der Grabung Neu Kleinow

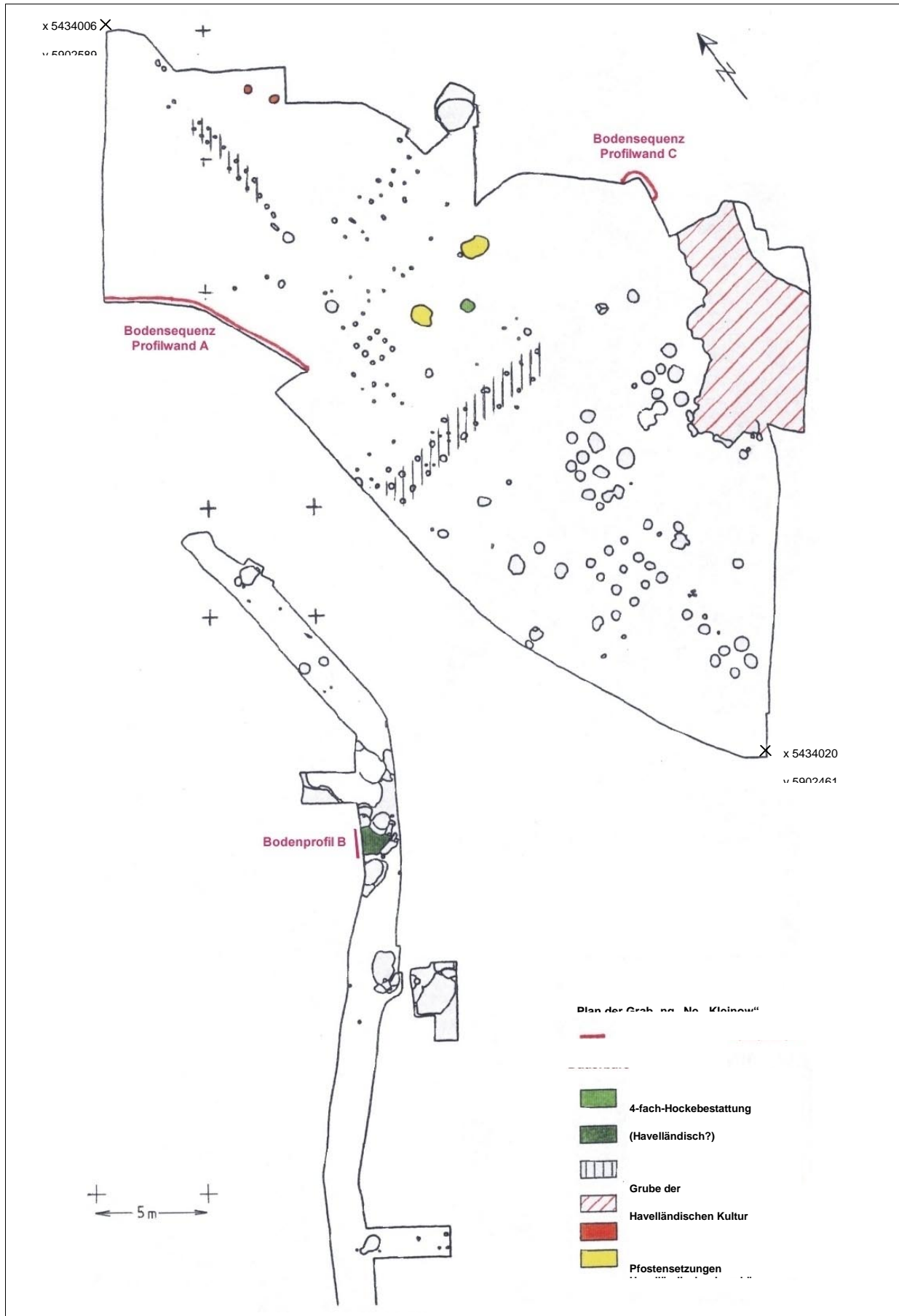


Abbildung 64: Plan der Grabung Neu Kleinow (Becker, Fischer-Zujkov, 1998)

Die Kolluvien sowohl in Bodensequenz A als auch Bodensequenz C enthielten keine archäologischen Artefakte, so daß die Zuordnung der Kolluvien anhand der archäologischen Fakten von der Siedlungsgrabung vorgenommen werden muß.

Bodensequenz A erfaßt den Mittel- bis Unterhangbereich mit Tschernosem-Parabraunerden und Kolluvisolen in einer Mulde im Hang (Abbildung 65).

Die Tschernosem-Parabraunerden zeichnen sich durch einen bräunlich-grauen Pflughorizont (Ap) über einem dunkelgrauen Humushorizont (Ah) aus, an dessen Untergrenze makromorphologisch durch Bleichung der Lessivierungshorizont (Al) sichtbar wird. Der Verbraunungshorizont (B) weist an seiner Untergrenze z.T. dunkle, überwiegend jedoch bräunliche und graue Tonhäutchen (Bht) auf. Die Entkalkungsgrenze ist gewöhnlich scharf und wird durch einen Horizont mit Sekundärcarbonatanreicherungen (Cc) sowohl als Feincarbonat als auch lößkindelartigen Konkretionen gebildet.

Der Kolluvisol in der Mulde weist ein mehrschichtiges humoses Kolluvium auf. Es handelt sich um einen überdeckten Tschernosem. Ohne erkennbare Horizontgrenze wurde der Tschernosem durch ein geringmächtiges Schwarzes Kolluvium überdeckt, das etwas heller und lockerer gelagert ist, als der untere Teil, was auf ackerbaulichen Einfluß zurückgeführt werden kann. Das darüberliegende Kolluvium besteht aus einem Gemisch verbrauchten und humosen Bodenmaterials, d.h. der Lieferbereich bestand aus bereits weitgehend erodierten Böden.

Auf diesem Kolluvium fand eine Bodenbildung mit Humusakkumulation und Verbraunung statt, die die Horizontdifferenzierung verursachte.

Deutlich wird auch hier die reliefausgleichende Wirkung der ur- und frühzeitlichen Bodenerosion: kleinere Mulden wurden während dieser Landnutzungsphasen aufgefüllt (s. III.2.2 "Grabung Falkenwalde").

Die Humusgehalte der humosen Horizonte schwanken zwischen 1-3% und erreichen ihre Maximalwerte im schwarzen Ah des begrabenen Tschernosems der Senke und im bräunlich-grauen Pflughorizont (Abbildung 67).

Innerhalb der Bodensequenz sind nur die Kolluvien und Oberbodenhorizonte im Mittelhangbereich kalkfrei (Abbildung 68). Kalkhaltig mit Werten von über 10% sind lediglich die C- bzw. G-Horizonte. Alle weiteren Bodenhorizonte enthalten geringe (bis max. 2%) Carbonatanteile, die makromorphologisch bei trockenem Boden z.T. als Pseudomycel sichtbar sind. Es handelt sich hierbei um die Carbonatzufuhr mit der Bodenlösung aus dem kalkhaltigen Kolluvium und dem Erosionsbereich.

Die pH- Werte bewegen sich im neutralen bis schwach sauren Bereich (6,0 bis 7,5), wobei tendenziell die humosen Bodenhorizonte und Kolluvien pH-Werte unter 7 aufweisen und nur im kalkhaltigen ($\text{CaCO}_3 > 1\%$) Ausgangsmaterial neutrale Reaktionsbedingungen herrschen (Abbildung 69).

Die Bodensequenz zeichnet sich durch eine enorme Substratheterogenität aus (Abbildung 70). Im pedogenetisch unbeeinflussten Unterboden und den verbrauchten Bodenhorizonten liegen die Tongehalte um 5% bis 8%. In den Humushorizonten schwanken sie von 8-27%, wobei die höchsten Werte im rezenten Pflughorizont erreicht werden. Die höheren Tongehalte in den Humushorizonten und Kolluvien gegenüber dem Unterboden sind wahrscheinlich sowohl Folge spätglazialer Sedimentgenese unter Bedingungen des Dauerfrostbodens und als auch Ausdruck der Verlehmung als pedogenetischem Prozess des Holozäns.

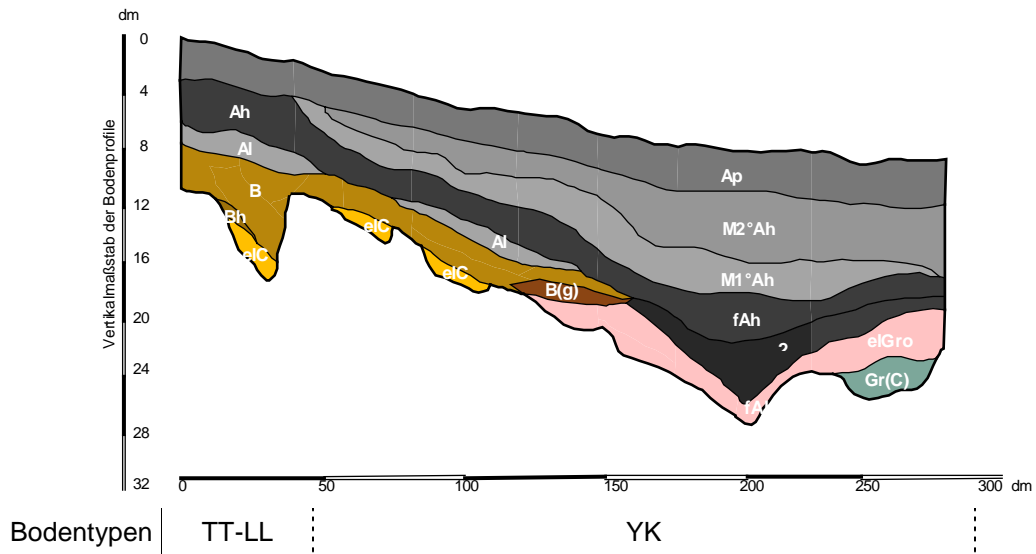


Abbildung 65: Bodentypen und -horizonte der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow

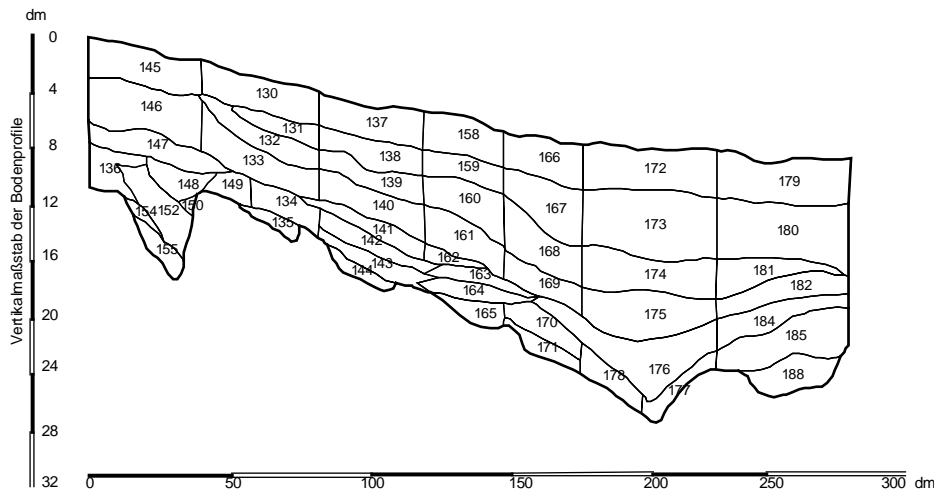


Abbildung 66: Probenentnahmestellen und Labornummern der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow

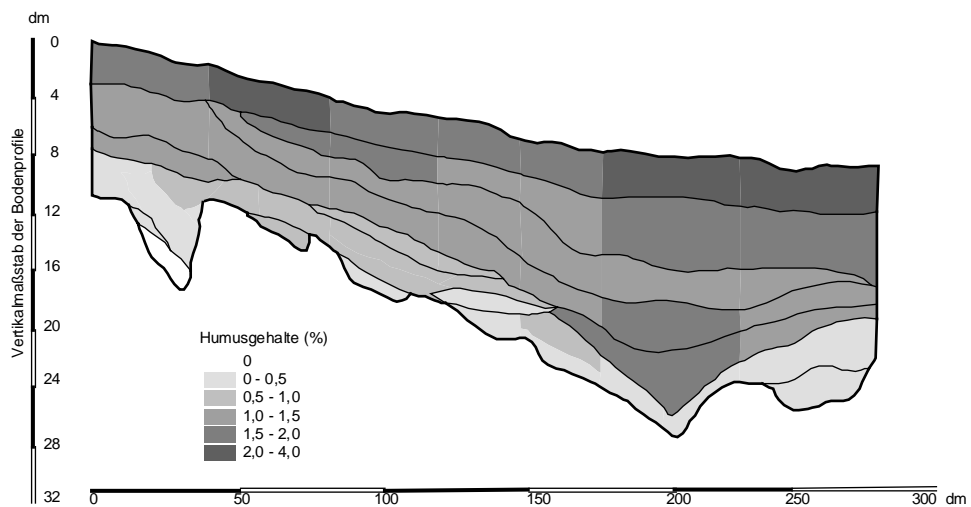


Abbildung 67: Verteilung der Humusgehalte in der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow

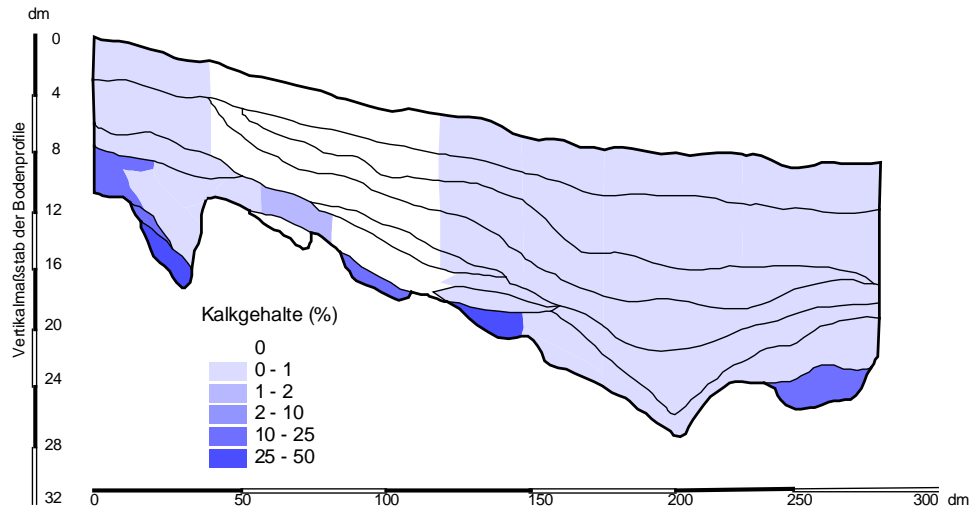


Abbildung 68: Verteilung der Kalkgehalte in der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow

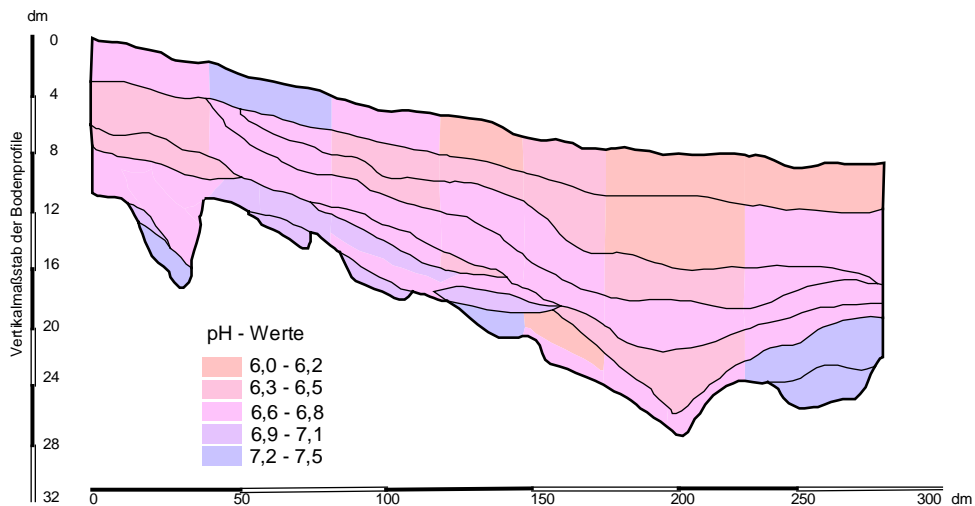


Abbildung 69: Verteilung der pH-Werte in der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow

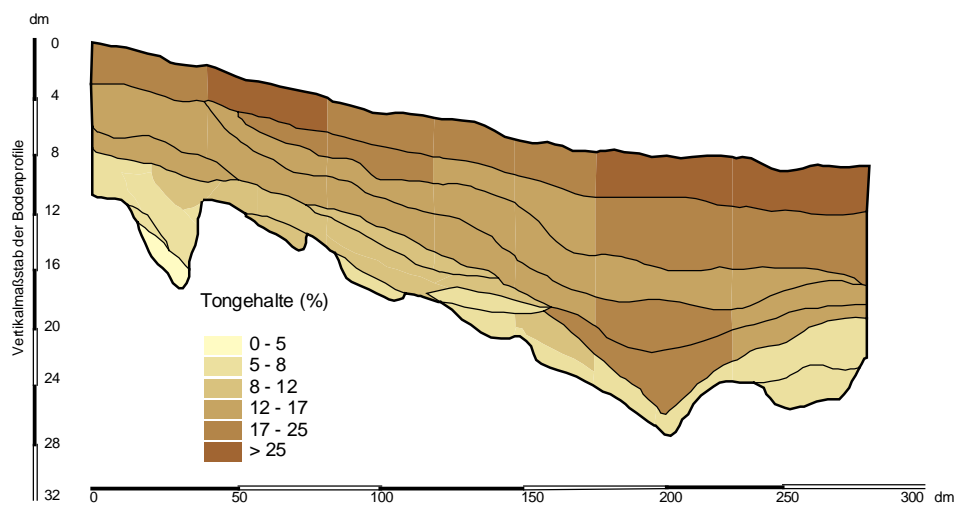


Abbildung 70: Verteilung der Tongehalte in der Bodensequenz A, Grabung Neu Kleinow

4.2 Bodensequenz Profilwand C



Abbildung 71: Bodensequenz "Profilwand C" auf der Grabung Neu Kleinow

Die Bodensequenz C (Abbildung 72) umfaßt auf einem Abschnitt von nur 8 Metern sowohl den Erosionsbereich mit anstehenden Pararendzinen als auch den Unterhangbereich mit einer Mächtigkeit der kolluvialen Auflage von 1,20m. Im Unterhang überdeckt das Kolluvium einen Tschernosem mit einem durch intensive Bioturbation (zahlreiche Krotowinen) gebildeten Übergangshorizont A+C. Es fehlt das Schwarze Kolluvium, das in dieser Bodensequenz nicht erfaßt wird und erst im Senkenbereich auftritt. Analog zu Bodensequenz A hat in einem Kolluvium aus verbrauchtem und humosem Bodenmaterial eine Bodenbildung mit A/Bv-Horizontdifferenzierung stattgefunden. Durch Erosion wurde ein Teil dieses Bodens abgetragen. Über dieser Erosionsdiskordanz liegt ein weiteres humoses Kolluvium, in dessen oberem Teil der rezente Pflughorizont ausgebildet ist. Im Hangbereich sind Tschernosem-Parabraunerden mit schwach ausgebildeten Ton-Humusüberzügen im verbrauchten Bodenhorizont durch die beiden Kolluvien überdeckt.

Rezent befinden sich sowohl der begrabene Tschernosem als auch der B-Horizont des Mittelhanges im Grundwasserschwankungsbereich, was auf eine Anhebung des Grundwasserspiegels nach der Tschernosemgenese, der Verbraunung und Lessivierung schließen läßt.

Die Humusgehalte in den humosen Horizonten schwanken zwischen 0,5 und 4%, wobei die höchsten Werte wiederum sowohl im Humushorizont der begrabenen Schwarzerde als auch dem rezenten Pflughorizont erreicht werden (Abbildung 74).

Alle Bodenhorizonte der untersuchten Bodensequenz sind kalkhaltig, wobei sich die Unterbodenhorizonte der begrabenen Schwarzerde und der Sekundärcarbonatanreicherungshorizont der erodierten Tschernosem-Parabraunerden durch die höchsten Werte von über 10% (z.T. >25%) auszeichnen (Abbildung 75). In diesen Bodenhorizonten liegt Kalk sowohl in Form von primärem Feincarbonat als auch sekundärer lößkindelartiger Konkretionen vor. Ebenfalls sehr hohe Carbonatgehalte treten im Pflughorizont aufgrund mechanischer Kalkverlagerung aus dem kalkhaltigen Erosionsbereich auf. Kalkgehalte von ca. 1% im Durchschnitt sind typisch für den "Mittelteil" der Bodensequenz und sind durch die sekundäre Aufkalkung bereits entkalkter Bodenhorizonte durch kalkhaltiges Bodenwasser (sowohl lateral als auch vertikal) bedingt. Bei Bodentrockenheit ist Pseudomycel zu erkennen.

Entsprechend der Kalkgehalte ist eine sehr homogene Verteilung der pH-Werte im Boden zu beobachten (Abbildung 76). Sie liegen im gesamten untersuchten Abschnitt im neutralen Bereich von 7-7,5.

Auch hinsichtlich der Kongrößenzusammensetzung ist anhand der Tongehalte eine relative Substrathomogenität vorhanden (Abbildung 77). Die Tongehalte schwanken zwischen 8 und 25%. Höhere Werte von >25% Tongehalt wurden in den verbrauchten und z.T. Humushorizonten der begrabenen Tschernoseme und Tschernosem-Parabraunerde festgestellt. Sie sind wiederum Ergebnis sowohl der spätglazialen Sedimentgenese als auch der holozänen Verlehmung.

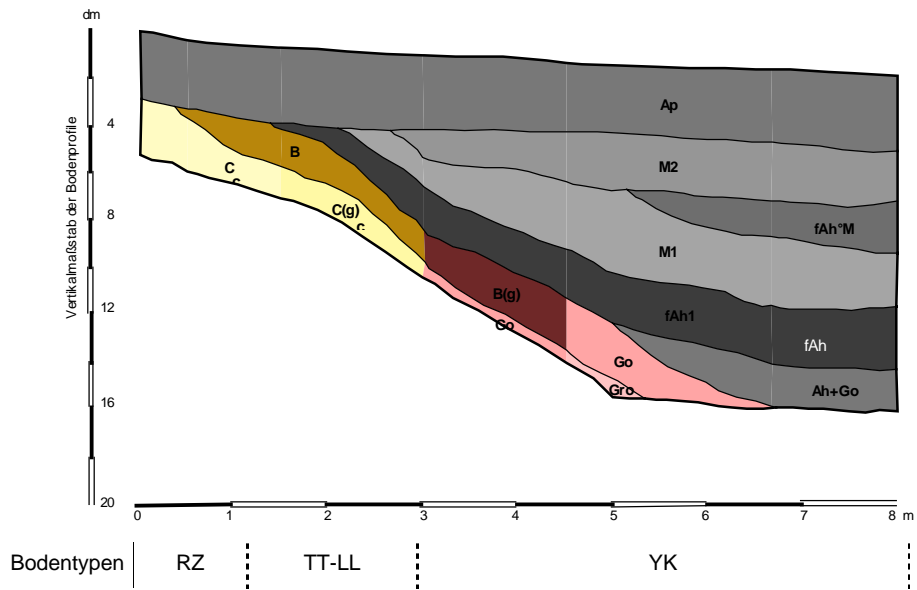


Abbildung 72: Bodentypen und -horizonte der Bodensequenz C, Grabung Neu Kleinow

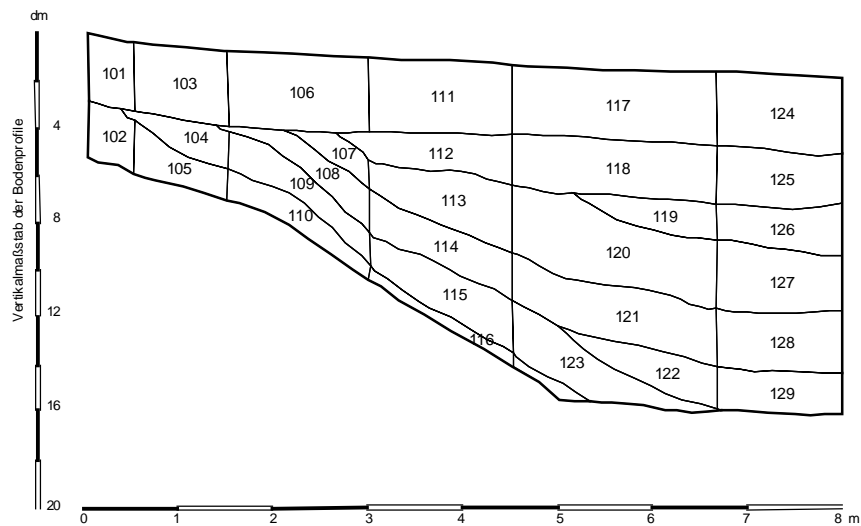


Abbildung 73: Probeentnahmestellen und Labornummern der Bodensequenz C, Grabung Neu Kleinow

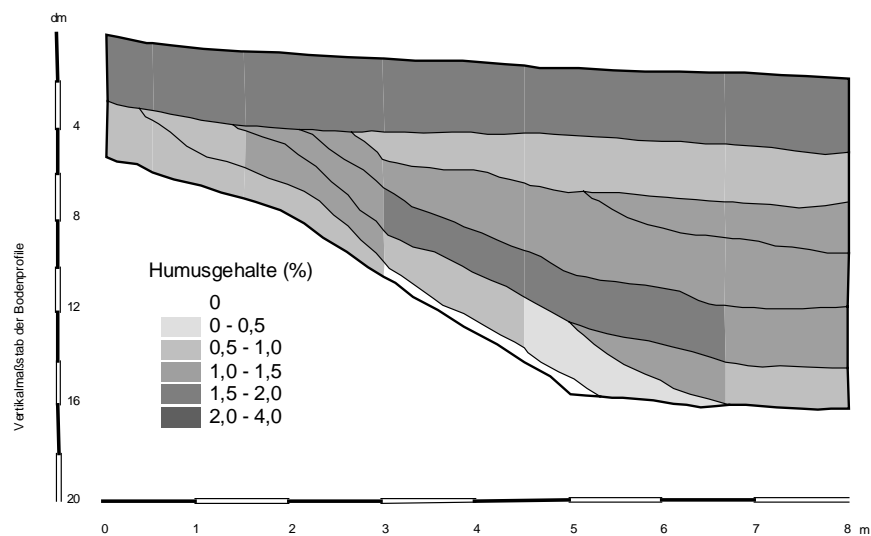


Abbildung 74: Verteilung der Humusgehalte in der Bodensequenz C, Grabung Neu Kleinow

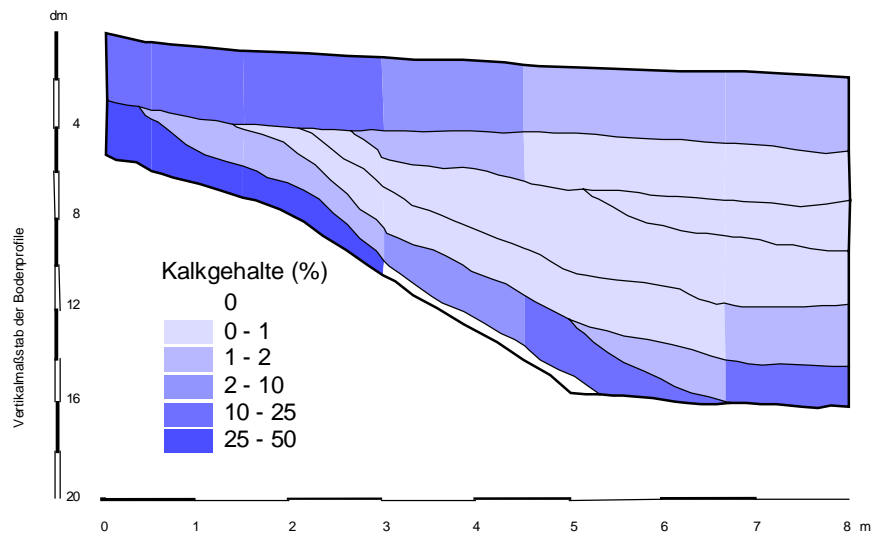


Abbildung 75: Verteilung der Kalkgehalte in der Bodensequenz C, Grabung Neu Kleinow

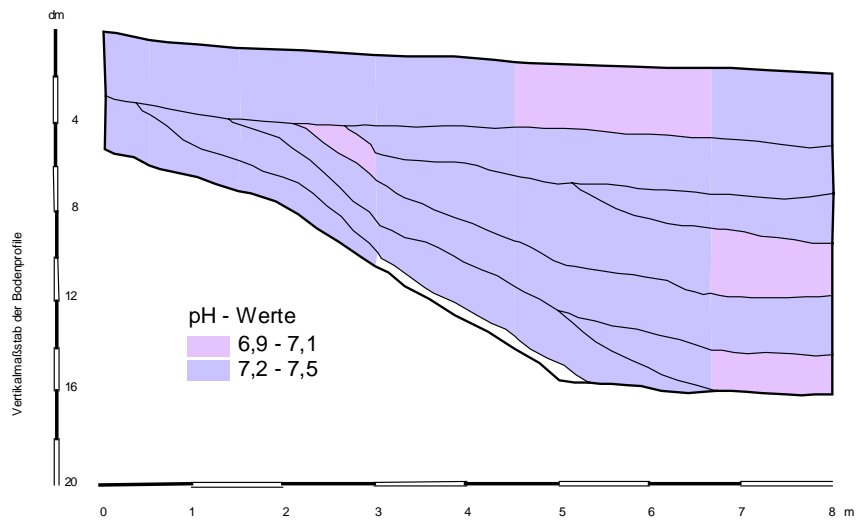


Abbildung 76: Verteilung der pH-Werte in der Bodensequenz C, Grabung Neu Kleinow

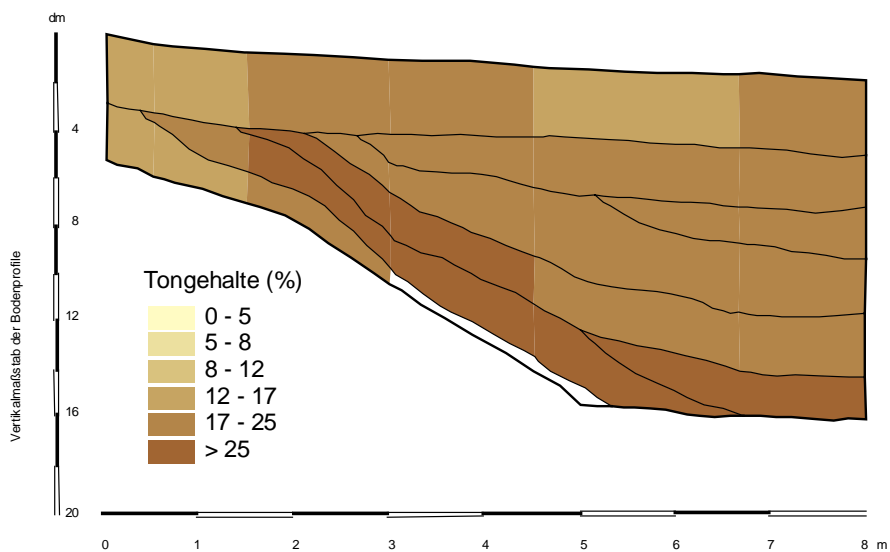


Abbildung 77: Verteilung der Tongehalte in der Bodensequenz C, Grabung Neu Kleinow

4.3 Bodenprofil B

Bodenprofil B wurde im Bereich einer Grube und dem darüberliegenden Kolluvium angelegt (Abbildung 78).



Abbildung 78: Bodenprofil B auf der Grabung Neu Kleinow: Parabraunerde im Kolluvium über Grube der Havelländischen Kultur (14C-datiert)

An der Basis der untersuchten Grube in einer Tiefe von ca. 1,70m konnte ein Rinderschädel geborgen werden. Knochenmaterial aus diesem Schädel wurde durch P. GROOTES (AMS-Labor, Uni Kiel) aufbereitet⁹ und 14C-datiert. Es wurde das 14C-Alter für 2 Fraktionen aus dem Knochenmaterial bestimmt, für das aus den Knochen gewonnene Collagen und für den während der Aufbereitung auf dem Filter verbliebenen Rest. Die Alter sind in Tabelle 85 dargestellt.

Tabelle 85: Ergebnisse der 14C-Altersdatierung an Knochenresten aus der Grube der Havelländischen Kultur der Grabung „Neu Kleinow“ (P. Grootes, Kiel, KIA 5892)

Fraktion	Lab.-Nr.	Konventionelles 14C-Alter ¹⁰	Kalibriertes Alter ¹¹
		BP	cal BC
Knochen, Collagen	KIA 5892	4367 ± 28	2999, 2989, 2922
Knochen, Rest	KIA 5892	3880 ± 30	-

Aufgrund der Datierung des Collagens konnte der archäologische Befund dem Mittelneolithikum, d.h. der Havelländischen Kultur zugeordnet werden. Der sich ergebende Altersunterschied zur Datierung der Knochenreste von 500 Jahren ist möglicherweise auf geringe Anteile jüngerer Wurzeln zurückzuführen.

Die havelländische Grube ist durch ein 1m-mächtiges geschiebemergelähnliches Sediment mit Kreidegeschiebestücken und Carbonatkonkretionen (Schicht VI) und geringen Humusanteilen

⁹ Methode nach LONGIN – Collagen als AMS-Probe verbrannt.

¹⁰ nach Stuiver und Polach, Radiocarbon

¹¹ Übersetzung des konventionellen Alters mit „CALIB rev 3.0“, Stuiver und Reimer, Radiocarbon 35, 215 – 230, 1993, durchgeführt durch M. Grootes

überdeckt und damit konserviert. Die Zusammensetzung dieses Kolluviums deutet auf eine Pararendzina als Bodentyp des Liefergebietes hin, z.T. mit Sekundärcarbonathorizonten. Der Entstehungszeitraum dieses Kolluviums läßt sich auf 3000 v.u.Z. bis maximal 4. Jh. u.Z. eingrenzen, da in diesem Material eine Grube (s. Abbildung 78) angelegt ist, die einem Komplex Kaiserzeitlicher Befunde zuzuordnen ist.

In diesem "Kolluvium" hat sich eine Parabraunerde (Tabelle 86, Tabelle 87, Tabelle 88, Abbildung 79) entwickelt:

Unter dem rezenten Kolluvium (VII), in dem der Pflughorizont ausgebildet ist, liegt der Humushorizont der Parabraunerde mit Humusgehalten von 1,5%.

Die Verbraunungshorizonte sind noch nicht vollständig entkalkt, sie enthalten noch "Kalkinseln", deren Zentrum gewöhnlich von Kreidegeschiebe gebildet wird. Ihre Häufigkeit nimmt nach unten hin zu. Im Gesamtprofil der Parabraunerde bewegen sich die pH-Werte im neutralen Bereich (7,2 – 7,3).

Die braunen Bodenhorizonte sind sehr gut in Polyeder aggregiert, an deren Oberflächen schwache Tonhäutchen vorhanden sind, die die beginnende Lessivierung dokumentieren.

Die Verbraunungsprozesse im Oberboden der Parabraunerde sind anhand der erhöhten Gehalte pedogener Eisenoxide zu belegen.

Da das Kolluvium in seinen Ausgangseigenschaften, insbesondere der Kongrößenzusammensetzung sehr heterogen ist, ist auch die Vertikaldifferenzierung der weiteren bodenchemischen Parameter davon geprägt und Schlußfolgerungen im Hinblick auf pedogenetische Prozesse sind nicht möglich.

Die Tatsache, daß sich im kalkhaltigen Kolluvium, das hauptsächlich aus umgebendem Geschiebemergel bestehend, über einer Grube der havelländischen Kultur Parabraunerde ohne sichtbare Belege einer Schwarzerdevergangenheit, d.h. ohne schwarze Ton-Humushäutchen, entwickelt hat, läßt folgende Schlußfolgerungen zu:

- Die Entwicklung der rezenten Parabraunerde (Entkalkung, Verbraunung, Lessivierung) auf dem Geschiebemergel (Ausgangscarbonatgehalt 12-13%) benötigte maximal 5000 Jahre.
- Aufgrund des bekannten Sedimentalters (max. 5000 – min. 1600 Jahre), kann geschlußfolgert werden, daß zu dieser Zeit, d.h. im Frühen Subboreal – Frühen Subatlantikum, die Hauptphase der Schwarzerdegenese bereits beendet war und sich unter veränderten ökologischen Bedingungen Parabraunerden ohne Schwarzerdestadium entwickelten.
- Da die Entkalkung in diesem Boden nicht in einer Front vor sich geht, legt die Schlußfolgerung nahe, daß die heute häufig anzutreffenden scharfen Entkalkungsgrenzen auch Folge der zunehmenden Fixierung dieser Grenze durch Sekundärcarbonatausfällungen sein können.

Tabelle 86: Bodenchemische Eigenschaften von Bodenprofil B (Grube der Havelländischen Kultur)

lfd. Nr.	Horizont	Tiefe cm	pH	CaCO ₃ %	Corg %	N %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/Fed
1	VII Ap1°M°Ah	0 – 35	7,2	4,59	0,82	0,08	10,06	0,12	0,24	0,50
2	VI Ap2°M°Ah	- 50	7,3	0,00	0,70	0,05	13,02	0,13	0,25	0,52
3	VI M°Ah	- 60	7,2	0,00	0,58	0,05	12,40	0,13	0,22	0,60
4	VI B(t)°M°C	- 75	7,3	9,78	0,25	0,01	19,34	0,07	0,15	0,44
5	VI M°C	- 100	7,4	11,96	0,47	0,03	14,78	0,08	0,21	0,37
6	V B(t)°M°C	- 140	7,4	13,28	0,24	0,01	17,31	0,06	0,15	0,37
7	IV Mc°Ah	- 145	7,4	13,55	0,33	0,01	36,67	0,04	0,13	0,32
8	III Mc°(?)	- 155	7,4	12,89	0,20	0,01	15,71	0,06	0,11	0,53
9	II Mc°Ah	- 160	6,9	13,64	0,12	0,01	11,52	0,06	0,16	0,40
10	Goc	- 170+		2,84	0,48	0,03	14,09	0,11	0,21	0,52

Tabelle 87: Gesamtgehalt ausgewählter Elemente von Bodenprofil B (Grube der Havelländischen Kultur)

lfd.Nr.	Horizont	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn	Zn	Pb	Ni
%												
1	Ap1°M°Ah	0,089	2,006	2,312	0,514	6,440	2,238	3,978	0,468	0,068	0,012	0,016
2	Ap2°M°Ah	0,085	2,108	0,991	0,537	6,796	2,577	4,411	0,492	0,066	0,014	0,015
3	M°Ah	0,103	2,004	0,784	0,497	6,281	2,445	4,228	0,465	0,071	0,011	0,016
4	B(t)°M°C	0,078	1,670	4,323	0,458	5,531	1,640	3,128	0,327	0,039	0,010	0,011
5	M°C	0,114	2,283	5,786	0,832	6,690	2,800	4,656	0,457	0,084	0,015	0,025
6	B(t)°M°C	0,061	1,833	5,780	0,636	5,496	1,955	3,534	0,363	0,043	0,008	0,011
7	Mc°Ah	0,054	1,872	6,199	0,602	5,920	1,970	3,540	0,317	0,046	0,011	0,012
8	Mc°(?)	0,054	1,968	5,517	0,626	6,289	1,896	3,535	0,348	0,040	0,012	0,013
9	Mc°Ah	0,058	2,164	6,110	0,714	7,065	2,023	3,770	0,387	0,047	0,014	0,014
10	Goc	0,125	1,998	2,132	0,494	6,263	2,221	3,930	0,446	0,052	0,010	0,015

Tabelle 88: Korngrößenzusammensetzung von Bodenprofil B (Grube der Havelländischen Kultur)

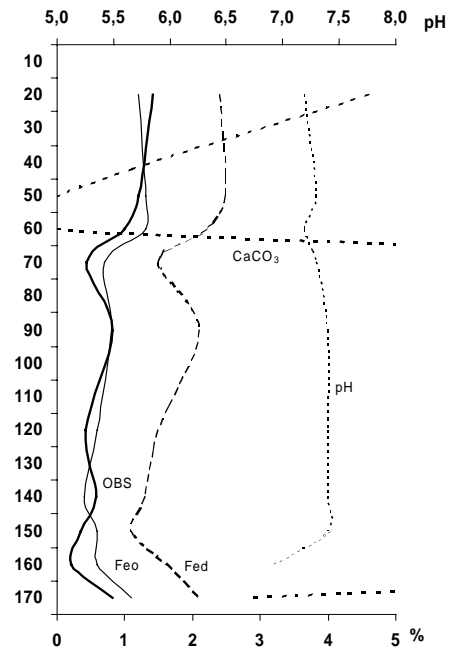
lfd. Nr.	Horizont	Bodenart	T	fU	mU	GU	ffS	gfS	mS	gS
%										
1	Ap1°M°Ah	Ls3	19	6	9	17	10	19	18	3
2	Ap2°M°Ah	Ls4	23	7	10	5	11	20	19	5
3	M°Ah	Ls4	22	5	8	13	10	19	19	4
4	B(t)°M°C	Sl3	11	4	8	14	12	26	21	4
5	M°C	Lt2	26	10	14	12	9	14	12	3
6	B(t)°M°C	Sl4	16	6	10	19	10	20	17	2
7	Mc°Ah	Sl4	14	6	10	16	11	21	18	4
8	Mc°(?)	Sl4	17	5	8	13	11	22	20	4
9	Mc°Ah	Sl4	16	6	9	14	11	20	20	4
10	Goc	Sl4	16	5	9	10	12	23	20	5

Horizonte

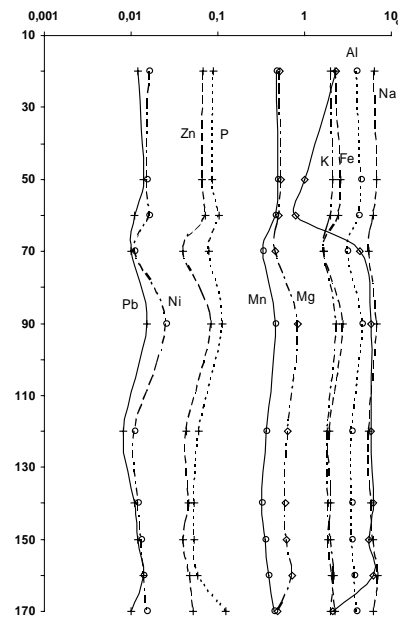
Bodenart

VII	Ap1*M ^o Ah	Ls3
VI	Ap2*M ^o Ah	Ls4
VI	M ^o Ah	Ls4
VI	B(t)*M ^o C	Si3
VI	M ^o C	Li2
V	B(t)*M ^o C	Si4
IV	Mc ^o Ah	Si4
III	Mc ^o (?)	Si4
II	Mc ^o Ah	Si4
	Goc	Si4

Gehalt an OBS (Gew.-%),
Carbonatgehalt5 (Gew.-%) und
Bodenacidität, oxalat- und
dithionitlösliches Eisen (Feo*10,
Fed*10, Gew.-%)



Gehalt ausgewählter Elemente
(Gew.-%, HF-Aufschluß)



Korngrößenzusammensetzung

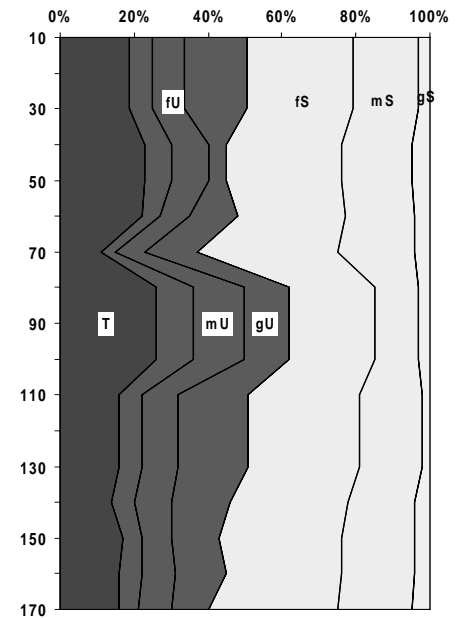


Abbildung 79: Graphik der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Bodenprofil B (Grabung Neu-Kleinow)

4.4 Weitere Befunde

Aufgrund der bodenkundlichen Ansprache des Fundplatzes und seiner Umgebung, sowie der archäologischen Befunde konnten weitere Beobachtungen gemacht und Schlußfolgerungen hinsichtlich der pedogenetischen Prozesse, ihrer zeitlichen Einordnung und Abfolge gezogen werden (Tabelle 89):

Tabelle 89: Pedogenetische Einordnung weiterer Befunde auf der Grabung Neu Kleinow

Pedo-genetischer Prozeß	Befund	Schlußfolgerung
Tscherno-semierung	ca. 1,5m mächtiges 3-schichtiges Schwarzes Kolluvium mit fundführender mittlerer Schicht (Havelländische Kultur) im Senkenbereich	Verbreitung von Tschernosemen- und/oder Parabraunerde-Tschernosemen während des Mittelneolithikums
Entkalkung	Bildung von Sekundärkalkanreicherungshorizonten an der Grubenbasis	zusätzliche Carbonatzufuhr zur Pedogenese durch kalkhaltiges Füllmaterial
	Zunahme des Kalkgehaltes in Gruben (havelländisch, bronzezeitlich) konzentrisch ausgehend von deren Oberfläche (Salzsäuretest, im Kuppenbereich der Catena in Umgebung von kalkhaltigem Geschiebemergel)	tiefgreifende Entkalkung in Gruben aufgrund besserer Wasserleitfähigkeit
Verbraunung	In Gruben (havelländisch, bronzezeitlich) eingebrachtes verbrauchtes Bodenmaterial, (Wechsellagen 1-3cm-mächtiger kalkfreier, verbraunter und kalkhaltiger Schichten)	zum Anlagezeitpunkt der jeweiligen Grubenkomplexe hatte bereits eine Verbraunung der Böden stattgefunden
	In bzw. unterhalb einzelner Gruben (havelländisch, bronzezeitlich) sind an die Grubenkonturen angepaßte verbrauchte Bodenhorizonte ausgebildet	Verbraunung fand nach der Anlage der Grube statt
Lessivierung	Geschlossenes Aggregatgefüge (Polyeder) in braunen Horizonten der Grubenfüllungen mit Ton-Humusüberzügen.	Aggregatbildung und Lessivierung von Ton-Humuskomplexen nach Grubenanlage
	Vorkommen von Ton-Humushäutchen auf Aggregatoberflächen im ton- und schluffreichen Geschiebemergel mit eingemengtem Kreidegeschiebe gegenüber hellen Tonhäutchen im sandigen-kiesigen Substrat	Abhängigkeit der Art der Lessivierung (Ton- bzw. Ton-Humusverlagerung) von Ton- und Carbongehalt des Substrates
	Auftreten von Ton-Humusüberzügen im Grabungsbereich überwiegend im Verbraunungshorizont unter havelländischen und bronzezeitlichen Gruben, sonst Vorherrschen bräunlicher und grauer Tonhäutchen	Humushorizont als Lieferant von Ton-Humuskomplexen war zum Zeitpunkt der Lessivierung zu einem Großteil erodiert
	Überwiegen von hellen Tonhäutchen in den Tschernosem-Parabraunerden	Lessivierung setzte unter kalkfreien und sauren Bedingungen ein, was eine schnelle Bodenentkalkung und Versauerung voraussetzt, verursacht durch die Wiederbewaldung mit Buchenmischwald

4.5 Zusammenfassung Grabung Neu Kleinow

Die Analyse der Siedlungsgeschichte im Zusammenhang mit Befunden zur Morpho- und Pedogenese im Einzugsbereich der Grabung Neu Kleinow ermöglicht eine Rekonstruktion der Phasen der Landschaftsentwicklung und des Zustandes der Bodendecke mit Beginn des Neolithikums (Tabelle 90):

- I. Bis zur Besiedlung durch die Havelländische Kultur (Frühes Subboreal) hatten sich im untersuchten Bereich Tschernoseme mit entkalktem Humushorizont, z.T. auch mit geringmächtigem entkalktem und verbrauntem Übergangshorizont zum Ausgangssubstrat entwickelt.
- II. Die Landnutzungsphase während des Mittelneolithikums führte zu einer schwachen Erosion, dieses geringmächtige Schwarze Kolluvium ist heute im Senkentiefsten anzutreffen und weitgehend fundfrei.
- III. Anschließend wurde die Bodenbildung mit weiterer Humusakkumulation fortgesetzt. Außerdem fand eine Entkalkung des Ober- und Unterbodens verbunden mit der Bildung von Sekundärcarbonatanreicherungshorizonten und fortschreitender Verbraunung statt.
- IV. Während der Bronzezeit (Mittleres und Spätes Subboreal) scheinen katastrophale Erosionsereignisse stattgefunden zu haben. Zeugen für den Abtrag der Humushorizonte der Tschernoseme sind die mächtigen Schwarzen Kolluvien in den Senken mit einer großen Anzahl an Funden der Havelländischen Kultur und die in späteren Phasen sowohl aus Bodenmaterial der verbrauchten als auch des Ausgangsmaterials der Bodenbildung bestehenden Kolluvien. Im Kuppenbereich wurden sämtliche Tschernoseme bzw. Parabraunerden-Tschernoseme bis auf das Sediment abgetragen.
- V. Bis zur Besiedlung während der römischen Kaiserzeit trat anschließend eine Ruhephase in der Morphogenese ein. Auf den Kolluvien setzte erneut eine Bodenbildung ein, die im intensiv kalkhaltigen Substrat über ein Pararendzinastadium in Richtung Parabraunerdebildung tendierte. Auf den bereits weitgehend entkalkten Kolluvien der Ah- und B-Horizonte setzte nach einer wahrscheinlich kurzen Entkalkungsphase direkt die Parabraunerdebildung ein. Die Wiederbewaldung in diesem Zeitraum scheint schnell und mit erheblichem Buchenanteil vor sich gegangen zu sein.
- VI. Die jüngeren Besiedlungs- bzw. Nutzungsphasen sind durch weitere Bodenerosion und Kolluvienbildung gekennzeichnet. Allerdings steht deren Intensität bei weitem der der bronzezeitlichen Erosion nach. Im jüngsten Kolluvium ist auch keine Bodenbildung mehr nachweisbar, was mit der Nachlieferung von Kalk aus dem Erosionsbereich im Zusammenhang steht. Änderungen im Landschaftswasserhaushalt sind durch ein Ansteigen des Grundwasserspiegels dokumentiert, es läßt sich jedoch für diesen Standort nicht der Nachweis von vermehrtem Oberflächenabfluß aufgrund von Landnutzung oder von erhöhten Niederschlägen aufgrund globalen Klimawandels erbringen.

Tabelle 90: Rekonstruktion der Morpho- und Pedogenese im Einzugsgebiet der Grabung Neu Kleinow

Siedlungsphase	Morphogenese	Pedogenese	Rekonstruktion des Zustandes der Bodendecke am Ende der Entwicklungsphase im Grabungsbereich (schematisch)		
			Kuppe	Hang	Senke
R. Kaiserzeit-heute	wiederholte Bodenerosion	in Ruhephasen: Entkalkung, Verbraunung, Lessivierung (Ton) und Humusakkumulation Vergleyung in Bearbeitungsphasen: Aufkalkung	Ap/C	Ap/Ah/Al/Bv/Bt/Cc/C	Ap°M/M/ Ah°M°(Ah+B+C)/ Bv°M°(Ah+B+C)/ M°Ah/Ah/Bvg/Cg
Eisenzeit (Einzugsgebiet unbesiedelt)	Ruhephase mit Bewaldung	Humusakkumulation / Verbraunung / (Vergleyung) schnelle Entkalkung und Versauerung, Lessivierung (Ton)	Ah/B(t)/C/C		Ah°M°(Ah+B+C)/ Bv°M°(Ah+B+C)/ M°Ah/Ah/Bv(g)/C(g)
Bronzezeit	Katastrophale Erosionsereignisse (erfassen auch kalkhaltigen Unterboden)		Bv/Cc/C	M°(Ah+B+C)/ Ah/Bv/Cc/C	M°(Ah+B+C)/ M°Ah/Ah/Bv/C
	Erosion des Humushorizontes der Schwarzerden		(Ah)/Bv/Cc/C	Ah/Bv/C	M°Ah/Ah/C
Neolithikum		Humusakkumulation Entkalkung des Ober- u. Unterbodens, Verbraunung	A/Bv/Cc/C	Ah/C Ah/Bv/C	Ah/C Ah°M°Ah/Ah/C
	Erosion des Humushorizontes der Schwarzerden		Ah/C Ah/Bv/C	Ah/C Ah/Bv/C	Ah/C M°Ah/Ah/C
		Humusakkumulation (Tschernosemierung) Entkalkung des Oberbodens, Verbraunung	Ah/C Ah/Bv/C	Ah/C Ah/Bv/C	A/C

IV Stellung und Entwicklung der Schwarzerden in der holozänen Landschaftsentwicklung Nordostdeutschlands

1 Die Bodenentwicklung als Teil der holozänen Landschaftsentwicklung

1.1 Phasen der holozänen Landschaftsentwicklung

Ausgehend von den dargestellten Ergebnissen kann die Genese und Entwicklung der Schwarzerden der Uckermark im Einklang mit den bekannten Phasen der Landschaftsentwicklung in Nordostdeutschland (BORK et al. 1998, BORK & SCHMIDT 1999, SCHATZ 2000, s. I.2.2.2. „Bodenentwicklung als Teil der Landschaftsentwicklung“) betrachtet werden, die sich einerseits durch den globalen Wandel der Geo-Biosphäre als auch durch die unterschiedliche Intensität des menschlichen Einflusses auf die Landschaftsentwicklung (DFG-Schwerpunktprogramm) unterscheiden:

1. Früh- bis mittelholozäne Naturlandschaftsentwicklung,
2. Neolithische bis vormittelalterliche anthropogen beeinflusste Naturlandschaftsentwicklung,
3. Kulturlandschaftsentwicklung seit dem Mittelalter.

1.1.1 Früh- bis mittelholozäne Naturlandschaftsentwicklung

Die früh- bis mittelholozäne Landschaftsentwicklung ist durch das Wirken natürlicher Faktoren und die Widerspiegelung des globalen Wandels der Geo-Biosphäre durch die natürlichen regionalen Besonderheiten gekennzeichnet. Sie fand im Anschluß an die spätglaziale Entwicklungsphase statt und dauerte bis zu den ersten neolithischen Rodungen im Mittelholozän (Frühes / Mittleres Atlantikum).

1.1.1.1 Umweltbedingungen

Aussagen zu den paläoökologischen Bedingungen dieser Phase der Landschaftsentwicklung können aus der Interpretation der allochthonen Komponente im untersten Schwarzen Kolluvium, deren Entstehungszeitraum mit der der Schwarzerdebildung identisch sein dürfte, geschlußfolgert werden. Lediglich aus dem Präboreal liegen organische Sedimente (Catena Biesenbrow) vor. Es handelt sich hiermit um eine indirekte Beweisführung. Es werden zur Interpretation auch Erkenntnisse zur Landschaftsgeschichte aus den weiteren Regionen sowie Analogieschlüsse zu Umweltbedingungen in rezenten Schwarzerdegebieten genutzt.

Klima

Mit Beginn des Holozäns herrschten im Präboreal noch kühle klimatische Bedingungen, es fand jedoch eine allmähliche Klimaerwärmung statt. Im Boreal setzte eine starke Klimaerwärmung verbunden mit der Abnahme der Jahresniederschläge ein. Mit Beginn des Atlantikums nahmen die Niederschläge zu, die Sommer waren um ca. 2°, die Winter um ca. 0,5° wärmer als heute (SCHÖNWIENSE 1995).

Vegetation

Im Alleröd wurde die tundren- und waldtundrenähnliche Vegetation des Spätglazials durch Birken-Kiefern-Waldbestände verdrängt (MÜLLER 1967, FIRBAS 1952, LANGE 1976, JAHNS 1999).

Es liegen Ergebnisse der Untersuchungen der Pollen, der Phytolithen und der Mollusken aus den Schwarzerdegebieten vor. Die widersprüchlichen Aussagen zu paläoökologischen Verhältnissen während der Schwarzerdegenese aufgrund der Analyse der Pollen und Mollusken im Mitteldeutschen Schwarzerdegebiet wurden durch EHWALD et al. (1998) diskutiert. Er kommt zu dem Schluß, daß es sich um eine Waldvegetation ähnlich der heutigen Waldsteppen in Osteuropa und Sibirien handelte.

Ähnlich den Daten im Mitteldeutschen Schwarzerdegebiet zeigen in den untersuchten Gebieten die Pollen eine Waldvegetation an und die Mollusken eine Offenlandvegetation. Für beide Komponenten bleibt der allochthone Anteil eines der kolluvialen Verlagerung vorausgegangenen Bildungszeitraumes aber eher fraglich. Die Pollenerhaltung ist unter aeroben Bedingungen im Substrat ausgesprochen gering. Die Molluskenerhaltung unter kalkfreien Bedingungen unter Wald ist ebenfalls unwahrscheinlich. Bei beiden Komponenten handelt es sich um synsedimentäre Bildungen. Im Unterschied dazu ist die Erhaltung der Phytolithen sowohl unter Sauerstoffzufuhr als auch unter

carbonathaltigen sowie –freien Milieubedingungen uneingeschränkt. Daher erlaubt das Fehlen von Artengruppen des Offenlandes im palynologischen Befund den Rückschluß auf eine Waldvegetation. Dieser Schluß wird ebenfalls indirekt durch das Fehlen von Steppenarten in der synsedimentären Molluskenfauna gegenüber euryöken Arten unter Offenlandbedingungen des Einzugsgebietes bestätigt, was einen Unterschied zu den Mitteldeutschen Lößgebieten darstellt. Für eine Waldvegetation spricht ebenfalls die Tatsache, daß die bioturbate Humuseinmischung in den Unterboden der Schwarzerden fast ausschließlich durch Regenwürmer stattfand. Größere Krotowinen offenlandbewohnender Kleinsäugetiere sind dagegen eher selten (s. III.4.2. Grabung Neu Kleinow, Profilwand C).¹²

Ausgehend von diesen Schlußfolgerungen, kann auch für die Uckermark die Vegetationsentwicklung im Früh- und Mittelholozän entsprechend der allgemeinen Waldentwicklung angenommen werden. Es erfolgte mit Beginn des Boreals die Verbreitung von Laubmischwäldern mit der Ausbreitung zunächst der Hasel, dann der Eiche und Ulme und später der Linde bis zur natürlichen Vegetation von Eichenmischwäldern auf den Geschiebemergelstandorten und Kiefern-Eichenmischwäldern auf trockeneren und ärmeren Standorten im Jüngeren Atlantikum (FIRBAS 1953, JAHNS 1999, MÜLLER 1967, SLOBODDA 1991).

Morphodynamik

Mit der Ausbildung einer geschlossenen Vegetationsdecke seit Beginn des Holozäns findet keine Bodenabtragung statt. Es ist eine morphogenetische Stabilitätsphase. Diese Phase ist in ganz Mitteleuropa ausgeprägt (BORK et al. 1998, SCHATZ 2000) und kann auch durch die Untersuchungsergebnisse in den Beispielscatenen für die Uckermark bestätigt werden. Es wurden keine mineralischen Sedimente des Frühholozäns gefunden.

Landschaftswasserhaushalt

Mit der globalen Klimaänderung und der damit einhergehenden höheren Evapotranspiration setzt mit Beginn des Holozäns die Verlandung der in den Senkenbereichen der Hohlformen bestehenden Gewässer ein. In den Untersuchungsgebieten wurden keine organischen Sedimente gefunden, die auf hohe Grundwasserstände schließen lassen, d.h. in nahezu allen Kleinstbinneneinzugsgebieten der Uckermark sind mit Beginn des Boreals die Hohlformen vollständig trockengefallen.

1.1.1.2 Pedogenese

1.1.1.2.1 **Initialphase der Bodenbildung**

Da für einen Großteil der Parabraunerden der Uckermark keine Schwarzerdevergangenheit nachweisbar ist, muß davon ausgegangen werden, daß bereits mit Beginn der Schwarzerdegenese in der Uckermark ein bedeutender Flächenanteil der Böden zu einem gewissen Teil entkalkt und verbraunt waren. Als Zeiten für diese Bodenbildungen kommen das Alleröd und das frühe Holozän in Frage. Allerödzeitliche Braunerden werden von SCHLAAK (1998) als „Finowboden“ beschrieben. Auch KAISER & KÜHN (1999) berichten von allerödzeitlichen Braunerden in der Ückermünder Heide. Für das Mitteldeutsche Trockengebiet mit seinen Schwarzerden beschreibt ALTERMANN (1968) spätglaziale und frühholozäne Verbraunungen in Lössen. Auch ALEXANDROVSKIJ (1983, in TARGULJAN et al. 1988) kommt für die Böden der südlichen Waldzone und der Waldsteppe der russischen Tiefebene zu dem Ergebnis, daß der Bildung der Tschernoseme z.T. eine Entkalkung, Verbraunung und z.T. sogar Lessivierung vorausgegangen sein muß.

Der Tschernosembildung vorausgehend findet im Spätglazial ein Initialstadium unter tundrenähnlichen Vegetationsbedingungen statt. In Abhängigkeit von den Substratverhältnissen entstehen in sandigem und nur schwach kalkhaltigem Ausgangssubstrat aufgrund schneller Entkalkung geringmächtige Braunerden (s.o.). Auf kalkhaltigem Ausgangssubstrat werden Pararendzinen als Initialstadium der

¹² Diskussionen, die direkten Bezug auf die Ergebnisse aus den Untersuchungsgebieten in der Uckermark nehmen und/oder eigene Schlußfolgerungen darstellen, sind in diesem Kapitel *kursiv* gedruckt.

Pedogenese gebildet.

Im Präboreal findet die weitere Differenzierung der Bodendecke statt:

- Die Braunerdebildung wird auf den bereits allerödzeitlich gebildeten Braunerden mit tiefgreifender Entkalkung unter den Birken-Kiefernwäldern fortgesetzt.
- In den Bereichen der Pararendzinen bedingt die Mischwaldvegetation ebenfalls ein Fortschreiten der Entkalkung. In Abhängigkeit von den Eigenschaften des Ausgangssubstrates wie Höhe des Tongehaltes, Menge und Form des Kalkvorrates sowie die Lage im Relief, d.h. der Möglichkeit der lateralen Kalkzufuhr aber auch der lokalen Niederschlagshöhen geht ein Teil dieser Böden aufgrund der vollständigen Entkalkung des Oberbodens zur Braunerde-Parabraunerde-Entwicklungsreihe über. Nur in einem Teil der ursprünglichen Pararendzinen bleibt die Carbonatdynamik und damit die Voraussetzung für die Tschernosembildung bis zum Ende des Präboreals erhalten.

Damit entsteht sowohl im Spätglazial als auch im Präboreal eine heterogene Bodendecke mit Pararendzinen und Braunerden, die durch das räumlich differenzierte Wirken der natürlichen Bodenbildungsfaktoren hervorgerufen wird.

1.1.1.2.2 Phase der Schwarzerdegenese

Mit dem Übergang zum Boreal kommt es aufgrund der verringerten Niederschläge zur Stagnation der Entkalkung in der Bodendecke insgesamt. Unter dem Eichenmischwald findet mit Beginn des Boreals die Pedogenese in Abhängigkeit vom Bodenzustand statt:

1. Auf den initialen Pararendzinen mit aktiver Carbonatdynamik wird Schwarzerdehumus akkumuliert.

In Abhängigkeit vom Carbonatgehalt im Humushorizont der Pararendzinen ist sowohl die Bildung echter Tschernoseme (CaCO_3 in der Bodenlösung $>20\text{mmol/l}$) (s. Tabelle 93, Catena Biesenbrow UG 1) als auch eine Bodenentwicklung als Grauer Waldboden (CaCO_3 in der Bodenlösung $>4\text{-}5\text{mmol/l}$) ähnlich den Waldböden unter Eichenmischwald der heutigen Waldsteppe in Osteuropa möglich (ALEXANDROVSKIJ 1983) (s. Tabelle 93, Catena Falkenwalde UG2, Untersuchungsgebiet Mönchehof UG 3).

In beiden Systemen kann für das Boreal von einem Gleichgewichtszustand in der Bodenentwicklung verbunden mit Humusakkumulation ausgegangen werden. Der Erhalt der Carbonatdynamik im Boden wird durch die negative klimatische Wasserbilanz und die „Wurzpumpe“ der Eichenmischwälder (hohe Calciumgehalte im Laub) reguliert und durch hohe Austauschkapazitäten aufgrund von hohen Tongehalten unterstützt (Catena Biesenbrow, Tschernoseme auf Beckenschluff).

Die negativen klimatischen Wasserbilanzen während der Vegetationsperioden des Boreals bedeuten:

- Das für die Kalklösung relevante Sickerwasser tritt hauptsächlich im Herbst, Winter und Frühjahr auf und führt lediglich zu Carbonatlösung und damit zur Bildung von Sekundärcarbonat im Bodenbereich durch Ausfällung aus der gesättigten Lösung.
 - Trockenheit verursacht eine Wasserbewegung im Boden von unten nach oben, wobei Sekundärcarbonat in Form von Pseudomycel gebildet wird.
 - Im Sommer, während der Vegetationsperiode, führt gerade die Trockenheit zu einer geringen mikrobiellen Aktivität im Boden und damit der zusätzlichen Humusakkumulation.
 - Das außerhalb der Vegetationsperiode entstehende Wasser ist weniger sauer, da die verringerte Bodenatmung (geringe mikrobielle Aktivität) einen geringen CO_2 -Partialdruck der Bodenlösung hervorruft und so das Lösungsvermögen herabsetzt.
2. Auf den bereits entkalkten Böden dürfte ebenfalls eine verstärkte Humusakkumulation, jedoch ohne den charakteristischen Calciumhumatkomplex, stattgefunden haben.

Die Stabilität der Eichenmischwaldökosysteme auf Schwarzerden gegenüber der

Klimaverschlechterung mit Beginn des Atlantikums ist ausreichend, um weiterhin Tschernosemhumus zu bilden. Die Entkalkung wird jedoch mit der globalen Feuchtezunahme wieder intensiviert, so daß auf großen Flächenanteilen die Oberböden der Tschernoseme spätestens im Mittleren Atlantikum kalkfrei sind.

1.1.1.2.3 Humusgenese in den Nordostdeutschen Schwarzerden

Aufschluß zur Humusgenese der frühholozänen Tschernoseme hat die Qualitätsanalyse der organischen Bodensubstanz in Verbindung zur ¹⁴C-Datierung geliefert (Catena Biesenbrow, Catena Falkenwalde). Es wird die Entstehung von „Echtem Tschernosemhumus“ durch den Analogieschluß zur Humusqualität in rezenten Schwarzerden belegt.

Dabei können zwei Theorien zur Tschernosemhumusgenese miteinander verknüpft werden:

ROHDENBURG & MEYER (1968, s. I. 3.4 „Humusgenese in Schwarzerden“) begründen die Bildung hoher Anteile an schwarzem Endohumus u.a. durch Schwankungen der Redoxpotentiale. SIEWERT (1994, 1995) führt die intensive Anfangsbodenatmung zu Beginn einer Feuchtphase auf die Bildung von Exoenzymen unter kontinentalen Klimabedingungen zurück (aufgrund der Evolution der organischen Bodensubstanz als Anpassung an die Umweltverhältnisse). Tatsächlich verursacht die intensive Anfangsbodenatmung kurzzeitig reduzierende Bedingungen und damit Schwankungen zwischen oxidierenden und reduzierenden Bedingungen.

Auch die durch LIEBEROTH (1991) als Abgrenzungsmerkmal der „Wiesenschwarzerden“ zu „Normschwarzerden“ dargestellten *mikromorphologischen Eigenschaften des Humushorizontes (Krümelgefüge) unterstützen die These von der „Echten Tschernosemgenese“.*

GEHRT (1998) und SCHMIDT et al. (1999) begründen die schwarze Färbung des Tschernosemhumus mit einer Pyrogenese. *Aufgrund der Untersuchungen des Schwarzen Kolluviums ist davon auszugehen, daß in einzelnen Schichten Holzkohlepartikel in großen Mengen auftreten. Andererseits ist aus den Untersuchungen der organischen Bodensubstanz aus schwarzen humosen Bodenhorizonten der Parabraunerde-Tschernoseme insbesondere durch die Thermogravimetrie die Anwesenheit von bodenfremder organischer Substanz auszuschließen. Selbst falls Holzkohle in den Boden gekommen sein sollte, ist sie rezent in den Humuskomplex der Schwarzerden einbezogen (SIEWERT 1999).*

Natürliche Vegetationsfeuer, die die Schwarzfärbung des Humus verursacht haben könnten, sind spätestens für die Zeit des Präboreals mit durch Blitzschlag zu entflammenden Birken-Kiefernwäldern anzunehmen. Während der Zeit des Boreals und Anfang des Atlantikums bis zum Beginn der Rodungen/Brandrodungen sind aufgrund der Baumartenzusammensetzung natürlich entstandene Waldbrände ausgeschlossen. Daraus zu schlußfolgern wäre das maximal neolithische Alter eines Großteils der Tschernoseme, was nicht in Übereinstimmung mit den Befunden zu den mächtigen schwarzen Humushorizonten zu Beginn der neolithischen Nutzungsphase steht. Unklar ist außerdem der Prozeß der feinen Dispergierung der Holzkohlepartikel in den Schwarzerden im Unterschied zu den Grauerden bzw. der Erhaltung von makroskopisch erkennbaren Holzkohlepartikeln in den Parabraunerden. Sie ist ausschließlich durch intensive Bioturbation nicht erklärbar.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann eine „Intensivierung“ der Schwarzfärbung der organischen Bodensubstanz durch Brandeinwirkungen sowohl im präborealen Pararendzinastadium als auch während der ur- und frühgeschichtlichen Nutzungsphasen für möglich erachtet werden. Eine weitere Stellungnahme zu diesem Thema muß offen bleiben, da die Ergebnisse der ¹³CNMR-Spektroskopie der organischen Bodensubstanz (Proben der Catena Biesenbrow) zum Zeitpunkt der Niederlegung dieser Arbeit noch nicht vorlagen.

KOWALKOWSKI (1966, 1968) kommt aufgrund der Humusanalysen für die Schwarzerden des „Pyritzer Weizackers“, und deren Reliefposition - Terrassen der glazilimnischen Beckenschluffe - zu dem Schluß, daß es sich um Wiesenschernoseme (= Gley-Tschernoseme) handelt. Die Tatsache, daß im Humushorizont dieser Schwarzerden Molluskenspektren mit spätglazialen Alter vorkommen, läßt ihn die Tschernosemgenese in das Spätglazial stellen.

Die Schlußfolgerungen zur Schwarzerdegenese im Bereich der Schwarzerdebodengesellschaft auf

Beckenschluffen läßt Zweifel an dieser Hypothese aufkommen. Wie nachgewiesen werden konnte, ist der entscheidende Faktor des Schwarzerdeerhaltes auf eine aktive Carbonatdynamik während des gesamten Holozäns zurückzuführen. Im kuppigen Bereich der hier untersuchten Catena Biesenbrow war aufgrund der ständigen Nachlieferung aus dem Erosionsbereich dafür die Grundlage gegeben. Auf Seeterrassen im nahezu ebenen Relief ist auch bei ackerbaulicher Nutzung keine ausreichende Carbonatnachlieferung durch kalkhaltige Kolluvien und ständig neu entstehende Pararendzinen gegeben. Daher erfolgt die Kalkzufuhr zu den Böden nur mit dem kalkhaltigen Grundwasser und ist daher im gesamten hydrologischen Einzugsgebiet streng an bestimmte Höhengniveaus gebunden. Die Schwarzerden und die darin enthaltenen Molluskenassoziationen konnten also nur in ständig carbonatischem Milieu bis heute erhalten bleiben und markieren so höchstwahrscheinlich die holozänen Grundwassertiefststände.

Ähnlich wie für die untersuchten Flächen Nordostdeutschlands kann angenommen werden, daß auch auf den Beckenschluffen im polnischen Verbreitungsgebiet nach einem initialen Pararendzinastadium im Frühholozän Schwarzerden in allen Reliefpositionen gebildet wurden, in den Senkentiefsten mit Grundwassereinfluß auch Gley-Tschernosem.

1.1.2 Neolithische bis vormittelalterliche anthropogen beeinflusste Naturlandschaftsentwicklung

Mit Beginn des Neolithikums tritt der Mensch als Faktor der Landschaftsentwicklung auf. Sein Einfluß ist durch die Rodung der Wälder verursacht und abhängig von der Siedlungsdynamik, d.h. räumlich und zeitlich an die Siedlungskammern gebunden und daher begrenzt. Die Landschaftsdynamik einzelner Einzugsgebiete wird durch die wiederholte Nutzung einzelner Siedlungskammern vor dem Hintergrund der globalen klimatischen Veränderungen bestimmt. Dabei sind die innerhalb einer Siedlungsphase vor sich gehenden Prozesse stets ähnlich.

Der Beginn der ur- und frühgeschichtlichen Landnutzungsphase (Zeitscheibe II des DFG-Schwerpunktprogramms) setzte in Nordostdeutschland um mehr als 1000 Jahre später als in Mittel- und Süddeutschland ein.

Unter dem Gesichtspunkt der morphodynamischen Entwicklung in der Landschaft Nordostdeutschlands gliedert SCHATZ (2000) die neolithisch-bronze-eisenzeitliche Landnutzungsphase aus und betrachtet die Völkerwanderungszeit getrennt. Unter dem Gesichtspunkt der Bodenentwicklung erscheint es sinnvoll, die Völkerwanderungszeit als Ruhephase der Siedlungsdynamik zu betrachten. Die während dieser Zeit vor sich gehenden Prozesse sind vergleichbar mit Wiederbewaldungen während der gesamten Nutzungsphase mit dem Unterschied, daß sie flächendeckend in der gesamten Region stattfindet.

Als Archive der Landschaftsentwicklung sind in den Untersuchungsgebieten organische Sedimente, archäologische Befunde, begrabene Böden und das Schwarze Kolluvium untersucht worden.

1.1.2.1 Umweltbedingungen

Landnutzung

Die Landnutzung in der Uckermark begann mit der Rodung kleiner Flächen durch die frühneolithische Linienbandkeramik im 5. Jahrtausend v.Chr. und setzte sich mit Unterbrechungen bis zur Eisenzeit und Römischen Kaiserzeit fort. Wobei sich die Uckermark während aller Siedlungsphasen durch intensiveren Ackerbau von der umgebenden Norddeutschen Tiefebene unterschied (s. I. 2.1.4 „Siedlungsgeschichte“). Beendet wurde die vormittelalterliche Landnutzungsphase durch die im 4. Jhdt. n. Chr. beginnende Völkerwanderung.

Klima

Mit Beginn der neolithischen Landnahme im Atlantikum herrschten in Nordosteuropa feucht-warme, atlantisch-ozeanisch geprägte Klimabedingungen. Bis heute ist der Klimawandel durch das abwechselnde Auftreten feuchter und kühler Phasen und trockener und warmer Phasen geprägt (JÄGER et al. 1998, s. Tabelle 93). Dabei war das Subboreal insgesamt durch eine Feuchtezunahme und das Subatlantikum zusätzlich durch eine Temperaturabnahme mit erhöhten Niederschlägen bis hin zur kühlen und niederschlagsreichen Klimaphase während der Völkerwanderungszeit gekennzeichnet (SCHÖNWIESE 1995). Es fand nach dem holozänen „Klimaoptimum“ eine ständige

„Klimaverschlechterung“ statt, die von Klimaschwankungen geprägt war.

Inwiefern die Trockenphasen eine Folge anthropogener Klimaveränderungen durch Rodung sind, ist nicht eindeutig zu belegen (JÄGER et al. 1998). Für natürliche Klimaschwankungen spricht die Synchronität der Trockenphasen mit Regressionsphasen der Ost- und Nordsee. Andererseits können klimatische Auswirkungen in Form von Erhöhung der Kontinentalität aufgrund der Auflösung der ehemals geschlossenen Vegetationsdecke nicht ausgeschlossen werden (größere Temperaturamplituden im Tages- und Jahresverlauf, größere Trockenheit durch intensivere Verdunstung aufgrund höherer Temperatur, geringere Niederschläge durch Konvektion aufgrund der Aufheizung). Allerdings ist die Wirkung kleinflächiger Rodungsinseln während der ur- und frühzeitlichen Landnutzung eher fraglich. Außerdem ist die Änderung der Strahlungsbilanz durch veränderte Bodenbedeckung (Wald – Feld) nicht belegt (ebenda).

Vegetation

Mit den ersten frühneolithischen Rodungen beginnt die anthropogene Beeinflussung der Vegetation. Es bleiben weiterhin große Laubmischwaldgebiete bestehen. In der Baumartenzusammensetzung verlieren mit dem Übergang zum Subboreal die Ulme, Linde und Esche an Bedeutung; die Eichenanteile nehmen weiterhin zu. Eichenmischwälder werden u.a. durch die Waldweidenutzung gefördert. So prägen in der Uckermark im 1. und 2. Jh. (Älteres Subatlantikum) eichenreiche Laubmischwälder die Vegetation (LANGE 1976 b).

Im Jüngeren Subboreal beginnt die Ausbreitung der Buche und Hainbuche, die sich jedoch in der Baumartengesellschaft erst gegen Ende der Völkerwanderung in der Wiederbewaldungsphase endgültig durchsetzen konnten (SLOBODDA 1991). Zwischenzeitlich wird die Kiefer als Baumart auf Sukzessionsflächen ehemaliger Rodungsinseln gefördert (MÜLLER 1967, JAHNS 1999).

Im Einflußbereich der Rodungsinseln treten in Abhängigkeit von den Siedlungsphasen Kulturbegleiter wie *Artemisia*, *Rumex* und *Plantago* in unterschiedlichen Anteilen auf. Neben der allgemeinen Etablierung der Erle in den Niederungsgebieten ist ihr verstärktes Auftreten in kleineren Einzugsgebieten während der Nutzungsphasen zu verzeichnen (MÜLLER 1967).

Aus den Untersuchungsgebieten liegen pollenanalytische Untersuchungen, Untersuchungen zur Molluskenfauna und der Phytolithen aus organischen Sedimenten und dem Schwarzen Kolluvium vor. Dabei ist anhand der synsedimentären Komponenten dieser organischen Reste für alle Einzugsgebiete in diesem Zeitraum ein Mosaik aus Offenland und Laubmischwald mit hohem Kiefernanteil sowie das Auftreten von Vegetation feuchter und nasser Standorte nachweisbar (s. „Ergebnisse“ UG Catena Biesenbrow und „Ergebnisse“ Catena Falkenwalde). Es wird damit das Vegetationsmosaik während der ackerbaulichen Nutzungsphasen gekennzeichnet, bestehend aus Rodungsflächen mit Acker- und Grünland in primären Laubmischwäldern, sowie durch Sukzession in aufgegebenen Siedlungskammern entstandene Sekundärwälder. Änderungen im Landschaftswasserhaushalt in der Nutzungsphase werden u.a. durch die Zunahme von Erlen und Weiden in der Waldvegetation sowie durch Torfbildung dokumentiert (Catena Falkenwalde).

Morphodynamik

Mit der ackerbaulichen Nutzung auf den Rodungsinseln ist die Bodenerosion verbunden. Ur- und frühgeschichtliche Kolluvien sind in Mittel- und Nordostdeutschland bereits mehrfach beschrieben (BORK 1983, BORK et al. 1998, SCHATZ 2000), insbesondere die Bildung dunkler Kolluvien in Schwarzerdegebieten (ANDRES et al. 1997, WUNDERLICH 2000, LANG & HÖNSCHIEDT 1999). SCHMIDT (1991b, 1994a,b) beschreibt das Schwarze Kolluvium für das Nordostdeutsche Jungmoränengebiet.

In Abhängigkeit von der Siedlungsdynamik kann das Schwarze Kolluvium mehrphasig sein.

Dabei kann das linienbandkeramische Kolluvium als unterstes Schwarzes Kolluvium häufig nicht eindeutig belegt werden (WUNDERLICH 2000, LANG & HÖNSCHIEDT 1999), obwohl es in direktem Zusammenhang zu linienbandkeramischen Befunden steht. LANG (1999) erklärt dieses Phänomen mit einem Kaskadenmodell der Bodenerosion und jeweiligen Sedimentfallen. Danach werden im fluvial geprägten Lößhügelland Kolluvien aufgrund der fortschreitenden Erosion mehrfach umgelagert. Diese Umlagerungen lassen sich mithilfe der wesentlich älteren 14C-Alter der organischen Bestandteile im Kolluvium im Vergleich zum jüngeren OSL-Alter, das das letzte Sedimentationsdatum kennzeichnet, belegen (ebenda).

Für die Uckermark konnte bisher ebenfalls der naturwissenschaftliche Nachweis des linienbandkeramischen Kolluviums nicht erbracht werden, was aber auch durch die geringe Siedlungsdichte, den kurzen Siedlungszeitraum und die bisher vermutete eher nomadische Lebensweise der linienbandkeramischen Kultur in diesem Teil Nordostdeutschlands (GRINGMUTH-DALLMER 1999a) begründet werden kann.

Katastrophale Erosionserereignisse sind durch die Sedimentation sowohl von Material des Humushorizontes als auch des Unterbodens dokumentiert und in den untersuchten Bereichen überwiegend der Bronzezeit zuzuordnen (s. Catena Falkenwalde, Grabung Neu Kleinow, Bodenprofil B). Das spiegelt einerseits die maximalen Bevölkerungsdichten der Ur- und Frühgeschichte während der Bronzezeit der Uckermark wider, kann andererseits aber auch klimatische Ursachen in der Feuchtphase während des 2. Jahrtausends v. Chr. haben (s. Catena Falkenwalde, s. Tabelle 93).

Landschaftswasserhaushalt

Es finden kurzfristige auf einzelne Einzugsgebiete begrenzte Wasserspiegelschwankungen statt, die ihre Ursache in der Rodung und damit der Erhöhung des Oberflächenabflusses haben (BORK et al., 1998, SCHATZ 2000). Allerdings muß von einem Zusammenwirken des anthropogenen Faktors mit der natürlichen Klimaentwicklung ausgegangen werden, die nicht voneinander zu trennen sind.

Einerseits läßt die Asynchronität des Auftretens des Schwarzen Kolluviums in den Untersuchungsgebieten auf eine dominierende Rolle des anthropogenen Faktors in den sensibel reagierenden Binnenkleinstzugsgebieten schließen, insbesondere wenn die Erhöhung des Wasserspiegels gleichzeitig mit einer klimatischen Trockenphase stattfindet (s. Tabelle 93, Catena Biesenbrow). Andererseits tritt in Falkenwalde eine Erhöhung der Grundwasserstände und die Bildung von organischen Sedimenten in der Senke zunächst scheinbar ohne kolluviale Komponente auf (s. III.2.1.6 "Paläobotanische Untersuchungen") und ist zeitlich mit einer klimatischen Feuchtphase gleichzusetzen. Ähnliche nicht synchrone Reaktionen der Beckenhydrologie werden von KAISER (o.J., frdl. mdl. Mittlg. 1998) für die frühholozäne Landschaftsentwicklungsphase in Nordostdeutschland (Vorpommern) während des Mesolithikums beschrieben.

1.1.2.2 Pedogenese

Aufgrund der globalen Änderungen des Klimas und der Vegetation gehen die Tschernoseme und „Grauen Waldböden“ aus dem Gleichgewichtszustand in ein dynamisches Bodenentwicklungssystem über, das durch fortschreitende Entkalkung und Versauerung sowie damit verbundene Ton-Humus- und Ton-Verlagerung gekennzeichnet ist, d.h. einer Bodenentwicklung in Richtung Parabraunerde.

Gleichzeitig treten lokal Faktoren auf, die verzögernd auf die Schwarzerdedegradation wirken, und sowohl natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs sein können. In Abhängigkeit von der Siedlungsdynamik verursacht der Einfluß des Menschen die Revitalisierung der Carbonatdynamik. Es kommt zur räumlich und zeitlich begrenzten Ausbildung von Tschernosemeprogradationsphasen. Die Progradationsphasen können als „dynamischer Gleichgewichtszustand“ der Bodenentwicklung betrachtet werden, d.h. aufgrund der ständigen äußeren Einwirkung auf das Ökosystem finden keine Veränderungen im Entwicklungszustand des Bodens statt. Diese Phasen können durch die global auftretenden Trockenphasen (JÄGER 1998) verstärkt oder in feuchten Klimaphasen abgeschwächt werden.

Aufgrund der Komplexität des Wirkungsgefüges der Landschaft können die einzelnen Faktoren nicht losgelöst voneinander betrachtet werden. Zwischen ihnen bestehen verstärkende oder abschwächende Beziehungen und Rückkopplungseffekte.

Als die Schwarzerdedegradation verzögernde Faktoren treten auf:

Klima

Obwohl für den globalen Klimawandel die Feuchtezunahme seit dem Atlantikum belegt ist, kann von regional geringeren Niederschlägen im Trockengebiet des subkontinentalen Übergangsklimas ausgegangen werden, mit einer Ausprägung des Niederschlagsminimums im Zentrum der Uckermark.

Eine anthropogen verursachte Erhöhung der Kontinentalität kann nicht belegt werden (s. IV. 1.1.2.1 „Umweltbedingungen“ – Klima).

Vegetation

Das sehr späte Einwandern der Buche bedingt ein Weiterbestehen der Eichenmischwälder und somit eine Verzögerung der Entkalkung aufgrund der chemischen Besonderheiten des biologischen Stoffkreislaufes im Ökosystem. Außerdem setzt die durch den biologischen Stoffkreislauf im Ökosystem der Buchenmischwälder verursachte Bodenversauerung erst mit Beginn des Subatlantikums ein. Das späte Einwandern der Buche steht einerseits im Zusammenhang mit der natürlichen Dynamik der Baumartenausbreitung im Holozän und ist andererseits durch die anthropogene Zurückdrängung dieser Baumart verursacht (s.o.).

Ausgangssubstrat

▪ Menge und Form des Kalkgehaltes

Hohe Kalkgehalte des Ausgangssubstrates bedingen die zeitliche Verzögerung der Bodenentkalkung.

Insbesondere die Form des Primärkalkes spielt eine entscheidende Rolle für die Verzögerung der Entkalkung. Die Kalkpufferung von Böden mit einem Anteil des Kalkgehaltes als Kreidegeschiebe ist höher als bei einer Verteilung als Feinkarbonat. Die Kalkstücke im Boden haben eine Art „Depotwirkung“. Zunächst findet eine lokale Umlösung statt, die Kalkkonzentration ist aber lokal so hoch, daß eine Vertikalverlagerung und damit die Entkalkung von Bodenhorizonten nur mit erheblicher zeitlicher Verzögerung stattfindet. Gleiche Effekte treten auf, wenn größere Kalkkonkretionen (Lößkindel) aufgrund von Bodenerosion in den aktiven Entkalkungsbereich gelangen.

▪ Tongehalte

Ein hoher Tongehalt wirkt aufgrund der großen Austauschkapazität der Tonfraktion als Puffer der Bodenversauerung entgegen.

Ein hoher Tongehalt (17 - 25%) im Humushorizont bedingte die Bildung eines hohen Anteils der sehr inerten Ton-Humuskomplex-Fraktion am Gesamthumus.

Anthropogener Faktor

Progradationsphasen werden durch den anthropogenen Einfluß auf die Landschaftsentwicklung hervorgerufen und haben ihre Ursachen sowohl in der Rodung der Wälder als auch der ackerbaulichen Nutzung von Teilen der Rodungsinselfen:

▪ Rodung

Im Boden der Rodungsinselfen wird der Bodenwasserhaushalt gegenüber den natürlichen Bedingungen verändert. Er wird kontrastreicher und „simuliert“ kontinentale Verhältnisse. Das verzögert die Degradation des Tschernosemhumus (s. I.3.4 „Humusgenese in Schwarzerden“)

▪ Ackerbau

Entscheidender Faktor der Revitalisierung der Carbonatdynamik im Boden ist die Bodenerosion. Mit fortschreitender Erosion gelangt in Kuppen- und Oberhangpositionen kalkhaltiges Material an die Oberfläche (Bildung von Pararendzinen). Die kolluviale Überdeckung der Schwarzerden am Unterhang mit kalkhaltigem Material und dessen andauernde Nachlieferung stoppt die Bodendegradierung „von oben“. Die Lösung der Carbonate im Bodenwasser der Kuppen und Oberhänge wurde erhöht, was zu einer Zufuhr von Carbonaten mit dem Hangzugswasser in Unterhang- und Senkenposition und z.T. zur Bildung von Sekundärcarbonaten führte und somit die Bodendegradierung „von unten“ stoppt.

▪ Änderung des Landschaftswasserhaushaltes

Die anthropogen verursachte Anhebung der Grundwasserstände (s.o. „Umweltbedingungen – Landschaftswasserhaushalt“) verursacht die Vergleyung der Böden in Senken- und Unterhangpositionen, überwiegend mit kalkhaltigem Grundwasser. Die Böden werden konserviert.

Oberflächenrelief

Die räumliche Differenzierung der Wirksamkeit der Faktoren der Bodenerosion, der lateralen Carbonatverteilung und des Grundwassereinflusses wird u.a. durch das Relief gesteuert.

Das Jungmoränenoberflächenrelief mit überwiegend kleinen Binneneinzugsgebieten verhindert den Stoffaustrag aus der Landschaft. Die Carbonatvorräte bleiben in der Senke bzw. dem Unterhangbereich der Catenen erhalten und können durch Grundwassereinfluß sowie biologische Aktivität (Wurzelpumpe, Bioturbation) reaktiviert werden.

Die vollständige Bewaldung des Gebietes in der Völkerwanderungszeit mit hohen Buchenanteilen der Laubmischwälder führt zur Verschiebung des Gleichgewichtszustands in der Bodenentwicklung zwischen „Degradations- und Progradationsphasen“ in Richtung „Degradation“ und ist durch die intensivierte Entkalkung durch oberflächige Bodenversauerung verursacht. Es kann für diese Zeit ein „Entwicklungsschub“ der Schwarzerden in Richtung Parabraunerden angenommen werden.

Ergebnis der vormittelalterlichen Landschaftsentwicklungsphase ist die Erhöhung der Heterogenität der Bodendecke. Es sind verschiedene Schwarzerdedegradationsstadien der Oberflächenböden ausgebildet, die Ihre Ursache in der unterschiedlichen Ausprägung und dem Zusammenwirken sowohl der degradationsverzögernden Faktoren als auch der Progradationsphasen haben.

Die Bodenerosion verursacht die Bildung von Pararendzinen im Erosionsbereich und Kolluvisolen im Akkumulationsbereich. Eine zunehmende Rolle in der Bodendifferenzierung spielt die Hydromorphie in Senkenbereichen, die mit dem veränderten Landschaftswasserhaushalt in Beziehung steht.

1.1.2.3 Das Schwarze Kolluvium – Archiv des neolithisch bis eisenzeitlichen Landschaftswandels

Zeugnis der Verbreitung von Böden mit schwarzen Humushorizonten in der vormittelalterlichen Landnutzungsphase ist das Schwarze Kolluvium.

Das Schwarze Kolluvium ist das neolithische, bronze- bis eisenzeitliche Umlagerungsprodukt des Humushorizontes der anhydromorphen Schwarzerden (Tabelle 91). Sein Auftreten ist ein Phänomen der gesamten Region Uckermark (SCHMIDT 1991b, 1994a,b). Es ist Leithorizont sowohl für paläopedologische und paläoökologische als auch archäologische Untersuchungen der vormittelalterlichen Landnutzungsphase (Zeitscheibe II des DFG-Schwerpunktprogramms). Die z.T. widersprüchlichen Datierungen sind Ausdruck der unzureichenden Kenntnis der archäologischen Befundsituation (Biesenbrow) bzw. unzureichender Möglichkeiten der Methoden der ¹⁴C-Datierung der organischen Bodensubstanz (Falkenwalde).

Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen kann folgende Charakteristik gegeben werden:

- Es handelt sich um das älteste nachgewiesene Kolluvium in Nordostdeutschland.
- Es ist sowohl unter anhydromorphen als auch hydromorphen Bedingungen anzutreffen.
- Die Humusgehalte liegen unter anhydromorphen Bedingungen bei 3-4% und können unter hydromorphen Bedingungen bis zu 20% erreichen.
- Die pH-Werte schwanken zwischen 6,0 und 7,5.
- Es ist primär kalkfrei. Es kann jedoch eine Sekundärkalkausfällung stattgefunden haben.
- Es besitzt relativ hohe Tongehalte von 12-25%.
- Pollen und Sporen sind sehr schlecht erhalten.

Tabelle 91: Eigenschaften des Schwarzen Kolluviums

		Biesenbrow (UG 1)	Falkenwalde (UG 2)	Neu Kleinow (UG 4)
Maximalalter	lt. 14C-Daten	ca. 5700 BP	ca. 3550 BP	-
	lt. arch. Funde	Bronzezeit	Linienbandkeramik	Havelländische Kultur
Minimalalter	lt. 14C-Daten / arch. Funde	Eisenzeit	Bronzezeit	Bronzezeit
Gehalte an organischer Bodensubstanz		8 – 20%	1 – (40)%	1 – 1,5 %
pH-Werte		6,0 – 7,5	7,0 – 7,4	6,5 – 7,5
Kalkgehalte		3 – 75 %	0	0 – 10%
Tongehalte		12 – 25%	12 – 25 %	17 – 25 %

Tabelle 92: Pedogenetische Prozesse im Schwarzen Kolluvium

		Biesenbrow (UG 1)		Falkenwalde (UG 2)		Neu Kleinow (UG 4)	
		<i>syn-sedimentär</i>	<i>post-sedimentär</i>	<i>syn-sedimentär</i>	<i>post-sedimentär</i>	<i>syn-sedimentär</i>	<i>post-sedimentär</i>
Pedogenetische Prozesse im Kolluvium		Vergleyung durch Grundwasser (Senkentiefstes)		Vergleyung durch Grundwasser (Senkentiefstes)			Vergleyung durch Grundwasser (Senkentiefstes)
			Pseudo-vergleyung (Unterhang)		Pseudo-vergleyung (Mulden ohne Grundwasser-einfluß)		Pseudo-vergleyung (Mulden ohne Grundwasser-einfluß)
		Akkumulation organischer Sedimente	Humusakkumulation an Geländeoberfläche	Akkumulation organischer Sedimente			Humusakkumulation an Geländeoberfläche
		Sekundäraufkalkung					(Sekundäraufkalkung)
					Ton-Humusverlagerung		Ton-Humusverlagerung

In größeren Hohlformen erfolgt aufgrund des durch die Rodung hervorgerufenen Grundwasseranstiegs synsedimentär eine zusätzliche hydromorphe Humusakkumulation und Vergleyung. Mit der Aufgabe der ackerbaulichen Nutzung sinken die Grundwasserstände wieder ab und es kommt zu postsedimentären pedogenetischen Veränderungen (Tabelle 92). Dabei treten Pseudovergleyungen auf, Humusakkumulation, sekundäre Aufkalkung, Entkalkung sowie Lessivierung in Form von Ton-Humusverlagerung finden statt. Damit wird die Pedogenese auf den Kolluvien durch die Hydromorphiebedingungen in Abhängigkeit von den Grundwasserschwankungen und der damit verbundenen Nachlieferung von Carbonaten bestimmt.

Es können verschiedene Subtypen des Kolluvisols und deren Übergänge bzw. Kombinationen unterschieden werden: Gley-, Kalk- und Parabraunerde-Kolluvisol.

Die Schwarzen Kolluvien sind nicht flächendeckend in den Schwarzerdegebieten ausgebildet. Ihre Entstehung setzt ur- und/oder frühgeschichtliche ackerbauliche Nutzung voraus und ist daher an Siedlungskammern gebunden.

Schwarze Kolluvien treten auch in rezenten Parabraunerdegebieten ohne Schwarzerdevergangenheit (ohne Ton-Humushäutchen) in der Uckermark auf (SCHMIDT 1991b, 1994, SCHATZ 2000, s. Grabung Neu Kleinow).

Dieses Phänomen kann drei Ursachen haben:

- Auf die Schwarzerdevergangenheit wird aufgrund der Ton-Humushäutchen im Unterboden der Parabraunerden geschlossen. Die Verlagerung der Ton-Humuskomplexe erfolgt jedoch nur in einem sehr engen Bereich (ca. 5-20 Ca^{2+} mmol/l, BÖCKENHOFF 1997a,b, frdl. Mitteilung B. MEYER, Oktober 1999). Vorstellbar ist ein schnelles Entkalken der Humushorizonte als Folge sich schnell verändernder Umweltbedingungen (z.B. erhöhte Niederschläge mit Beginn des Atlantikums, eine schnelle Bewaldung durch Buchen in der Völkerwanderungszeit) verbunden mit geringer Pufferung im Humushorizont (geringe Ton-Humusanteile, keine „Depotwirkung“ durch Kalkgeschiebe oder –konkretionen). Der schwarze entkalkte Humushorizont wird als Kolluvium aufgrund von erhöhter Hydromorphie und/oder Aufkalkung konserviert.
- Der Humushorizont der Schwarzerden wurde im Neolithikum nahezu vollständig erodiert, bevor es zur Ton-Humusverlagerung aufgrund von Versauerung kam. Anschließend erfolgte unter veränderten Klima- und Vegetationsverhältnissen über ein Pararendzinastadium die Parabraunerdebildung auf dem erodierten kalkhaltigen Material (s. Grabung Neu Kleinow).
- Urgeschichtliches Kolluvium kann durch hohe Kohlegehalte aufgrund von Bodenerosion in Verbindung mit Brandrodung schwarz gefärbt sein.

RITTWEGER (1997) beschreibt tiefschwarze, humose bis anmoorige, sehr tonige Auensedimente im Amöneburger Becken. Diese Sedimente befinden sich in der Hessischen Senke im Verbreitungsgebiet von Parabraunerde-Tschernosem und Tschernosem-Parabraunerden auf Löß. Bisher wurden diese Sedimente als Feucht- oder Auenschwarzerdebildung (SABEL 1982) angesehen. RITTWEGER erklärt die Entstehung dieses Bodens als Rest einer ehemaligen morastigen Auenoberfläche des Frühen Atlantikums, auf der Ton-Humuspartikel der erodierten Schwarzerden unter hydromorphen Bedingungen sedimentiert wurden. Damit wäre der „Schwarze Auenboden“ das Pendant der Schwarzen Kolluvien des Jungmoränengebietes in fluvial geprägten Landschaften.

1.1.3 Kulturlandschaftsentwicklung seit dem Mittelalter

1.1.3.1 Umweltbedingungen

Landnutzung

Mit dem Beginn der frühslawischen Landnahme im 6. Jahrhundert n. Chr. setzt im Gebiet die großräumige Beeinflussung der Landschaftsentwicklung durch den Menschen ein und dauert bis heute an. Im Zentrum der Schwarzerdegebiete in der Uckermark bestand vom 8. bis frühen 13. Jahrhundert der Burgwall von Drense, einem Vorort des slawischen Stammes der Ukranen, mit insgesamt 10 Siedlungsphasen (GRINGMUTH-DALLMER 1999b).

Insbesondere für die zentralen Bereiche der Uckermark mit Schwarzerden ist seit der Gründung der Stadt Prenzlau (Ersterwähnung 1188, Stadterhebung 1234) von einer nahezu ununterbrochenen Waldfreiheit und landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen auszugehen. Auch während der nachmittelalterlichen Wüstungsphase blieben große Teile der Schwarzerdegebiete besiedelt (GRINGMUTH-DALLMER 1999b).

Im 20. Jahrhundert erfolgt mit der Mechanisierung in der Landwirtschaft eine Intensivierung der Bodenbearbeitung.

Klima

Seit dem 6. Jahrhundert erfolgt die Annäherung der Klimaverhältnisse an rezente Bedingungen. Die Veränderungen sind jedoch durch Klimaschwankungen gekennzeichnet, wie z.B. die „mittelalterliche Warmzeit“ (900-1000 n.Chr.), die klimatische Instabilitätsphase (Ende 12. Jh. bis 14. Jh.) sowie die „Kleine Eiszeit“ (1550 – 1850) (SCHÖNWIESE 1995).

Regional sollten die großflächig waldfreien Gebiete zur Zunahme der Kontinentalität geführt haben.

Vegetation

Die Rodungen einerseits und die intensive Wald- und Holznutzung im Mittelalter (zum Bau von Burgen, für Nutzgegenstände; als Waldweide auch über das Mittelalter hinaus) (SLOBODDA 1991)

andererseits bedingen die Auflösung der ehemals geschlossenen Vegetationsdecke und die Schaffung einer großräumigen Agrarlandschaft.

Der Aufbau der Eichen-Buchen-Mischwälder als potentiell natürliche Vegetation blieb auf siedlungsferne Gebiete beschränkt und ging dort auch nur langsam vor (ebenda). Damit konnte sich in den zentralen Schwarzerdegebieten die Buche nicht durchsetzen. Der Zeitraum der wesentlichen Buchenanteile in den Waldgesellschaften war lediglich auf die Zeit der Völkerwanderung bis zum Beginn der mittelalterlichen Rodung beschränkt.

Die Änderungen des Landschaftswasserhaushaltes im Subatlantikum führen zur Zunahme der Anteile von Feucht- und Naßstandorten mit Niedermooren (SUCCOW 1988, ALAILY & BRANDE 1999).

Morphodynamik

Für Nordostdeutschland bzw. Mitteleuropa werden mehrere morphodynamische Phasen unterschieden (BORK et al. 1998, SCHATZ 2000):

- die früh- und hochmittelalterliche Landnutzungsphase
- die Phase extremer Erosionsereignisse in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts
- zweite Hälfte 14. Jahrhundert bis zweite Hälfte 18. Jahrhundert
- die extremen Erosionsereignisse in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts
- die Landnutzungsphase vom 19. Jahrhundert bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts
- die starke Bodenerosion im 20. Jahrhundert

Alle Phasen sind im Untersuchungsgebiet durch eine aktive Hangentwicklung gekennzeichnet. Sie unterscheiden sich voneinander durch Art und Intensität der Bodenerosion und sind durch die hellen Kolluvien in den untersuchten Einzugsgebieten belegt (Mittelalterliche und neuzeitliche Kolluvien der Catena Biesenbrow und Falkenwalde).

In Bezug auf die pedogenetischen Prozesse in den Schwarzerden ist der Wirkungszusammenhang identisch und daher insgesamt zu betrachten.

Morphogenetische Ruhephasen in Verbindung mit Wiederbewaldung durch Sukzession sind zeitlich und räumlich begrenzt. Beispiel ist die nachmittelalterliche Geländoberfläche mit Bodenbildung in der Catena Biesenbrow.

Landschaftswasserhaushalt

Die waldfreie Bodenoberfläche führt zu Anhebungen der Grundwasserstände (z.T. um 1-2m, BORK et al. 1998) in den Senkenpositionen der Binneneinzugsgebiete sowohl aufgrund der Zunahme des Anteils des Oberflächensabflusses in der Wasserbilanz als auch der Zunahme der Niederschläge im Subatlantikum sowie der Abnahme der Transpiration von Getreidefeldern gegenüber Laubmischwald (SCHATZ 2000). Es kommt zur Bildung offener Wasserflächen und/oder zur Vergleyung der Böden in Senken und Unterhangposition. Kleingewässer entstehen sowohl in Toteishohlformen als auch in Senkenpositionen aufgrund der Oberflächenverschlammung durch Kolluvium („Pseudosoll“).

Mit der neuzeitlichen Regulierung des Wasserhaushaltes, d.h. der Anlage von künstlichen Abflüssen der Hohlformen und deren Anschluß an die Vorflut in Form von Gräben und Verrohrungen sinken die Wasserstände ab.

1.1.3.2 Pedogenese

Aufgrund der vorangegangenen Bodenentwicklungen und insbesondere des völkerwanderungszeitlichen Entwicklungsschubes in Richtung Parabraunerden nehmen zu Beginn des Mittelalters die Bodenentwicklungsstadien Parabraunerde-Tschernosem und Tschernosem-Parabraunerde die größten Flächenanteile der nicht hydromorph und/oder durch Erosion beeinflussten und nicht erodierten Reliefpositionen ein.

Die Bodenentwicklung seit dem Mittelalter bis heute findet als Zusammenspiel der pedogenetischen „Degradationsprozesse“ Entkalkung, Verbraunung, Lessivierung und diesen Prozeß verzögernden Faktoren ähnlich denen der ur- und frühgeschichtlichen Nutzungsphase statt, jedoch mit veränderten räumlichen Anteilen und Verhältnissen zueinander (s. Tabelle 93).

Qualitative Veränderungen stehen mit der fortschreitenden Entkalkung und Versauerung im Zusammenhang und äußern sich in der Qualität der Humusakkumulation und der Lessivierung. Die Tschernosemhumusakkumulation wird in den carbonatfreien Humushorizonten im Einklang mit den Umweltbedingungen durch die Akkumulation von hellem „Nichttschernosemhumus“ abgelöst (s. III. 1.6 u. III.2.1.4 Untersuchungen der organischen Bodensubstanz in den Catenen Biesenbrow und Falkenwalde). Die Lessivierung ist durch den Übergang der Ton-Humusverlagerung zur Tonverlagerung gekennzeichnet (s. Tabelle 93, Untersuchungsgebiet Mönchehof).

Obwohl im Zusammenhang mit der großflächigen ackerbaulichen Nutzung auch großflächig Bodenerosion auftritt, findet nicht flächenhaft eine Revitalisierung der Carbonatdynamik statt, da das oberflächlich erodierte Bodenmaterial nicht immer kalkhaltig ist. Die Schwarzerdeentwicklung in Richtung Parabraunerden wird fortgesetzt.

In der Catena Falkenwalde reicht offenbar auch in Nutzungsphasen die Menge der anthropogen bedingten Carbonatzufuhr nicht aus, eine Erhaltung der Mollusken zu gewährleisten, sie fehlen vollständig, d.h. auch in diesen Zeiträumen war die Entkalkung bereits bis weit unter die Pflugtiefe fortgeschritten. Weiterhin kann geschlußfolgert werden, daß die Pararendzinen dieser Bodengesellschaft ausschließlich neuzeitlich sind.

Seit der Intensivierung der Landwirtschaft und der großflächigen tiefgreifenden Bodenerosion im 20. Jahrhundert finden sowohl Verbraunung als auch Lessivierung unter Ackerland kaum noch statt. *In allen untersuchten Böden ist im Toneinwaschungshorizont die jüngste Klufflächengeneration frei von Ton- und Ton-Humushäutchen.* Die gegenwärtige Bodenentwicklung ist durch eine Carbonatrevitalisierungsphase gekennzeichnet und den ur- und frühgeschichtlichen Tschernosemprogradationsphasen vergleichbar. Im Unterschied zu den frühen Phasen der Carbonatrevitalisierung ist der notwendige anthropogene „input“ bedeutend größer, da die Schwarzerdeentwicklung in Richtung Parabraunerden bereits mit tiefer Entkalkung und Übergängen zum Bodentyp „Parabraunerde“ weit fortgeschritten ist.

Die rezenten Umweltbedingungen erfüllen auf den oberflächlich kalkhaltigen Ackerstandorten nahezu alle Voraussetzungen zur Bildung von Tschernosemhumus:

- *Ausgangsmaterial: kalkhaltige Humushorizonte,*
- *Bodenklima: „Simulation“ kontinentaler Klimaverhältnisse mit Trockenheit im Sommer und häufig Bodenfrosts im Humushorizont im Winter,*
- *Vegetation: Getreide als Hauptanteil in der Fruchtfolge („Steppenvegetation“).*

Außerdem besitzen diese Standorte häufig eine aktive Bioturbation durch Regenwürmer als Voraussetzung der Tschernosembildung. Allerdings ist aufgrund der Entnahme der systemeigenen Biomasse aus dem Ackerökosystem eine Akkumulation von Tschernosemhumus nicht möglich.

Somit kann unter den gegenwärtigen Umweltverhältnissen von einer Stagnation in der Schwarzerdeentwicklung gesprochen werden.

Ergebnis der Landschaftsentwicklung seit dem Mittelalter ist die weitere Erhöhung der Heterogenität der Bodendecke mit bedeutenden Anteilen von Kolluvisolen und Pararendzinen am Bodenmosaik sowie die Ausdehnung der Flächenanteile der durch Vergleyung beeinflussten Böden (SCHMIDT 1991).

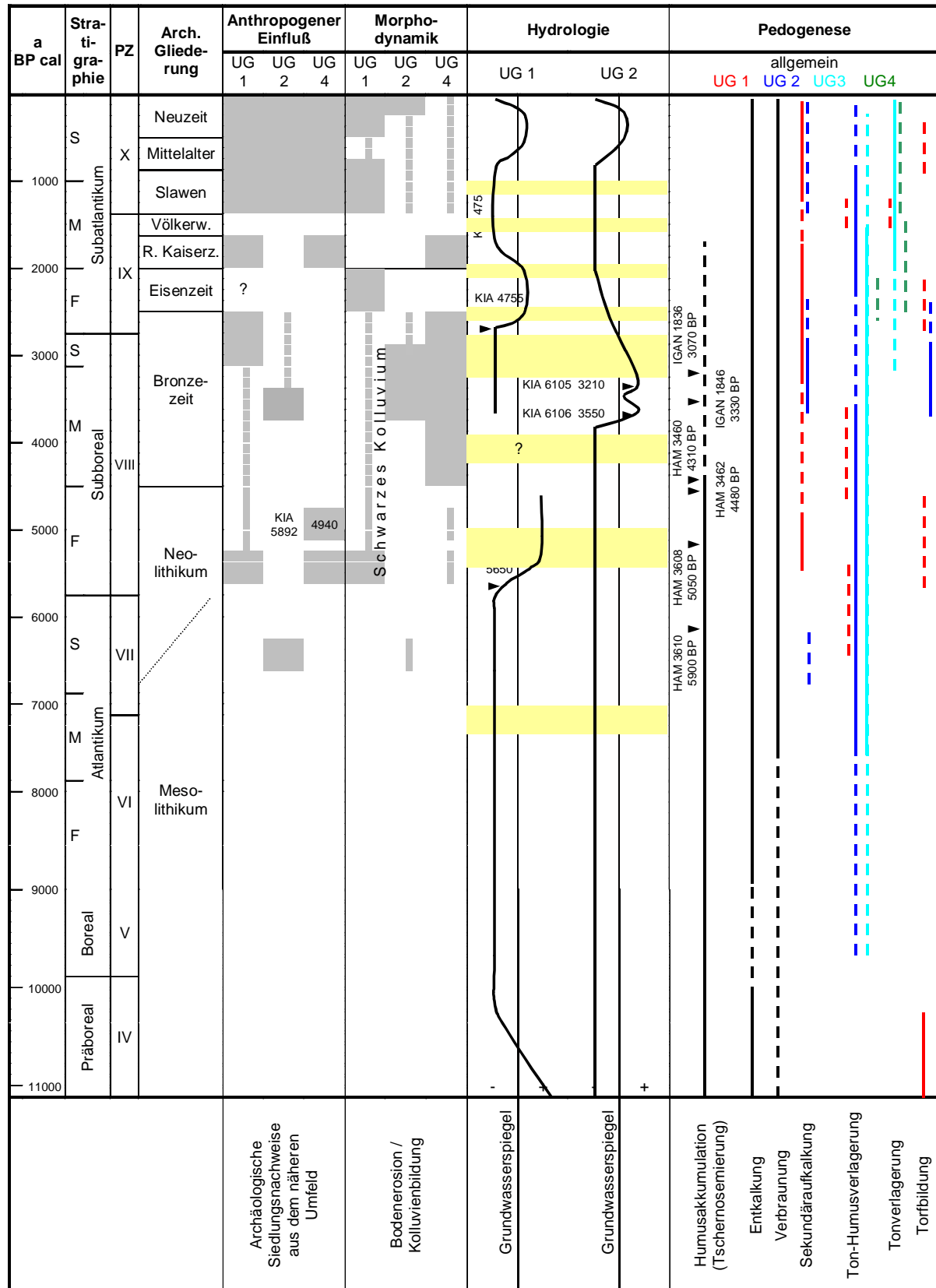


Tabelle 93: Abgeleitete Zustände der holozänen Landschaftsentwicklung der Uckermark im Hinblick auf anthropogenen Einfluß, hydrologische Verhältnisse, Morphodynamik und pedogenetische Prozesse (14C-Datierungen in cal BP, soweit nicht anders angegeben)

■ Perioden erhöhter Trockenheit in Mitteleuropa (nach Jäger 1998)

1.2 Umweltbedingungen und pedogenetische Prozesse in den Untersuchungsgebieten

Die 3 Phasen der holozänen Landschaftsentwicklung werden sowohl im Wandel der Umweltbedingungen als auch der Bodengenese in den Untersuchungsgebieten durch die lokalen Besonderheiten widerspiegelt. Neben der allgemeinen Entwicklungstendenz und dem Auftreten bestimmter landschaftgenetischer und bodengenetischer Prozesse in den einzelnen Phasen, sind z.T. asynchrone Ereignisse (z.B. die Bildung des Schwarzen Kolluviums, Änderungen der Grundwasserstände) oder unterschiedliche Intensitäten der Prozesse (Bodenerosion, Entkalkung, Sekundäraufkalkung, Lessivierung) innerhalb der Phasen zu verzeichnen. Sie werden sowohl durch natürliche Faktoren (z.B. lithologische Besonderheiten) als auch anthropogene Faktoren (z.B. Häufigkeit, Dauer und Intensität der ackerbaulichen Nutzung des Einzugsgebietes) hervorgerufen (s. Tabelle 93).

Umweltbedingungen	Pedogenetische Prozesse
Spätglazial	
<p>Nach dem Rückzug des Inlandeises und Austauen des Toteises hatte sich eine sehr stark reliefierte spätglaziale Oberfläche mit Kleinstinzugsgebieten ausgebildet. Die Sedimente des Alleröds sind als limnische Ablagerungen (hauptsächlich Kalkmudden) am Grunde der Hohlformen erhalten (UG 1, 2)¹³. Die periglaziale Sedimententwicklung in der jüngeren Tundrenzeit ist durch Solifluktionserscheinungen (UG 1,2), die Ausbildung von Frostrißnetzen (UG 2, 3) und der Perstruktion unter Dauerfrostbodenbedingungen (UG 1, 2, 3, 4) gekennzeichnet. Die Toteishohlformen sind durch ein limnisches Milieu gekennzeichnet. Es herrschen tundrenähnliche Vegetationsbedingungen.</p>	<p>Auf kalkhaltigem Ausgangssubstrat werden Pararendzinen als Initialstadium der Pedogenese gebildet. (UG 1, 2, 3, 4)</p>
Früh- bis mittelholozäne Naturlandschaftsentwicklung	
Präboreal	
<p>Beim Übergang zum Postglazial kam es mit der präborealen Erwärmung zur Ausbildung von einer geschlossenen Vegetationsdecke überwiegend in Form von Kiefernwäldern mit Birke. Aufgrund des Absinkens der Wasserstände in den Hohlformen fielen diese entweder trocken (UG 2) oder die limnische Sedimentation ging in eine Torfbildung (mesotrophe Niedermoore, UG 1) über. Die geschlossene Vegetationsdecke bedingte eine Phase der Hangsstabilität (UG 1, 2, 3, 4).</p>	<p>In den Bereichen der Pararendzinen bedingt die Mischwaldvegetation das Fortschreiten der Entkalkung. Nur in einem Teil der ursprünglichen Pararendzinen bleibt die Carbonatdynamik bis zum Ende des Präboreals erhalten (UG 1, 2, 3, 4).</p>
Boreal	
<p>Der Laubmischwald breitet sich entsprechend der allgemeinen Waldentwicklung aus. Im Mittleren Atlantikum prägen Eichenmischwälder die Vegetation. Die globale Klimaentwicklung (trockener, wärmer) bedingt das Absinken der Grundwasserstände. Die Hohlformen in den kleinflächigen Binneneinzugsgebieten fallen trocken (UG 1, 2, 3, 4). Es findet keine Hangentwicklung statt (UG 1, 2, 3, 4).</p>	<p>Die Trockenheit bedingt eine Stagnation der Prozesse der Entkalkung in der Bodendecke. Unter dem Laubmischwald wird mit Beginn des Boreals auf den initialen Pararendzinen mit aktiver Carbonatdynamik Schwarzerdehumus akkumuliert (UG 1, 2, 3, 4).</p>

¹³ In diesem Absatz werden die Untersuchungsgebiete nach ihren Nummern genannt: UG 1 – Biesenbrow, UG 2 – Falkenwalde, UG 3 – Mönchehof, UG 4 – Neu Kleinow.

Umweltbedingungen	Pedogenetische Prozesse
Frühes und Mittleres Atlantikum	
<p>Mit Beginn des Atlantikum nehmen die Niederschläge zu.</p> <p>Der Eichenmischwald hat sich etabliert.</p> <p>Die Grundwasserstände sind weiterhin tief (UG 1, 2).</p> <p>Es findet kein Bodenabtrag statt (UG 1, 2, 3, 4).</p>	<p>Die Entkalkung wird intensiviert, sie ist einhergehend mit beginnender Verbraunung (UG 1, 2, 3, 4).</p> <p>Auf Geschiebemergelstandorten beginnt die Ton-Humus-Verlagerung (UG 2, 3), bis zum Mittleren Atlantikum entkalken die Humushorizonte nahezu vollständig.</p> <p>Gleichzeitig findet bei nicht vollständiger Entkalkung Tschernosemierung statt (UG 1, 2, 3, 4).</p>

Neolithische bis vormittelalterliche anthropogen beeinflusste Naturlandschaftsentwicklung

Neolithikum bis Römische Kaiserzeit

<p>Das Klima ist durch den Wechsel von Trocken- und Feuchtphasen vor dem Hintergrund der allmählichen Abkühlung und Zunahme der Niederschläge geprägt.</p> <p>Das Vegetationsmosaik wird durch ein nutzungsbedingtes Mosaik aus Offenland und Eichenmischwald bestimmt. Phasenweise ist die Zunahme von Vegetation feuchter und nasser Standorte zu verzeichnen (UG 1, 2). Nach Nutzungsaufgabe treten erhöhte Kiefernanteile in den Wäldern auf, mit Beginn des Subboreals auch der Buche (UG 4: Eisenzeit).</p> <p>Mit Beginn der ersten ackerbaulichen Nutzung im jüngeren Atlantikum und im Subbboreal setzt die Akkumulation des „Schwarzen Kolluviums“ ein</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ UG 1: Mittelneolithikum und Eisenzeit, ▪ UG 2: Bronzezeit, ▪ UG 3: Bronzezeit ▪ UG4: Neolithikum und Bronzezeit. <p>Da die Phasen der ackerbaulichen Nutzung mit einem Anstieg des Grundwasserspiegels verbunden sind erfolgt die Sedimentation in ein limnisches oder auch subaquatisches Milieu (hier gleichzeitige Torfbildung) (UG 1, 2).</p> <p>Nach Nutzungsaufgabe sind Grundwasserspiegelabsenkungen zu verzeichnen.</p>	<p>Sämtliche Datierungen der organischen Bodensubstanz aus Humushorizonten von Tschernosemen und Schwarzem Kolluvien liegen in diesem Zeitraum – es findet Tschernosemierung statt (UG 1, 2).</p> <p>Die Carbonatdynamik im Humushorizont ist durch einen Wechsel kalkhaltiger und kalkfreier Phasen gekennzeichnet (UG 1, 2, 3). Entkalkung findet ständig statt, jedoch überwiegen zeitweise die Prozesse der sekundären Aufkalkung. In kalkfreien Phasen setzen Verbraunung und Lessivierung ein.</p> <p>Kalkhaltige Phasen sind durch den anthropogenen Einfluß verursacht:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ UG 1: Mittelneolithikum und Bronze- bis Eisenzeit (Hier ist die Entkalkung aufgrund des lithologischen Faktors „hoher Tongehalt“ gehemmt.) ▪ UG 2: Frühneolithikum und Bronzezeit. <p>In Phasen mit geringem Carbonatgehalt setzt Ton-Humus-Verlagerung ein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ UG 1: sehr gering in Frühneolithikum und früher Bronzezeit. <p>Auf Geschiebemergel wird die Ton-Humus-Verlagerung intensiviert (UG 2, 3).</p> <p>Bei Wiederbewaldung mit hohem Buchenanteil kann eine schnelle Entkalkung verbunden mit schnellem Übergang der Ton-Humus- zur Ton-Verlagerung sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ UG 4: Eisenzeit. <p>In Senken- und Unterhanglagen tritt Vergleyung auf (UG 1, 2, 3, 4).</p>
--	---

Umweltbedingungen	Pedogenetische Prozesse
-------------------	-------------------------

Völkerwanderung

<p>Das Klima ist durch die kühle Feuchtphase geprägt.</p> <p>Die ackerbauliche Nutzung und die Siedlungen werden aufgegeben (UG 1, 2, 3, 4).</p> <p>Nach der Akkumulation des „Schwarzen Kolluviums“ ist eine „Ruhephase“ in der Morphodynamik zu verzeichnen. Es findet keine Bodenerosion statt (UG 1, 2, 3, 4).</p> <p>Es kommt zur vollständigen Bewaldung der Einzugsgebiete durch Eichenmischwälder mit hohem Buchenanteil.</p> <p>Die Grundwasserstände sinken ab (UG 1, 2).</p>	<p>Humusakkumulation von „NichttschernoSEMhumus“ (anhydromorph) auf Geländeoberfläche und Kolluvium (UG 1).</p> <p>Aufgrund der klimatischen und Vegetationsverhältnisse wird die Entkalkung und Verbraunung intensiviert, es kommt zur oberflächigen Versauerung. Auf Geschiebemergelstandorten beginnt neben der der Ton-Humus-Verlagerung die Ton-Verlagerung (UG 2, 3, 4). Auf Beckenschluffen treten sowohl Ton-Humus- als auch sehr schwache Ton-Verlagerung auf (UG 1).</p>
---	--

Kulturlandschaftsentwicklung seit dem Mittelalter

Slawenzeit und deutsches Mittelalter

<p>Nahezu alle Schwarzerdestandorte werden gerodet und ackerbaulich genutzt.</p> <p>Das Kolluvium der Slawenzeit und des deutschen Mittelalters (Subatlantikum II) ist auf allen Standorten ausgebildet (UG 1, 2, 3, 4). Es ist eine Phase der Hangentwicklung.</p> <p>Es muß von relativ geringen Wasserständen zumindest zu Beginn dieser Phase ausgegangen werden. Mit zunehmender Rodungsfläche ändert sich jedoch der Wasserhaushalt, der Wasserspiegel steigt an (UG 1, 2, 3, 4). Es kommt z.T. zur Torfbildung (UG 1).</p>	<p>In Plateaulagen auf Geschiebemergelplatten dominiert die Ton-Verlagerung über Ton-Humus-Verlagerung (UG 3).</p> <p>Vergleyung der Senken- und Unterhangbereiche (UG 1, 2, 3, 4). Höchststände werden durch Go-Horizonte im mittleren (mittelalterlichen) Kolluvium dokumentiert (UG 1, 2).</p>
---	---

Neuzeit

<p>Das neuzeitliche Kolluvium überdeckt das Schwarze und mittelalterliche Kolluvium vollständig und ist durchweg kalkhaltig (UG 1, 2, 3, 4).</p> <p>Aufgrund von Meliorationsmaßnahmen ist ein Absinken der Wasserstände zu verzeichnen (UG 1, 2, 3).</p>	<p>(Stagnation)</p>
---	---------------------

2 Die Schwarzerde-Bodenentwicklungsreihen im Nordostdeutschen Jungmoränengebiet

Ein Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung einer Schwarzerde-Bodenentwicklungsreihe für die Bodenregion der Uckermark. Dazu werden die untersuchten Böden und Befunde zu Litho-, Klima- und Chronoentwicklungssequenzen gruppiert und die räumliche und zeitliche Differenzierung der Faktoren der Bodenbildung diskutiert.

Die notwendige Voraussetzung der Vergleichbarkeit der Böden, d.h. der Veränderung jeweils nur einer Variable in der Klima-, Chrono- und Lithobodensequenz ist anhand der vorliegenden Ergebnisse nur bedingt gegeben. Änderungen der Bodenbildungsfaktoren treten häufig gleichzeitig bzw. im gleichen Raum auf.

Lithosequenz

Die Gruppierung der untersuchten Böden zu Lithosequenzen stellt den Versuch dar, ihre Variabilität in Beziehung zur Heterogenität von Ausgangsmaterialien zu bestimmen.

- Als Lithosequenz können die Böden auf dem kleinräumig unterschiedlichen Ausgangssubstrat der Grabung Neu-Kleinow mit identischen Phasen des Klima-, Vegetations- und Nutzungswandels über das gesamte Holozän betrachtet werden. In tonigen Linsen sind Tschernosem-Parabraunerden ausgebildet im Gegensatz zu den Parabraunerden mit dunklen Tonhäutchen in sandigerem Substrat. Das belegt den verzögernden Einfluß hoher Tongehalte auf die Tschernosemdegradation. Ebenfalls bedingt als Lithosequenz können die Schwarzerden auf Geschiebemergel und auf Beckenschluff betrachtet werden (unter Vernachlässigung der unterschiedlichen Niederschlagsverhältnisse). Die minimale Tschernosemdegradation (schwache Ton-Humusverlagerung) auf den tonreichen (lößähnlichen) Schluffen im Gegensatz zur intensiven Ton-Humusverlagerung im Geschiebemergel bestätigt ebenfalls die Rolle des Tongehaltes des Ausgangssubstrates bei der Tschernosemdegradation. Die Wirkung des lithologischen Faktors dominiert sogar über den Klimafaktor; im Bereich des Untersuchungsgebietes I in Biesenbrow fallen mehr Niederschläge als im Zentrum der Uckermark (s. Vergleich der Klimastationen Angermünde und Alexanderhof: I.2.1.2 "Klima").
- Im Raum Lübeck sind ebenfalls auf Beckenschluffen Parabraunerden mit Schwarzerdevergangenheit in einem reinen Parabraunerdegebiet auf Geschiebemergel ausgebildet (frdl. mdl. Mitteilung B. MEYER, Oktober 1999). Damit läßt sich einerseits die Wirkung des Tongehaltes des Ausgangssubstrates als Faktor der verzögerten Entkalkung und damit der Tschernosemdegradation belegen. Andererseits wird die Wirkung des Niederschlages als die Entkalkung beschleunigender Faktor im eher ozeanisch geprägten Klima des Gebietes (ca. 600mm Jahresniederschlag bei Lübeck, HENDL 1994) gegenüber der subkontinental beeinflussten Uckermark deutlich.
- Die Rolle des Kalkgehaltes im Ausgangssubstrat für die Tschernosemgenese in der Uckermark wurde durch Schmidt (1982) statistisch belegt und mit einem Schwellenwert des CaCO_3 -Gehaltes von 9% bestimmt.

Klimasequenz

Da sich die Ausgangssubstrate im Zentrum der Uckermark aufgrund der Einmischung von Kreidegeschiebe durch ausgesprochen hohe Carbonatgehalte auszeichnen (s. I.2.1.1. „Relief und Substrat“), ist die Betrachtung des Einflusses des Klimafaktors auf die räumliche Differenzierung der Bodenbildung im regionalen Maßstab nur bedingt aussagefähig. Der lithologische Faktor dominiert auf dieser Maßstabsebene über dem klimatischen.

Während des gesamten Holozäns dürften die Standorte im Zentrum der Uckermark durch geringere Jahresniederschläge gekennzeichnet gewesen sein. Rezent sind zwischen den Schwarzerdestandorten im Zentrum der Uckermark und denen im Bereich der Arealgrenze Niederschlagsdifferenzen von ca. 30mm Jahresniederschlag zu verzeichnen (s. Vergleich der Klimastationen Angermünde und Alexanderhof: I.2.1.2 "Klima"). Daher können die Böden an der nördlichen und südlichen Arealgrenze der Schwarzerden und im Arealzentrum mit ähnlichen Bedingungen des Ausgangssubstrates (kalkreicher Geschiebemergel) in Plateaulage betrachtet werden. Die intensivere Durchfeuchtung der Böden am Rand der Uckermark führte zur intensiveren Kalkabfuhr und damit intensiverer Degradierung der Tschernoseme (Ausbildung von (Pseudogley)-Tschernosem-Parabraunerden) bzw. zur Ausbildung von Parabraunerden mit dunklen Tonhäutchen, wenn die Entkalkung des Humushorizontes mit Beginn des Boreals abgeschlossen war.

Chronosequenzen

Um den Einfluß der Dauer bzw. Zeiträume der Bodenbildung auf ihre Variabilität bestimmen, werden Böden unterschiedlicher Entstehungszeiträume zu Chronosequenzen gruppiert.

- Die begrabenen Böden im Unterhang- und Mittelhangbereich der Catena Biesenbrow (Profil L: Kalk-Kolluvisol über (Pseudogley) Braunerde-Tschernosem) können im Vergleich zu den Oberflächenböden (Profil G: Parabraunerde-Tschernosem) als „Chronosequenz: ur- bis frühgeschichtlich – rezent“ betrachtet werden. Die Ton-Humusverlagerung fehlt im begrabenen Boden nahezu. Anhand der Analyse der vertikalen Differenzierung des Gehaltes an pedogenen Eisenoxiden in beiden Profilen sowie der geringeren Intensität der Verbraunung im begrabenen Boden läßt sich auf eine Intensivierung der Verbraunung sowie den Beginn der Ton-Humusverlagerung nach der ur- bis frühgeschichtlichen Überdeckung schließen.
- Eine Besonderheit ist die Parabraunerdebildung auf kalkhaltigem geschiebemergelähnlichem Kolluvium auf der Grabung Neu Kleinow über einer mittneolithischen Grube im Vergleich zur Bodenbildung der Umgebung auf Geschiebemergel (Zeitraum seit dem Eisfreiwerden ca. 14 000 Jahre). Damit kann der Abschluß des Zeitraumes der Schwarzerdegenese zum Zeitpunkt der Kolluvienbildung (Bronzezeit) an diesem Standort festgestellt werden.

Einfluß des Reliefs

Die bodenbildenden Faktoren werden auf lokaler Maßstabsebene unter dem Einfluß des Reliefs differenziert. Die Untersuchungsergebnisse an den Bodensequenzen und –catenen erlauben folgende Aussagen:

- Unter natürlichen Bedingungen treten folgende reliefbedingte Unterschiede auf:

Tabelle 94: Differenzierung der pedogenetischen Prozesse Abhängigkeit vom Relief

Pedogenetische Prozesse	Kuppe → Hang → Senke
Humusakkumulation (Indikator: Humusgehalte)	zunehmend →
Entkalkung (Indikator: Entkalkungstiefen)	abnehmend →
Verbraunung	abnehmend → -
Ton-Humus-Lessivierung	zunehmend → abnehmend →
Ton-Lessivierung	zunehmend → abnehmend → -
Vergleyung	zunehmend →

- Aufgrund der rezenten Bodenerosion können keine Aussagen zur Mächtigkeit der Humushorizonte unter natürlichen Bedingungen getroffen werden.
- Die Reliefdifferenzierung der Lessivierungserscheinungen ist ebenfalls stark durch die Bodenerosion und die damit verbundene Carbonatverteilung im Relief geprägt. Es kann daher nur bedingt von natürlichen Bedingungen ausgegangen werden. Hinsichtlich des Zeitraumes der Lessivierung kann daraus jedoch die Schlußfolgerung gezogen werden, daß es sich um einen Prozeß hauptsächlich nach Beginn der Bodenerosion, d.h. seit Beginn des Neolithikums, handelt.
- Über das Oberflächenrelief wird die Umverteilung des Niederschlagswassers und damit der Bodenwasserhaushalt reguliert. Neben anhydromorphen Geländeformationen der Top- und Hanglagen sind die Böden in Senken- und Unterhangpositionen in allen untersuchten Gebieten verglejt.
- Mit der lateralen Wasserbewegung in der Catena ist die Carbonatverteilung verbunden – Plateau- und Oberhanglagen werden im Laufe der holozänen Bodenentwicklung zunehmend entkalkt, während in Unterhang- und Senkenpositionen aufgrund des Zuflusses kalkhaltigen Hangzuzugs- und Grundwassers eine Carbonatanreicherung stattfindet.

Sowohl die Hydromorphieerscheinungen als auch die Carbonatzufuhr in Unterhang- und Senkenpositionen führen zur Konservierung der Tschernoseme in Form von Kalk-

Tschernosemen bzw. Kalk-Gley-Tschernosemen.

- Mit Beginn des Neolithikums kommt die differenzierende Wirkung des Reliefs vor allem in der Bodenerosion zum Ausdruck. Die Bodenerosion führt in Abhängigkeit von Reliefposition und Nutzungsintensität zur Zunahme der Heterogenität der Bodendecke. Dabei entstehen in der kuppigen Grundmoräne in Kuppen- und Oberhangbereichen Pararendzinen, in Unterhang- und Senkenpositionen kommt es zur Bildung von Kolluvien. In großen Bereichen der flachwelligen Grundmoränen findet in Plateaulagen kaum Bodenerosion statt (Catena Falkenwalde, Untersuchungsgebiet Mönchehof). Besonders intensiv ausgeprägt sind die Bodenerosion und Pararendzinabildung in den Hangpositionen der die Platten durchschneidenden periglazialen Rinnensysteme (Untersuchungsgebiet Mönchehof).

Tabelle 95: Vergleich der Faktoren der Bodenbildung und rezenter Bodenentwicklungsstadien bzw. Intensität der pedogenetischen Prozesse in den untersuchten Gebieten

Biesenbrow (UG1)	Falkenwalde (UG2)	Mönchehof (UG3)	Neu Kleinow (UG4)	
ca. 550 mm	ca. 500 – 510 mm	ca. 500 – 510 mm	ca. 500 – 510 mm	
17 – 18 %	13 % (5 – 37) stark schwankend	13 %, in Plateaulage kaum schwankend	3 – 25% (sehr heterogen)	11 – 26 % (sehr heterogen)
ca. 14 000 Jahre	ca. 14 000 Jahre	ca. 14 000 Jahre	ca. 14 000 Jahre	ca. 5000–1500 BP (Kolluvium)
15 – 50 %	10 – 25 % (schwankend)	11 %	10 – 25 %	ca. 13 %
95 – 105 cm	80 – 115 cm	95 cm	100 – 120 cm	60 cm
7,2 – 7,7	7,0 – 7,5	6,7	6,0 – 7,2 (Sequenz A)	7,2 – 7,3
7,2 – 7,7	6,3 (fAh)	6,8	6,9 – 7,5 (Sequenz C) 6,3 – 6,5 (Sequenz A)	-
7,4 – 7,7	7,4 – 7,5 (A _{xh})	7,0	6,9 – 7,5 (Sequenz C) 6,0 – 6,8 (Sequenz A)	-
	7,2 – 7,5		6,9 – 7,5 (Sequenz C)	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tschernosemierung ▪ Entkalkung ▪ Verbraunung ▪ minimale Ton-Humus-Lessivierung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tschernosemierung ▪ Entkalkung ▪ Verbraunung ▪ intensive Ton-Humus-Lessivierung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entkalkung ▪ Verbraunung ▪ intensive Ton-Humus-Lessivierung ▪ schwache Ton-Lessivierung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tschernosemierung ▪ Entkalkung ▪ Verbraunung ▪ schwache Ton-Humus-Lessivierung ▪ schwache Ton-Lessivierung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Humusakkumulation ▪ Entkalkung ▪ Verbraunung ▪ schwache Ton-Lessivierung
Parabraunerde-Tschernosem	Parabraunerde-Tschernosem	Pseudogley-Parabraunerde-Tschernosem	Tschernosem-Parabraunerde	Parabraunerde (auf Kolluvium)

Tabelle 96: Modell zur Schwarzerde-Bodenentwicklung in Abhängigkeit von der Carbonatdynamik im Nordostdeutschen Jungmoränengebiet (nicht maßstabsgerecht)

Carbonatdynamik im Humushorizont	kalkhaltig							Tschernosemierung		
	kalkfrei	vollständige Entkalkung und Übergang zum Bodentyp Parabraunerde						Tschernosemierung + Ton-Humus-Verlagerung		
Bodenentwicklungszustand	Initialbodenbildung Pararendzina	Gleichgewichtsphase Tschernosemgenese		Dynamisches Gleichgewicht Tschernosemprogradation ↔ Tschernosemdegradation				Bodenentwicklung Tschernosemdegradation?	Stagnation Tschernosemprogradation?	
				„Bodenentwicklungsschub“ Tschernosemdegradation						
Landschaftsentwicklung	Naturlandschaft		Anthropogen beeinflusste Naturlandschaft				Kulturlandschaft			
Chronostratigraphie	Präboreal	Boreal	Atlantikum	Subboreal		Subatlantikum				
Archäologische Gliederung	Mesolithikum		Neolithikum	Bronzezeit	Eisenzeit	Kaiserz.	Völk erw.	Slawen	Mittelalter	Neuzeit
Vegetation	Birken-Kiefern-Mischwald	Laubmischwald (Eichenmischwald)		Vegetationsmosaik Offenland / Laubmischwald in wechselnden Anteilen				Eiche/laubmischwald mit hohem Buchenanteil	Vegetationsmosaik Offenland (Acker) mit geringem Laubmischwaldanteil (auf Schwarzerden nur Offenland)	
									Offenland (Acker)	

Die Gesetzmäßigkeiten der holozänen Bodenentwicklung in Schwarzerdegebieten Mitteleuropas (s. I.3 „Schwarzerden – Stand der Forschung“) konnten durch die Untersuchungsergebnisse auch für die Schwarzerden des Nordostdeutschen Jungmoränengebietes bestätigt werden. Als Bestandteile der Bodenentwicklungsreihen der Schwarzerden der Uckermark konnten folgende Böden beschrieben werden (Tabelle 95):

1. Als Anfangsglieder dieser Entwicklungreihe wurden Pararendzinen als Initialstadium im Spätglazial sowie altholozäne Tschernoseme rekonstruiert. Ein nicht degradiertes Norm-Tschernosem mit A/C-Profil konnte nicht dokumentiert werden (auch nicht als begrabener Boden), d.h. entweder war zum Zeitpunkt der Überdeckung die Bodendegradation bereits soweit fortgeschritten, daß überall B-Horizonte ausgebildet waren und/oder die Mächtigkeit des Kolluviums reichte nicht aus, um den Boden dem Wirkungseinfluß der Pedogenese zu entziehen.
2. Übergänge von Braunerde-Tschernosem und Parabraunerde-Tschernosem treten rezent nicht an der Geländeoberfläche auf, konnten jedoch als begrabene Böden beschrieben werden (Catena Biesenbrow) und stellen das Verbindungsglied zwischen Tschernosem und Parabraunerde-Tschernosem dar.
3. Die weiteren Glieder der Tschernosem-Parabraunerde-Entwicklungsreihe treten rezent als Oberflächenböden auf:
 - Parabraunerde-Tschernosem,
 - Tschernosem-Parabraunerde und
 - Pseudogley-Tschernosem-Parabraunerde.

Ihre Zugehörigkeit zu den einzelnen Bodenzustandsstadien hängt von der räumlich-zeitlichen Wirkung der Bodenbildungsfaktoren (s.o.) insbesondere aber von der Intensität der die Tschernosemdegradation hemmenden Faktoren ab.

4. Neben der anhydromorphen Bodenentwicklungsreihe findet in hydromorphiebeeinflussten Senken- und Unterhangpositionen die Konservierung der altholozänen Tschernoseme in Form von (Kalk)-Gley-Tschernosemen statt.

3 Schwarzerdegenese und –erhalt in der Uckermark– Folge der holozänen Carbonatdynamik in einer Altsiedellandschaft des Jungmoränengebietes

Die Schwarzerden der Uckermark haben reliktschen Charakter, rezent sind lediglich in unterschiedlichem Maße degradierte Schwarzerden (Parabraunerden-Tschernoseme und Tschernosem-Parabraunerden) verbreitet. Zeitraum der Schwarzerdebildung waren das Boreal und das beginnende Atlantikum. Pedogenetischer Prozess ist die Tschernosemierung.

Die pedogenetischen Prozesse der Schwarzerdedegradation (d.h. deren Entwicklung in Richtung Parabraunerde) sind die Entkalkung, Verbraunung und Lessivierung in Form von Ton-Humus- und Ton-Verlagerung. In den Schwarzerden treten sie mit Beginn des Atlantikums auf. Obwohl die Prozesse der Schwarzerdedegradation eine genetische Abfolge des Verlaufes der Bodenentwicklung darstellen, finden sie innerhalb einer Bodencatena in zeitlichem und räumlichen Nebeneinander statt.

Die Schwarzerde-Bodenentwicklung wird über die Carbonatdynamik im Boden geregelt und kann modellhaft in ihrer zeitlichen Dimension verallgemeinert werden (Tabelle 96); d.h. die Aufrechterhaltung bzw. Revitalisierung einer aktiven Carbonatdynamik im Humushorizont führt zur Tschernosemierung, das Fortschreiten der Entkalkung zur Verbraunung und Lessivierung und damit zur Tschernosemdegradation in Richtung Braunerde und Parabraunerde. Dabei ist der die pedogenen Prozesse bestimmende Parameter die Calciumionenkonzentration in der Bodenlösung (Böckenhoff 1997a,b, frdl. mdl. Mitteilung B. Meyer Oktober 1999) insbesondere des Humushorizontes:

- $> 20 \text{ Ca}^{2+} \text{ mmol/l}$ → Tschernosemierung,
- $\text{ca. } 5 - 20 \text{ Ca}^{2+} \text{ mmol/l}$ → Tschernosemierung und Ton-Humus-Verlagerung,
- $< 5 \text{ Ca}^{2+} \text{ mmol/l}$ → Ton-Verlagerung.

In Abhängigkeit vom Erhalt der Carbonatmetabolik in bestimmten Einzugsgebieten wird die Schwarzerdegenese fortgesetzt bzw. findet sogar eine Progradation statt. In jeder Degradationsphase kann aufgrund der intensiven bzw. tiefgreifenden Bodenentkalkung ein Teil der Böden vom Bodentyp Tschernosem zum Bodentyp Parabraunerde übergehen (Umschlagen der Quantität in Qualität). Das führt zur „stufenweise“ Zunahme der Parabraunerdeflächenanteile im Nordostdeutschen Jungmoränengebiet gegenüber den Tschernosemen im Verlaufe des Holozäns. Die Phasen der Tschernosemgenese, Tschernosemdegradation und –progradation laufen vor dem Hintergrund einer Tendenz der Bodenentwicklung von Schwarzerden in Richtung Parabraunerden ab.

Die Carbonatdynamik der Schwarzerden in der Bodenregion Uckermark wird durch das jeweilige Zusammenwirken der Faktoren der Bodenbildung in den Phasen der holozänen Landschaftsentwicklung reguliert:

1. Früh- bis mittelholozäne Naturlandschaftsentwicklung:

Entscheidende Faktoren der Schwarzerdegenese sind die Klima- und Vegetationsverhältnisse im Boreal, d.h. das subkontinental-warme Klima und der Laubmischwald. Regulierender Parameter der Schwarzerdeentwicklung ist der hohe Carbonatgehalt im Ausgangsgestein, der den Erhalt der Carbonatdynamik nach der präborealen Entkalkung in der initialen Bodenbildungsphase ermöglicht.

2. Neolithische bis vormittelalterliche anthropogen beeinflusste Naturlandschaftsentwicklung

Diese Landschaftsentwicklungsphase ist geprägt vom Wechsel der Bodenentwicklungsphasen Tschernosemdegradation und Tschernosemprogradation, dessen Ursachen im Zusammenspiel von zeitlich und räumlich diskontinuierlichem anthropogenem Einfluß (Siedlungsdynamik) und globalen klimatischen Schwankungen in Form von Trocken- und Feuchtphasen liegen. In den durch menschlichen Einfluß geprägten Einzugsgebieten mit Schwarzerden stellt sich ein dynamisches Gleichgewicht zwischen entkalkungsfördernden und entkalkungshemmenden Faktoren ein.

3. Kulturlandschaftsentwicklung seit dem Mittelalter

Da zu Beginn dieser Phase die Entkalkung bereits weit fortgeschritten ist, findet keine Tschernosemierung mehr statt. Auch der durch Bodenerosion verursachte mittelalterliche Einfluß reicht im Großteil der Einzugsgebiete nicht mehr aus, um die natürlichen Bodenbildungsfaktoren zu überwinden und die Carbonatdynamik zu revitalisieren. Die Tschernosemdegradation wird fortgesetzt.

Die rezente „Stagnationsphase“ in der Bodenentwicklung wird durch die Intensivierung des anthropogenen „inputs“ in das Agrarökosystem herbeigeführt und aufrechterhalten. Sie führt einerseits zur Revitalisierung der Carbonatdynamik aufgrund intensiver und tiefgreifender Bodenerosion, andererseits jedoch zur Unterbrechung des biologischen Stoffkreislaufes aufgrund des Biomasseentzugs, wodurch eine Tschernosemierung verhindert wird. Auf Schwarzerdeflächen in Plateaulagen ohne Carbonataktivierung wird die Bodendegradation langsam fortgesetzt.

Die Besonderheiten der Dynamik der Pedogenese im subkontinentalen Übergangsraum widerspiegeln die „Instabilität“ des nicht im ökologischen Optimum befindlichen Ökosystems. An der westlichen Arealgrenze der Tschernoseme können unter „ökologischem Streß“ einzelne Faktoren der Landschaftsentwicklung entscheidenden Einfluß auf deren Gleichgewichtszustand nehmen, wie dies am Beispiel der Trocken- und Feuchtphasen und des anthropogenen Einflusses gezeigt wurde.

Quellenverzeichnis

Literatur

- Meteorologischer Dienst der DDR (Hrsg., 1987): Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik. Bearbeitet im Hauptamt für Klimatologie. Potsdam.
- Targuljan V.O. (Hrsg., 1988): Vosrast i evolucia tschernozemov (Alter und Evolution der Tschernoseme) . Moskva, S.144.
- Ralska-Jasiewiczowa M. (Hrsg., 1989): Acta Palaeobotanica. Band 29/2, Environmental changes recorded in lakes and mires of Poland during the last 13 000 years, part 3. Warschau.
- Schröder J.H. (Hrsg., 1994): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Band 2 Bad Freienwalde – Parsteiner See. Berlin, S.188.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe u. Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg., 1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover, S.392.
- Liedtke H., Marcinek J. (Hrsg., 1995): Physische Geographie Deutschlands. S.559.
- Berglund B.E. (Hrsg., 1996): Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. Chister, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Achtryzev B.P., Achtyrzev A.B. (1990): Lugovo-tschernosemnye paleopocvy epochi bronse okskondskoi lesostepi (Wiesentschernosem - Paläoböden der Bronzezeit in der Waldsteppe im Oka-Don-Gebiet). Pochvovedenije. 7, S.26-38.
- Achtyrzev B.P., Achtyrzev A.B. (1994): Paleotschernosemy srednerusskoy lesostepi v pozdnem golozene (Paläotschernoseme der mittelrussischen Waldsteppe im Spätholozän). Pochvovedenije. 5, S.14-24.
- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover, S.329.
- Alaily F., Brande A. (1999): Genese und Altersstellung von Randböden eines oligotrophen Moores im Berliner Raum (Exkursionspunkt 7). Hrsg.: Schmidt R., Bork H.R., Fischer-Zujkov U.: Exkursionsführer zu 18. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Paläoböden und Kolluvien auf glazialen Sedimenten Nordostdeutschlands“, Zalf-Bericht. Band 37. Müncheberg, S.118-130.
- Alaily, F., Brande A., Renger M.: Chronologie der Bodenentwicklung an Moorrändern im Berliner Raum. DFG-Schwerpunktprogramm „Wandel der Geo-Biosphäre der letzten 15.000 Jahre. Kontinentale Sedimente als Ausdruck sich verändernder Umweltbedingungen“. Kurzfassungen zum Wissenschaftlichen Kolloquium am 1. und 2. Juli 1999 in Bonn. unveröffentlicht, S.152-154.
- Alexandrovskij A.L. (1995): Evoluziya potshvennogo pokrova russkoy ravniny v golozene (Die Evolution der Bodendecke der Russischen Ebene im Holozän). Pochvovedenije. 3, S.290-298.
- Alexandrovskij A.L. (1996): Otrashenye prirodnoy sredy v potshve (Die Abbildung der natürlichen Umwelt im Boden). Pochvovedenije. 3, S.277-287.
- Alexandrovskij A.L. (1983): Evoluziya potshv vostotschno-evropejskoi ravniny v golozene (Die Evolution der Böden der Osteuropäischen Ebene im Holozän). Moskva, S.150.
- Alexandrovskij A.L., Chichagova O.A. (1998): Radiocarbon age of Holocene paleosoils of the East European forest-steppe zone. Catena. 34, S.197-207.
- Altermann K.P. (1969): Eigenschaften und Genese von Tschernosemen in der nördlichen Wetterau. Diss. Gießen.
- Altermann M., Mania D. (1968): Zur Datierung von Böden im mitteldeutschen Trockengebiet mit Hilfe quartärgeologischer und urgeschichtlicher Befunde. Thaeer-Archiv. 12/7, S.539-557.

- Andres W., Houben P., Kreuz A., Nolte S., Rittweger H., Wunderlich J.: Projekt: Paläoökologie Hessische Senke. Protokoll der Teilkolloquien zu den im Schwerpunktprogramm „Wandel der Geo-Biosphäre während der letzten 15.000 Jahre“ bearbeiteten Zeitscheiben am 15., 16. und 17.12.1997 in Bonn. unveröffentlicht, S.93-109.
- Andres W., Litt T. (1999): Editorial. Hrsg.: Andres W., Litt T.: Termination I in Central Europe - Quaternary International. Band 61. S.1-4.
- Andres W., Wunderlich J.: Auen- und Talrandsedimente in der nördlichen Wetterau und im Amöneburger Becken als Indikatoren für sich verändernde Umweltbedingungen im Spätpleistozän und Holozän. Vortrag 2. Wissenschaftl. Kolloquium im Schwerpunktprogramm „Wandel der Geo-Biosphäre“, 26./27. Januar 1995 Bonn- Bad Godesberg.
- Anonymus (1899): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. Band Lieferung 76, Gradabteilung 28, No.59 Blatt Angermünde. Berlin, Paul Parey.
- Anonymus (1899): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. Band Lieferung 76, Gradabteilung 28, No.53 Blatt Passow. Berlin, Paul Parey.
- Anonymus (1899): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. Band Lieferung 76, Gradabteilung 28, No.52, Blatt Polssen. Berlin, Paul Parey.
- Anonymus (1899): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. Band Lieferung 76, Gradabteilung 28, No.58 Blatt Greiffenberg. Berlin, Paul Parey.
- Babel U., Hemmann C. (1995): Transport der organischen Substanz in Schwarzerden – mikromorphologische und andere Untersuchungen. Mitteilungen der Deutschen bodenkundlichen Gesellschaft. 76(I), S.565-568.
- Becker-Heidmann P., Lehfeldt V., Schipmann R. (1995): Ein interaktives Simulationssystem zur Modellierung der Dynamik der organischen Substanz des Bodens. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 76(II), S.733-736.
- Becker-Heidmann P., Scharpenseel H.W. (1992): The use of natural ^{14}C and ^{13}C in soils for studies on global climatic change. Radiocarbon. 34, 3, S.525-530.
- Beckmann Th. (1999): Dünnschliffbeschreibungen der Bodenproben aus den Catenen Biesenbrow und Falkenwalde sowie Fundplatz Mönchehof . unveröffentlicht, S.28.
- Behre K.-H., Brande A., Küster H., Rösch M. (1996): Germany, Palaeoecological Events During the Last 15 000 Years. Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe. S.507-551.
- Biryukova O.N. (1978): Organitsheskoe veshtshestvo pogrebyonnykh potshv lyossovych otloshenii, ego znatsheniye dlya obtshtshey teorii gumifikazii i paleopotshvennykh rekonstrukzii (Die Organische Substanz begrabener Böden auf Löss, ihre Bedeutung für die allgemeine Humifizierungstheorie und für Rekonstruktionen der Paläoböden). Dissertation, Moskva.
- Böckenhoff K., Fischer W.R. (1997): Einfluß der elektrokinetischen Oberflächenladung auf das Flockungsverhalten der Tonfraktion von Schwarzerden. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 85, S.213-216.
- Böckenhoff K., Gall S., Fischer W.R. (1997): Die Oberflächenladung der Ton-Humusfraktion aus Schwarzerden als Funktion von pH und Ca-Konzentration. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 160, S.341-346.
- Bork H.-R. (1983): Die holozäne Relief- und Bodenentwicklung in Lössgebieten. Catena Supplement. 3, S.2-138.
- Bork H.-R., Bork H., Dalchow C., Faust B., Piorr H.-P., Schatz Th. (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Klett-Perthes, S.328.

- Borowiec S. (1962): On the Occurrence of relic Chernozems in the Szczecin Voivodeship (poln.). *Przeglad Geograficzny*. 34/4, S.739-747.
- Bramer H. (1962): Rückland der Mecklenburgischen Seenplatte – Uckermärkisches Hügelland. *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. S.1062-1072.
- Bramer H., Hendl M., Marcinek J., Nitz B., Ruchholz K., Slobodda S. (1991): *Physische Geographie – Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen*. Gotha, S.627.
- Brande A. (1999): Gutachten zum Pollendiagramm von Falkenwalde. unveröffentlicht, S.4.
- Brauer O. (1995): Die frühneolithische Besiedlung des mecklenburgischen Binnenlandes bei Berücksichtigung der Ausgrabungen von Carpin, Kreis Mecklenburg-Strelitz. Ein Beitrag zur Frage der Neolithisierung des nördlichen Mitteleuropas. Magisterarbeit, Berlin, unveröffentlicht.
- Bronger A. (1991): Agrillic Horizons in Modern Loess Soils in an Ustic Soil Moisture Regime: Comparative Studies in Forest-Steppe and Steppe Areas from Eastern Europe and the United States. *Advances in Soil Science*. 15, S.41-90.
- Bronger A. (1995): Entwurf zur Änderung der Definition und gegenseitigen Abgrenzung der „Chernozems“, „Kastanozems“ und „Phaeozems“ in der „World Reference Base for Soil Resources(WRB)“. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. 76(II), S.993-996.
- Brose F. (1994): Das Untere Odertal: Talentwicklung, Nutzung, Wasserbau. Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Band 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See. Berlin, S.152-157.
- Bussemer S., Gärtner P., Schlaak N. (1994): Endmoräne Schiffmühle. Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Band 2: Bad Freienwalde und Parsteiner See. Berlin, S.82-92.
- Cernikov V.A. (1992): Strukturno-grupповoi sostav gumusa (Humusstruktur). *Pocvovedenije*. 10, S.62-69.
- Chichagova O.A. (1992): Radiouglerodny vosrast gumusa paleopocv i nekotorye problemy paleogeografii i geoökologii (Das Radiocarbon-Alter des Humus von Paläoböden und einige Probleme der Paläogeographie und Geoökologie). *Pocvovedenije*. 12, S.44-52.
- Chichagova O.A. (1995): Composition, Properties and Radiocarbon Age of Humus in Paleosoils. *GeoJournal*. 36 2/3, S.207-212.
- Chichagova O.A. (1985): Radiouglerodnoe datirovanie gumusa potshv (14C-Datierung des Bodenhumus). Moskva, Nauka, S.156.
- Chichagova O.A., Tarasova (1992): Zvoistva raznovozrastnych guminovykh veshtshestv. (Die Eigenschaften von Huminstoffen unterschiedlichen Alters). *Pocvovedenije*. 1, S.94-99.
- Chrobok S.M., Markuse G., Nitz B. (1982): Abschmelz- und Sedimentationsprozesse im Rückland weichselhoch- bis spätglazialer Marginalzonen des Barnims und der Uckermark (mittlere DDR). *Petermanns Geographische Mitteilungen*. 126(2), S.95-102.
- Czerney P. (1965): Bodenkundliche Untersuchungen an einer fossilen und einer rezenten Schwarzerde. *Thaer-Archiv*. Bd.9 H.10, S.867-881.
- Diemann R. (1972): Ausbildung und Entstehung des Substrattyps Tieflehm im nördlichen Jungmoränengebiet der DDR, Dissertation. Halle, S.166.
- Ehwald E. (1980): Zur Frage der Schwarzerdeentstehung unter Wald. Urgeschichtliche Besiedlung in ihrer Beziehung zur natürlichen Umwelt. *Wissenschaftl. Beiträge der MLU Halle*. 6 (L15), S.21-28.
- Ehwald E. (1987): Zur Problematik der Bodenentwicklung im Gebiet der Weichselvereisung der Deutschen Demokratischen Republik. *Wissenschaftliche Zeitschrift der EMAU Greifswald, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe*. 36, S.55-58.

- Ehwald E., Jäger K.-D., Lange E. (1998): Das Problem Wald – Offenland im zirkumherzinen Trockengebiet vor der neolithischen Besiedlung sowie die Entstehung der zirkumherzinen Schwarzerden. Hrsg.: Rolle R., Andraszko F.: Frühe Nutzung pflanzlicher Ressourcen, Festschrift für Ulrich Willerding. Hamburger Werkstattreihe zur Archäologie 4.
- Enders L. (1992): Die Uckermark. Geschichte einer kurmärkischen Landschaft vom 12. bis zum 18. Jahrhundert. Weimar, S.730.
- FAO (1988/1997): FAO / Unesco Soil Map of the World, Revised legend, with corrections and updates. World Soil Resources Report 60. Rome.
- Firbas F. (1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Band 2. Band: Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. Jena.
- Fischer-Zujkov U. (1999): Das „Schwarze Kolluvium“ – Auswirkungen der ur- und frühgeschichtlichen Landnutzung auf die Umweltbedingungen in der Uckermark. Hrsg.: DAI-RGK: Beiträge zum Oderprojekt. Band Bd. 5. Berlin, S.99-104.
- Fischer-Zujkov U. (1999): Schwarzerdeähnliche Böden des Jungmoränengebietes (Exkursionspunkte 1 u. 2), Zalf-Bericht. Hrsg.: Schmidt R., Bork H.-R., Fischer-Zujkov U.: Exkursionsführer zu 18. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Paläoböden und Kolluvien auf glazialen Sedimenten Nordostdeutschlands“. Müncheberg, S.26-56.
- Fischer-Zujkov, U., Schmidt R., Brande A. (1999): Die schwarzerdähnlichen Böden Nordostdeutschlands und ihre Stellung in der holozänen Landschaftsentwicklung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 162, S.443-449.
- Fränze O. (1982): Untersuchungen zur Hangstabilität im schleswig-holsteinischen Jungmoränengebiet. Zeitschrift für Geomorphologie. 43, S.29-40.
- Fründ R., Guggenberger G., Haider K., Knicker H., Kögel-Knabner I., Lüdemann H.-D., Luster J., Zech W., Spiteller M. (1994): Recent advances in spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 157, S.175-186.
- Gehrt E. (1998): Exkursionsführer zur 17. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Äolische Sedimente und Bodenentwicklung im nördlichen Harzvorland“. Hannover, S.74-90, 114-115.
- Gehrt E., Meyer B., Beckmann T., Schwonke F. (1995): Schwarzerden, Grauerden und Pararendzinen – Die frühholozäne Bodengesellschaft der Börden. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 76(II), S.1037-1040.
- Gey M.A. (1970): Möglichkeiten und Grenzen der Radiocarbon-Altersbestimmung von Böden – Methodische Probleme. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 10, S.239-241.
- Golyeva A.A. (1997): Biomorphny analiz kak sostavnaya tshast genetiko-morphologitsheskogo issledovaniya potshvy (Die Analyse der „Biomorphen“ als Bestandteil der genetisch morphologischen Bodenuntersuchung). Pochvovedeniye. 9, S.1045-1054.
- Golyeva A.A. (1998): Gutachten zur Phytolithenanalyse und deren Methodik der Proben aus der Catenen Biesenbrow und Falkenwalde. unveröffentlicht, S.5.
- Göttlich K. (1990): Moor- und Torfkunde. Stuttgart.
- Gramsch B. (1971): Zum Problem des Übergangs vom Mesolithikum zum Neolithikum im Flachland zwischen Elbe und Oder. Evolution und Revolution im Alten Orient und in Europa – Das Neolithikum als historische Erscheinung. Berlin, S.127-144.
- Gringmuth-Dallmer E. (1999): Die ur- und frühgeschichtliche Besiedlung der Uckermark. Hrsg.: Schmidt R., Bork H.-R., Fischer-Zujkov U.: Exkursionsführer zu 18. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Paläoböden und Kolluvien auf glazialen Sedimenten Nordostdeutschlands“, Zalf-Bericht. Müncheberg, S.22-25.
- Gunreben M. (1992): Schwarzerde-Relikte in Deutschland – Ein regionaler Vergleich von Böden ausgewählter Klimagebiete und Lößprovinzen, Dissertation. Marburg/Lahn.

- Haase G., Schmidt R. (1975): Struktur und Gliederung der Bodendecke der DDR. Petermanns Geographische Mitteilungen. 119, S.279-800.
- Hadzic V., Kukin A., Nisic Lj. (20.12.1995): Pedologische Charakteristika des Lößplateaus von Titel und des umliegenden Gebietes. unveröffentlicht.
- Heinrich W.-D., Jäger K.-D. (1987): Paläoökologische und landschaftsgeschichtliche Interpretation einer klinalen Merkmalsvariation bei rezenten und fossilen Populationen von *Crocidura leucodon* (Mammalia: Soricidae). Petermanns Geographische Mitteilungen. 131(2), S.93-101.
- Heinrich W.-D., Jäger K.-D., Jahnke W. (1975): Die jungquartäre Wirbeltierfundstätte Pisede bei Malcin und deren Umgebung als Beispiel einer interdisziplinären landschaftsgeschichtlichen Komplexuntersuchung in der mecklenburgischen Jungmoränenlandschaft. Geographenkongress der DDR, Exkursionsführer – Die Entwicklung der Territorialstruktur im Nordgebiet der DDR. S.55-65.
- Hendl M. (1996): Grundzüge des Klimas des Landes Brandenburg. Berichte zur deutschen Landeskunde. Bd.70, H. 2, S.435-477.
- Hendl M. (1991): Das Klima. Physische Geographie – Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen—Anhalt, Sachsen, Thüringen. Gotha, S.14-115.
- Hendl M. (1994): Klima. Physische Geographie Deutschlands. Gotha, S.23-119.
- Heussner K.U. (1989): Bandkeramische Funde von Zollchow, Krs. Prenzlau. Jahrbuch Bodendenkmalpflege in Mecklenburg 1988. S.7-23.
- Hoffmann M., Kowalkowski A. (o.J.): Quantitative and qualitative composition of Humus in Black Earth and Brown Soils of Pyrzyce Lowland (Sonderdruck). S.7.
- Hoffmann M., Kowalkowski A. (o.J.): Charne ziemie obnizonych terenow niziny Pyrzyckiej (Black Earths of depressed territories of the Pyrzyce lowland). The Poznan society of Friends of Science, Dep. of agricultural and sylvicultural sciences, public. of th section of agriculture and of the sectin of sylviculture. X, 1/1, S.5-34.
- Hoffmann M., Kowalkowski A. (1962): Charne ziemie rowniny sredzkiej na tle warunkow fizjograficznych (poln. Black Earths of the Sroda plain in physiographic conditions). The Poznan society of Friends of Science, Dep. of agricultural and sylvicultural sciences, public. of th section of agriculture and of the sectin of sylviculture. XII, S.3-39.
- Hoffmann R., Blume H.P. (1977): Holozäne Tonverlagerung als profilprägender Prozeß lehmiger Landböden norddeutscher Jungmoränenlandschaften?. Catena. 4, S.359-368.
- Hohenstein V. (1919): Die ostdeutsche Schwarzerde (Tschernosem) mit kurzen Bemerkungen über die ostdeutsche Braunerde. Internationale Mitteilungen zur Bodenkunde. 8, S.1-178.
- Jäger K.-D. (1970): Methodische Probleme der Erkennung und Datierung reliktsicher Bodenmerkmale am Beispiel der sandigen Böden im nördlichen Mitteleuropa. Hrsg.: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften: Beiträge zur Bodensystematik unter besonderer Berücksichtigung reliktsicher und rezenter Bodenmerkmale, Tagungsbericht. Band 102. S.109-122.
- Jäger K.-D. (1999): Ur- und frühgeschichtliche Klimabeeinflussung durch Intensitätsunterschiede agrarischer Landnutzung?. Hrsg.: Czielsla E., Kersting Th., Pratsch S. : Den Bogen spannen... – Festschrift für B. Gramsch. S.515-522.
- Jahns S. (1999): Der Felchowsee – ein Archiv für die Vegetationsgeschichte der letzten 10200 Jahre. Angermünder Heimatkalender 1999. S.136-138.
- Jankowska D. (1993): Umweltbedingungen der Neolithisierung im südlichen Ostseegebiet. Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern. S.7-18.
- Kadereit A., Lang A., Wagner G.A., Behrends R.H. (1999)Die Landschaftsentwicklung im Kraichgau: eine erste Synthese. Band DFG-Schwerpunktprogramm „WAndel der Geo-Biosphäre der letzten 15.000 Jahre. Kontinentale Sedimente als Ausdruck sich verändernder Umweltbedingungen“. Kurzfassungen zum Wissenschaftlichen Kolloquium am 1. und 2. Juli 1999 in Bonn. unveröffentlicht, S.171-174.

- Kaiser K. (2000): Spätpleistozäne bis frühholozäne Beckenentwicklung in Vorpommern. Projektskizze des DFG-SPP „Wandel der Geo-Biosphäre“. Chronostratigraphie, geoökologische Entwicklung und menschliche Besiedlung vom Spätglazial zum Holozän in Nordostdeutschland. Siedlungsdynamik, Pedomorphogenese und (prä)mesolithische Lebensweise. www.rz.uni-frankfurt.de/FB/fb17/ipg/spp/Projekte/21.htm.
- Kaiser K., Kühn P. (1999): Eine spätglaziale Braunerde aus der Uekermünder Heide. Geoarchäologische Untersuchungen in einem Dünengebiet bei Hintersee, Kreis Uecker-Randow, Mecklenburg-Vorpommern. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 91, S.1037-1040.
- Keiling H. (1986): Eine spätglaziale Braunerde aus der Uekermünder Heide. Geoarchäologische Untersuchungen in einem Dünengebiet bei Hintersee, Kreis Uecker-Randow, Mecklenburg-Vorpommern. *Museum für Ur- und Frühgeschichte Schwerin*, S.54.
- Kirsch E. (1993): Funde des Mittelneolithikums im Land Brandenburg. *Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg*. Potsdam,
- Klebs (1888): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. Band Lieferung 76, Gradabteilung 28, No. 40, Blatt Prenzlau. Berlin, Paul Parey,
- Kloss K. (1989): Methodische Erfahrungen mit der Pollenanalyse auf archäologischen Ausgrabungen. Hrsg.: *Museum für Ur- und Frühgeschichte Potsdam: Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam*. S.13-22.
- Knappe S., Keese U. (1995): Einfluß der Bodennutzung auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Löß-Schwarzerde und Löß-Parabraunerde – Lysimeteruntersuchungen in der Anlage Brandis. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. 76(II), S.835-838.
- Kögel-Knabner I. (1993): Struktur und Abbauvorgänge der organischen Substanz. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. 69, S.251-254.
- Kögel-Knabner I. (1993): Fraktionierung von Proben zur Untersuchung der organischen Substanz. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. 71, S.199-206.
- Kononova M.M. (1963): *Organiceskoye veshchestvo potcvy: ego priroda, svoistva i metody izutsheniya* (Die organische Bodensubstanz: ihre Natur, Eigenschaften und Untersuchungsmethoden) . Moskva, S.314.
- Koszinski S., Dannowski M., Ellerbrock R., Gorny R., Helming K., Höhn A., Joschko M., Rogasik H., Seidel K., Wendroth O., Wirth S., Kofalk S. (1995): Bodenökologische Eigenschaften und Funktionen einer Catena im Nordostdeutschen Jungmoränengebiet. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. 76(II), S.1101-1104.
- Kowalkowski A. (1989): Genese der Braunerden und Schwarzerden nach Untersuchungen in der Mongolischen VR und in der VR Polen. *Petermanns Geographische Mitteilungen*. 133(1), S.7-22.
- Kowalkowski A. (1968): Genesis of Post-Bog Black Earths based on the study of fossil malacofauna. *Roczniki Gleboznawcze*. Band XIX. Warszawa, S.243-251.
- Kowalkowski A., Berger L. (o.J.): Subfossil malacofauna as a pedogenetic index in the holocene. Sonderdruck, S.6.
- Kowalkowski A., Berger L. (1971/1972): Die Bedeutung der Conchylienfaunen für die spätpleistozäne und holozäne Sediment- und Bodenstratigraphie. *Bulletin de societie des amis des sciences et des lettres de Poznan, Serie D*. 12/134, S.215-224.
- Kowalkowski A., Berger L. (1966): Zastosowanie metody paleomalakologicznej do badan nad rozwojem gleb w holocenie (Paleomalacological analysis in investigations on development of soils in holocene). *Folia Quaternaria*. 23, S.(27).

- Kowalkowski A., Hoffmann M. (1967): Jakosciowy sklad prochnicy w czarnych ziemieach i glebach brunatnych niziny Pyrzyckiej (Qualitative composition of humus in black earths and brown soils of Pyrzyce lowland). The Poznan society of Friends of Science, Dep. of agricultural and sylvicultural sciences, public. of the section of agriculture and of the section of sylviculture. *XXIII, 1*, S.131-150.
- Kowalkowski A., Hoffmann M. (1962): Gleby brunatne wytworrzone z ilow plejstocenskich w nizinie Pyrzyckiej (Brown soils formed of pleistocene clays in the Pyrzyce lowland). he Poznan society of Friends of Science, Dep. of agricultural and sylvicultural sciences, public. of the section of agriculture and of the section of sylviculture. *XII,3*, S.41-65.
- Kuntze H., Roeschmann G., Schwerdtfeger G. (1994): *Bodenkunde*. Stuttgart, Ulmer, S.424. 5.
- Lang A., Höhnscheidt S. (1999): Age and source of colluvial sediments at Vaihingen-Enz, Germany. *Catena*. *38*, S.89-107.
- Lange E. (1976): Zur Entwicklung der natürlichen und anthropogenen Vegetation in frühgeschichtlicher Zeit. *Feddes Repertorium*. *87*, S.1-2, 5-30.
- Lessmann-Schoch U. (1986): Pollenanalytische Ergebnisse zur Pedogenese von Rheintal-Tschernosemen und Smonicen in Rheinhessen. *Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen*. *15*, S.77-118.
- Lieberoth I. (1964): Untersuchungen zur Gliederung der Schwarzerden in der Deutschen Demokratischen Republik. 8th Intern. Congress of soil Science. Bucharest, S.299-311.
- Lieberoth I. (1991): *Bodenkunde - Bodenfruchtbarkeit*. Berlin,
- Linke W. (1977): Boden und Vegetation als bestimmende Faktoren der frühesten Siedlungsräume in Mitteleuropa. *Berichte zur deutschen Landeskunde*. *51*, S.29-40.
- Lozek V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Prag, Geologische Zentralanstalt der Tschechischen Akademie der Wissenschaften, S.163.
- Lüders R., Benzler J.-H., Roeschmann G., Schneekloth H. (1970):): Möglichkeiten und Grenzen der Radiocarbon-Altersbestimmung von Böden – II Probleme der bodengenetischen Auswertung. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. *10*, S.242-245.
- Mania D. (1973): Paläoökologie, Faunenentwicklung und Stratigraphie des Eiszeitalters im mittleren Elbe-Saalegebiet auf Grund von Molluskengesellschaften. *Zeitschrift Geologie. Beiheft*, S.175.
- Markgraf G. (1964): Über Profilaufbau und Humuszusammensetzung der Schwarzerde der Magdeburger Börde. *Thaer-Archiv*. *8/1-3*, S.89-105.
- Markuse G. (1965):): Weichselspätglaziale und holozäne Entwicklungsprozesse im Raum der Uckermark. Exkursionsführer zur 9. Hauptversammlung der Geographischen Gesellschaft der DDR. S.131-139.
- Markuse G. (1966): *Geomorphologische Untersuchungen im Bereich des Uecker-Zungenbeckens und seiner Umrandung*, Dissertation. Berlin,
- Markuse G. (1975): Die mittlere Uckermark – ihre physisch-geographische Genese und aktuelle ökonomisch-geographische Entwicklung. *Geographenkongress der DDR, Exkursionsführer – Die Entwicklung der Territorialstruktur im Nordgebiet der DDR*. S.265-268.
- Meincke F. (1936): *Die Ursache des Trockengebietes an der unteren Oder*, Dissertation. Berlin, S.63.
- Miedema R., Koulechova I.N., Gerasimova M.I. (1999): Soil formation in Greyzems in Moscow district: micromorphology, chemistry, clay mineralogy and particle size distribution. *Catena*. *34 (3-4)*, S.315-347.
- Müller H.M. (1967): Das Pollendiagramm „Serwest“, ein Beitrag zur Wechselwirkung natürlicher und anthropogener Faktoren in der Vegetationsentwicklung. *Feddes Repertorium*. *74/1-2*, S.123-137.
- Mundel G., Trettin R., Hiller A. (1983): Zur Moorentwicklung und Landschaftsgeschichte des Havelländischen Luches. *Archiv Landschaftsnutzung und Naturschutz*. *23/4*, S.251-264.

- Nitz B. (1993): Zu ausgewählten Fragen der Beckenentwicklung im norddeutschen Tiefland, dargestellt am Biesenthaler Becken nördlich von Berlin. Berliner Geographische Arbeiten. 78, S.211-225.
- Orlov D.S. (1985): Chimija gumusa (Humuschemie). Moskva, Moskauer Universität,
- Orlov D.S. (1990): Gumusovye kisloty povn i obschaja teorija gumifikacii (Humussäuren von Böden und allgemeine Humifizierungstheorien). Moskva, Moskauer Universität,
- Orlov D.S., Biryukova O.N., Suchanova N.I. (1996): Organitscheskoye veshchestvo potshv rossiyskoy federacii. Moskva, S.254.
- Ostritz S. (1988): Zur Siedlungsplatzwahl in der Bandkeramischen Kultur, Dissertation. S.149.
- Parschau J. (1988): Die Uckermärkische Bandkeramik. Gesellschaft für Heimatgeschichte im Kulturbund der DDR, Mitteilungen. 35, S.5-14.
- Parschau J. (1986): Die neolithische Besiedlung im Uecker-Randow-Gebiet, Diplomarbeit Halle. unveröffentlicht,
- Raetzl-Fabian D. (1986): Phasenkartierung des mitteleuropäischen Neolithikums – Chronologie und Chorologie. BAR Intern. Series 316,
- Reissig H. (1956): Charakterisierung der Humuskomponente von Schwarzerden verschiedener Herkunft. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. 74, S.112-127.
- Renger M., Strebel O. (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. Wasser und Boden. 32 (8), S.362-366.
- Renger M., Wessolek G., König (1989): Modelle zur Ermittlung und Bewertung von Wasserhaushalt, Stoffdynamik und Schadstoffbelastbarkeit in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften und Nutzung. FZ Jülich GmbH (KFA-Bericht).
- Reuter G. (1962): Lessive' – Braunerde – Interferenzen auf Geschiebemergel. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. 98/3, S.240-246.
- Rittweger H. (1994): Ein Schwarzerderrelikt unter Siedlungsbefunden der Römischen Kaiserzeit im Amöneburger Becken bei Marburg an der Lahn. – Kleine Schriften aus dem Vorgeschichtlichen Seminar der Philipps-Universität Marburg. Band Archäologische Feldforschungen im Marburger Raum. Marburg.
- Rittweger H. (1997): Spätquartäre Sedimente im Amöneburger Becken - Archive der Umweltgeschichte einer mittelhessischen Altsiedellandschaft, , Materialien zur Ur- und Frühgeschichte von Hessen. Wiesbaden, S.242.
- Rittweger H. (1999): Gutachten zur Molluskenanalyse „Biesenbrow“,. unveröffentlicht, S.4.
- Rochus W. (1979): Über Veränderungen im Humuskomplex bei der Degradation von Schwarzerden (Tschernosemen). Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 142, S.233-244.
- Rochus W. (1970): Untersuchungen über organische Substanz und Mineralkörper in einer Abfolge von degradierten Schwarzerden aus dem Hildesheimer Raum. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 10, S.178-181.
- Rohdenburg H., Meyer B. (1968): Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän?. Göttinger Bodenkundliche Berichte. 6, S.127-212.
- Rohdenburg H., Meyer B. (1966): Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an Südniedersächsischen und Nordhessischen Lössprofilen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 5, S.1-137.
- Sabel K.J. (1982): Die Bedeutung der physisch-geographischen Raumausrüstung für das Siedlungsverhalten der frühesten Bandkeramik in der Wetterau (Hessen). Praehistorische Zeitschrift. 58, S.158-172.
- Sabel K.J. (1982): Ursachen und Auswirkungen bodengeographischer Grenzen in der Wetterau (Hessen), Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten Serie D. Band 3. S.116.

- Sato O. (1974): Methods for estimating Pg content in P type humic acid and for calculating $\log K$ of IST Pb fraktion. *Soil science and Plant Nutrition*. 20/4, S.343-351.
- Scharpenseel H.W., Pietig F. (1969): Altersbestimmung von Böden durch die Radiokohlenstoffdatierungsmethode, III. Böden mit Bt-Horizont und fossile Schwarzerden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 122,2, S.145-152.
- Schatz Th. (2000): Untersuchungen zur holozänen Landschaftsentwicklung Nordost-Deutschlands, Dissertation. S.199.
- Scheffer F., Schachtschabel P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. Suttgart, S.494.
- Scheffer F., Földster H., Meyer B. (1959/1960): Zur Entstehung von Schwarzerden und schwarzerdeartigen Böden. *Chemie der Erde*. 20, S.302-331.
- Schimming C.G., Blume H.P. (1993): Exkursion A – Landschaften und Böden Ostholsteins. *Mitteilungen Dt. Bodenkdl. Gesellschaft, Exkursionsführer Jahrestagung 1993*. 70, S.47-78.
- Schlaak N. (1999): Postdüne (Eberswalder Urstromtal). Hrsg.: Schmidt R., Bork H.-R., Fischer-Zujkov U.: Exkursionsführer zu 18. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Paläoböden und Kolluvien auf glazialen Sedimenten Nordostdeutschlands“, Zalf-Bericht. Münchenberg, S.62-70.
- Schlichting E., Blume H.-P., Stahr K. (1995): *Bodenkundliches Praktikum*. Berlin-Wien, S.295.
- Schlüter O. (1952): Die Siedlungsräume Mitteleuropas in frühgeschichtlicher Zeit. *Forschungen zur deutschen Landeskunde*. 63, S.47.
- Schmidt M., Skjemstad J.O., Gehrt E., Kögel-Knabner I. (1999): Charred organic carbon in German chernozemic soils. *European Journal of Soil Science*. 50, S.351-365.
- Schmidt M., Skjemstad J.O., Gehrt E., Kögel-Knabner I. (1998): Pedogenesis of Chernozems - the role of vegetation fires. Exkursionsführer zur 17. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Äolische Sedimente und Bodenentwicklung im nördlichen Harzvorland“. Hannover, S.100-111.
- Schmidt R. (1991): Genese und anthropogene Entwicklung der Bodendecke am Beispiel einer typischen Bodencatena des norddeutschen Tieflandes. *Petermanns Geographische Mitteilungen*. 135 (1), S.29-38.
- Schmidt R. (1991): Anthropogene Veränderungen und Degradation landwirtschaftlich genutzter Böden in den neuen Bundesländern Deutschlands. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*. 32, S.282-290.
- Schmidt R. (1985): Zur Arealvariabilität von Bodenparametern und Böden im pleistozänen Tiefland der DDR. *Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*. 29/11, S.661-669.
- Schmidt R. (1982): Die Struktur der Bodendecke der Grundmoränengebiete der DDR. *Petermanns Geographische Mitteilungen*. 126 (3), S.153-170.
- Schmidt R. (1991): Soil Vulnerability Assessment and Chemical Soil Degradation in Eastern Germany. *Soil Vulnerability to Pollution in Europe*. ISRIC Wageningen. S.77-81.
- Schmidt R. (1994): Bölkendorf: Kuppige Grundmoräne. *Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg*. Band 2: Bad Freienwalde - Parsteiner See. Berlin, S.105-109.
- Schmidt R. (1994): Binneneinzugsgebiet Bölkendorf – Morphologie und Bodengenese. *Exkursionsführer Nordostdeutschland und Westpolen*. Band Zalf-Bericht 14. Münchenberg, S.103-106.
- Schmidt R., Bork H.-R. (1999): Paläoböden – Einführung in das Exkursionsgebiet, Physisch-geographische Rahmenbedingungen. Hrsg.: Schmidt R., Bork H.-R., Fischer-Zujkov U.: Exkursionsführer zu 18. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Paläoböden und Kolluvien auf glazialen Sedimenten Nordostdeutschlands“. Zalf-Bericht 37. Münchenberg, S.5-21.

- Schmidt R., Diemann R. (1981): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. Eberswalde, S.78.
- Schmidt R., Fischer-Zujkov U. (1998): Substratgenese und Bodenentwicklung im Bereich der Grabung Neuenhagen. Hrsg.: DAI-RGK: Beiträge zum Oderprojekt. Band 4. Berlin, S.47-50.
- Schmidt R., Frielinghaus M. (1994): Bodenerosion in geschlossenen Hohlformen – Versuch einer Bilanzierung. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 74, S.133-136.
- Schmidtchen G., Bork H.-R., Dotterweich M., Erber A. (1999): Holozäne Bodenbildung und –erosion am Naturschutzgebiet Biesdorfer Kehlen bei Wriezen in Ostbrandenburg. Hrsg.: Schmidt R., Bork H.-R., Fischer-Zujkov U.: Exkursionsführer zur 18. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Paläoböden und Kolluvien auf glazialen Sedimenten Nordostdeutschlands“. Band Zalf-Bericht 37. Müncheberg, S.104-111.
- Schönwiese C. (1995): Klimaänderungen; Daten, Analysen, Prognosen.
- Schulz R. (1995): Die Bodendenkmalandschaft Uckermark und ihre Erschließung für die Öffentlichkeit. Materialien zur Bodendenkmalpflege im Rheinland. 4.
- Schulz R. (1996): Zur Bronzezeit im Brandenburgisch-vorpommerschen Odergebiet. Hrsg.: Leciejewicz L., Gringmuth-Dallmer E.: Mensch und Umwelt im mittleren und unteren Odergebiet. Beiträge zur ur- und frühgeschichtlichen Besiedlung. Wrocław,
- Siewert Ch. (1995): Ökosystemorientierte Grundlagen der Humusqualitätsbestimmung. Teil 4: Besonderheiten der Atmungs-dynamik unterschiedlicher Böden nach Luft-trocknung. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde. 39, S.131-153.
- Siewert Ch. (1995): Ökosystemorientierte Grundlagen der Humusqualitätsbestimmung. Teil 3 (Methodische Grundlagen): Veränderungen thermogravimetrischer Charakteristika der organischen Bodensubstanz bei biologischer Umsetzung. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde. 39, S.53-68.
- Siewert Ch. (1994): Ökosystemorientierte Grundlagen der Humusqualitätsbestimmung. Teil 2 (Methodische Grundlagen): Thermogravimetrische Charakteristika von Pflanzensubstanzen und ihre Beziehungen zur biologischen Umsetzbarkeit. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde. 38, S.179-193.
- Siewert Ch. (1994): Ökosystemorientierte Grundlagen der Humusqualitätsbestimmung. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde. 38, S.127-147.
- Siewert Ch. (1999): Thermogravimetrische Analyse der organischen Bodensubstanz an Schwarzerden der Uckermark. Hrsg.: Schmidt R., Bork H.-R., Fischer Zujkov U.: Exkursionsführer zu 18. Sitzung des Arbeitskreises Paläopedologie der DBG „Paläoböden und Kolluvien auf glazialen Sedimenten Nordostdeutschlands“. Band Zalf-Bericht 37. Müncheberg, S.57-61.
- Slobodda S. (1991): Die Vegetation im Überblick. Hrsg.: Bramer H., Hendl M., Marcinek J., Nitz B., Ruchholz K., Slobodda S.: Physische Geographie – Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. Gotha, S.303-367.
- Sommer M., Stahr K. (1995): Stoffliche Typisierung von Catenen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 76(II), S.1197-1200.
- Stahr K., Thater M. (1991): Zur Kenntnis von Schwarzerden auf der Sontheimer Hochterrasse. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 66(II), S.855-858.
- Stephan S. (1995): Mikromorphologie und Kalkdynamik im Tschernosem Rheinhessens. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 158, S.187-190.
- Stremme H. (1938): Die Böden Deutschlands. Handbuch der Bodenlehre. Band V. S.271-429.
- Strunk-Lichtenberg G. (1970): Über die Auswertung von Farbquotienten an relik-tischen Schwarzerden. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 10, S.168-173.
- Succow M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde. Jena, S.340.

- Sycova S.A. (1994): Evoluzia posdnjpleistuzenovykh caten srednjerusskoi vosvyschennosti v polnom klimaticeskom pitme „oledinenje – meschlednikovje“ (Die Evolution spätpleistozäner Catenen des Mittelrussischen Berglandes im Klimazyklus „Kaltzeit – Warmzeit“). *Pocvovedenije*. 10, S.30-40.
- Thater M., Stahr K. (1991): Zur Genese von Schwarzerden auf der Sontheimer Hochterrasse in der Donauniederung bei Ulm. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 154, S.293-299.
- Tschernikov V.A. (1992): Strukturno-Grupповoy sostav Gumusa (Die strukturelle und Gruppenzusammensetzung des Humus). *Pocvovedenije*. 10, S.62-69.
- Wechler K.-P. (1993): Mesolithikum – Bandkeramik – Trichterbecherkultur. Zur Neolithisierung Mittel- und Ostdeutschlands aufgrund vergleichender Untersuchungen zum Silexinventar. Lübsdorf, S.62.
- Wechler K.-P. (1996): Zur Besiedlungsgeschichte des Odergebietes vom Spätpaläolithikum bis zum frühen Neolithikum. Hrsg.: Leciejewicz L., Gringmuth-Dallmer E.: Mensch und Umwelt im mittleren und unteren Odergebiet. Beiträge zur ur- und frühgeschichtlichen Besiedlung. Wrocław, S.27-40.
- Wislanski T. (1980): Siedlungsverhältnisse in der Pyritzer Ebene zur Zeit des Neolithikums. Urgeschichtliche Besiedlung in ihrer Beziehung zur natürlichen Umwelt. Hrsg.: Schlette F.: Wissenschaftl. Beiträge der MLU Halle - Wittenberg. Band 6 (L15). S.95-102.
- Wunderlich J. (2000): Prähistorische und historische Bodenerosion im Amöneburger Becken – Abgeleitet aus einer Sequenz datierter Kolluvien. - Berichte der Kommission für Archäologische Landesforschung in Hessen. Band 5. S.9-15.

Karten

Topographische Karten, Maßstab 1: 10 000, Landesvermessungsamt Brandenburg 1996-1999, Potsdam

Blatt 2649-SO Grünow,
Blatt 2750-SW Gramzow,
Blatt 2750-NW Falkenwalde,
Blatt 2849-SO Günterberg,
Blatt 2850-SW Biesenbrow,
Blatt 2949-NO Greiffenberg,
Blatt 2950-NW Mürow.

Topographische Karten (Normalausgabe), Maßstab 1: 25 000, Landesvermessungsamt Brandenburg 1997-1998, Potsdam

Blatt 2649 Prenzlau,
Blatt 2750 Gramzow,
Blatt 2849 Warnitz,
Blatt 2850 Passow,
Blatt 2949 Greiffenberg,
Blatt 2950 Angermünde.

Meßtischblätter der Königlich Preussischen Landes-Aufnahme 1887-1888, Herausgegeben 1888-1890 (einzelne Nachträge bis 1896), Berlin

- Blatt 1236 (2649) Prenzlau,
- Blatt 1322 (2750) Gramzow,
- Blatt 1402 (2849) Polssen,
- Blatt 1403 (2850) Passow,
- Blatt 1482 (2949) Greiffenberg,
- Blatt 1483 (2950) Angermünde.

Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg, Maßstab 1: 300 000, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Landesvermessungsamt Brandenburg (1997)

Geologische Karten von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Herausgegeben von der Königlich Preußischen geologischen Landesanstalt, 1889-1899, Berlin.

- Blatt 1236 (2840) Prenzlau,
- Blatt 1322 (2750) Gramzow,
- Blatt 1402 (2849) Polssen,
- Blatt 1403 (2850) Passow,
- Blatt 1482 (2949) Greiffenberg,
- Blatt 1483 (2950) Angermünde.

Geomorphologische Übersichtskarte der mittleren Uckermark, 1 : 100 000, Entwurf G. Markuse, 1966, unv.

Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1: 1 000 000 (BÜK 1000, 1995), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

Karten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung, Maßstab 1: 100 000, Blatt 17 Brüssow, Blatt 22 Schwedt; Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bodenkunde Eberswalde, 1976.

Die schwarzerdeähnlichen Böden des nordostdeutschen Jungmoränengebietes auf der Grundlage der mittelmaßstäbigen Kartierung der Landwirtschaft 1: 100000, Entwurf R. Schmidt 1995, unv.

Danksagung

Mein Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die das Forschungsprojekt „Stellung und Entwicklung der schwarzerdeähnlichen Böden des Nordostdeutschen Jungmoränengebietes“ im Rahmen des Schwerpunktprogrammes „Wandel der Geo-Biosphäre in den letzten 15 000 Jahren“ finanzierte.

Ganz besonderer Dank geht an den Initiator und Betreuer dieses Forschungsprojektes, Prof. Dr. R. Schmidt, der mit großer Geduld meine Initiativen zur Erforschung der Schwarzerden in die richtigen Bahnen lenkte, mich ins Gelände begleitete, viele interessante Diskussionen mit mir führte und mir durch „Tiefs“ hindurchhalf.

Weiterhin bedanke ich mich bei Dr. A. Brande, der so freundlich war und trotz eigener Arbeiten die Geländearbeiten unterstützte, die zeitaufwendigen pollenanalytischen Untersuchungen durchführte und die Ergebnisse mit mir gemeinsam auswertete. Ebenfalls gedankt sei Dr. H. Rittweger, der die Mollusken zählte und bestimmte sowie hilfreiche Anregungen zur Interpretation der Daten gab, ebenso wie Dr. J. Wunderlich.

Im Laufe des Projektes hat sich eine enge Zusammenarbeit mit der Archäologie ergeben, die viele interessante Aufschlüsse und damit Diskussionsstoff zur Schwarzerdegenese lieferte. Insbesondere sei Herrn Dr. E. Gringmuth-Dallmer und Frau Dr. E. Schulz vom Deutschen Archäologischen Institut sowie Herrn Prof. Dr. J. Kunow, Dr. G. Wetzels, Dr. B. Gramsch und Dr. R. Schulz vom Brandenburgischen Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte gedankt. In diesem Zusammenhang gilt mein ganz besonderer Dank Frau Dipl.-Arch. E. Becker, die als Grabungsleiterin an der Trasse der

A20 unzählige Aufschlüsse im Schwarzerdegebiet anlegte und mit der ein fruchtbarer Erfahrungsaustausch in Sachen Schwarzerde und Ur- und Frühgeschichte der Uckermark stattfand und bis heute stattfindet.

Ebenfalls interessante Anregungen und Hinweise habe ich während gemeinsamer Geländeexkursionen von Prof. Dr. H.-R. Bork, Prof. Dr. B. Meyer und Prof. Dr. G. Markuse erhalten.

Als sehr fruchtbringend für die Durchführung meiner Untersuchungen der Schwarzerden hat sich die Kooperation mit den Mitarbeitern Geographisches Institut der Akademie der Wissenschaften Rußland, Moskau erwiesen. Gedankt sei Frau Dr. A.A. Golyeva, die die Analyse der Phytolithen durchführte, Frau Dr. O.A. Chichagova, die die Humuskomplexanalyse und ¹⁴C-Datierungen durchführte und Herrn Dr. L.A. Alexandrovskij, der wesentliche Impulse zu meinen Überlegungen und zur Gesamtinterpretation der vielen Einzeldaten lieferte.

Die Bodendünnschliffe wurden von Th. Beckmann angefertigt und gemeinsam interpretiert. Ein Teil der Humusuntersuchung wurde von Dr. Ch. Siewert durchgeführt, dessen Ideen zur Humusgenese Anregungen zur Interpretation der Analyseergebnisse lieferten. Für die Durchführung der ¹⁴C-Altersdatierungen und die Hinweise zu ihrer Interpretation geht mein Dank an Dr. P. Becker-Heidmann und Prof. Dr. P. Grootes.

Vorliegende Arbeit wäre ohne eine Unterstützung der Geländearbeiten und bei den anschließenden Laboranalysen nicht möglich gewesen. Deshalb sei den zeitweilig im Projekt Beschäftigten technischen Angestellten E. Löwe und A. Hallau, den studentischen Hilfskräften G. Beyer, M. Rös, D. Trill, F. Trosien, Th. Pelikan, H. Pogantke und A. Christmann sowie der Mitarbeiterinnen des bodenkundlich-ökologischen Labors der FH Eberswalde U. Thomas, E. Walde und A. Kienscherf gedankt.

Ein letzter, aber um so größerer Dank geht an meine Mutter, Mima und Anke, die sich in „Hochdruckzeiten“ mit viel Liebe um meinen Sohn Robert kümmerten und mir damit sowohl die zeitlich aufwendigen Geländearbeiten als auch das Niederschreiben meiner Gedanken ermöglichten. Ein Dankeschön auch an meine Schwester Grit, die mir beim Korrekturlesen der Arbeit sehr geholfen hat.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name, Vorname	Fischer-Zujkov, Ute, geb. Herrmann
Geburtsdatum u. -ort	20.02.1966, Leipzig
Familienstand	verwitwet, 1 Kind
wohnhaf	seit 1996 in Eberswalde

Ausbildung und beruflicher Werdegang

September 1972 – August 1983	Besuch der Polytechnischen und Erweiterten Oberschule
September 1983 – Juni 1984	Studium an der Arbeiter- und Bauern-Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle, Abitur
September 1984 – August 1986	Studium der Geographie an der geologisch-geographischen Fakultät der Universität Charkow, UdSSR, Ukraine
September 1986 – Juni 1990	Studium der Landschaftsökologie, Physischen Geographie der UdSSR und Geochemie der Landschaft an der geographischen Fakultät der Lomonossow-Universität Moskau, UdSSR Diplom im Fach Physische Geographie, Thema der Diplomarbeit: „Geochemische Besonderheiten der Landschaften des Nationalparks im westlichen Baikalseegebiet am Beispiel des Einzugsgebietes des Fließes Talowka“
August 1990 – August 1991	Forschungsstudium zu Fragen der Bodenerosion in der Uckermark an der Humboldt-Universität zu Berlin, Fachbereich Geographie
September 1991 – September 1993	Angestellte des Institutes für Ökologie und Naturschutz e.V., Gosen, Arbeitsgruppenleiterin zur Biotopkartierung auf Truppenübungsplätzen des Landes Brandenburg
1. August 1995 – 30. Juni 2000	Wissenschaftliche Angestellte der Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz, Mitarbeit in verschiedenen Drittmittelprojekten: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wissenschaftliche Bearbeitung der Projekte „Stellung und Entwicklung der schwarzerdeartigen Böden des nordostdeutschen Jungmoränengebietes im Wandel der Geo-Biosphäre der letzten 15 000 Jahre“ und „Genese und Alter der Schwarzen Kolluvien im nordostdeutschen Jungmoränengebiet“ ▪ Durchführung einer Ist-Zustandsanalyse zum Oberbodenzustand im entwässerten Niedermoor „Gartzer Bruch“ im Projekt „Entwicklung eines Landschaftsmonitoringkonzeptes für Großschutzgebiete des Landes Brandenburg“ ▪ Bewertung und Weiterentwicklung der Biotopkartierungsmethodik an der Erarbeitung eines einheitlichen Verfahrens zur Waldbiotopkartierung des Landes Brandenburg im Projekt „Datenhaltung und -pflege des Geometrie- und Sachdatenbestandes der Pflege- und Entwicklungspläne aller GSG des Landes Brandenburg“ ▪ Bestimmung von regionalen Umweltqualitätszielen und Maßnahmen zur Umweltentlastung und deren Bewertung im interdisziplinären Projekt „Ansätze für eine dauerhaft umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion: Modellgebiet Nordost-Deutschland (GRANO), Teilprojekt Bewertung ökologischer Leistungen“

seit 1. Juli 2000

Wissenschaftliche Angestellte der Ludwigs-Maximilians-Universität München, Institut für Geographie: wissenschaftliche Bearbeitung des DFG-Projektes „Vergleichende Untersuchungen zu spätglazialen und holozänen Gletscherschwankungen ausgewählter Gebiete in Alpen, Kaukasus, Tienshan und Altai“

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorgelegte Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfaßt und andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe.

Ich erkläre, daß ich die Arbeit erstmalig und nur an der Humboldt-Universität zu Berlin eingereicht habe und keinen entsprechenden Doktorgrad besitze.

Der Inhalt der dem Verfahren zugrunde liegenden Promotionsordnung ist mir bekannt.

Ute Fischer-Zujkov