

# Pedosedimentäre Archive in prähistorischen Fundplätzen in Franken

Inaugural-Dissertation  
zum Erlangen der naturwissenschaftlichen Doktorwürde  
der Philosophischen Fakultät  
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von  
Martin Krech  
geboren in Leipzig

Würzburg 2017





1. Gutachter: Prof. Dr. Birgit Terhorst
2. Gutachter: Prof. Dr. Barbara Sponholz

Eingereicht am: 14.November 2017



## Danksagung

An dieser Stelle danke ich allen die zum Gelingen meiner Dissertation beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. Birgit Terhorst (Universität Würzburg), die es mir ermöglichte, meine Dissertation im Rahmen des DFG Forschungsprojekts „Prähistorische Mensch-Umwelt-Beziehungen im Gipskarst der Windsheimer Bucht, Nordbayern. Dolinen als Archive für Siedlungs- und Landschaftsentwicklung“ zu verfassen. Dies gilt insbesondere für ihre Geduld, ihre Bereitschaft zur Hilfe und die Unterstützung im Gelände. Ebenso danke ich Frau Prof. apl. Dr. Barbara Sponholz (Universität Würzburg), die mir bereits während meines Studiums Methoden der geoarchäologischen Arbeiten aufzeigte. Ich danke Frau Prof. Dr. Sponholz auch für die Übernahme des zweiten Gutachtens. Weiterhin danke ich Frau Dr. Elizabeth Solleiro Rebolledo (UNAM Mexico City) für die Unterstützung bei der Profilersprache und die gewinnbringenden Diskussionen. Durch ihre fachliche Kompetenz war mir Frau Dr. Solleiro Rebolledo eine große Hilfe.

Ein weiterer Dank gebührt den Projektpartnern Prof. Dr. Frank Falkenstein (Universität Würzburg), Martin Nadler M.A. und Felix Wagner (BLfD Nürnberg) sowie Rita Beigel, PD Dr. Markus Schußmann und Dr. Erhard Schulz (Universität Würzburg). Vielen Dank für den guten Informationsaustausch, die Diskussionen, die angelegten Profile und die gute Zusammenarbeit.

Ein weiterer Dank gilt Prof. Dr. Roland Baumhauer für die Möglichkeit an seinem Lehrstuhl zu promovieren.

Ganz besonders danke ich meinen fleißigen Helfern Thomas, Franziska, Julian und Kim, die mich während der Gelände- und Laborarbeiten unterstützt haben. Zudem danke ich Daniel, Martina, Stefan und Thomas für die hilfreichen Diskussionen. Ich danke der gesamten „Soil and Landscape Dynamics“-Arbeitsgruppe, den Mitarbeitern und Kollegen am Lehrstuhl, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben oder mir bei unterschiedlichen Fragen und Problemen am Institut behilflich waren. Ein herzliches Dankeschön gilt auch Ao. Univ.-Prof. Dr. Franz Ottner, Dr. Karin Wriessnig und Dipl.-Ing. Maria Mayrhofer von der Universität für Bodenkultur Wien für die Analyse der Tonmineralogie. Frau Dr. Maria Knipping danke ich für die Durchführung der Pollenuntersuchungen.

Ein spezieller Dank gilt meiner ganzen Familie, die mir immer einen Rückhalt bot und mich immer unterstützte. Der ganz besondere Dank gebührt meiner Frau und meiner Tochter für ihre Geduld, Unterstützung und Motivation die sie mir immer gegeben haben. Ohne euch wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

## Zusammenfassung

Pedosedimentäre Archive liefern einen wichtigen Beitrag zur Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte. Die anthropogene Besiedlung und Nutzung der Landoberfläche seit dem Beginn des Holozäns verursacht Boden-, Vegetations- und Reliefveränderungen, welche sich durch die Verbreitung von Böden mit ihren Erosionsstadien und Kolluvien zeigen. Das Ausmaß und die Art der Bodenerosion und die damit verbundene Bildung der Kolluvien werden neben den natürlichen Faktoren wesentlich durch die Landnutzung bestimmt. Böden und Kolluvien enthalten wichtige Informationen über die ursprüngliche Landschaft, ehemalige Landnutzungsphasen und Umweltveränderungen. Die spezifischen Merkmale in Kombination mit den archäologischen Befunden ermöglichen Rückschlüsse auf vergangene Natur- und Kulturräume.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein besseres Verständnis über die Siedlungs- und Landschaftsentwicklung der untersuchten Gebiete in Franken zu erlangen. Hierfür ist es angebracht, mehrere räumlich verteilte Standorte zu untersuchen. Um den menschlichen Einfluss auf die prähistorische Landschaft besser verstehen zu können, kam ein interdisziplinärer Ansatz mit archäologischen und physisch-geographischen Methoden zur Anwendung. Die Umgebungen der einzelnen Untersuchungsstandorte wurden nach geomorphologischen Kriterien charakterisiert und ausgewählten Befunde nach bodenkundlichen Fragestellungen aufgenommen. Die Bestimmung der bodenphysikalischen und -chemischen Eigenschaften von Böden und Sedimenten erfolgte anhand repräsentativer Probenmengen. Bei ausgewählten Profilen kamen zusätzlich die Analysen zur Bestimmung der Gesamt- und Tonmineralogie sowie die Methode der  $^{14}\text{C}$ -Datierung für Bodensedimente, Tierknochen und Holzkohlen hinzu. Die physisch-geographischen Ergebnisse konnten anschließend mit den archäologischen Informationen ergänzt.

Die drei ausgewählten Untersuchungsgebiete befinden sich im Fränkischen Schichtstufenland. Der Bullenheimer Berg wurde aufgrund seiner bedeutenden Besiedlungsgeschichte ausgewählt. Die ausgewählten Profile liegen in verschiedenen Nutzungsarealen auf dem Plateau.

Die Standorte Marktbergel und Ergersheim liegen im Gebiet des Fränkischen Gipskarstes. Diese Untersuchungen sind ein Teil des DFG-geförderten Projektes

„Prähistorische Mensch-Umwelt-Beziehungen im Gipskarst der Windsheimer Bucht, Nordbayern. Dolinen als Archive für Siedlungs- und Landschaftsentwicklung.“

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der anthropogene Einfluss zu einer deutlichen Veränderung in der Landschaft führte. Für die Untersuchungsräume zeichnet sich eine lange Nutzungsgeschichte seit dem Beginn des Holozäns ab. Durch die Auswertung der Geländebefunde und der labortechnisch erzeugten Kennwerte konnten die untersuchten Profile in mehrere Phasen gegliedert werden. Es zeigten sich Stabilitätsphasen in denen Bodenbildung stattfinden konnte, aber auch geomorphodynamisch aktive Phasen der Erosion und Akkumulation von Bodensedimenten.



# Inhaltsverzeichnis

<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>I</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>III</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>V</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DIE FRÄNKISCHE SCHICHTSTUFENLANDSCHAFT</b> .....	<b>5</b>
2.1 KLIMATISCHE VERHÄLTNISSE .....	6
2.2 DIE BÖDEN UND IHRE AUSGANGSGESTEINE .....	9
2.2.1 <i>Periglaziäre Lagen</i> .....	9
2.2.2 <i>Böden</i> .....	13
<b>3. DIE UNTERSUCHUNGSGEBIETE</b> .....	<b>15</b>
3.1 BULLENHEIMER BERG .....	15
3.1.1 <i>Naturräumliche Einordnung und geomorphologische Verhältnisse</i> .....	15
3.1.2 <i>Geologie des Bullenheimer Berges</i> .....	15
3.1.3 <i>Archäologische Forschungen</i> .....	18
3.1.4 <i>Besiedlungsgeschichte</i> .....	19
3.2 DIE WINDSHEIMER BUCHT .....	22
3.2.1 <i>Naturräumliche Einordnung</i> .....	22
3.2.2 <i>Geologie der Windsheimer Bucht</i> .....	26
3.2.3 <i>Archäologische Forschungen</i> .....	28
3.2.4 <i>Besiedlungsgeschichte</i> .....	29
<b>4. METHODEN</b> .....	<b>31</b>
4.1 AUSWAHL DER UNTERSUCHUNGSSTANDORTE UND DER PROFILE .....	31
4.2 GELÄNDEARBEITEN .....	32
4.3 LABORANALYSEN .....	33
4.3.1 <i>Standardanalysen</i> .....	33
4.3.2 <i>Mineralogische Analysen</i> .....	35
4.3.3 <i><sup>14</sup>C-Datierung</i> .....	37

<b>5. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE BULLENHEIMER BERG .....</b>	<b>39</b>
5.1 GELÄNDE- UND LABORANALYSEN IM BEREICH DER LEHMKUHLN .....	40
5.1.1 Profil BB L1, Sondage L1 (Lehmgrube).....	40
5.1.2 Profil BB L4, Sondage L4 (Lehmgrube).....	43
5.1.3 Interpretation der Profile im Bereich der Lehmkuhlen .....	47
5.2 GELÄNDE- UND LABORANALYSEN IM BEREICH DER URNENFELDERZEITLICHEN SIEDLUNGSTERRASSE .....	48
5.2.1 Profil BB Q5, Sondage Q5 (Siedlungsterrasse).....	48
5.2.2 Profil BB C3I, Sondage C3 (Siedlungsterrasse).....	53
5.2.3 Profil BB C3II, Sondage C3 (Siedlungsterrasse).....	56
5.2.4 Interpretation der Profile im Bereich der Siedlungsterrasse.....	59
5.3 GELÄNDE- UND LABORANALYSEN IM BEREICH DER ALTEN WALLGRABUNG VON GEORG DIEMER .....	62
5.3.1 Profil BB W (Ringwall).....	62
5.3.2 Interpretation des Profils im Bereich des Ringwalls.....	67
<b>6. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE GIPSTAGEBAU MARKTBERGEL-WEST II .....</b>	<b>71</b>
6.1 BÖDEN IM GIPSTAGEBAU MARKTBERGEL-WEST II .....	71
6.2 ARCHÄOLOGISCHER BEFUND 359 .....	72
6.2.1 Profil MB I, Befund 359.....	73
6.2.2 Profil MB II, Befund 359.....	78
6.2.3 Profil MB III, Befund 359.....	82
6.2.4 Interpretation der Profile von Befund 359.....	87
6.3 ARCHÄOLOGISCHER BEFUND 351 .....	89
6.3.1 Profil MB IV, Befund 351.....	89
6.3.2 Profil MB V, Befund 351.....	92
6.3.3 Profil 420, Befund 351 .....	96
6.3.4 Interpretation der Profile von Befund 351.....	98
<b>7. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE ERGERSHEIM .....</b>	<b>101</b>
7.1 DIE PROFILE ERGERSHEIM .....	101
7.1.1 Profil EH I (Ergersheim).....	102
7.1.2 Profil EH II (Ergersheim).....	109
7.1.3 Vergleich der Profile EH I und EH II.....	112
7.1.4 Archäologische Geländebefunde .....	112
6.1.5 Datierungsergebnisse .....	114

7.1.6 Interpretation der Profile von Ergersheim.....	115
<b>8. DISKUSSION.....</b>	<b>117</b>
8.1 DER BULLENHEIMER BERG .....	117
8.2 DER GIPSTAGEBAU MARKTBERGEL-WEST II.....	126
8.3 STANDORT ERGERSHEIM.....	138
<b>9. FAZIT .....</b>	<b>143</b>
<b>10. LITERATUR .....</b>	<b>145</b>
<b>11. INTERNETQUELLEN .....</b>	<b>155</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>157</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gliederung der Fränkischen Schichtstufenlandschaft mit Lage der Untersuchungsgebiete Bullenheimer Berg (A), Marktbergel-West II (B) und Ergersheim (C) .....	5
Abbildung 2: Klimadiagramm Gollhofen, Klimareferenzperiode 1981 – 2010 .....	7
Abbildung 3: Niederschlagsdiagramm Bad Windsheim, Klimareferenzperiode 1981 - 2010 .....	8
Abbildung 4: Klimadiagramm Neuherberg, Klimareferenzperiode 1993 - 2016 ).....	8
Abbildung 5: Der geologische Aufbau des Bullenheimer Berges und des Tannberges.....	17
Abbildung 6: Lage der Untersuchungsgebiete von Marktbergel und Ergersheim in Bayern.....	22
Abbildung 7:Verkarstung im Grundgipsbereich.....	24
Abbildung 8: rezente Doline von Marktbergel-West II .....	24
Abbildung 9: freigelegte Dolinen im Gipstagebau Marktbergel West II .....	25
Abbildung 10: Lage der untersuchten Profile auf dem Bullenheimer Berg .....	39
Abbildung 11: Skizze von Profil BB L1 mit den Horizonten BB L-1 bis BB L1-3, Sondage L1, Bullenheimer Berg.....	41
Abbildung 12: Korngrößenverteilung in % von Profil BB L1 .....	42
Abbildung 13: Skizze von Profil BB L4 mit den Horizonten BB L4-1 bis BB L4-5, Sondage L4, Bullenheimer Berg.....	43
Abbildung 14: Korngrößenverteilung in % von Profil BB L4.....	44
Abbildung 15: Skizze von Profil BB Q5 mit den Horizonten BB Q5-1 bis BB Q5-5, Sondage Q5, Bullenheimer Berg.....	49
Abbildung 16: Korngrößenverteilung in % von Profil BB Q5.....	50
Abbildung 17: Skizze von Profil BB C3I mit den Horizonten BB C3I-1 bis BB C3I-5, Sondage C3, Bullenheimer Berg.....	53
Abbildung 18: Korngrößenverteilung in % von Profil BB C3I .....	55
Abbildung 19: Skizze von Profil BB C3II mit den Horizonten BB C3II-1 bis BB C3II-5, Sondage C3, Bullenheimer Berg .....	56
Abbildung 20: Korngrößenverteilung in % von Profil BB C3II .....	59
Abbildung 21: Skizze von Profil BB W mit den Horizonten BB W-1 bis BB W-10, Bullenheimer Berg. ....	62
Abbildung 22 Korngrößenverteilung in % von Profil BB Wall .....	65
Abbildung 23: Digitales Geländemodell mit Lage der aufgenommenen Befunde 359 (A) und 359 (B).....	71

Abbildung 24: Aufnahme von Befund 359 .....	72
Abbildung 25: Skizze von Profil MB I mit den Horizonten MB I-16 bis MB I-MB3, Befund 359, Gipstagebau Marktbergel-West II.....	73
Abbildung 26: Korngrößenverteilung in % von Profil MB I .....	77
Abbildung 27: Skizze von Profil MB II mit den Horizonten MB II-16 bis MB II-12, Befund 359, Gipstagebau Marktbergel-West II.....	79
Abbildung 28: Korngrößenverteilung in % von Profil MB II .....	81
Abbildung 29: Skizze von Profil MB III mit den Horizonten MB III-16 bis MB III-12, Befund 359, Gipstagebau Marktbergel-West II.....	83
Abbildung 30: Korngrößenverteilung in % von Profil MB III .....	85
Abbildung 31: Horizonte MB I-9, MB II-9a und MB II-9a zeigen ein gut ausgebildetes Bodengefüge (A), fossile Wurzelbahnen aus dem Horizont MB II-9a (B) .....	88
Abbildung 32: Skizze von Profil MB IV mit den Horizonten MB IV-28 bis MB IV-45c, Befund 351, Gipstagebau Marktbergel-West II.....	90
Abbildung 33: Korngrößenverteilung in % von Profil MB IV .....	91
Abbildung 34: Skizze von Profil MB V mit den Horizonten MB V-28 bis MB V-MB3, Befund 351, Gipstagebau Marktbergel-West II.....	93
Abbildung 35: Korngrößenverteilung in % von Profil MB V .....	95
Abbildung 36: Skizze von Profil MB VI mit den Horizonten MB VI-45c und MB IV-MB2, Befund 351, Gipstagebau Marktbergel-West II.....	96
Abbildung 37: Korngrößenverteilung in % von Profil MB VI .....	97
Abbildung 38: Gesamtprofil Befund 351 mit Lage der bodenkundlich untersuchten Profile.....	100
Abbildung 39: Lage der Profile EH I und EH II im Aufschluss .....	101
Abbildung 40: Digitales Geländemodell mit Lage der aufgenommenen Profile.....	102
Abbildung 41: Skizze von Profil EH I, nördlich von Ergersheim.....	103
Abbildung 42: Korngrößenverteilung in % von Profil EH I .....	104
Abbildung 43: Bodendünnschliffe aus den Horizonten EH I-4 (A, B, C) sowie EH I-5 (D).....	106
Abbildung 44: Skizze von Profil EH II, nördlich von Ergersheim.....	109
Abbildung 45: Korngrößenverteilung in % von Profil EH II .....	111
Abbildung 46: Profil EH I mit archäologischen Schichten 1 bis 7 .....	113
Abbildung 47: Profil EH II mit archäologischen Schichten 1 bis 7 .....	114
Abbildung 48: Schematisiertes, stratigraphisches Idealprofil für den Bereich der urnenfelderzeitlichen Siedlungsterrassen und anderer Siedlungsbereich auf dem Bullenheimer Berg.....	121

Abbildung 49: Befund 359, archäologisches Profil 411 mit den bodenkundlich aufgenommenen Ausschnitten MB I (Dolinenrand) und MB II (Dolinenmittelpunkt) .....	127
Abbildung 50: Befund 359, archäologisches Profil 412 mit dem bodenkundlich aufgenommenen Ausschnitt MB III (Dolienmittelpunkt) .....	127
Abbildung 51: Schematisiertes, stratigraphisches Idealprofil. Pedostratigraphische Befunde in Kombination mit den Befunden der archäologischen Einstufung. ....	129
Abbildung 52: Ausschnitt aus Befund 351 mit den Profilen 415 und 420 .....	131
Abbildung 53: Schematisiertes, stratigraphisches Idealprofil. Pedostratigraphische Befunde in Kombination mit den Befunden der archäologischen und palynologischen Einstufung. ....	141

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: nachgewiesene Siedlungsperioden auf dem Bullenheimer Berg.....	21
Tabelle 2: nachgewiesene Siedlungsperioden der Windsheimer Bucht.....	30
Tabelle 3: Einstufung und Bewertung des pH-Wertes, gemessen in CaCl <sub>2</sub> -Lösung.....	34
Tabelle 4: Einstufung und Bewertung des Carbonatgehaltes von Feinboden als CaCO <sub>3</sub> -Äquivalent.....	35
Tabelle 5: Geländedaten Profil BB L1.....	41
Tabelle 6: Profil BB L1 Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube.....	42
Tabelle 7: Geländedaten Profil BB L4.....	44
Tabelle 8: Profil BB L4 Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube.....	45
Tabelle 9: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB L4.....	46
Tabelle 10: Ergebnisse der Tonmineralanalyse für Profil BB L4.....	46
Tabelle 11: Geländedaten Profil BB Q5.....	49
Tabelle 12: Profil BB Q5 Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube.....	51
Tabelle 13: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB Q5.....	52
Tabelle 14: Ergebnisse der Tonmineralanalyse für Profil BB Q5.....	52
Tabelle 15: Geländedaten Profil BB C3I.....	54
Tabelle 16: Profil BB C3I Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube.....	55
Tabelle 17: Geländedaten Profil BB C3II.....	57
Tabelle 18: Profil BB C3II Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube.....	59
Tabelle 19: Geländedaten Profil BB W.....	64
Tabelle 20: Profil BB Wall Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube.....	66
Tabelle 21: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB W.....	67

Tabelle 22: Ergebnisse der Tonmineralanalyse für Profil BB W .....	67
Tabelle 23: Geländedaten Profil MB I .....	75
Tabelle 24: Profil MB I Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	77
Tabelle 25: Geländedaten Profil MB II .....	80
Tabelle 26: Profil MB II Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	82
Tabelle 27: Geländedaten Profil MB III .....	84
Tabelle 28: Profil MB III Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	86
Tabelle 29: Geländedaten Profil MB IV .....	91
Tabelle 30: Profil MB IV Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	92
Tabelle 31: Geländedaten Profil MB V .....	94
Tabelle 32: Profil MB V Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	95
Tabelle 33: Profil MB VI Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	98
Tabelle 34: Geländedaten Profil EH I .....	104
Tabelle 35: Profil EH I Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	105
Tabelle 36: Ergebnisse der palynologischen Untersuchungen .....	108
Tabelle 37: Geländedaten Profil EH II .....	110
Tabelle 38: Profil EH II Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube .....	111
Tabelle 39: vorliegende <sup>14</sup> C-Datierungen für den Gipstagebau Marktbergel-West II .....	134



# 1. Einleitung

Die natürlichen, umweltbedingten Prozesse einerseits und die menschlich verursachten Veränderungen andererseits formten und formen die heutigen Landschaftssysteme. In den Böden und Sedimenten Mitteleuropas zeichnet sich der anthropogene Einfluss auf Landschafts- und Ökosysteme seit ca. 5.500 Jahren BC bereits deutlich ab (LÜNING 1997, GERLACH ET AL. 2012). Auf der einen Seite wird die Steuerung von Mensch-Umwelt-Beziehungen erheblich durch die naturräumlichen Faktoren Boden, Klima, Relief, Wasser, Geologie und Biosphäre kontrolliert. Diese natürlichen Faktoren werden andererseits von der anthropogenen Landnutzung beeinflusst. Die menschlichen Gesellschaften verändern den Naturraum im Laufe der Zeit durch landwirtschaftliche Nutzung und Rodungstätigkeit (GERLACH 2007). Aus dieser Interaktion resultiert ein permanenter Kreislauf mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Landschaft. Die Veränderungen ziehen lokal auch eine Anpassung von Art und Intensität der Landnutzung nach sich. Das von wechselseitiger Anpassung geprägte Verhältnis zwischen Natur und menschlicher Tätigkeit steht zunehmend im Fokus der Erforschung von Mensch-Umwelt-Beziehungen (vgl. BORK ET AL. 2009, DREIBRODT ET AL. 2009, 2010).

Viele vermeintlich naturnahe Ökosysteme der Gegenwart sind die Folge der mittel- oder unmittelbaren anthropogenen Eingriffe der letzten Jahrtausende. Zur Bewertung der heutigen Naturräume müssen die paläoökosystemaren Zusammenhänge entschlüsselt werden. Die Kenntnisse über den Verlauf der Landschaftsentwicklung während der vergangenen Jahrtausende sind für das Verständnis der heutigen Situation und möglicher zukünftiger Entwicklungen unverzichtbar (VÖLKE & RAAB 2006, BORK 2006). Dazu ist es wichtig, stratigraphische und chronologische Daten sukzessiv zu erheben und diese auf unterschiedliche räumliche Ebenen zu übertragen. Fallbeispiele, welche auf lokaler Ebene angesiedelt sind, wie es in der vorliegenden Studie der Fall ist, stellen Mosaikteilchen für den Aufbau regionaler Stratigraphien dar, welche in einem weiteren Schritt auch überregionale Vergleichbarkeit ermöglichen können. Neben dem Aufbau eines chronostratigraphischen Rahmens ist es unerlässlich, den Zustand der Landschaft vor dem Eingriff des Menschen zu kennen und zu rekonstruieren (vgl. DREIBRODT & WIETHOLD 2015). Auf dieser Grundlage kann das Ausmaß und die Art des anthropogenen Landschafts- und Bodenwandels beurteilt und Aussagen über die spezifischen Standort- und Umweltbedingungen getroffen werden (BIBUS ET AL. 1991, BORK 2006). Dieses Wissen

kann dazu beitragen, Faktoren, welche für die Nutzung einer Landschaft ausschlaggebend bzw. wichtig waren, zu erkennen und darüber hinaus auch Probleme der Landschaftsnutzung aufzuzeigen, die nicht selten später wieder zum Auflassen eines Siedlungs- und Nutzungsraums führen können.

Einen wichtigen Beitrag zur Rekonstruktion früherer Umweltbedingungen liefern Boden- und Landschaftsarchive. Die pleistozänen Geoarchive spielen hier eine bedeutende Rolle, da die Anzahl verwertbarer Archive aus dieser Zeit gegenüber früheren Abschnitten der Erdgeschichte um einiges höher ist. Die Gründe dafür sind der geringe Verwitterungsgrad und die bessere Konservierung der Sedimente und Böden aus diesem Zeitabschnitt. Zu den Geoarchiven zählen fluviale Sande und Kiese, Seeablagerungen und Moore, periglaziale Fließerden, Moränen und Sander sowie teilweise oder komplett verfüllte Hohlräume in Karstgebieten (EBERLE ET AL. 2010). Weitere wichtige Geoarchive sind Lössablagerungen und Bodensedimente. Böden und korrele Bodensedimente, welche durch anthropogene Eingriffe entstanden sind, enthalten essentielle Informationen über die ursprüngliche Landschaft, ehemalige Landnutzung und Umweltveränderungen (DOTTERWEICH 2004, HENKNER ET AL. 2017). Sie ermöglichen durch die Konservierung von spezifischen Merkmalen in Kombination mit den archäologischen Gegebenheiten weitreichende Rückschlüsse auf vergangene Natur- und Kulturräume und gehören damit zu den wichtigsten Forschungsfeldern der Geoarchäologie (vgl. BORK 2006, GERLACH 2006).

Seit dem Frühholozän kommt es durch die zunehmende Besiedlung und Nutzung der Landoberfläche zu verstärkten Boden-, Vegetations- und Reliefveränderungen, welche durch die Verbreitung von Böden, mit ihren Erosionsstadien und Kolluvien im Bereich einer archäologischen Fundstelle, zu Tage treten. Das Ausmaß und die Art der Bodenerosion und damit auch die Bildung der Kolluvien werden außer von Witterung, Boden und Relief wesentlich von der Landnutzung und der Landschaftsstruktur bestimmt (vgl. DE MOOR & VERSTRAETEN 2008, MITUSOV ET AL. 2014). Vor allem agrarische Landnutzung sorgt für eine zeitweise geringe Vegetationsdichte (BORK 2003). Die Kolluvien und Böden sind komplexe, unmittelbar auf menschliche Beeinflussung reagierende Geoarchive. Die räumliche Aussagekraft bei der Rekonstruktion von Landnutzungsverhältnissen ist zwar begrenzt, aber für eine kleinräumige Untersuchung umso wertvoller (LEOPOLD 2003).

Des Weiteren beeinflussen jegliche Eingriffe in Ökosysteme nachhaltig die Wasser- und Stoffkreisläufe, welche sehr schnell auf einen Nutzungs- und/oder Klimawandel reagieren können. Die Veränderungen spiegeln sich zum einen in bodenphysikalischen und -

chemischen Eigenschaften eines Standortes wider und können unter anderem durch Phosphat/Phosphor-, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie durch Schwermetalleinträge nachgewiesen werden (vgl. BROWN 2009, BORK 2006). Zum anderen erhalten sich auch redoximorphe Merkmale, alte Wurzelbahnen, Pollen, Makroreste, Holzkohlen und Keramikscherben über lange Zeiträume.

Die Erforschung prähistorischer Landschaftsbilder und die Rekonstruktion des Paläoreliefs stecken auch in Nordbayern immer noch in den Anfängen und wurden bislang sowohl von geowissenschaftlicher (DOTTERWEICH 2004, DOTTERWEICH & HABERSTROH 2009, SCHMIDGALL 2003) wie auch archäologischer Seite (NADLER 1999, 2005) nur sehr punktuell betrieben. Dabei zeigt sich immer wieder, dass es während der vorgeschichtlichen Siedlungsperioden auch in Franken zu teils gravierenden Relief- und Landschaftsveränderungen gekommen ist, welche zum großen Teil bereits in den neolithischen Perioden stattgefunden haben. Dennoch ist es immer wieder überraschend, wie dramatisch sich diese Veränderungen auch in kleinen Landschaftsteilen Frankens ausgewirkt haben (KRECH ET AL. 2015, KRECH ET AL. 2017).

Für ein besseres Verständnis der menschlichen Einflüsse auf die prähistorische Landschaft ist eine Zusammenarbeit von Archäologie und geowissenschaftlichen Fachdisziplinen zwangsläufig erforderlich. Obwohl in geöffneten Grabungsfeldern ein enormes Potenzial steckt, ist die Einbeziehung der Geoarchäologie in Form von Boden- und Sedimentuntersuchungen in archäologischen Grabungen noch immer keine Selbstverständlichkeit. Durch die Anwendung der verschiedenen Teildisziplinen, wie Archäologie, Archäobotanik und Geoarchäologie können Fragestellungen und Analysemethoden besser aufeinander abgestimmt werden (ECKMEIER ET AL. 2011). Glücklicherweise aber werden in den letzten Jahrzehnten die archäologischen Arbeiten zunehmend durch geoarchäologische Untersuchungen erweitert. So wird auch der Kenntnisstand über prähistorische Landschaftsveränderungen sukzessiv ergänzt. Geoarchäologische Untersuchungen nutzen geowissenschaftliche Methoden für die Beantwortung kulturgeschichtlicher Fragen (GERLACH 2003, GERLACH & HILGERS 2011). Zusätzlich zu einer archäologischen Befundansprache steht die prähistorische Landschaft im Mittelpunkt der Forschung. Hierdurch soll der Einfluss des Naturraums auf das Siedlungsverhalten untersucht und umgekehrt anthropogene Veränderungen an den Ökosystemen analysiert werden. Sie enthalten wichtige Informationen über Lebensweisen und -bedingungen und fördern so das Verständnis für die komplexen Mensch-Umwelt-Beziehungen.

Die vorliegende Studie setzt genau an dieser Schnittstelle zwischen Archäologie und Geowissenschaften an. Die Arbeit resultiert aus der Begleitung archäologischer Ausgrabungen unterschiedlicher Standorte in Unter- und Mittelfranken (Abb. 1). Im Fokus der Untersuchungen stand zum einen der Bullenheimer Berg, welcher als bedeutendes Bodendenkmal gilt (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). Bekanntheit erlangte der Bullenheimer Berg bereits durch zahlreiche Raubgräber und insbesondere auch durch archäologische Forschungen (DIEMER 1995). Die weiteren Untersuchungsstandorte liegen im Gebiete der Gipskeuperlandschaft Mittelfrankens. Die Profile am Standort Ergersheim wurden im Rahmen von Bautätigkeiten aufgeschlossen. Die Untersuchungen im Gipstagebau Marktbergel-West II fanden begleitend zum industriellen Gipsabbau statt. Die Aufnahme und Analyse der Profile erfolgte zunächst auf Grundlage bodenkundlicher Fragestellungen, anschließend wurden diese Resultate mit den Ergebnissen der archäologischen Auswertung kombiniert. Im Vordergrund der gemeinsamen Untersuchungen stand die Landschaftsentwicklung der untersuchten Räume. Für eine bessere Rekonstruktion der regionalen Landschaftsentwicklung bot es sich an mehrere räumlich verteilte Geoarchive zu untersuchen.

Die Untersuchungen der pedosedimentären Archive in prähistorischen Fundplätzen erfolgten im Rahmen des Projektes „Prähistorische Mensch-Umwelt-Beziehungen im Gipskarst der Windsheimer Bucht, Nordbayern. Dolinen als Archive für Siedlungs- und Landschaftsentwicklung.“ an der Universität Würzburg. Dieses Projekt wird seit 2015 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Die Ziele des Projektes bestehen in der Rekonstruktion der Besiedlung und der Nutzung der Windsheimer Bucht. Ein weiterer Fokus liegt auf der Rekonstruktion der natürlichen Umweltbedingungen vor den menschlichen Eingriffen und der anthropogenen Boden- und Landschaftsveränderungen.

## 2. Die Fränkische Schichtstufenlandschaft

Die Fränkische Schichtstufenlandschaft ist ein Teil des Südwestdeutschen Schichtstufenlandes, welches mit dem Buntsandstein des Spessarts im Westen beginnt und mit dem Jura der Frankenalb im Osten endet (REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002). Der geologische Aufbau hat zu einem charakteristischen Landschaftsbild geführt, so prägen imposante Stufen und daran anschließende Hochflächen, Buchten und Zeugenberge die Landschaft. Für die Bildung einer Schichtstufenlandschaft sind unterschiedlich erosionsresistente Gesteinsfolgen sowie ein flaches Einfallen der Schichten Grundvoraussetzungen. Für ausführliche Erläuterungen über die Entstehung des Fränkischen Schichtstufenlandes darf an dieser Stelle auf die Beispielliteratur von MEYER & SCHMIDT-KALER (1992) und GEYER & SCHMIDT-KALER (2009) verwiesen werden.

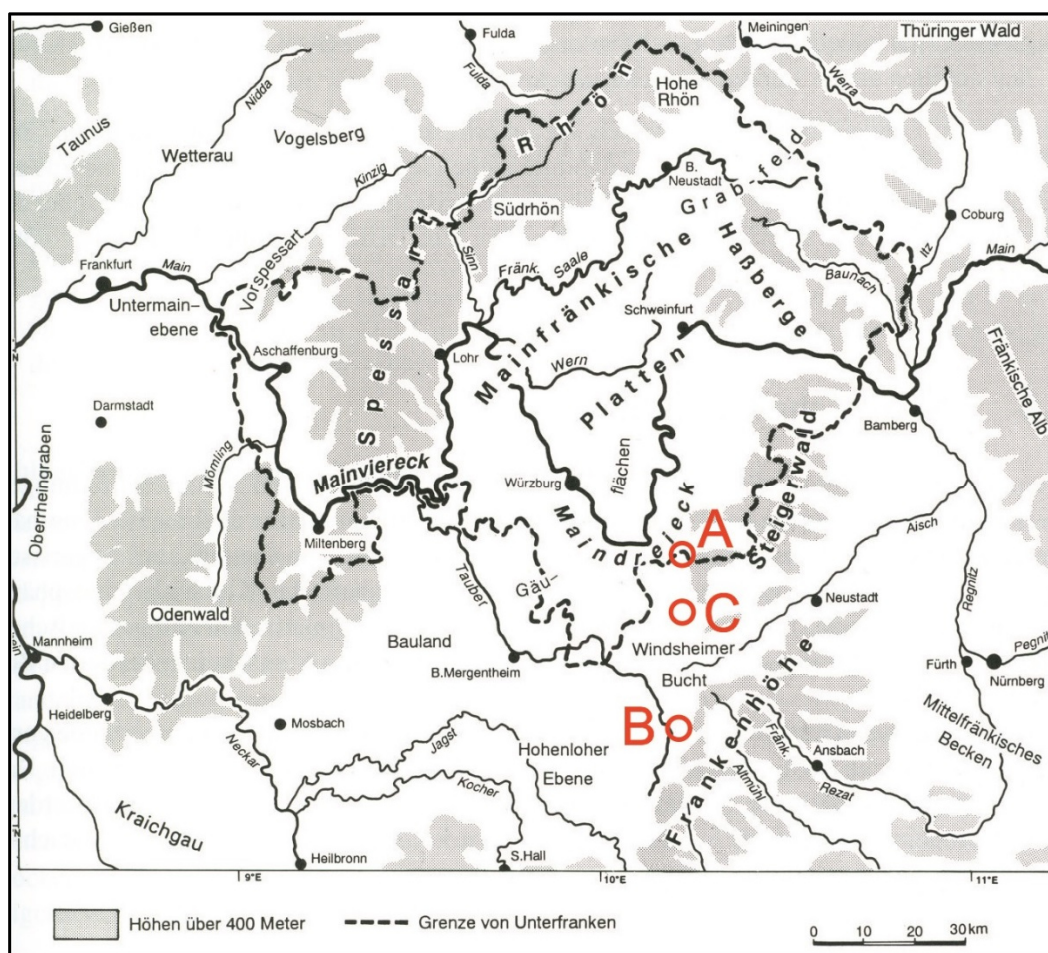


Abbildung 1: Gliederung der Fränkischen Schichtstufenlandschaft mit Lage der Untersuchungsgebiete Bullenheimer Berg (A), Marktbergel-West II (B) und Ergersheim (C) (verändert nach MÜLLER 1996, S.21).

Mit dem Spessart im Nordwesten beginnt das Fränkische Schichtstufenland (Abb. 1). Der Spessart baut sich aus den Gesteinen des Buntsandsteins auf, diese entstanden aus abgelagerten Tonen, Schluffen und Sanden. Nach Südosten schließen sich die Mainfränkischen Platten und die Gäuflächen des südlichen Maindreiecks an. Diese Gebiete sind hauptsächlich von Muschelkalk, aber auch teilweise von Unterkeuper und Gipskeuper unterlagert. Löss- und Flugsandschleier haben die Flächen häufig überdeckt (GEYER 2002). Charakteristisch für diese Gebiete sind weiträumige, flachwellige Landschaftsformen, die sehr geringe Gewässerdichte, eine intensive ackerbauliche Nutzung und eine sehr spärliche Bewaldung (MÜLLER 1996). Nach den weiträumigen Flächen des Muschelkalks bildet die Keuperschichtstufe den ersten markanten Anstieg. Die markanten Erhebungen der Keuperstufe sind nördlich des Mains die Haßberge, im Süden folgen der Steigerwald und die Frankenhöhe, wobei Steigerwald und Frankenhöhe durch die Windsheimer Bucht getrennt sind. Auf etwa halber Höhe der Anstiege bildet der Schilfsandstein deutliche Steilstufen und Verebnungsflächen. Die Plateauflächen werden durch den Blasensandstein (Sandsteinkeuper) gebildet. Die flachen Hangbereiche werden durch die weicheren, gipsführenden Tonsteinserien der Esterienschichten und Myophorienschichten verursacht. Sanfte Übergänge zwischen Tal-Hang-Hochfläche, ein kleinräumig gegliedertes Relief, eine hohe Anzahl von Bächen und Weihern und ein großer Waldanteil charakterisieren die Landschaft (MÜLLER 1996).

Die drei, für diese Arbeit, ausgewählten Untersuchungsstandorte befinden sich alle im Fränkischen Schichtstufenland (Abb. 1). Auf dem Bullenheimer Berg, einem Zeugenberg des Steigerwaldmassivs, befinden sich die untersuchten Profile in Plateaulage der Hochflächen. Die Profile von Ergersheim und Marktbergel liegen im Bereich der Windsheimer Bucht und somit im Vorland der Keuperschichtstufe.

## **2.1 Klimatische Verhältnisse**

Der Bullenheimer Berg sowie die Windsheimer Bucht liegen im Übergangsbereich zwischen dem ozeanischen Klima im Westen und dem kontinentalen Klima im Osten (DIEMER 1995). Das Klima ist mäßig warm, mäßig trocken bis mäßig feucht mit kontinentaler Prägung (WITTMANN 1991). Durch die Position des Bullenheimer Berges am Übergang zwischen den flachen Gebieten der Mainfränkischen Platten und der Steigerwaldstufe ist die Klimasituation sehr komplex. Die Gebiete der Mainfränkischen

Platten sind grundsätzlich trockener und wärmer als die umgebenden Regionen. Die über den flachen mainfränkischen Gäuflächen aufragende Steigerwaldstufe mit ihren Zeugenbergen und Talbuchten bildet eine sogenannte Regenfalle (SCHERZER 1962). Der Luv-Effekt am Aufstieg der Westkante bewirkt einen Anstieg des mittleren Jahresniederschlages auf ca. 678 mm und eine Abnahme der Jahresmitteltemperatur (Abb. 2) im Bereich des Steigerwaldvorlandes, Ochsenfurter Gaus und Gollachgau im Vergleich zu den weiter westlich gelegenen Teilen der Mainfränkischen Platten (unter 550 mm Niederschlag, Jahresmitteltemperatur ca. 9,6°C). Diese liegen im Lee des Spessarts und der Rhön (vgl. MÜLLER 1996).

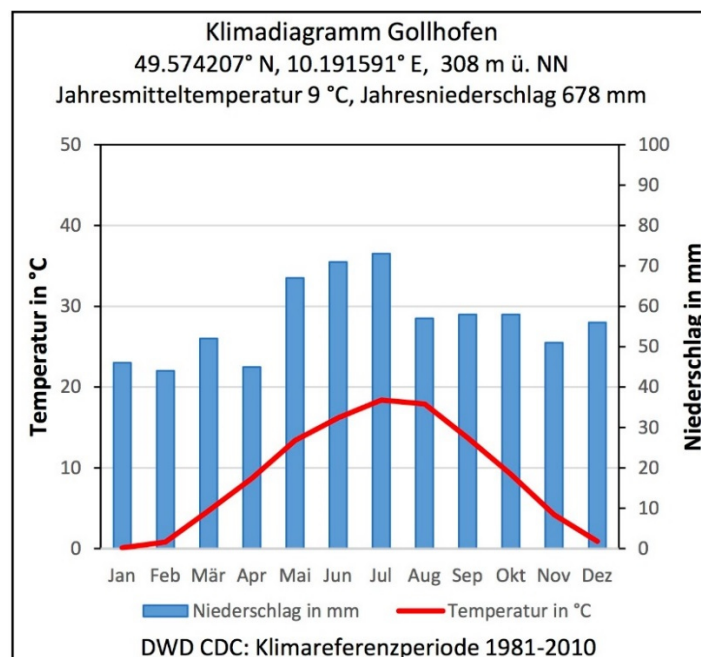


Abbildung 2: Klimadiagramm Gollhofen, Klimareferenzperiode 1981 – 2010 (Quelle: Deutscher Wetterdienst CDC 2016).

Die Beckenlandschaft der Windsheimer Bucht ist gegenüber den Erhebungen des Steigerwaldes und der Frankenhöhe wärmer und trockener. Der mittlere Jahresniederschlag im Tiefenbereich beträgt ca. 596 mm (Abb. 3) und die Jahresmitteltemperatur liegt bei ca. 9°C (HONIG 2008). Für die Wetterstation von Bad Windsheim liegen keine Temperaturdaten vor.

Auf den Randhöhen liegt die Jahresmitteltemperatur bei ca. 8°C (HONIG 2008) und der mittlere Jahresniederschlag bei bis zu 638 mm (Abb. 4). Bei dem hier verwendeten Klimadiagramm von Neuherberg muss beachtet werden, dass sich die Station am Randbereich der Windsheimer Bucht befindet und deshalb die Jahresmitteltemperatur höher ist als auf den Erhebungen. Trotz der doch bedeutenden Erhebung der Frankenhöhe

ist der Luv-Effekt in Bezug auf die mittleren Jahresniederschläge am Anstieg nicht so stark ausgeprägt wie am Randbereich des Steigerwaldes. Nur ein kleiner Randbereich im Südwesten der Frankenhöhe verzeichnet erhöhte Niederschlagswerte von bis zu 800 mm im Jahr (SCHERZER 1962). Die Windsheimer Bucht gehört neben dem Maindreieck zu den wärmsten und trockensten Regionen in Deutschland (HONIG 2008).

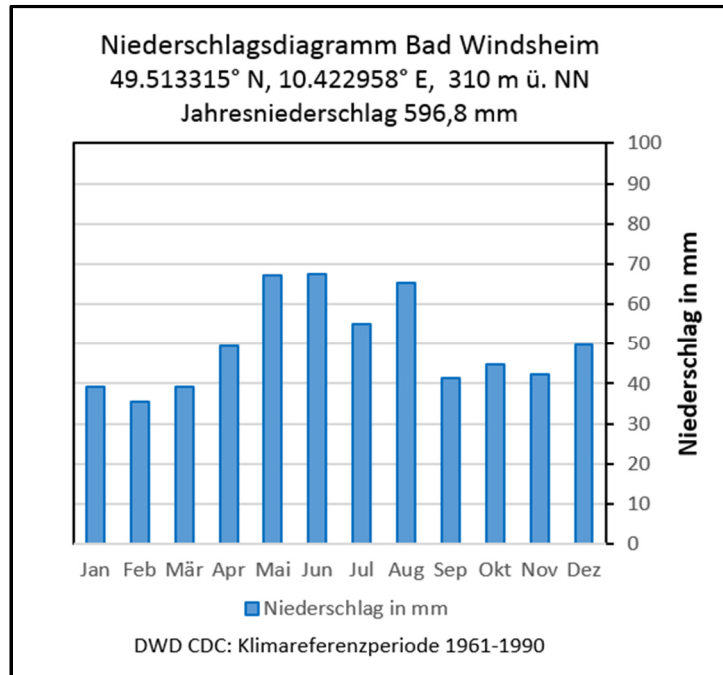


Abbildung 3: Niederschlagsdiagramm Bad Windsheim, Klimareferenzperiode 1981 - 2010 (Quelle: Deutscher Wetterdienst CDC 2016).

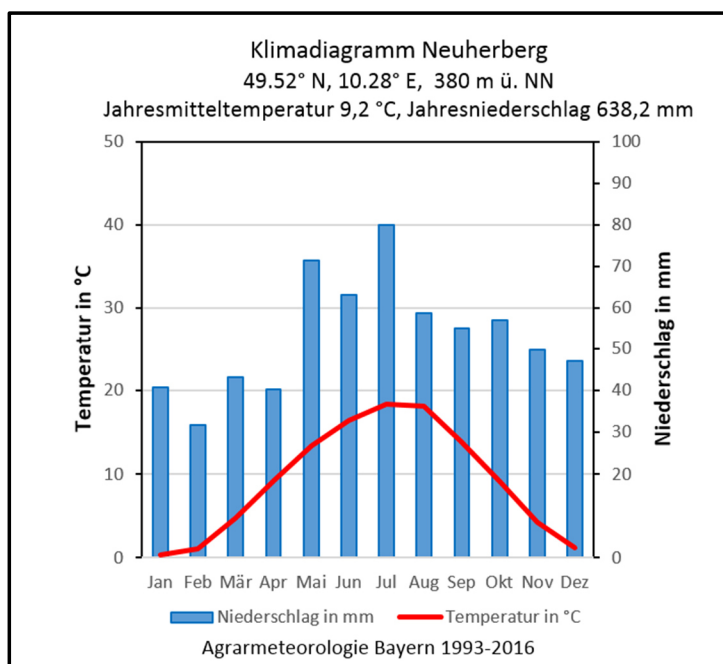


Abbildung 4: Klimadiagramm Neuherberg, Klimareferenzperiode 1993 - 2016 (Quelle: Agrarmeteorologie Bayern 2017).



## **2.2 Die Böden und ihre Ausgangsgesteine**

Die Kenntnis über die natürlich vorkommenden Bodentypen und ihr Ausgangsmaterial ist für die Beurteilung des Ausmaßes der anthropogenen Boden- und Landschaftsveränderung von besonderer Bedeutung.

Im Rahmen von Voruntersuchungen, die in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie und der Professur für Physische Geographie und Bodenkunde durchgeführt wurden konnte man für die Untersuchungsgebiete davon ausgehen, dass neben den Verwitterungsprodukten der anstehenden Gesteine auch periglaziale Deckschichten ein wichtiges Ausgangsmaterial für die Bodenbildung darstellen. Die anstehenden Keupergesteine mit ihren jeweiligen geochemischen Eigenschaften und Verwitterungsbedingungen bilden zwar das Ausgangsgestein, aber für die Bodenbildung sind die periglazialen Deckschichten des Pleistozäns maßgebend (vgl. DIEMER 1995, OSTERMEIER 2012). Die ökologischen Eigenschaften der Böden der deutschen Mittelgebirgsregionen sind mehr auf die Substrateigenschaften der periglaziären Lagen und Kolluvien als auf die pedogenen Prozesse zurückzuführen (SEMMELE & TERHORST 2010, TERHORST ET AL. 2017). Der Skelettgehalt, die Bodenart und die nutzbare Feldkapazität sind Standorteigenschaften, welche hauptsächlich durch die Eigenschaften der Substrate bestimmt und durch die Bodenbildung lediglich modifiziert werden (BOLDT & KEMPF 2002, SAUER 2002, FRANKENBERGER 2011, TERHORST ET AL. 2017).

### **2.2.1 Periglaziäre Lagen**

Das anstehende Gestein spielt für die Bodenbildung in Mittelgebirgsregionen, zu denen auch Steigerwald und Frankenhöhe zählen, nur eine untergeordnete Rolle (SEMMELE & TERHORST 2010). Die Basis für die Bodenbildung in diesen Gebieten stellen im Wesentlichen die periglaziären Lagen dar. Aus diesem Grund erfolgt an dieser Stelle die Erläuterung des Konzepts der periglaziären Lagen.

Das anstehende Gestein der deutschen Mittelgebirge ist fast flächendeckend von periglaziären Lagen überdeckt (SEMMELE 1968, SAUER 2004). In diesen Lagen und zumeist nicht direkt im anstehenden Gestein findet die holozäne Bodenentwicklung statt. Diese, auch als Deckschichten bezeichneten Lagen, steuern somit maßgeblich die Verbreitung von Bodentypen, die Bodeneigenschaften und haben zudem Einfluss auf die ökologischen

Bedingungen eines Naturraums, da die Pedogenese u. a. eine Funktion ihres Ausgangsmaterials ist (SEMMELE & TERHORST 2010). Frostschuttbildung, Kryoturbation, Gelifluktion, Abspülung sowie Einmischung äolischen Materials und weitere Prozesse, welche im Verlauf der pleistozänen Kaltzeiten unter periglazialen Bedingungen in nicht vergletscherten Gebieten abliefen, führten zur Bildung der Lagen. Die genannten Prozesse liefen teils nebeneinander, teils nacheinander in häufigem Wechsel ab (SAUER 2002, 2004). Nach einer langen Forschungsgeschichte, welche die Entstehung der periglazialen Lagen klärte, entwickelte man in der Mitte des 20. Jahrhunderts erste Konzepte zu ihrer Gliederung und Klassifizierung (PFEIFFER 2002). Die Arbeiten von SCHILLING & WIEFEL (1962) und SEMMEL (1968) waren aus heutiger Sicht richtungsweisend für die Entwicklung eines allgemeinen Konzeptes zur Klassifizierung der periglazialen Deckschichten (PFEIFFER 2002). Durch ihre große Bedeutung für die heutigen Böden wurden die damals noch unterschiedlichen Bezeichnungen der einzelnen Schichten durch den ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DBG zusammengeführt und unter dem Begriff „Lagen“ in die bodenkundliche Kartieranleitung (KA) aufgenommen (ALTERMANN ET AL. 2008). In der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5) der AG BODEN 2005 ist somit die aktuell wichtigste Grundlage für die Ansprache der periglaziären Lagen festgehalten (TERHORST ET AL. 2017). In dieser Neufassung der Systematik wurde eine mehrgliedrige Abfolge entwickelt (SCHOLTEN 2003), welche eine generelle Differenzierung der periglaziären Lagen in Basis-, Haupt-, Mittel- und Oberlagen vornimmt. Die vier Lagen unterscheiden sich in ihrer Materialzusammensetzung und in ihrem Alter (AD-HOC AG BODEN 2005). Eine komplette vertikale Abfolge von Basislage über Mittellage und Hauptlage zur Oberlage ist im Gelände nur selten auffindbar. An vielen Standorten wurde beispielweise die Hauptlage durch erosive Prozesse abgetragen. Dennoch lassen sich die meisten Befunde auf diesen Aufbau zurückführen (SCHOLTEN 2003).

### *Basislage (LB)*

Die Basislage folgt über dem von der Lagenbildung unbeeinflussten Gestein und ist in den Mittelgebirgen nahezu flächendeckend verbreitet (SAUER & FELIX-HENNINGSEN 2006, TERHORST ET AL. 2017). Sie enthält fast ausschließlich Material der im Liegenden bzw. hangaufwärts anstehenden geologischen Schichten. Bei anstehendem Festgestein bestehen sie größtenteils aus durch kryoklastische Verwitterung entstandenen Frostschutt. Stehen Ton- und Mergelsteine im Untergrund an, sind die Lagen häufig skelettarm und tonig ausgebildet (BIBUS ET AL. 1991, SAUER 2004). Basislagen bildeten sich vor einer später

einsetzenden Lössakkumulation, da sie nahezu kein äolisches Fremdmaterial enthalten (SEMMELE & TERHORST 2010). Da sich die Basislagen hauptsächlich aus dem kryoklastisch beanspruchten autochthonen Material des anstehenden Gesteins zusammensetzen, muss laut SAUER (2004) vor der Lagenbildung eine intensive Erosion älterer Sedimente und Böden stattgefunden haben. Eine entstandene Basislage konnte im Lauf der Zeit mehrmals solifluidal überprägt werden. Je nach Relief führte dies dazu, dass man heute zwei oder mehrere Basislagen übereinander vorfindet. Beispielsweise wurden im Bereich von Unterhängen oder Hangverflachungen ältere Basislagen aufgrund des geringen Hanggefälles in einer folgenden Solifluktuationsphase nicht reaktiviert und durch eine jüngere Basislage überlagert. Auch konnte eine schneller fließende Lage in einem Steilhang eine langsamer fließende Basislage im Unterhang überwandern (SAUER 2002, 2004). Zusammenfassend ist die Basislage die unterste und somit älteste Lage, die aus dicht gepacktem Frostschuttmaterial des umgebenden Hanges besteht und frei von Fremdmaterial, wie zum Beispiel Löss, ist (KLEBER 1997, TERHORST ET AL. 2017).

#### Mittellage (LM)

In erosionsgeschützten Positionen, wie zum Beispiel Hangverflachungen, konkaven Hangbereichen und Unterhängen, ist die Mittellage zwischen Hauptlage und Basislage als zusätzliche Lage erhalten (SAUER 2002, TERHORST ET AL. 2017). Die Mittellage enthält immer eine äolische Komponente, in Form von Löss. Eine wichtige Voraussetzung für eine Phase der Lössakkumulation ist eine trocken-kalte Klimaperiode. In diesen Phasen läuft zwar der Prozess der Gelisolifluktion auch in geringer Intensität ab, beschränkt sich aber meist auf den Zeitraum erhöhten Wasserangebots, wie zum Beispiel der Schneeschmelze (SAUER 2004). Finden sich an der Basis Bereiche von steinfreiem Löss, weist dies auf einen kompletten Stillstand der Gelifluktuationsprozesse hin (SEMMELE 1968). In darauffolgenden feuchteren Klimaperioden setzte der Prozess der Gelisolifluktion wieder ein und so wurde der akkumulierte Löss mit dem oberen Material der Basislage vermischt und hangabwärts verlagert. Bei einer großen Mächtigkeit der Lössakkumulation wurde die Basis nicht durch die Gelifluktion erfasst, dadurch konnte sich in diesen Bereichen steinfreier Löss erhalten (SEMMELE 1968, SAUER 2004, DÖHLER ET AL. 2017). Bei sehr geringem Eintrag an äolischem Material kam es überwiegend zur Aufarbeitung und Vermischung mit skelettreichem Basislagenmaterial (FRÜHAUF 1990, DÖHLER ET AL. 2017). Durch die unterschiedlichen Bildungsvoraussetzungen und -prozesse lassen sich skelettreiche und

skelettarme Mittellagen unterscheiden (VÖLKELE 1995). Zusammenfassend bestehen Mittellagen hauptsächlich aus einer deutlichen Löss- oder Lösslehmkomponente in Kombination mit Material aus dem oberen Bereich der Basislage (SEMMELE 1968). Zusätzlich kann die Mittellage ältere Bodensedimente enthalten (TERHORST & FELIX-HENNINGSSEN 2010, MÜLLER 2011). Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal im Vergleich zu Basis- und Hauptlage ist der relativ hohe Schluffgehalt. Wie bei den Basislagen können durch mehrfache Aufarbeitung und Umlagerung verschieden alte Mittellagen auftreten (AD-HOC AG BODEN 2005, DÖHLER ET AL. 2015, DÖHLER ET AL. 2017).

### Hauptlage (LH)

Als Hauptlage wird die nach oben folgende Deckschicht über der Basislage und der eventuell vorhandenen Mittellage bezeichnet. Die Hauptlage tritt in den deutschen Mittelgebirgen nahezu flächendeckend auf und setzt sich hauptsächlich aus äolischen Komponenten und autochthonen Gesteinsfragmenten zusammen (SEMMELE & TERHORST 2010). Meist sind die Hauptlagen lössärmer und skelettreicher als die Mittellagen, wobei der untere Bereich häufig einen höheren Skelettgehalt aufweist als der oberste Abschnitt (SAUER 2004). Auffällig ist das Auftreten von Steinsohlen an der Basis der Hauptlage. Diese Steine stammen nach SAUER (2004) aus der Basislage der hangaufwärts befindlichen Position, wo die Hauptlage direkt die Basislage überwanderte und das Material durch Gelifluktion mitführte. An den tieferen Reliefpositionen kam es zur Ablagerung über der Mittellage. Durch die konstante Verbreitung und Mächtigkeit der Hauptlagen von 30 bis 50 cm geht SEMMELE (1968) davon aus, dass zur Zeit der Hauptlagenbildung keine echte Lössneubildung mehr stattfand. Das Material der Hauptlagen enthält vielmehr umgelagertes Basislagen- und Mittellagenmaterial sowie Material welches überwiegend sekundär und über kurze Entfernungen äolisch umgelagert wurde (SEMMELE 1968, FRÜHAUF 1990). Ein weiteres Hauptmerkmal der Hauptlagen ist das Auftreten der Schwerminerale des Laacher-Bimstuffs, welche sich bei der Eruption des Laacher Seevulkans über weite Teile Mitteleuropas verteilten (SEMMELE & TERHORST 2010). Da die Eruption vor ca. 11.000 v. Chr. stattfand, ist eine zeitliche Einordnung der Hauptlagengenesse sehr gut möglich. Durch die Bildung der Hauptlage wurde die Mittellage meist komplett eingearbeitet. Nur in geschützten Reliefpositionen, wo die Mittellagen sehr mächtig waren und ihre Untergrenze während der Hauptlagengenesse unter der sommerlichen Auftauschicht lag, konnte sie überdauern (SAUER 2004). Durch den zunehmenden menschlichen Einfluss im

Verlauf des Holozäns wurde die Hauptlage in vielen Gebieten in ihrer Eigenschaft und Mächtigkeit verändert (SAUER 2002, SEMMEL & TERHORST 2010).

### Oberlage (LO)

Die Oberlage findet man heute sehr selten, da sie auf exponierte Geländebereiche und auf Gebiete mit widerstandsfähigen Gesteinen beschränkt ist. Sie besteht aus stark schuttreichem und grobem Sediment und überdeckt die Hauptlage (AD-HOC AG BODEN 2005).

### **2.2.2 Böden**

Ausgehend von der geologischen Situation der Schichtstufe im Untersuchungsgebiet sind saure Braunerden auf Sandstein und Pelosol-Braunerden auf tonig-schluffigem Ausgangsgestein die am häufigsten vorkommenden natürlichen Bodentypen (BOLDT & KEMPF 2002, FRANKENBERGER 2011). So zeigt sich in der Arbeit von MÜLLER (2011) auf einer Steigerwaldhochfläche eine saure Braunerde auf Burgsandstein. In diesem Profil zeigen sich periglaziale Lagen in Form einer Hauptlage über einer Basislage. In einem weiteren Profil, welches sich in einer Unterhangposition befindet, entwickelte sich ein Braunerde-Pelosol in dem Hauptlage und Basislage deutlich erkennbar sind (MÜLLER 2011).

Betrachtet man jetzt das Prinzip der periglazialen Lagen und berücksichtigt die Arbeiten von BOLDT & KEMPF (2002) und MÜLLER (2011), würde man bei den Böden auf dem Plateau des Bullenheimer Berges Braunerden aus Hauptlage über Basislage erwarten. Bei den ton- und schluffreichen Ausgangsgesteinen im Bereich der Windsheimer Bucht sind Braunerden-Pelosole aus Hauptlage über Basislage zu erwarten. In Bereichen mit Lössablagerungen sind Parabraunerden der zu erwartende Bodentyp.

Neben den schon erwähnten Bodentypen können zusätzlich Rendzinen, Gleye, Pseudogleye und reine Pelosole (EMMERT 1969) vorkommen. Durch das tonreiche Ausgangsmaterial des Gipskeupers sind reine Pelosole nicht auszuschließen. Die Pelosole zeichnen sich häufig durch ihre dunkle, fast schwarze Färbung aus, welche durch einen tiefreichenden Humuseintrag verursacht werden kann. Anhand von Trockenrissen kann humoses Material bis in tiefere Horizonte vordringen. Durch die folgende Wiederbefeuchtung wird es mit dem Unterboden vermischt. Der Bodentyp ist trotz seiner Neigung zur Austrocknung und der schweren Bearbeitbarkeit ein fruchtbarer Boden

([www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de)). Durch den hohen Tongehalt können Pelosole sehr gut das Niederschlagswasser speichern, neigen aber schnell zur Vernässung. In trockenen, niederschlagsarmen Perioden führt die Austrocknung zu einer extremen Härte des Bodens, was in Folge für eine Bearbeitung schlecht ist. Es bleiben häufig nur kurze Zeiträume, in denen man den Boden optimal bearbeiten kann. Aus diesem Grund werden diese Böden auch als „Minutenböden“ bezeichnet ([www.bzfe.de](http://www.bzfe.de)).

In den anthropogen genutzten Gebieten ist mit Erosions- und Akkumulationsstadien der hier genannten Böden zu rechnen.

## **3. Die Untersuchungsgebiete**

### **3.1 Bullenheimer Berg**

#### **3.1.1 Naturräumliche Einordnung und geomorphologische Verhältnisse**

Der Untersuchungsstandort Bullenheimer Berg liegt ca. 30 km südöstlich von Würzburg, am südwestlichen Rand des Steigerwaldmassivs (FALKENSTEIN ET AL. 2011) und erstreckt sich über die Dorfmark Seinsheim (Landkreis Kitzingen, Unterfranken) sowie die Dorfmark Bullenheim (Gem. Ippesheim, Landkreis Neustadt a. d. Aisch-Bad Windsheim, Mittelfranken).

Der Bullenheimer Berg ist der westlichste Ausläufer des Steigerwaldmassivs (vgl. KLEINPFEUFER 2012), welches zur Keuperschichtstufe gehört (vgl. HERRMANN & WERNER 1981), und als Zeugenberg hervor (vgl. REIMANN 2012). Die maximale Höhe liegt bei 456 m ü. NN, so dass der Berg sein Umland um ca. 160 m überragt (OSTERMEIER 2012). Die Gesamtfläche des Gipfelplateaus beträgt ca. 30,5 ha und die Hänge fallen steil zu allen Seiten ab (FALKENSTEIN ET AL. 2011). Einzelne Hangbereiche sind, bedingt durch die geologische Situation, wesentlich steiler als andere. Hierzu zählen die obersten Abschnitte, was dazu führt, dass die Kanten des Plateaus sehr deutlich ausgebildet sind. Die Nord-Süd-Ausdehnung beträgt 1200 m. Die Ost-West-Ausdehnung ist sehr unregelmäßig und beträgt an der breitesten Stelle 400 m und an der schmalsten Stelle 180 m. Das Bergplateau ist sehr ungleichmäßig ausgebildet und fällt leicht nach Osten ab. Im Norden, Süden und Westen des Bergrückens befinden sich die fruchtbaren Gebiete des Ochsenfurter-, Gollach- und Uffenheimer Gaues (DIEMER 1995).

#### **3.1.2 Geologie des Bullenheimer Berges**

Der Bullenheimer Berg baut sich aus den Gesteinen des Keupers auf (Abb. 5). Homogene Tonsteinserien, zentimeterdünne Karbonatbänke und Sandsteinfolgen aus Lettenkeuper, Gipskeuper und Sandsteinkeuper bilden die Gesteinsabfolge (REIMANN 2012). Die Basis des Bullenheimer Berges besteht aus den zwei obersten Schichten des Unteren Keupers. Die feinsandigen Mergeltone des gesamten Schichtpaketes werden in Franken als Letten

bezeichnet und sind so namensgebend für den Lettenkeuper (vgl. MÜLLER 1996, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002). Die Oberen Tonstein-Gelbkalkschichten (ku2) bestehen aus einem bunten Wechsel der verschiedenen Gesteine (HAUNSCHILD 1976). Die Schichten setzen sich aus Tonstein-, Sandstein- und Dolomitsteinlagen zusammen (FREUDENBERGER & SCHWERD 1996). Der Grenzdolomit (kuD) schließt den Unteren Keuper nach oben hin ab. Der Schichtverbund besteht aus Gelb- und Braunkalken, grauen Dolomitsteinen sowie dolomitischen Kalksteinen (vgl. HAUNSCHILD 1976, GEYER 2002, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002). Hauptsächlich baut sich der Bullenheimer Berg aber aus dem unteren Mittelkeuper, welcher auch als Gipskeuper bezeichnet wird, auf (REIMANN 2012). Die Bezeichnung Gipskeuper weist auf zahlreiche, mächtige, aber nur an der Basis vorhandene Gips- und Anhydritlager hin (GEYER 2002). Die Wechselfolge aus Tonstein, Siltstein und Sandstein ist etwa 180 Meter mächtig und verleiht dem Berg seine typisch stufige Form (vgl. REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002, REIMANN 2012). Die Basis des Gipskeupers bilden die Grundgipsschichten (kmMuy) (GEYER 2002). Die sich anschließenden Myophorienschichten (kmM) bilden den flach ansteigenden Bergfuß. Das Schichtpaket wird durch die Bleiglanzbank (Pb) in Untere Myophorienschichten und Obere Myophorienschichten geteilt (GEYER 2002). Die Schichten setzen sich in der Regel aus schiefrigen bis blockigen, schluffigen Tonmergelsteinen zusammen, die grau, graugrün, graubraun, rot bis violett gefärbt sind. Die Bleiglanzbank ist eine blaugraue, harte, dichte bis poröse, dolomitisch-kalkige Bank. Trotz ihrer geringen Mächtigkeit bildet diese Bank im Gelände eine markante Verebnungsfläche über den Unteren Myophorienschichten (kmMu) (vgl. HAUNSCHILD 1976, GEYER 2002, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002). Der folgende Acrodus-Corbula-Horizont (AC) ist etwa 2 m mächtig und enthält 2 bis 3 Steinmergellagen. Dieser Horizont bildet, wie schon die Bleiglanzbank, eine Verebnung im Gelände. Die aus dolomithaltigen, tonigen Siltsteinen bestehenden Estherienschichten (kmE) folgen im Hangenden. Das Schichtpaket wird in Untere bunte, Mittlere graue und Obere bunte Estherienschichten gegliedert. Die Estherienschichten wie auch die Myophorienschichten haben eine recht geringe Verwitterungsbeständigkeit und treten morphologisch daher als Verflachung in Erscheinung (HAUNSCHILD 1976, GEYER 2002). Über den Estherienschichten schließt sich der Schilfsandstein (kmS) mit einer Mächtigkeit von ca. 15 m (REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002) an. Er umläuft den Bullenheimer Berg als typische Terrassentreppe und bildet hauptsächlich an der Westseite und Nordseite auffallende Geländeknicke (HAUNSCHILD 1976). Der Schilfsandsteinkomplex besteht



überwiegend aus feinkörnigen gelbgrünen Sandsteinen (FREUDENBERGER & SCHWERD 1996) mit dazwischen lagernden Tonsiltsteinen über den Sandsteinkörpern (GEYER 2002).

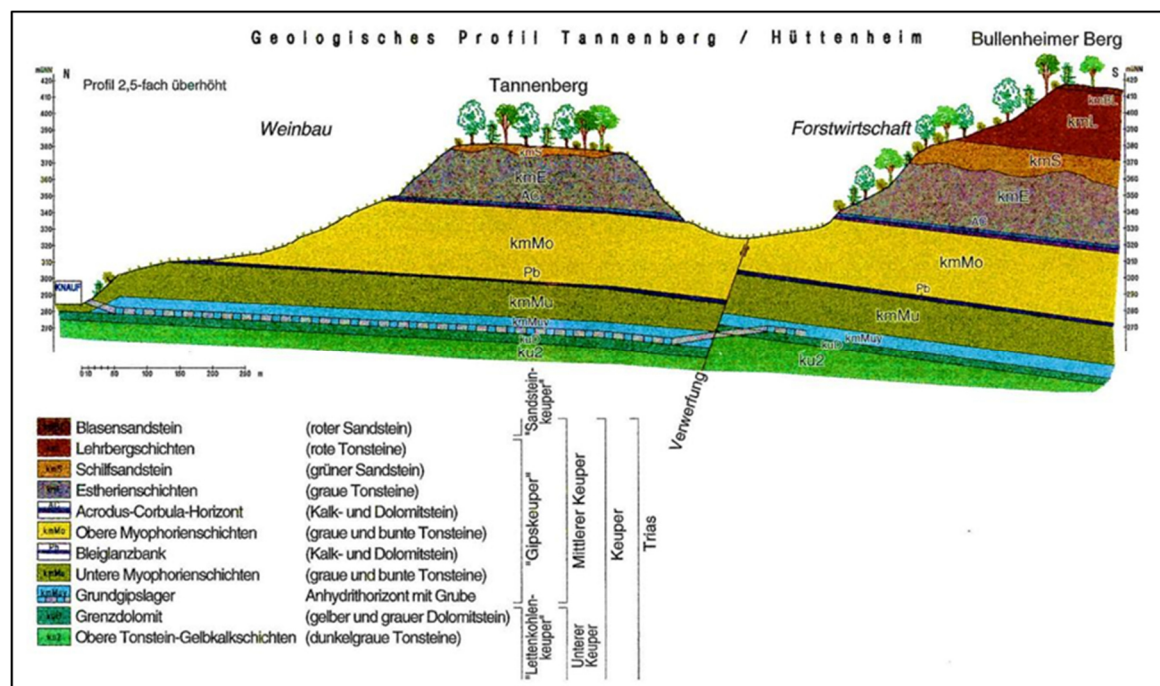


Abbildung 5: Der geologische Aufbau des Bullenheimer Berges und des Tannberges (Quelle: REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002)

In den Aufschlüssen am Bullenheimer Berg kann der Schilfsandstein in dünnplattiger und dickbankiger Ausbildung betrachtet werden. Die Lehrbergschichten (kmL) mit einer Schichtmächtigkeit von 35-40 m (HAUNSCHILD 1976, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002) folgen über dem Schilfsandstein. Es handelt sich um eine rote und graugrüne Ton- und Tonmergelsteinserie. Dazwischen finden sich mehrere Steinmergelbänke, die sogenannten Lehrbergbänke. Der Komplex der Lehrbergschichten bildet eine weitere konkave Hangform (FREUDENBERGER & SCHWERD 1996, GEYER 2002, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002) und den Abschluss des Gipskeupers. Der Blasensandstein ist die unterste Schicht des Sandsteinkeupers und Plateaubildner am Bullenheimer Berg. Die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt 5 bis 10 m (HAUNSCHILD 1976). Die Basis wird von einer weißlichen harten Sandsteinbank mit braunroten und olivgrünen Tonsiltsteinen gebildet. Die braunroten Tonsiltsteine lassen sich nur schwer von den Lehrbergschichten unterscheiden (HAUNSCHILD 1976, GEYER 2002). Die Sandsteine setzen sich aus mittel- bis grobkörnigen Sanden zusammen und sind unregelmäßig dünn- bis dickbankig ausgebildet. Sie enthalten häufig Toneinlagerungen, welche bei Verwitterung blasenförmige Hohlräume

zurücklassen, diese sind namensgebend für den Blasensandstein (HAUNSCHILD 1976, FREUDENBERGER & SCHWERD 1996, GEYER 2002, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002).

### **3.1.3 Archäologische Forschungen**

Der Bullenheimer Berg ist eines der bekanntesten archäologischen Denkmäler in Franken. Trotz seiner Bedeutung für die Archäologie ist die Forschungsgeschichte relativ kurz. Erst im Jahr 1973 entdeckte B.-U. Abels, Mitarbeiter des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege (BLfD), im Rahmen einer Inventarisierung archäologischer Geländedenkmäler die gut erhaltenen Wallanlagen, welche das Hochplateau vollständig umgeben (KLEIN-PFEUFFER 2012). Im Jahr 1974 wurde das Bergplateau im Rahmen dieser Maßnahme topographisch kartiert und ein Gesamtplan erstellt (DIEMER 1995). Im Jahr 1975 veröffentlichte Abels eine erste Beschreibung des Bodendenkmals Bullenheimer Berg. Hierdurch erlangte der Berg überregionale Bekanntheit und zog seither vermehrt Hobbysammler und Sondengänger an. Aufgrund dieser Begehungen und Sammelaktivitäten wurden in den Jahren von 1978 bis 1981 viele Funde, auch Metallfunde, unfachmännisch geborgen und erst verspätet dem BLfD gemeldet. Durch die unsachgemäße Bergung der Funde zerstörte man die Verknüpfung zwischen Fund und Bodenbefund. So gingen wichtige Informationen unwiederbringlich verloren (vgl. DIEMER 1995, FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). In Folge der Raubgrabungen verständigte sich das BLfD mit bekannten Sondengängern auf eine Zusammenarbeit. So konnte 1981, in Kooperation mit einem amerikanischen Sondengänger und dem Institut für Vor- und Frühgeschichte der Universität Würzburg, der Depotfund 11 fachgerecht geborgen werden. Nachdem die Universität bei den Ausgrabungen beteiligt war, wuchs das Interesse des damaligen Institutsvorstandes Prof. Dr. Walter Janssen an Forschungsgrabungen auf dem Bullenheimer Berg (KLEIN-PFEUFFER 2012). So wurde schon im September 1981 eine erste Sondierungsgrabung in Zusammenarbeit mit dem BLfD durchgeführt und eine weitere Grabungskampagne schloss sich 1983 an. An dieser Grabung war Georg Diemer maßgeblich beteiligt und untersuchte mehrere Wallschnitte und Flächengrabungen. Durch die Untersuchungen der Wallschnitte gelang es Diemer, fünf Befestigungsphasen im Südwesten des Bergplateaus zu rekonstruieren (DIEMER 1995, KLEIN-PFEUFFER 2012). Diese Erkenntnis schrieb Georg Diemer in seiner Dissertation im Jahr 1987 unter dem Titel „Der Bullenheimer Berg und seine Stellung im Siedlungsgefüge der Urnenfelderkultur

Mainfrankens“ nieder. Durch den Unfalltod Diemers 1988 wurde die Arbeit erst 1995 posthum veröffentlicht. Im Jahr 1989 folgte eine weitere Ausgrabung im Inneren des Plateaus (vgl. KLEIN-PFEUFFER 2012, FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). In den Folgejahren ruhten die archäologischen Arbeiten auf dem Bullenheimer Berg. Seit dem 2010, über 20 Jahre nach der letzten Grabungskampagne, fanden wieder wissenschaftliche Feldforschungen am Bullenheimer Berg statt. Diese wurden unter anderem im Rahmen des DFG-Projektes „Die bronze- und urnenfelderzeitliche Höhensiedlung auf dem Bullenheimer Berg, Bayern.“ vom Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie der Universität Würzburg durchgeführt (OSTERMEIER 2012). In Zusammenarbeit mit dem Archäologischen Netzwerk Kitzinger Land wurde durch eine Airborne-Laserscanning-Befliegung ein hochaufgelöstes digitales Geländemodell des Bullenheimer Berges, auf dessen Grundlage die neuen Feldforschungen basieren, erstellt. Seit dem Frühjahr 2010 finden regelmäßig mehrwöchige Grabungskampagnen auf dem Bullenheimer Berg statt (FALKENSTEIN ET AL. 2011). Seit dem Jahr 2013 werden die archäologischen Profile bodenkundlich untersucht.

#### **3.1.4 Besiedlungsgeschichte**

Im Rahmen archäologischer Grabungen und Felduntersuchungen könnte die Besiedlungsgeschichte des Bullenheimer Berges sehr gut rekonstruiert werden. Bei Ausgrabungskampagnen in den 1980er Jahren wurden Streufunde der Mittelsteinzeit (DIEMER 1995) entdeckt. Die Grabungen im Jahr 2010 brachten wiederum zahlreiche Artefakte (z.B. Feuersteine) hervor. Diese Funde zeugen von einer zeitweiligen Präsenz der nacheiszeitlichen Jäger und Sammler (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). Eine erste dauerhafte Besiedlung auf dem Plateau kann für die Zeit des Jungneolithikums, der Michelsberger Kultur, nachgewiesen werden (Tab. 1). Hier gibt es zahlreiche Keramikfunde, die sich hauptsächlich auf den Nordbereich konzentrieren (DIEMER 1995). Nach den Funden des Jungneolithikums treten erst wieder solche der bronzezeitlichen Epochen auf (Tab. 1). Dies weist auf eine Siedlungsunterbrechung von ca. 2.000 Jahren hin (FALKENSTEIN ET AL. 2016). Die Wallbefestigungsphasen 1 bis 4 stammen aus den bronzezeitlichen Perioden. Die hohe Fundkonzentration der mittelbronzezeitlichen Keramik im Bereich des Ringwalls, sowohl im nördlichen als auch im südlichen Bereich, deutet damit auf eine hauptsächliche Siedlungsaktivität hin. Die Innenfläche des Plateaus blieb wohl unbesiedelt. Auf die mittelbronzezeitliche Hügelgräberkultur folgte die

spätbronzezeitliche Urnenfelderkultur (WILBERTZ 1982). Für diese Zeit ist der massive Ausbau der Befestigungsanlage (Phase 2) nachgewiesen. Die Verstärkung der Befestigungsanlage deutet auf die Entwicklung einer größeren Siedlung von großer Bedeutung hin. Das Ausbleiben von Funden der frühen bis mittleren Urnenfelderzeit zeigt, dass die erste größere Siedlung ca. 1.200 Jahre v. Chr. (Tab. 1) wüst fiel. Das Aufgeben von Höhensiedlungen zu dieser Zeit ist aus ganz Mitteleuropa bekannt (DIEMER 1995, FALKENSTEIN ET AL. 2011). Nach einer Siedlungsunterbrechung von ca. 200 Jahren wurde der Bullenheimer Berg in der jüngeren bis späten Urnenfelderzeit wieder stark besiedelt. Hiervon zeugen enorme Mengen an Keramikscherben. Die Klimaeveränderung in der Mitte des 11. Jh. v. Chr. spielte hierbei eine wichtige Rolle. Die Erweiterung der Befestigungsanlagen (Phase 4 nach DIEMER 1995) zur Zeit der späten Urnenfelderkultur und die große Menge an Keramikfunden, welche über das gesamte Bergplateau verteilt sind, zeigen dass der Höhepunkt der Besiedlung des Bullenheimer Berges im 9. Jh. v. Chr. war (Tab. 1). Aus dieser Zeit stammen Terrassierungen im Randbereich der Plateaufläche, auf denen Wohnbebauung nachgewiesen ist (SCHUSSMANN 2016). Und alle bisher datierten metallischen Depotfunde (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). Am Ende der späten Urnenfelderzeit kommt es zur wiederholten Aufgabe der Höhensiedlung, was wiederum auf alle Höhensiedlungen in Süddeutschland zutrifft. Ursachen und Hintergründe sind bis heute nicht bekannt (DIEMER 1995). Nach dem Ende der urnenfelderzeitlichen Besiedlung folgte eine längere Siedlungspause von ca. 350 Jahren (Tab. 1). Erst für die Latènezeit (450 bis 0 v. Chr.) konnte wieder eine Siedlungsphase nachgewiesen werden (Tab. 1). Die wenigen Funde zeugen von einer eher sporadischen Besiedlung zu dieser Zeit. Es folgt eine weitere Siedlungsunterbrechung deren Ende durch Funde der späten römischen Kaiserzeit und der frühen Völkerwanderungszeit belegt ist (SCHULZ & FALKENSTEIN 2016). Auch in dieser Zeit ist von einer zeitweiligen Besiedlung auszugehen (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). Weitere Siedlungsspuren gibt es aus dem Früh-, Hoch- und Spätmittelalter. Aus der Zeit des Hochmittelalters stammt der Burgstall auf dem westlichen Sporn. Vermutlich stehen die Rodung des Plateaus und die mittelalterlichen Wölbackerfluren im Zusammenhang mit dem Bau des Burgstalls. Seit der Mitte des 15. Jh. ist eine Niederwaldwirtschaft auf dem Bergplateau urkundlich belegt (vgl. DIEMER 1995, FALKENSTEIN & NOMAYO 2012).

Tabelle 1: nachgewiesene Siedlungsperioden auf dem Bullenheimer Berg (nach FALKENSTEIN & NOMAYO 2012)

<b>Siedlungsperioden auf dem Bullenheimer Berg</b>		
<b>Periode</b>	<b>Kultur</b>	<b>Zeitstellung</b>
Frühmittelalter	Merowinger	650-750 n. Chr.
Siedlungsunterbrechung		
Späte röm. Kaiserzeit	Germanen	300-400 n. Chr.
Siedlungsunterbrechung		
Latènezeit	Kelten/Germanen	450-0 v. Chr.
Siedlungsunterbrechung		
Spätbronzezeit	späte Urnenfelderkultur	900-800 v. Chr.
Spätbronzezeit	jüngere Urnenfelderkultur	1.050-900 v. Chr.
Siedlungsunterbrechung		
Spätbronzezeit	frühe Urnenfelderkultur	1.300-1.200 v. Chr.
Mittelbronzezeit	Hügelgräberkultur	1.600-1.300 v. Chr.
Frühbronzezeit		um 1.600 v. Chr.
Siedlungsunterbrechung		
Jungneolithikum	Michelsberger Kultur	4.400-3.600 v. Chr.

## 3.2 Die Windsheimer Bucht

### 3.2.1 Naturräumliche Einordnung

Die ausgewählten Untersuchungsstandorte Ergersheim und Marktbergel befinden sich im Landkreis Neustadt a. d. Aisch-Bad Windsheim (Abb. 6). Der Landkreis liegt im nordwestlichen Teil des Regierungsbezirks Mittelfranken und wird durch den Landschaftswechsel zwischen der Mainfränkischen Platte und dem Fränkischen Keuper-Lias-Land geprägt (HONIG 2008).

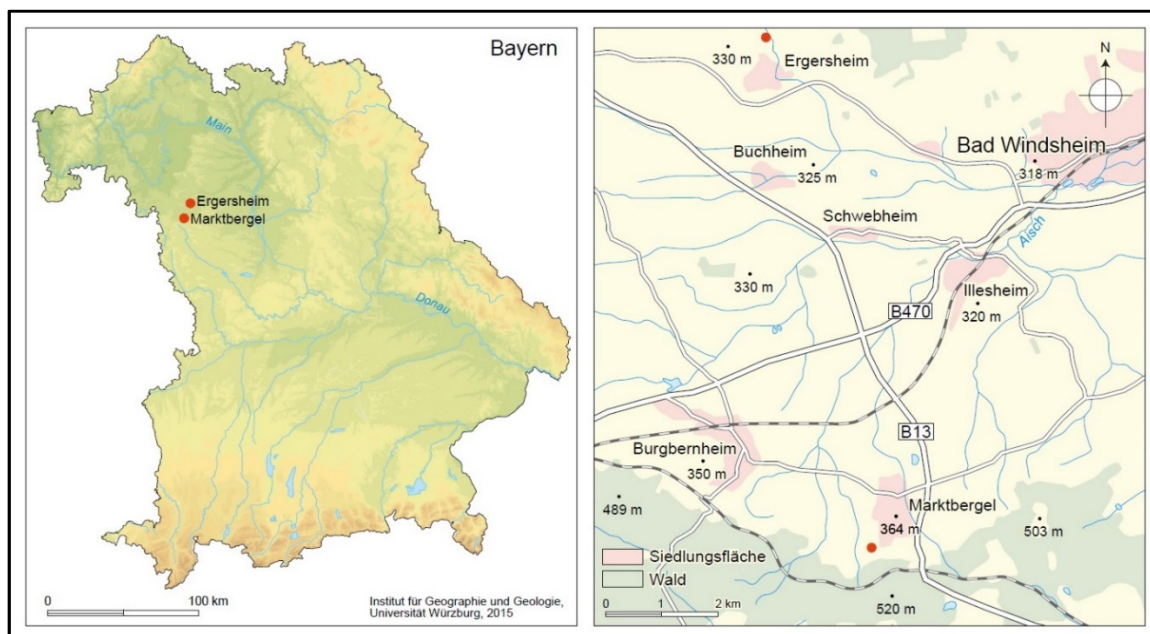


Abbildung 6: Lage der Untersuchungsgebiete von Marktbergel und Ergersheim in Bayern (verändert nach KRECH ET AL. 2017)

Die beiden Untersuchungsstandorte Ergersheim und Marktbergel liegen im Bereich der Windsheimer Bucht (Abb. 1). Die Bucht trennt den Steigerwald im Norden von der Frankenhöhe im Süden. Die Region zählt naturräumlich gesehen zum Mittelfränkischen Keuperbecken (HONIG 2008). Der Untersuchungsstandort nördlich der Ortschaft Ergersheim befindet sich am nordöstlichen Rand der Windsheimer Bucht (ULLRICH 2008) und somit auch am südlichen Ausläufer des Steigerwaldes und wird von einer Reihe Zeugenbergen der Keuperschichtstufe (z.B. Dachsberg, Eulenberg und Schimmelbuck) umgeben. Marktbergel befindet sich weiter südlich an der B13, unmittelbar am Fuße der Erhebung zur Frankenhöhe. Die Frankenhöhe gehört ebenfalls zur Keuperschichtstufe und

bildet die Fortsetzung vom Steigerwald nach Süden (SCHMIDT-KALER 2003). Die bewaldete, bis ca. 500 m ü. NN reichende Schichtstufe der Frankenhöhe prägt das Landschaftsbild (SPONHOLZ 2011). Die Hochfläche fällt allmählich nach Osten hin in das Mittelfränkische Becken ab (HONIG 2008). Das westliche Vorland der Schichtstufe hingegen wird von der intensiv genutzten Agrarlandschaft mit flachwelligem Relief in 320 bis 350 m ü. NN geprägt (BAUMHAUER ET AL. 1996). Die von weitem sichtbare Keuperstufe der Frankenhöhe bildet die Grenze zwischen dem landwirtschaftlich genutzten Gebiet und der Waldlandschaft (HAUNSCHILD 1969).

Eine Besonderheit dieses Gebietes sind die Karsterscheinungen in den Schichten des Gipskeupers. In Deutschland sind Gipskarstgebiete ein seltener Landschaftstyp, da Gips und Anhydrit nur selten an der Oberfläche oder knapp darunter anstehen (KEMPE 1998). Das bekannteste Gipskarstsystem in Deutschland gibt es im Südharz. Hier haben sich durch die Lösungsvorgänge in den Gipslagen des Zechsteinmeeres große Höhlen entwickelt (KLIMCHOUK ET AL. 1997, BÖHLING & STERNAGEL 2003). Ein weiteres Gipskarstgebiet befindet sich in Südwestdeutschland, im Bereich des Gipskeupers, am Rande der Keuperstufe des Süddeutschen Schichtstufenlandes. Dieses Gebiet ist längst nicht so bekannt wie die Karsterscheinungen des Südharzes, aber auch hier gibt es Hinweise auf Erdfälle und Einbrüche des Erdreichs in älteren Schriften (RATHGEBER 2007). Die Karsterscheinungen wurden bisher nicht näher untersucht. Erst HELLER widmete sich in seiner Arbeit „Geologische Untersuchungen im Bereich des Fränkischen Grundgipses“ aus dem Jahr 1930 der Karstforschung im Gipskeuper.

Durch den zunehmenden industriellen Gipsabbau in den fränkischen Regionen wie der Windsheimer Bucht, Lkr. Neustadt a. d. Aisch-Bad Windsheim und der Hellmitzheimer Bucht bzw. dem Raum um Iphofen, Lkr. Kitzingen wurden vermehrt auch verfüllte Karsthohlräume freigelegt (HONIG 2008). Die Entstehung dieser Hohlräume hängt häufig mit dem Kluftsystem in den Gipslagen zusammen. Das in den zerklüfteten Gipskörper versickernde Oberflächenwasser, aber auch Grundwasser, löst die im Gips enthaltenen Karbonate und Sulfate. Durch diese Lösungsvorgänge entstehen Dolinen, Höhlen oder andere Karstformen (vgl. EMMERT 1969, HAGDORN 2002, ULLRICH 2011). Alle Karsterscheinungen im Gipskeuper werden dem bedeckten Karst zugeordnet. Dies bedeutet, die Verkarstung findet unter einer Boden- und Vegetationsdecke statt. Die Verkarstung macht sich an der Oberfläche nur wenig bemerkbar, außer es kommt zu Deckeneinstürzen oder Erdfällen (HELLER 1930). Eine der häufigsten Karsterscheinungen im Gipskeuper sind die Dolinen. Nach der Art ihrer Entstehung unterscheidet man

Einsturzdolinen, Ponordolinen und Lösungsdolinen. Bei einer Einsturzdoline finden die Lösungsvorgänge unter einer nicht löslichen Deckschicht statt. Zu einem späteren Zeitpunkt stürzt diese Decke der unterirdischen Lösungshohlräume ein.

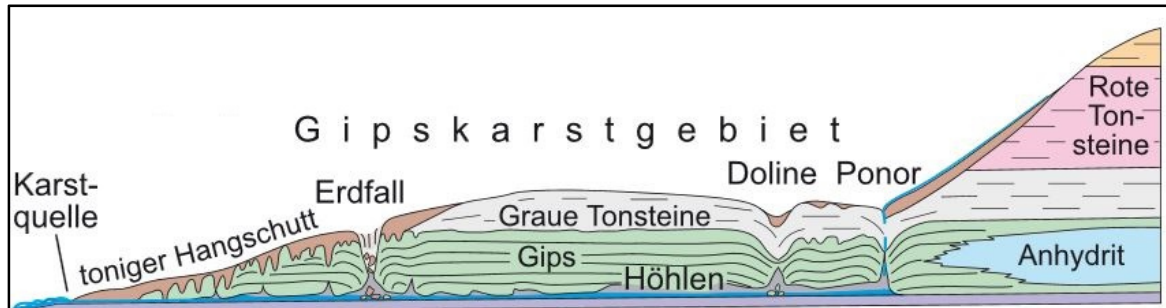


Abbildung 7: Verkarstung im Grundgipsbereich (Quelle: Geotope in Mittelfranken, verändert nach HERRMANN 1976)

An der Erdoberfläche bildet sich ein Loch mit einem relativ kleinen Durchmesser. Mit zunehmender Tiefe erweitert sich der Lösungshohlraum glockenförmig. Der Dolinentyp, welcher als Erdfalldolinen bezeichnet wird, ist sehr gefährlich, da er durch einen plötzlichen Erdfall, ohne vorherige Anzeichen entsteht.



Abbildung 8: rezente Doline von Marktbergel-West II (Aufnahme: R. Beigel 2013)



Eine Ponordoline bildet sich von oben nach unten durch abfließendes Oberflächenwasser. Karbonat- und Sulfatgesteine werden gelöst und durch unterirdische Klüfte abtransportiert. An der Erdoberfläche bildet sich ein Trichter, in welchem ein meist nur zeitweise fließender Wasserlauf verschwindet (Abb. 8). Bei einer Lösungsdoline kommt es zur allmählichen Auflösung des Tiefengesteins (Abb. 9) und einer gleichzeitigen Nachsackung der überlagernden Schichten. Ein solcher Vorgang kann über Jahrzehnte hinweg oder mehr ablaufen. An der Erdoberfläche zeigen sich meist nur muldenartige Vertiefungen in denen sich periodisch Wasserstellen bilden können. Kommt es im Untergrund zur großflächigen Auslaugung des Gipses so entstehen beckenförmige Subrosionssenken, sogenannte „Auslaugungstalfächen“. In diesen Senken bilden sich eventuell periodisch Seen oder Moore (HELLER 1930, EMMERT 1969). In der heutigen von der Landwirtschaft geprägten Landschaft sind diese muldenförmigen Karstformen nur noch schwach ausgeprägt (HONIG 2008, ULLRICH 2011). Wird aber durch den Gipsabbau die Deckschicht über dem Grundgips entfernt, zeigen sich auf den hellen Gipsplateaus dunkle kreisrunde bis elliptische Flecken (EMMERT 1969). Als man zunehmend vorgeschichtliche Siedlungszeiger in den verfüllten Dolinen fand, erkannte man die Bedeutung dieser Karstphänomene für die archäologische Forschung (ULLRICH 2008).

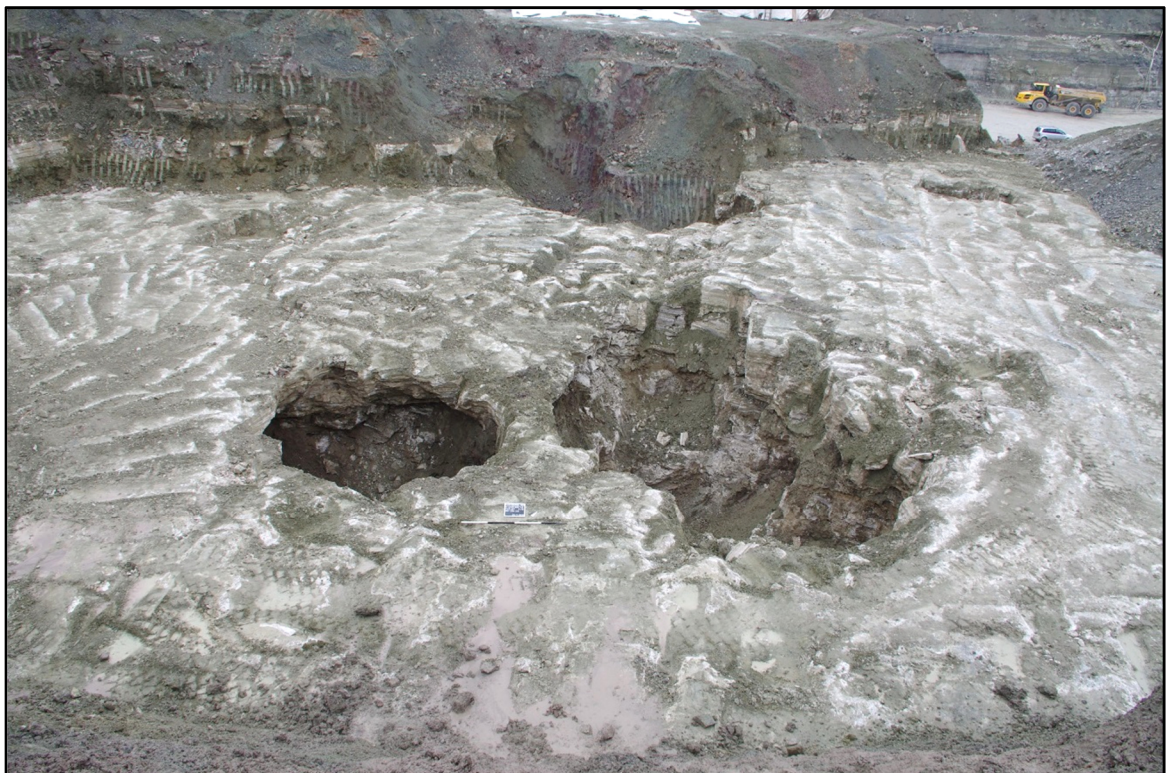


Abbildung 9: freigelegte Dolinen im Gipstagebau Marktbergel West II (Aufnahme: B. Kriens 2013)

### 3.2.2 Geologie der Windsheimer Bucht

Die Untersuchungsstandorte Ergersheim und Marktbergel befinden sich, wie der Bullenheimer Berg, aus geologischer Sicht im Bereich des Keupers. Auch hier bilden die Gesteinsabfolgen des Unteren (ku) und Mittleren Keupers (km) den geologischen Untergrund. Das flachwellige Relief vom Vorland der Schichtstufe und den Untergrund der Windsheimer Bucht bilden die Vorkommen der Gesteine des Unteren Keupers und die faziell abwechslungsreichen Myophorienschichten des Mittleren Keupers (SCHARFF 2008, SPONHOLZ 2011). Der Anstieg zur Schichtstufe und die Schichtstufe selbst sind aus Estherien- und Lehrbergschichten sowie den Sandsteinen des Mittleren Keupers aufgebaut. Durch die Einschaltung abtragungsresistender Gesteinslagen in der vorwiegend tonigen Gipskeuperabfolge bilden sich auffallende terrassenartige Verebnungen im Gelände (EMMERT 1969).

Am Standort Ergersheim stehen aufgrund der Lage am Rande der Windsheimer Bucht die geologischen Schichten der Oberen Tonstein-Gelbkalke (ku2) und der Grenzdolomit (kuD) an, welche dem Unteren Keuper zugeordnet werden. Die Oberen Tonstein-Gelbkalkschichten werden im Liegenden vom Werksandstein (kuW) und im Hangenden vom Grenzdolomit eingeschlossen. Die Mächtigkeit der Schichten variiert und ist von einem vielseitigen Wechsel der verschiedenartigsten Gesteine geprägt (HAUNSCHILD 1976). Hauptsächlich treten Tonstein-, Sandstein- und Dolomitsteinlagen hervor (FREUDENBERGER & SCHWERD 1996). Es handelt sich um einen mehrgliedrigen Schichtkomplex, zu dem die Albertibank, die Anthrakonitbank, der Anoplophora-Komplex, der Gelbkalkstein-Gelbmergelhorizont und die Schicht der Oberen Sandsteine zählen (HAUNSCHILD 1976). Den Abschluss des Unteren Keupers bildet als oberstes Schichtglied der Grenzdolomit (kuD) (vgl. GEYER 2002, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002). Insgesamt setzt sich die gesamte Gesteinsabfolge des Unteren Keupers aus feinkörnigen Sandsteinen, Kalk- und Dolomitsteinen und grauen Ton- und Mergelsteinen zusammen. Auf den höher gelegenen Flächen des Uffenheimer Gaus ist der Untere Keuper überwiegend von Löß- oder Lößlehm bedeckt (SCHARFF 2008).

Der Gipstagebau Marktbergel-West II befindet sich durch seine Lage am Fuße der Frankenhöhe im Bereich der Grundgipsschichten (kmMuy) und Myophorienschichten (kmM), welche dem unteren Teil des Mittleren Keupers zugeordnet werden. Die für den unteren Bereich des Mittleren Keupers gebräuchliche Bezeichnung Gipskeuper bezieht

sich auf die an der Basis vorhandenen mächtigen Gips- und Anhydritvorkommen (GEYER 2002, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002).

Die Grundgipsschichten (kmMuy) bilden die Basis des Gipskeupers und somit die Grenze zum Unteren Keuper (GEYER 2002). Im Bereich Marktbergel lagert der Grundgips unmittelbar auf dem Grenzdolomit des Unteren Keupers. Dadurch ist auch der Grenzdolomit teilweise vergipst (HAUNSCHILD 1969). Der basale Abschnitt des Grundgipses wird aufgrund seiner massigen, festen Ausbildung als Felsgips bezeichnet. Darüber folgt eine plattige, mit Tonschiefern durchsetzte Schichtfolge, welche als Plattengips bezeichnet wird (HAUNSCHILD 1969). Über dem Grundgips folgen die Myophorienschichten (kmM). Diese bilden im Gelände den flach ansteigenden Bergfuß. Die Mächtigkeit des Schichtpaketes beträgt im Bereich Marktbergel ca. 50 m und kann teilweise durch die Bleiglanzbank (Pb) in Untere Myophorienschichten und Obere Myophorienschichten eingeteilt werden (HAUNSCHILD 1969). Bunte, dunkelgraue, rotbraune und violett gefärbte Tonsteine sind charakteristisch für diese Schichten (GEYER 2002, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002).

Die sich südlich an das Untersuchungsgebiet anschließende Erhebung der Frankenhöhe baut sich aus einem Wechsel von verschiedenen Tonsteinschichten und Sandsteinen auf. Der über den Myophorienschichten folgende Acrodus-Corbula-Horizont (AC) besteht aus 2 bis 3 Steinmergellagen und kennzeichnet den Beginn der Estherienschichten (kmE). Die Estherienschichten (kmE) bestehen aus dolomithaltigen, tonigen Siltsteinen. Der Schilfsandstein (kmS), welcher eine markante Stufe bildet, schließt sich im Hangenden an (HAUNSCHILD 1969, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002). Der Komplex setzt sich hauptsächlich aus feinkörnigen, gelbgrünen Sandsteinen (FREUDENBERGER & SCHWERD 1996) mit dazwischen lagernden Tonsiltsteinen zusammen. Die Abfolge der Lehrbergschichten (kmL) folgt über dem Schilfsandstein. In den Lehrbergschichten treten teilweise mehrere Steinmergelbänke, die sogenannten Lehrbergbänke, auf. Die Lehrbergschichten bilden den Abschluss des unteren Mittelkeupers und somit des Gipskeupers. Der im Hangenden folgende Blasensandstein ist die unterste Schicht des oberen Mittelkeupers, welcher auch Sandsteinkeuper genannt wird. Der Blasensandstein bedeckt mit schwankender Mächtigkeit die Frankenhöhe und bildet somit das Plateau. Die Blasensandsteine sind unregelmäßig dünn- bis dickbankig ausgebildet und bestehen hauptsächlich aus mittel- bis grobkörnigen Sanden. Die in den Sandsteinen enthaltenen Toneinlagerungen lassen durch ihre Verwitterung blasenförmige Hohlräume zurück

(HAUNSCHILD 1969, REIMANN & SCHMIDT-KALER 2002, GEYER 2002). Diese blasenähnlichen Hohlräume sind namensgebend für den Blasensandstein.

### **3.2.3 Archäologische Forschungen**

Das Gebiet der Windsheimer Bucht ist als reiche vorgeschichtliche Fundregion bekannt. Im Rahmen von Bautätigkeiten aller Art kommen immer wieder archäologische Fundschichten zum Vorschein (NADLER & BREHM 1994, BEIGEL & VON HEYKING 2013). Die vorkommenden Gipskarstdolinen sind sehr gute Archive der früheren Siedlungstätigkeit. Im Jahr 1936 wurde der erste vorgeschichtliche Fund aus einem fränkischen Gipstagebau gemeldet. In den folgenden Jahrzehnten wurden weitere Einzelfunde an das BLfD gemeldet und kleinere Notgrabungen durch Mitarbeiter des Landesamtes durchgeführt (NADLER 1993).

Die archäologische Forschungsgeschichte in den Gipskarstgebieten Mittelfrankens ist jedoch sehr jung. Erst seit wenigen Jahrzehnten finden die in den Gipssteinbrüchen freigelegten Befunde mehr Beachtung und bilden eine eigenständige Denkmalkategorie in der archäologischen Denkmalpflege. Durch den zunehmenden Gipsabbau wurden vermehrt archäologische Fundstellen freigelegt und zerstört (NADLER 1993, NADLER & LEJA 1995). Seit 1990 finden regelmäßige Grabungskampagnen in den Gipsbrüchen statt, welche vom BLfD durchgeführt werden (HONIG 2008). Im Rahmen von zwei Kampagnen in Kooperation mit der Universität Bamberg, wurde im Jahr 1990 unter Leitung von Arthur Berger ein Dolinenfeld unweit von Egersheim systematisch archäologisch untersucht. Diese Untersuchung bildete die Grundlage für eine erste wissenschaftliche Bearbeitung einer Gipskarstfundstelle, welche gleichzeitig geowissenschaftlich begleitet wurde (BAUMHAUER ET AL. 1996, SPONHOLZ 2002, ULLRICH 2011). Im Laufe der 90er Jahre folgte eine Reihe weiterer Ausgrabungen in den Dolinenfeldern der Windsheimer Bucht. Die Abbautätigkeit wurde nach erneuten Fundmeldungen aus dem Gipstagebau Marktbergel-Ost bodendenkmalpflegerisch begleitet. Seitdem konnten mehrere Fundstellen vor ihrer Zerstörung durch den Gipsabbau in Grabungen untersucht werden. Sehr detaillierte Untersuchungen liegen zum Beispiel von einer Dolinengrabung bei Egersheim vor. Hier konnten Siedlungsspuren des Endneolithikums und der älteren Bronzezeit nachgewiesen werden (NADLER & LEJA 1995). Im Jahr 2001 konnten im Gebiet Marktbergel-Ost jung- und endneolithische sowie früh- und mittelbronzezeitliche Einfüllungen nachgewiesen werden. Eine frühbronzezeitliche Einfüllung wurde detailliert untersucht. Seit dem Jahr

2004 werden die Arbeiten im neu erschlossenen Gipstagebaugebiet Marktbergel-West archäologisch begleitet. In diesen Dolinenverfüllungen zeigten sich überwiegend bronzezeitliche Funde (HONIG 2008). Neue Erkenntnisse über die zeitliche Einordnung des Fundplatzes zeigten sich während der Grabungskampagnen 2012 und 2013. In einer Dolinenreihe wurden Verfüllungen bis zu 10,80 m Tiefe unter der rezenten Oberfläche freigelegt. Die Funde stammen aus der Hallstattzeit und reichen bis zu linearbandkeramischen Fundniederschläge (KRIENS 2013). Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert seit 2015 das Projekt „Prähistorische Mensch-Umwelt-Beziehungen im Gipskarst der Windsheimer Bucht, Nordbayern. Dolinen als Archive für Siedlungs- und Landschaftsentwicklung.“. In diesem Projekt kooperiert das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege mit dem Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie und der Professur für Physische Geographie und Bodenkunde der Universität Würzburg.

#### **3.2.4 Besiedlungsgeschichte**

Erste nachweisbare Nutzungsbelege für den Raum der Windsheimer Bucht stammen aus der Zeit des Mesolithikums. Mesolithische Funde sind für den Untersuchungsraum sehr selten. Aus der Zeit des kompletten Neolithikums (5.600 bis 2.200 v. Chr.) treten Funde in zunehmender Menge auf. Eine bandkeramische Bestattung konnte im Tagebau Marktbergel-West II geborgen werden (KRIENS 2013). Jungneolithische Funde der Michelsberger Kultur, ein Skeletteil, sind aus Burgbernheim bekannt (BEIGEL & VON HEYKING 2013). Ein weiterer umfangreicher Fundkomplex des Jungneolithikums stammt aus dem Gipstagebau Marktbergel-Ost (NADLER 2002). Weitere bedeutende Funde aus der Zeit der Schnurkeramischen Kultur (2.800 bis 2.200 v. Chr.) und der Glockenbecherzeit (2.600 bis 2.220 v. Chr.) sind aus den Dolinen von Ergersheim (NADLER 1998, ULLRICH 2008)) und Marktbergel-Ost (NADLER 1993) bekannt. Durch die flächenhaft weite Verbreitung der Funde vom Jungneolithikum bis zum Endneolithikum kann man hier von einer großflächigen Ansiedlung des Menschen und einer intensiven Nutzung der Landschaft ausgehen. Weitere Dolinenverfüllungen von Ergersheim enthielten eine flächenhafte Schichtfolge von der schnurkeramischen bis zur frühbronzezeitlichen Kultur (2.200 bis 1.600 v. Chr.) (NADLER 1999). Auf die Frühbronzezeit folgen die Mittelbronzezeit und die Spätbronzezeit mit der Urnenfelderkultur (1.300 bis 800 v. Chr.). In den Dolinen von Marktbergel-West II wurden einige urnenfelderzeitliche Funde

gemeldet (KRIENS 2013), aber auch aus dem Raum Ergersheim sind einige Fundstellen bekannt (NADLER & BREHM 1994, HONIG 2008). Des Weiteren sind aus dem Gebiet der Windsheimer Bucht hallstattzeitliche bis spätlatènezeitliche Funde gemeldet. NADLER 1993 berichtet von Keramikfunden der frühen Hallstattzeit (800 bis 450 v. Chr.) aus Marktbergel. Die große Anzahl an zusätzlichen Funden wie Tierknochen, Hüttenlehm und Mahlsteinbruchstücken zeugen von Resten einer ehemaligen Siedlung. Die Reste einer latènezeitlichen Bestattung wurden ebenfalls bei dieser Untersuchung entdeckt. Weitere Funde aus der Zeit der Latènekultur (450 bis 0 v. Chr.) wurden aus einer Notgrabung bei Ergersheim gemeldet (NADLER & BREHM 1994).

Durch die vorhandenen Funde lässt sich für das Gebiet der Windsheimer Bucht eine menschliche Siedlungs- und Nutzungsaktivität seit dem Mesolithikum bis in die Latènezeit nachweisen.

Tabelle 2: nachgewiesene Siedlungsperioden der Windsheimer Bucht (eigene Zusammenstellung nach NADLER 1993, NADLER & BREHM 1994, NADLER 1999, ULLRICH 2008, KRIENS 2013)

<b>Siedlungsperioden der Windsheimer Bucht</b>		
<b>Periode</b>	<b>Kultur</b>	<b>Zeitstellung</b>
Latènezeit	Kelten/Germanen	450-0 v. Chr.
Hallstattzeit	Kelten	800-450 v. Chr.
Spätbronzezeit	Urnenfelderkultur	1.300-800v. Chr.
Mittelbronzezeit	Hügelgräberkultur	1.600-1.300 v. Chr.
Frühbronzezeit		2.200-1.600 v. Chr.
Endneolithikum	Glockenbecher/Schnurkeramik	2.800-2.200 v. Chr.
Spätneolithikum		3.500-2.800 v. Chr.
Jungneolithikum	Michelsberger Kultur	4.400-3.500 v. Chr.
Mittelnolithikum	Stichbandkeramische Kultur	4.900-4.400 v. Chr.
Altneolithikum	Linearbandkeramik	5.600-4.900 v. Chr.
Mesolithikum		9.600-5.500 v. Chr.

## **4. Methoden**

### **4.1 Auswahl der Untersuchungsstandorte und der Profile**

Im Rahmen der Kooperation zwischen dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, dem Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie und der Professur für Physische Geographie und Bodenkunde der Universität Würzburg erfolgte die Auswahl der Untersuchungsstandorte für diese Arbeit. Für ein besseres Verständnis der regionalen Mensch–Umwelt–Beziehungen ist es angebracht, mehrere unterschiedliche Standorte in die Untersuchungen einzubeziehen.

Der Bullenheimer Berg wurde aufgrund seiner bedeutenden Besiedlungsgeschichte und der laufenden archäologischen Untersuchungen ausgewählt. Ein weiteres Kriterium war die Sonderstellung des Zeugenberges als urnenfelderzeitliche Höhensiedlung.

Die Standorte Marktbergel und Ergersheim wurden aufgrund ihrer besonderen Lage im Fränkischen Gipskarst und den bekannten archäologischen Funden ausgewählt. Diese Untersuchungen sind ein Teil des DFG-geförderten Projektes.

Die bodenkundlich-sedimentologischen Arbeiten sollen Aufschluss über die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt geben und die landschaftsgeschichtliche Forschung unterstützen. In den Gipskarstgebieten tragen die Untersuchungen zum besseren Verständnis der Prozessabläufe bei.

Die Profilauswahl erfolgte jeweils in enger Abstimmung mit den jeweils vor Ort arbeitenden Archäologen. Bei den Untersuchungen wurden ausschließlich archäologisch dokumentierte Profile berücksichtigt. Hierdurch ergab sich die Möglichkeit, einen Zusammenhang zwischen Bodenentwicklung und Landnutzung herzustellen. Die bodenkundlichen und archäologischen Dokumentationen zeigen detaillierte Informationen zu Bodenentwicklung und Nutzungsphasen sowie zeitlicher Einordnung.

## 4.2 Geländearbeiten

Im Rahmen der Geländeanalyse ist eine sorgfältig durchgeführte Prospektion, Profilauswahl und -aufnahme, aber auch eine einwandfrei dokumentierte Probenentnahme unerlässlich. Denn nur in der Geländesituation befindet sich das Profil im Originalzustand. Des Weiteren sollte eine geomorphologische Landschaftsaufnahme im Bereich der Untersuchungsstandorte durchgeführt werden.

Die bodenkundlich-sedimentologischen Aufnahmen erfolgten an aufgeschlossenen Profilen, welche vorher durch die archäologischen Kollegen angelegt, geputzt und dokumentiert wurden. Insgesamt wurden 14 Bodenprofile untersucht und analysiert. Auf dem Bullenheimer Berg befinden sich diese Profile an archäologisch relevanten Stellen. Alle Profile sind hier von Hand angelegt, da durch den anthropogenen Eingriff viele Artefakte vermutet wurden. In Marktbergel liegen die untersuchten Profile in verfüllten Dolinen, die im Rahmen des Gipsabbaus im Steinbruch Marktbergel-West II freigelegt wurden. Der Aufschluss der Profile von Ergersheim entstand durch den Aushub einer Baugrube für einen Biogasbehälter. Das Anlegen der Profile in Marktbergel und Ergersheim erfolgte aufgrund der Bodenbeschaffenheit und der Profildimensionen mit schwerem Gerät. Lediglich das Nachputzen für die Profildokumentation geschah von Hand.

Die bodenkundliche Profilsprache fand nach der archäologischen Dokumentation statt. Die Profilaufnahme erfolgte, mit geringen Abweichungen, nach den Vorgaben der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN (2005). Bei der Profilaufnahme wurden verschiedene Charakteristika, wie Bodenfarbe nach MUNSELL, Bodentyp, Bodenart, Horizontbezeichnung, Carbonatgehalt, Durchwurzelung und Bodengefüge notiert. Oxidations- und Reduktionsmerkmale, Tonkutane, Holzkohlefäule, Knochen, Keramik oder weitere Artefakte sind zusätzlich vermerkt. Im Anschluss an die detaillierte Dokumentation fand die Probenentnahme für verschiedene Labormethoden horizontweise statt. Für die in Kapitel 4.3 aufgeführten Labormethoden erfolgte eine gestörte Probenentnahme. Die Proben für die mikromorphologischen Analysen wurden in 5x5 cm großen Quadern entnommen. Für die palynologischen Untersuchungen dienten separate Proben aus den jeweiligen Horizonten.



## 4.3 Laboranalysen

Die entnommenen Proben wurden im Labor luftgetrocknet und für die jeweiligen Versuche vorbereitet und aufgearbeitet. Ein Teil des entnommenen Probenmaterial blieb als Rückstellprobe erhalten.

### 4.3.1 Standardanalysen

Bei den bodenkundlichen Standardanalysen wird generell mit *Feinboden* gearbeitet, d.h. mit Bodenmaterial < 2 mm (Sand, Schluff, Ton). In diesen Fraktionen laufen die bestimmenden Bodenfunktionen ab. Der Feinboden wird durch vorsichtiges Zerstoßen der Aggregate und anschließende Siebung gewonnen. Der Skelettanteil bzw. gröbere Sedimentproben sind bei geomorphologischen oder geotechnischen Untersuchungen von Bedeutung und erfordern relativ hohe Probenmengen (vgl. DIN ISO 11277).

Der **Wassergehalt** dient im Regelfall lediglich der Bestimmung des Trockengewichts der frischen bzw. lufttrockenen und daher noch Wasser enthaltenden Probe. Für die Bestimmung des Carbonatgehalts und der Körnungsverteilung ist das wasserfreie Ausgangsgewicht der Probe die Berechnungsbasis. Da es bei der Ofentrocknung jedoch zu Verkittungen, Verflüchtigungen und anderen unerwünschten Veränderungen kommen kann wird beim Einwiegen der jeweiligen Proben parallel eine Probe zur Bestimmung des Wassergehaltes eingewogen. Die Bestimmung des Wassergehalts erfolgte nach DIN ISO 11465 durch die Trocknung der Proben bis zur Gewichtskonstanz. Der Wassergehalt wurde auf Grundlage des ofentrockenen Bodens als Massenanteil in % berechnet (vgl. BLUME ET AL. 2011).

Die **Korngrößenanalyse** wurde nach dem kombinierten Verfahren von Siebung und Pipettierung nach KÖHN in Anlehnung an DIN ISO 11277:2002 vorgenommen. Die Siebung dient zur Auftrennung der Sandfraktion in Grob-, Mittel- und Feinsand. Die Pipettierung bestimmt die Anteile an Grob-, Mittel- und Feinschluff und Ton. Zur Siebung wurden die Siebe der Maschenweiten 2mm, 0,63mm, 0,2mm und 63µm verwendet. Die Pipettierung erfolgte mit einer Pipette der Firma Eijkelkamp mit einem Volumen von 20ml und den Zeitvorgaben von BLUME ET AL. (2011).

Der **pH-Wert** wurde in Anlehnung an die DIN ISO 10390:2005 bestimmt. Die Messung erfolgte in einer Bodenlösung mit 25 ml 0,01 M CaCl<sub>2</sub> mittels Glaselektrode an einem pH-Meter (WTW, inoLab pH-Level 1). Die pH-Werte sind auf eine Dezimalstelle genau angegeben (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002). Die Einstufung der pH-Werte bezieht sich auf folgende Tabelle.

Tabelle 3: Einstufung und Bewertung des pH-Wertes, gemessen in CaCl<sub>2</sub>-Lösung (Quelle: verändert nach AD-HOC AG BODEN 2005)

pH-Wert	
pH-Wert-Bereich	Bezeichnung
≥ 10,7	extrem alkalisch
10 bis < 10,7	sehr stark alkalisch
9,3 bis < 10	stark alkalisch
8,6 bis < 9,3	mäßig alkalisch
7,9 bis < 8,6	schwach alkalisch
7,2 bis < 7,9	sehr schwach alkalisch
6,8 bis < 7,2	neutral
6,1 bis < 6,8	sehr schwach sauer
5,4 bis < 6,1	schwach sauer
4,7 bis < 5,4	mäßig sauer
4,0 bis < 4,7	stark sauer
3,3 bis < 4,0	sehr stark sauer
< 3,3	extrem sauer

Die Bestimmung des **Carbonatgehaltes** erfolgte volumetrisch über die Apparatur nach Scheibler in Anlehnung an DIN ISO 10693:1995. Das freigesetzte Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) wurde volumetrisch in Milliliter bestimmt und der Carbonatgehalt unter Beachtung von Luftdruck und Raumtemperatur berechnet (BLUME ET AL. 2011). Die Einteilung der Carbonatgehalte erfolgte nach Tabelle 4.

Tabelle 4: Einstufung und Bewertung des Carbonatgehaltes von Feinboden als CaCO<sub>3</sub>-Äquivalent (Quelle: verändert nach AD-HOC AG BODEN 2005)

Carbonatgehalt	
Masse-%	Bezeichnung
0	carbonatfrei
< 0,5	sehr carbonatarm
0,5 bis < 2	carbonatarm
2 bis < 4	schwach carbonathaltig
4 bis < 7	mittel carbonathaltig
7 bis < 10	stark carbonathaltig
10 bis < 25	carbonatreich
25 bis < 50	sehr carbonatreich
50 bis < 75	extrem carbonatreich
≥ 75	Carbonat

Der Gehalt an **organischem Kohlenstoff**  $C_{org}$  wurde mittels Element-Analysator (Elementar vario EL cube) bestimmt. Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an DIN ISO 10694. Die Kalibrierung des Gerätes wurde mit Messstandard Sulfanilamid durchgeführt. Die Verbrennung der Probe erfolgte bei ca. 1100 °C unter der Zufuhr von Sauerstoff im CO<sub>2</sub>-freien Gasstrom, hierbei wird der vorhandene Kohlenstoff zu CO<sub>2</sub> oxidiert. Der überschüssige Sauerstoff und die Oxide (CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und SO<sub>3</sub>) werden anschließend in einem kupfergefüllten Reduktionsrohr bei 850° C reduziert. Der Kohlenstoff wird durch Wärmeleitfähigkeitsdetektion bestimmt. Die Einwaage der untersuchten Proben lag zwischen 10mg und 30mg. Zu beachten gilt, dass sich die vom Gerät dargestellten Ergebnisse auf den Gesamtkohlenstoffgehalt beziehen. Der  $C_{org}$ -Gehalt wird durch Abzug des %CaCO<sub>3</sub>-Gehaltes, multipliziert mit dem Faktor 0,12, vom Messwert bestimmt. Zur Bestimmung des Humusgehaltes muss der ermittelte  $C_{org}$ -Gehalt mit dem Faktor 1,72 multipliziert werden.

#### 4.3.2 Mineralogische Analysen

Die **Untersuchungen der Gesamtmineralogie und der Tonminerale** wurde für ausgewählte Profile an der Universität für Bodenkultur in Wien durch Kim Rothemel vorgenommen.

Für die Gesamtmineralanalyse wird ein Teil der Probe in einer Scheibenschwingmühle fein gemahlen. Anschließend wird das Probenmaterial nach dem „backloading“ Verfahren, in

einen Probenträger eingepresst und zur Messung der Gesamtmineralogie in ein PANalytical X'Pert PRO MPD Röntgendiffraktometer mit automatischem Divergenzschlitz, Cu LFF Röhre 45 kV, 40 mA, und einem X'Celerator Detektor gegeben. Die Messzeit beträgt 25 Sekunden, mit einer Schrittweite von  $0,017^\circ$  von  $2^\circ$  bis  $70^\circ$  (vgl. MOORE & REYNOLDS 1989). In Röntgendiffraktogrammen kann man den qualitativen Mineralbestand erfassen. Je höher ein Peak eines bestimmten Minerals ist, desto größer ist die Menge in der es vorkommt. Differenziert wird nach folgendem Schema: \* wenig, \*\* mittel oder \*\*\* viel vorhanden, ● in Spuren oder – nicht vorhanden. Die gemessenen Minerale sind: Smektit, Vermikulit und Chlorit ( $6,5^\circ$  2 Theta), Glimmer, Amphibole, Chlorit und Kaolinit ( $12,5^\circ$  2 Theta), Schichtsilikate, Quarz, Goethit, Kalifeldspäte, Plagioklase, Kalzit, Dolomit, Hämatit und Gips.

Die Tonmineralanalyse beachtet die Minerale Smektit, Vermikulit, Illit, Kaolinit, primären und sekundären Chlorit und den vorhandenen Mixed-Layer. Die Zuordnung, wie viel von einem jeweiligen Tonmineral in einer Probe vorhanden ist, wurde erneut nach dem System wie bei der Gesamtmineralanalyse vorgenommen, ausgenommen der Mixed-Layer wird mit „Ja“ - es liegt ein Mixed-Layer vor - definiert. Der Mixed-Layer konnte teilweise als Corrensit aus Chlorit und Smektit identifiziert werden (MOORE & REYNOLDS 1989).

Bei Illit gibt es einen markanten Peak bei  $8,8^\circ$  2 Theta und somit wenig Probleme bei der Identifizierung.

Einige Tonminerale bilden bei der Messung im Röntgendiffraktometer Peaks auf dem gleichen Niveau und sind somit schwerer voneinander zu unterscheiden. So besitzen Smektit, Vermikulit und Chlorit einen Peak bei  $6,3^\circ$  2 Theta. Die gleiche Problematik ergibt sich bei Kaolinit und Chlorit, wenn Peaks mit niedrigen Intensitäten vorliegen, sind diese bei  $12,5^\circ$  2 Theta ausgeprägt. Eine Differenzierung muss hier durch weitere Behandlungen der Tonplättchen erfolgen. Die dazu nötigen Methoden werden im Folgenden beschrieben (MOORE & REYNOLDS 1989).

Die Erkennung von Vermikulit erfolgt durch Kalium- und Magnesium-Umbelegung und Ethylenglykolbehandlung. Durch die Anreicherung der Tonfraktion mit einerseits KCl 4N und andererseits  $MgCl_2$  müssen die beiden Suspensionen 12 Stunden lang in einem Überkopfschüttler verbleiben, somit kann das Magnesium und das Kalium mit der Tonfraktion reagieren. Anschließend muss überschüssiges Magnesium und Kalium entfernt werden. Nach weiteren Arbeitsschritten können die fertigen Präparate im Röntgendiffraktometer gemessen werden. Die Messung erfolgt von  $2^\circ$  bis  $40^\circ$  2 Theta.

Wenn bei der Messung des mit Magnesium angereicherten Plättchens ein Peak bei  $6,3^\circ$  2 Theta zum Vorschein kommt bedeutet das, dass entweder Chlorit, Smektit oder Vermikulit oder alle drei Tonminerale in der Probe vorkommen. Ist jedoch bei  $8,9^\circ$  2 Theta des mit Kalium angereicherten Plättchens ein gegenüber dem Magnesium-Plättchen vergrößerter Peak zu sehen, liegt auf jeden Fall ein Vermikulit vor (KINTER & DIAMOND 1956; MOORE & REYNOLDS 1989). Anschließend kommen die Tonplättchen in einen Exsikkator mit einer Schale Ethylenglykol und dieser wird in einen Trockenschrank bei etwa  $70^\circ\text{C}$  gestellt. Das Ethylenglykol bewirkt, dass „die Kristallgitter quellfähiger Mixed-Layer-Tonminerale aufgeweitet werden“ (PRINZ & STRAUB 2011). Die Unterscheidung von Smektit und Vermikulit kann bei der Röntgendiffraktometermessung der Magnesium bzw. Kalium angereicherten Tonplättchen von  $2^\circ$  bis  $32^\circ$  2 Theta erfolgen (MOORE & REYNOLDS 1989). Die Identifizierung von kristallisiertem Kaolinit erfolgt durch die DMSO- und Temper-Methode. Nach dem Verflüchtigen des Ethylenglykols an der Luft wird das mit Magnesium angereicherte Tonplättchen bei  $550^\circ\text{C}$  in einem Ofen geglüht. Hierdurch findet eine Dehydroxilierung der Tonminerale statt. Diesen Vorgang bezeichnet man als „Tempern“. Das Tonplättchen wird anschließend im Röntgendiffraktometer von  $2^\circ$  bis  $14^\circ$  2 Theta gemessen. Somit lässt sich, wenn Chlorit vorliegt, ein Chlorit-Peak im Röntgendiffraktogramm bei etwa  $6,3^\circ$  bis  $6,4^\circ$  (MOORE & REYNOLDS 1989) verstärkt nachweisen. Kaolinit-Peaks sind hingegen nicht mehr ablesbar. Gleichzeitig wird eine Behandlung der mit Kalium angereicherten Tonplättchen mit Dimethyl Sulfoxid, kurz DMSO, vorgenommen, um die Peaks von gut kristallisiertem Kaolinit und Chlorit unterscheiden zu können. Das Tonplättchen wird auf ein mit DMSO getränktes Filterpapier gelegt, welches anschließend für 24 Stunden in einem Trockenschrank bei  $70^\circ\text{C}$  verbleibt. Gut kristallisierter Kaolinit erzeugt bei der Röntgendiffraktometermessung von  $2^\circ$  bis  $26^\circ$  2 Theta einen Peak bei  $7,8^\circ$  2 Theta (MOORE & REYNOLDS 1989).

### 4.3.3 $^{14}\text{C}$ -Datierung

Die Methode der  $^{14}\text{C}$ -Datierung ist eine der wichtigsten absoluten Datierungen für jüngere Zeitabschnitte der Erdgeschichte. Sie wird am häufigsten zur Datierung von organischen Material, wie Holz, Holzkohlen, Samen oder Sedimenten eingesetzt. GEYH (1980, 2005) und WALKER (2006) geben einen guten Überblick über Grundlagen, Einsatz und Grenzen der Altersbestimmungsmethode. Die  $^{14}\text{C}$ -Messungen dieser Arbeit wurden mit der

Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) durchgeführt. Hierzu wurden die Proben (Holzkohle und Bodensedimente) teilweise an das AMS-Labor der Universität Erlangen oder nach Poznan in das Poznan Radiocarbon Laboratory versendet. Jeder Probe wurde ein Probenformular mit wichtigen Daten (z. B. Material, Fundsituation) beigelegt. Die Kalibrierung der gemessenen konventionellen Alter wurde mittels der Software OxCal v. 4.2.3 (IntCal13 Kalibrierungskurve, REIMER ET AL. 2013) vorgenommen. Andere Datierungsmethoden, wie zum Beispiel die Lumineszenzdatierung (OSL), kamen hier aufgrund der zu erwartenden Alter nicht zur Anwendung. Bei der OSL-Datierung sind die Standardabweichungen bei jüngeren Altern relativ hoch und man sollte die  $^{14}\text{C}$ -Methode bevorzugen. Lumineszenzdatierungen liefern erst bei Sedimenten mit höherem als bronzezeitlichem Alter zufriedenstellende Ergebnisse (BOENIGK & FRECHEN 1995). Die in dieser Arbeit vorliegenden Daten stammen aus der Kooperation der DFG-Projekte Te295/15-1, FA390/9-1 und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, M. Nadler.

## 5. Untersuchungsergebnisse Bullenheimer Berg

Auf dem Plateau des Bullenheimer Berges wurden insgesamt sechs Profile im Rahmen von archäologischen Grabungen nach bodenkundlichen Aspekten aufgenommen und anschließend im Labor analysiert. Im Bereich von alten Lehmabbaukuhlen befinden sich die zwei Profile BB L1 und BB L4. Die drei Profile BB Q5, BB C3I und BB C3II liegen in alten Siedlungsterrassen. Für ein weiteres Profil (BB W) wurde ein alter Wallschnitt aus dem Jahr 1983 geöffnet.

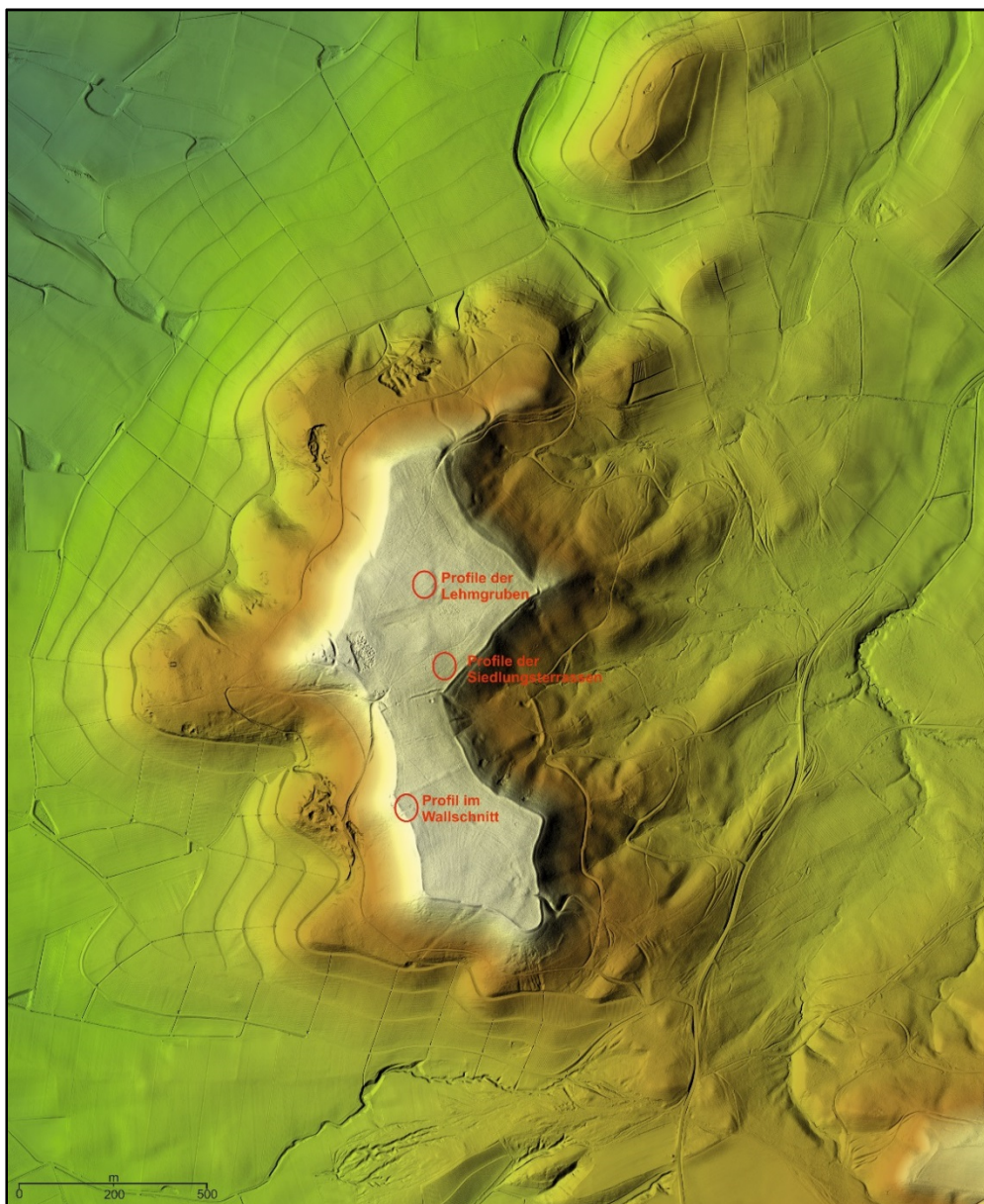


Abbildung 10: Lage der untersuchten Profile auf dem Bullenheimer Berg (verändert nach FALKENSTEIN & NOMAYO 2012)

An den Profilen BB L4, BB Q5 und BB W wurde zusätzlich zu den Standardanalysen die gesamt- und tonmineralogische Zusammensetzung untersucht.

## **5.1 Gelände- und Laboranalysen im Bereich der Lehmkuhlen**

Im Bereich der urnenfelderzeitlichen Lehmabbaustellen wurden zwei Bodenprofile in den vorhandenen archäologischen Sondagen aufgenommen. In der Sondage L1 wurde das Profil BB L1 untersucht und in Sondage L4 das Profil BB L4. Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf der Publikation von KRECH ET AL. 2016. Die Analyse und Auswertung der Gesamt- und Tonmineralogie von Profil BB L4 erfolgte im Rahmen der Bachelor-Arbeit von ROTHEMEL (2015).

### **5.1.1 Profil BB L1, Sondage L1 (Lehmgrube)**

#### *Geländedaten*

In der Sondage L1 befindet sich das Profil BB L1 an der nördlichen, 80 cm hohen Profilwand (Abb. 11, Tab. 5). Das Bodenprofil wurde in drei Horizonte unterteilt. Der obere Ah-Horizont (BB L1-1) ist 10 cm mächtig und besteht überwiegend aus humosem Material, welches teilweise mit dem Grubenaushub vermischt ist. Es handelt sich um einen stark sandigen Lehm. Der inhomogen braune Horizont ist intensiv durchwurzelt, locker gelagert und bildet die heutige rezente Bodenoberfläche. Die untere Grenze ist gerade und deutlich ausgeprägt. Der darunter folgende fAp-Horizont (BB L1-2) weist eine etwas hellere Braunfärbung auf und reicht bis in eine Tiefe von 27 cm. Im Vergleich zum überlagernden Horizont ist die Lagerungsdichte höher und das Bodenmaterial weniger durchwurzelt. In diesem Horizont ist eine Sandkomponente sehr deutlich spürbar und auch hier liegt die Bodenart im Bereich eines stark sandigen Lehms. Die untere Grenze ist gerade und deutlich ausgeprägt. Der basale rotbraune IICv-Horizont (BB L1-3) reicht bis in 80 cm Tiefe. Der gesamte Horizont besteht aus einem Tongemisch, welches mit verwitterten Sandsteinstücken durchsetzt ist. Der hohe Tonanteil führt zu einer sehr dichten Lagerung. Den basalen Abschnitt des Horizontes bildet eine grün-rote Tonlage mit eingearbeiteten Gesteinsfragmenten, vermutlich aus Blasensandstein.



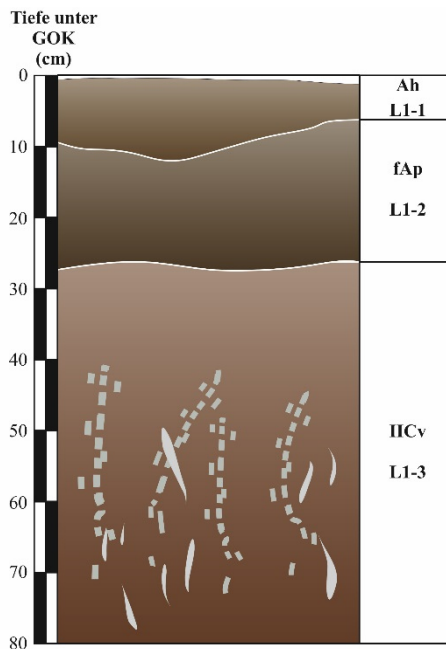


Abbildung 11: Skizze von Profil BB L1 mit den Horizonten BB L-1 bis BB L1-3, Sondage L1, Bullenheimer Berg (eigene Darstellung)

Tabelle 5: Geländedaten Profil BB L1, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB L1-1	Ah	0 - 10	e, de, h	7,5YR 4/2	LS4	mit Aushub vermischt
BB L1-2	fAp	10 - 27	e, de, h	7,5YR 4/3	LS4	vereinzelt Sandsteinblöcke
BB L1-3	Cv	27 - 80		2,5YR 5/3	Ts4	Sandsteinbruchstücke, evtl. Holzkohlefund

### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Im Ah-Horizont (BB L1-1) dominiert der Feinsand mit 34,4%, gefolgt von Mittelsand und Ton (Abb. 12; Tab. 6). Grobsand sowie die einzelnen Schlufffraktionen sind nur mit geringen Anteilen vertreten. Der fAp-Horizont (BB L1-2) setzt sich hauptsächlich aus der Sandfraktion (60,9%) zusammen, wobei auch hier der Feinsand dominiert. Die Schluff- sowie die Tonkomponente erreichen jeweils Anteile von ca. 20% und sind mit den Werten des darüber liegenden Horizontes vergleichbar. Der untere IICv-Horizont (BB L1-3) unterscheidet sich durch den höheren Tongehalt (32,1%) von den oberen Horizonten. Der Feinsandgehalt bleibt allerdings auch hier die dominierende Fraktion. Die Schluffkomponente tritt jedoch deutlich zurück (8,3%).

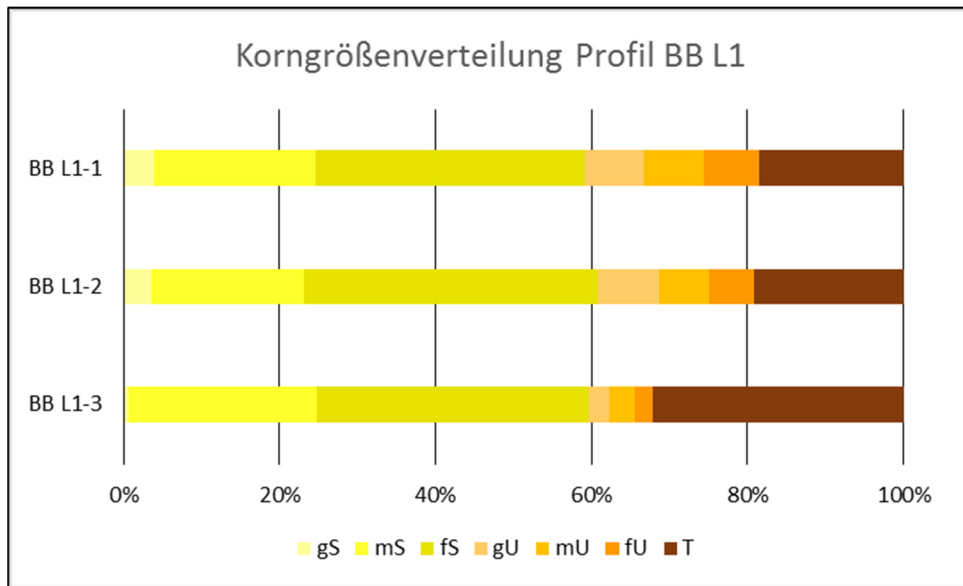


Abbildung 12: Korngrößenverteilung in % von Profil BB L1

Die pH-Werte nehmen nach unten hin deutlich zu, und zwar von 4,3 bis zu einem Wert von 6,2 (Tab. 6). Carbonatgehalte treten nur im unteren Horizont auf. Sie bleiben mit maximal 2,1% im IICv-Horizont relativ niedrig.

Tabelle 6: Profil BB L1 Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB L1-1	Ah	3,9	20,8	34,4	59,1	7,5	7,8	7,1	22,4	18,5	4,3	0	2,7
BB L1-2	fAp	3,5	19,6	37,7	60,9	7,8	6,4	5,8	19,9	19,2	4,7	0,1	1,3
BB L1-3	IICv	0,6	24,2	34,8	59,6	2,7	3,2	2,4	8,3	32,1	6,2	2,1	0

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff liegt im Ah-Horizont bei 2,7% (Tab. 6). Im fossilen Ap-Horizont liegt der Wert bei 1,3%. Im untersten Horizont BB L1-3 ist kein org. Kohlenstoff vorhanden. Im Profilverlauf zeigt sich, dass der Gehalt an org. Kohlenstoffgehalt von oben nach unten abnimmt.

### 5.1.2 Profil BB L4, Sondage L4 (Lehmgrube)

#### *Geländedaten*

In der archäologischen Sondage L4 befindet sich das Profil BB L4 an der westlichen Grubenkante (Abb. 13, Tab. 7). Dieses Profil ist ca. 90 cm mächtig und konnte in fünf Horizonte unterteilt werden. Der ca. 10 cm mächtige, braune Ah-Horizont (BB L4-1) besteht aus lockerem sandigem Material (SI3), welches mit dem Grubenaushub vermischt ist. Der darunter folgende fAp-Horizont (BB L4-2) weist eine Mächtigkeit von ca. 20 cm auf, ist sehr locker gelagert und entspricht einem stark lehmigen Sand. Die braune Färbung erscheint heller als bei BB L4-1 und die untere Grenze zeigt eine leichte Wölbung nach oben. Der M<sub>1</sub>-Horizont (BB L4-3) ist ca. 25 cm mächtig, etwas härter als der darüber liegende Horizont, aber dennoch locker gelagert. Auch hier führt der deutlich spürbare Sandanteil zu einer Einstufung als stark lehmiger Sand. Der Horizont weist eine hellbraune, gelbliche Färbung auf. Die untere Grenze ist leicht wellig. Der M<sub>2</sub>-Horizont (BB L4-4) ist 20 cm mächtig und sehr dicht, obwohl auch hier ein stark lehmiger Sand vorliegt. Es treten zudem einzelne Gesteinsfragmente mit bis zu 5 cm Kantenlänge auf. Die untere Grenze wird von einem Steinband gebildet. Der basale IICv-Horizont (BB L4-5) reicht bis in eine Tiefe von 90 cm und besteht aus festem tonigem Material, welches eine rötlich-violette Färbung aufweist.

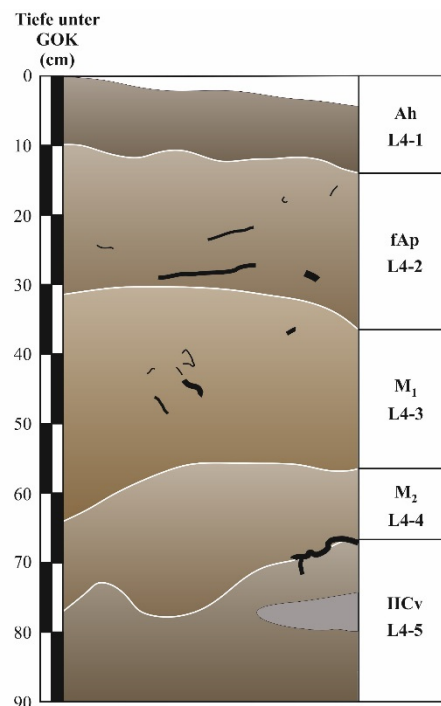


Abbildung 13: Skizze von Profil BB L4 mit den Horizonten BB L4-1 bis BB L4-5, Sondage L4, Bullenheimer Berg (eigene Darstellung)

Tabelle 7: Geländedaten Profil BB L4, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB L4-1	Ah	0 - 10	e, de, h	10YR 4/2	SI3	mit Aushub vermischt, Wurzeln
BB L4-2	fAp	10 - 30	w, di, h	10YR 5/3	SI4	
BB L4-3	M <sub>1</sub>	30 - 55	w, di, h	10YR 5/4	SI4	dichter als BB-L4-2
BB L4-4	M <sub>2</sub>	55 - 75	w, de, h	10YR 5/3	SI4	Steine bis 5cm Kantenlänge
BB L4-5	Cv	75 - 90		2,5YR 5/3	Lt2	hart, tonig

### Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen

Im Ah-Horizont (BB L4-1) sind Feinsand (35,7%) und Mittelsand (32,4%) am stärksten vertreten (Abb. 14; Tab.8). Die Schluffkomponente beträgt 17,5% und der Tongehalt 12,3%. Die Korngrößenzusammensetzung der Horizonte BB L4-2 bis BB L4-4 ist nahezu identisch. Die Sandfraktion nimmt einen Anteil von ca. 70% ein, gefolgt von der Schlufffraktion. Der Tonanteil bleibt mit ca. 13% in den drei Horizonten gering. Im basalen ICv-Horizont (BB L4-5) dominiert die Feinsandkomponente mit 33%, gefolgt von der Schlufffraktion. Der Tonanteil beträgt 27,3% und weist somit den höchsten Wert im gesamten Profilverlauf auf.

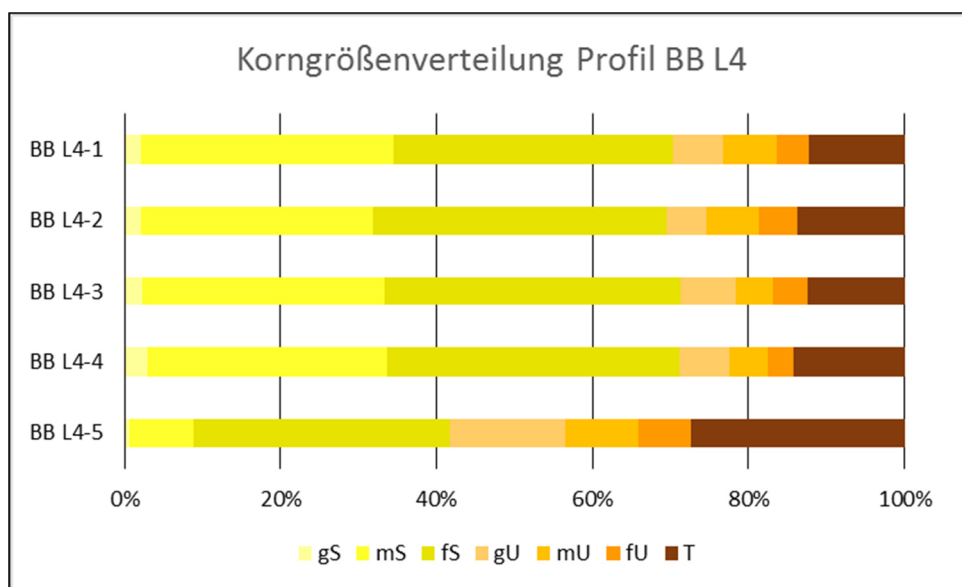


Abbildung 14: Korngrößenverteilung in % von Profil BB L4

Die pH-Werte nehmen nach unten hin zu und variieren innerhalb des sauren Bereichs nur geringfügig zwischen 3,9 und 4,2 (Tab. 8). Niedrige Carbonatwerte treten im unteren Profilabschnitt auf.

Tabelle 8: Profil BB L4 Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB L4-1	Ah	2,2	32,4	35,7	70,3	6,5	6,8	4,2	17,5	12,3	3,9	0	2,8
BB L4-2	fAp	2,2	29,8	37,6	69,5	5,1	6,7	5,1	16,8	13,7	4,0	0	0,9
BB L4-3	M <sub>1</sub>	2,3	31,0	38,1	71,4	7,1	4,8	4,3	16,2	12,5	4,1	0,3	0,6
BB L4-4	M <sub>2</sub>	3,0	30,6	37,6	71,2	6,4	4,9	3,2	14,5	13,3	4,1	0,6	0,3
BB L4-5	IICv	0,6	8,2	33,0	41,8	14,7	9,5	6,8	30,9	27,3	4,2	1,9	0,2

Der höchste Wert an organischem Kohlenstoff wird im Ah-Horizont mit 2,8% erreicht. Im fossilen Ap-Horizont liegt der Wert bei 0,9%. In M<sub>1</sub>-Horizont beträgt der Wert 0,6% und im M<sub>2</sub>-Horizont 0,3%. Im basalen IICv-Horizont ist der C<sub>org</sub>-Gehalt sehr gering. Es zeigt sich eine stetige Abnahme des organischen Kohlenstoffgehaltes im Profilverlauf von oben nach unten (Tab. 8).

### *Laborergebnisse der mineralogischen Analyse*

#### *- Gesamtmineralanalyse*

Das mineralogische Bild des Profils BB L4 (Tab. 9) setzt sich insgesamt gesehen vor allem aus Glimmern, Schichtsilikaten, Quarz, Kalifeldspäten und Plagioklasen zusammen. Alle anderen Bestandteile treten nur untergeordnet auf und Amphibole, Goethit, Kalzit, Dolomit sowie Gips sind nicht nachweisbar. Die 14Å- (Smektit und Vermikulit) und 7Å-Mineralen (Kaolinit und Chlorit) sind nur in Spuren bei näherer Betrachtung des Röntgendiffraktogramms erkennbar.

Die zwei untersten Proben des basalen IICv-Horizonts stechen aus dem Profil etwas heraus. Im Horizont BB L-4 und -5a kommen keine 14Å-Mineralen, Glimmer und auch kein Hämatit vor. Die Probe aus BB-L4-5b weist schwache Ausprägungen der Peaks der 14Å-Mineralen, Smektit und Vermikulit, Glimmer, 7Å-Mineralen, Hämatit, Kalifeldspäte und Quarz auf. Während Schichtsilikate hier vermehrt auftreten.

- Tonmineralanalyse

Die Tonmineralfraktion (Tab. 10) setzt sich aus 14Å-Vermikulit, Illit, Kaolinit und Chlorit zusammen. Es ist zu erkennen, dass der 18Å-Vermikulit nicht in den Proben zu finden ist, während Illit und der primäre Chlorit grundsätzlich in geringen Anteilen vorliegen. Bemerkenswerterweise tritt das Tonmineral Smektit nur als Mixed-Layer-Mineral in Kombination mit Chlorit auf. Dieses Mixed-Layer-Mineral ist eher selten und wird als Corrensit bezeichnet. Dieser erreicht die größte Intensität vor allem im untersten Horizont (BB L4-5). Vermikulit und sekundärer Chlorit sind im unteren Profilabschnitt nur noch in Spuren vorhanden, während der basale Horizont wieder höhere Gehalte aufweist.

Tabelle 9: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB L4

Horizontnummer	Horizont	14Å	Gli	Amp	7Å	Sch	Q	Goe	KFS	Pla	Kal	Dol	Häm	G
BB-L4-1	Ah	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BB-L4-2, 3, 4	fAp, M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub>	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BB-L4-5a	IICv (Stein)	-	-	-	•	*	**	-	**	*	-	-	-	-
BB-L4-5b	IICv	*	*	-	*	**	*	-	*	*	-	-	*	-

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*: viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

Mineralabkürzungen: 14Å = Smektit/ Vermikulit; Gli = Glimmer; Amp = Amphibole; 7Å = Chlorit/ Kaolinit; Sch = Schichtsilikate; Q = Quarz; Goe = Goethit; KFS = Kalifeldspat; Pla = Plagioklas; Kal = Kalzit; Dol = Dolomit; Häm = Hämatit; G=Gips

Tabelle 10: Ergebnisse der Tonmineralanalyse für Profil BB L4

Horizontnummer	Horizont	Smektit	Vermikulit 14Å/18Å		Illit	Kaolinit	Chlorit		Mixed Layer Corrensit
							primär	sekundär	
BB-L4-1	Ah	-	*	-	*	•	*	•	*
BB-L4-2,3,4	fAp, M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub>	-	*	-	*	•	*	*	*
BB-L4-5	IICv (Stein)	-	•	-	*	•	*	•	*
BB-L4-5	IICv	-	*	-	*	-	*	•	**

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*: viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

### 5.1.3 Interpretation der Profile im Bereich der Lehmkuhlen

Im Bereich der Lehmkuhlen treten die Böden in Form von Regosolen auf. Diese sind sehr flachgründig und insgesamt nur schwach entwickelt (vgl. AD-HOC AG BODEN, 2005). Die Profile bauen sich aus einem geringmächtigen Ah-Horizont über einem mittelalterlichen Pflughorizont (fAp) auf, welche noch einen deutlichen Humusgehalt aufweisen (Abb. 11 und 13). Lokal treten kolluviale Horizonte (M) als Teil der Profilabfolge auf. Die Kolluvien enthalten Steinlagen bzw. vereinzelt Steine sowie vermehrt Holzkohlenfragmente. Das Ausgangsmaterial der IICv-Horizonte besteht aus Blasensandsteinstücken und tonigen Komponenten, die überwiegend eine rötliche Farbe zeigen und stellenweise intensiv von hellgrau bis grünen Tönen durchsetzt sind.

Die Bodenhorizonte im Bereich der Lehmkuhlen bestehen hauptsächlich aus den Komponenten der Sandfraktion. Der hohe Sandgehalt steht mit dem Auftreten von Gesteinsfragmenten, Blöcken und Platten aus Blasensandstein in Zusammenhang. Im Zuge der Geländeanalyse erschien die Matrix der IICv-Horizonte sehr tonig. Die Ergebnisse der Laboranalysen zeigen zwar einen zunehmenden, aber dennoch vergleichsweise geringen Tongehalt in diesen Horizonten. Ursächlich hierfür sind Sandsteinbeimengungen in den entnommenen Mischproben, die zu höheren Prozentanteilen in der Sandfraktion und niedrigeren Werten in der Tonfraktion führen. Generell ist der Tongehalt in den IICv-Horizonten höher als in den darüber liegenden Bereichen, was durch Tonlagen im Blasensandstein oder durch bereits in dieser Position auftretende Lehrbergschichten erklärbar ist. Der Carbonatgehalt in Kombination mit dem Vorkommen des Tonminerals Corrensit in den IICv-Horizonten könnte jedoch eher auf das Vorhandensein von Lehrbergschichten in den untersuchten Profilen deuten. Eventuell befinden sich die Lehmkuhlen auch im Übergangsbereich der Lehrbergschichten zum Blasensandstein (KRECH ET AL. 2016).

## **5.2 Gelände- und Laboranalysen im Bereich der urnenfelderzeitlichen Siedlungsterrasse**

Im Bereich der Siedlungsterrasse wurden insgesamt drei Bodenprofile in den archäologischen Sondagen aufgenommen. Im Quadranten Q5 wurde das Profil BB-Q5 und im Schnitt C3 die zwei Profile BB-C3I und BB-C3II untersucht. Die Profile sind zwischen 60 und 75 cm mächtig.

### **5.2.1 Profil BB Q5, Sondage Q5 (Siedlungsterrasse)**

#### *Geländedaten*

Das Profil BB Q5 in der archäologischen Sondage Q5 befindet sich an der nordöstlichen, ca. 70 cm mächtigen Profilwand (Abb. 15, Tab. 11). Im untersuchten Bodenprofil konnten fünf Horizonte unterteilt werden. Der obere Ah-Horizont (BB Q5-1) ist nur 10 cm mächtig und besteht überwiegend aus humosem Material. Es handelt sich um einen stark lehmigen Sand. Der hellbraune Horizont ist durchwurzelt, sehr locker gelagert und bildet die heutige rezente Bodenoberfläche. Der Horizont hat einen hohen Sandanteil und es sind keine Steine vorhanden. Die untere Grenze ist leicht wellig bis gerade und deutlich ausgeprägt. Der darunter folgende M(Ap)-Horizont (BB Q5-2) mit einer hellbraun-gelblichen Färbung reicht von 10 bis 30 cm Tiefe. Dieser Horizont ist ebenfalls sehr locker gelagert und die Bodenaggregate brechen leicht. Die Durchwurzlung ist geringer und es treten vereinzelt Gesteinsfragmente kleiner 1 cm auf. Auch in diesem Horizont ist eine Sandkomponente sehr deutlich spürbar und hier liegt die Bodenart im Bereich eines stark sandigen Lehms. Es lassen sich vereinzelt Holzkohleflitter und Keramikbruchstücke finden. Die untere Grenze ist leicht diffus und in der Profilmittte durch eine verfüllte Wurzelbahn wellig, sonst gerade. Der darunterliegende dunkelbraune M(fAh)-Horizont (BB Q5-3) reicht von 30 bis 52 cm Tiefe. Im Bereich dieses Horizontes befinden sich einzelne größere Steine mit einer Kantenlänge von bis zu 14 cm. Der gesamte Horizont ist locker gelagert und im Vergleich zu den überlagernden Horizonten feuchter. Der Sandanteil ist auch hier hoch und man kann diesen Horizont ebenfalls als stark sandigen Lehm bezeichnen. Über den gesamten Ausschnitt verteilt findet man Holzkohle und Keramikbruchstücke. Die untere Grenze verläuft wellig, aber deutlich.



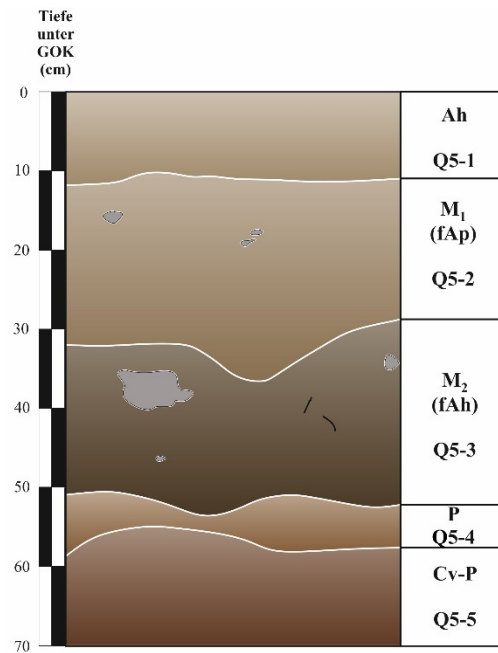


Abbildung 15: Skizze von Profil BB Q5 mit den Horizonten BB Q5-1 bis BB Q5-5, Sondage Q5, Bullenheimer Berg (eigene Darstellung)

Tabelle 11: Geländedaten Profil BB Q5, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB Q5-1	Ah	0 - 10	e, de, h	7,5YR 5/2	Sl4	sehr locker, humos
BB Q5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	10 - 30	e, w, di, h	7,5YR 6/3	Ls4	Holzkohle, Keramik
BB Q5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	30 - 52	w, de, h	5YR 5/3	Ls4	größere Steine
BB Q5-4	P	52 - 58	w, di, h	2,5YR 4/3	Ts3	fossile Wurzelbahnen
BB Q5-5	Cv-P	58 - 70		10R 4/3	Tl	hart, tonig, fleckig

Der vierte Horizont (BB Q5-4) ist ca. 6 cm mächtig und inhomogen rotbraun violett gefärbt. Der Sandanteil ist geringer und ein erhöhter Tongehalt ist auffallend, so dass die Bodenart hier als mittel sandiger Ton angegeben werden kann. Aufgrund des erhöhten Tongehaltes wurde die Horizontbezeichnung P gewählt, diese bezeichnet einen Unterbodenhorizont aus zu Ton verwitterten Ton- oder Tonmergelstein (AD-HOC AG BODEN 2005). An den Flächen der Bodenaggregate sind Tonkutane erkennbar. Im gesamten Horizont findet man Holzkohlefitter und verfüllte Wurzelbahnen. Die Grenze zum unteren Horizont ist wellig und undeutlich. Der basale Cv-P-Horizont (BB Q5-5) ist ca. 12 cm mächtig und hat eine violette Farbe mit grauen Flecken. In diesem Horizont ist der Sandanteil deutlich geringer und der Tonanteil nimmt weiter zu, so dass die Bodenart im Bereich eines lehmigen Tons

liegt. Auf den Bodenaggregaten sind auch hier Tonkutane zu erkennen. Außerdem sind einzelne dunkelbraune verfüllte Wurzelbahnen zu sehen, welche aus dem überlagernden Horizont weiter in Horizont BB Q5-5 verlaufen und hier enden. Alle Horizonte des Profils BB Q5 sind carbonatfrei.

### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Im Ah-Horizont (BB Q5-1) ist Feinsand mit 30% die dominierende Korngröße, gefolgt von Mittelsand und Ton (Abb. 16, Tab. 12). Grob- und Mittelschluff sind in gleichen Anteilen enthalten. Grobsand sowie Feinschluff sind nur mit geringen Anteilen vertreten. Der Horizont BB Q5-2 ( $M_1(Ap)$ ) besteht hauptsächlich aus Sand (56,1%), wobei auch hier der Feinsand dominiert. Die Schluffkomponente erreicht einen Anteil von ca. 24% und die Tonkomponente ca. 20%. Im folgenden kolluvialen Horizont (BB Q5-3) dominiert weiterhin die Sandkomponente mit ca. 55%, wovon ca. 33% auf Feinsand entfallen. Der Tonanteil liegt in diesem Horizont mit 23,6% erstmals über dem Anteil der Schluffkomponente (21,4%). Der P-Horizont (BB Q5-4) zeigt einen zunehmenden Tongehalt (45%) und einen abnehmenden Sandgehalt (44%). Grobsand sowie die einzelnen Schlufffraktionen sind nur mit geringen Anteilen vertreten. Im basalen Cv-P-Horizont (BB Q5-5) dominiert die Tonfraktion mit ca. 50%, gefolgt von Schluff. Die Sandfraktion ist mit 23,6% am geringsten enthalten, wobei Feinsand den größten Anteil einnimmt.

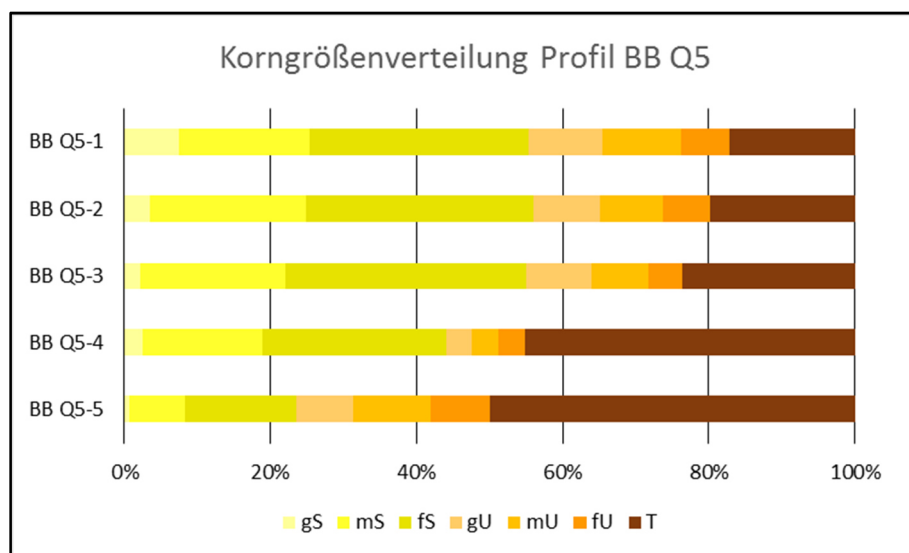


Abbildung 16: Korngrößenverteilung in % von Profil BB Q5

Die pH-Werte liegen mit Werten zwischen 3,8 und 4,8 alle im stark sauren Bereich. Die Horizonte können als carbonatfrei bezeichnet werden. Die gemessenen Carbonatgehalte liegen im Bereich von 0,2% in allen Horizonten (Tab. 12).

Tabelle 12: Profil BB Q5 Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB Q5-1	Ah	7,4	17,8	30,0	55,3	10,2	10,7	6,7	27,6	17,2	4,0	0,2	2,8
BB Q5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	3,5	21,3	31,3	56,1	9,1	8,5	6,5	24,2	19,8	3,8	0,2	0,9
BB Q5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	2,2	19,8	33,0	55,0	9,0	7,7	4,7	21,4	23,6	4,2	0,2	0,7
BB Q5-4	P	2,6	16,3	25,2	44,1	3,6	3,5	3,6	10,7	45,2	4,4	0,2	0,4
BB Q5-5	Cv-P	0,6	7,7	15,3	23,6	7,8	10,6	8,1	26,5	50,0	4,8	0,3	0,2

Der gemessene Wert des organischen Kohlenstoffes im Ah-Horizont beträgt 2,8%. Der kolluviale Horizont M<sub>1</sub> enthält 0,9% organischen Kohlenstoff und Horizont M<sub>2</sub> enthält 0,7%. Im P-Horizont liegt der Wert bei 0,4% und im basalen Cv-P-Horizont sind 0,2% organischer Kohlenstoff enthalten. Es lässt sich ein abnehmender organischer Kohlenstoffgehalt von oben nach unten über den Profilverlauf beobachten (Tab. 12).

### *Laborergebnisse der mineralogischen Analyse*

#### *- Gesamtmineralanalyse*

Die mineralogische Zusammensetzung des Profils BB Q5 besteht vor allem aus Schichtsilikaten, Quarz, Kalifeldspäten und Plagioklasen (Tab. 13). Die 14Å- (Smektit und Vermikulit) und 7Å-Mineraie (Kaolinit und Chlorit) sowie Glimmer und Hämatit sind bei Betrachtung des Röntgendiffraktogramms in Spuren erkennbar. Amphibole, Goethit, Kalzit, Dolomit sowie Gips sind nicht nachweisbar.

In den oberen drei Horizonten treten deutlich Quarz und Kalifeldspat hervor und die Schichtsilikate sind nur in geringen Mengen enthalten. In den zwei untersten Horizonten nimmt Quarz und Kalifeldspat ab, die Schichtsilikate nehmen zu. Plagioklas ist im gesamten Profil in gleichen Mengen enthalten.

- Tonmineralanalyse

Die Tonmineralfraktion setzt sich aus 14Å-Vermikulit, Illit, sekundärem Chlorit und teilweise Kaolinit zusammen (Tab. 14). Illit und sekundärer Chlorit treten im kompletten Profilverlauf auf. Smektit und der 18Å-Vermikulit sind in den Proben nicht zu finden, primärer Chlorit ist nur im Ah-Horizont in Spuren erkennbar. Das Tonmineral Smektit tritt nur als Mixed-Layer-Mineral in Kombination mit Chlorit gleichmäßig im Profilverlauf auf. Dieses seltene Mixed-Layer-Mineral wird als Corrensit bezeichnet.

Tabelle 13: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB Q5

Horizontnummer	Horizont	14Å	Gli	Amp	7Å	Sch	Q	Goe	KFS	Pla	Kal	Dol	Häm	G
BBQ5-1	Ah	-	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BBQ5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BBQ5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BBQ5-4	P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-
BBQ5-5	Cv-P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*: viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

Mineralabkürzungen: 14Å = Smektit/ Vermikulit; Gli = Glimmer; Amp = Amphibole; 7Å = Chlorit/ Kaolinit; Sch = Schichtsilikate; Q = Quarz; Goe = Goethit; KFS = Kalifeldspat; Pla = Plagioklas; Kal = Kalzit; Dol = Dolomit; Häm = Hämatit; G=Gips

Tabelle 14: Ergebnisse der Tonmineralanalyse für Profil BB Q5

Horizontnummer	Horizont	Smektit	Vermikulit 14Å/18Å		Illit	Kaolinit	Chlorit		Mixed Layer Corrensit
			primär	sekundär					
BBQ5-1	Ah	-	*	-	**	*	•	•	*
BBQ5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	-	*	-	**	*	-	*	*
BBQ5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	-	-	-	***	•	-	*	*
BBQ5-4	P	-	*	-	***	-	-	•	*
BBQ5-5	Cv-P	-	*	-	***	-	-	•	*

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*: viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

## 5.2.2 Profil BB C3I, Sondage C3 (Siedlungsterrasse)

### *Geländedaten*

Das Profil BB C3I in der archäologischen Sondage C3 befindet sich an der nordöstlichen, ca. 60 cm hohen Profilwand (Abb. 17, Tab. 15). Das dort untersuchte Bodenprofil wurde in fünf Horizonte unterteilt.

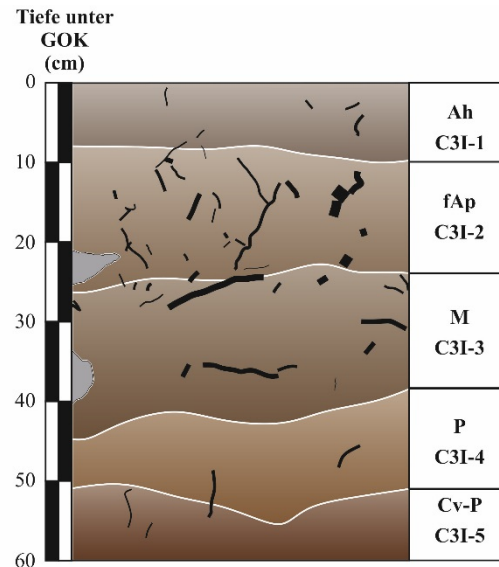


Abbildung 17: Skizze von Profil BB C3I mit den Horizonten BB C3I-1 bis BB C3I-5, Sondage C3, Bullenheimer Berg (eigene Darstellung)

Die oberen 8 cm bilden den Ah-Horizont (BB C3I-1). Die Farbe dieses Horizontes ist braun, außerdem sind sehr viele Wurzeln und humoses Material enthalten. Das Bodenmaterial ist sehr locker und krümelig. Die Korngröße Sand ist in diesem Horizont dominant, so dass man die Bodenart als stark sandigen Lehm angeben kann. Es gibt viele Poren, vereinzelt Holzkohleflitter und keine Steine. Die untere Grenze ist sehr wellig und undeutlich. Der nach unten folgende braune Horizont BB C3I-2 weist eine Mächtigkeit von ca. 14 cm auf. Die Struktur ist blockig bis subpolyedrisch. Die Bodenart kann auch in diesem Horizont als stark sandiger Lehm angegeben werden, da der Sandanteil dominierend ist. Der Horizont erscheint leicht verbraunt, ist sehr stark durchwurzelt und es lassen sich vereinzelt kleine Keramikstücke und kleine Steine bis 1 cm Kantenlänge finden. An der unteren Grenze liegt ein größerer Stein mit ca. 10 cm Kantenlänge. Die untere Grenze verläuft gerade, ist aber über die Farbe schwer festzulegen. Jedoch kann man durch die zunehmende Dichte des Bodenmaterials eine genaue Grenze ziehen. Der zunehmend dichtere Horizont BB C3I-3 reicht von 22 bis 45 cm Tiefe und ist leicht dunkler braun

gefärbt als BB C3I-2. Die Bodenstruktur ist gut ausgebildet und bei der Bodenart handelt es sich um einen sandig-tonigen Lehm. Im Horizont gibt es wenig Kiese unter 1 cm Kantenlänge, des Weiteren gibt es Bruchstücke von Keramik und Holzkohle. Der Horizont wird von einem Band größerer Sandsteinblöcke durchzogen. Die untere Grenze ist wellig, aber klar ausgebildet. Der darunterliegende Horizont BB C3I-4 ist ca. 8 cm mächtig und weist eine fleckige inhomogene rotbraune Färbung auf. Hier nimmt der Tonanteil sehr stark zu, so dass man die Bodenart mit schwach sandigem Ton angeben kann. Eine klare Bodenstruktur ist nicht erkennbar. Im Bodenmaterial kann man dunkelbraune Tonkutane erkennen. Der Horizont ist von fossilen Wurzelbahnen durchzogen, welche durch dunkelbraunen Ton verfüllt sind. Die Wurzelbahnen sind nach oben abgeschnitten. Des Weiteren gibt es wieder Holzkohleflitter und wenige gerundete Kiese. Die untere Grenze bildet ein Band aus Steinen mit jeweils ca. 10 cm Kantenlänge. Die Grenze verläuft wellig, aber klar. Der untere Horizont BB C3I-5 ist ca. 7 cm mächtig und besitzt die typischen Keuperfarben violett, grau und grün. Die Färbung ist sehr inhomogen. Die Bodenart kann durch den ansteigenden Tongehalt als lehmiger Ton angegeben werden. Es ist keine Bodenstruktur und kein ausgebildetes Bodengefüge zu erkennen. In diesem Horizont können die fossilen, mit dunkelbraunem Ton verfüllten Wurzelbahnen aus Horizont BB C3I-4 weiterverfolgt werden. Es gibt sehr viele Sandsteinfragmente, jedoch weder Holzkohle noch Keramikstücke. Alle Horizonte des Profils BB C3I sind carbonatfrei.

Tabelle 15: Geländedaten Profil BB C3I, Bodenansprache nach AD-HOC-AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB C3I-1	Ah	0 - 8	w, di, h	7,5YR 5/2	Ls4	locker, humos
BB C3I-2	fAp	8 - 22	e, de, h	7,5YR 5/3	Ls4	stark durchwurzelt, Keramik
BB C3I-3	M	22 - 45	w, de, h	7,5YR 4/3	Lts	Holzkohle, Keramik
BB C3I-4	P	45 - 53	w, de, h	2,5YR 4/3	Ts2	fossile Wurzelbahnen
BB C3I-5	Cv-P	53 - 60		10R 4/3	T1	hart, tonig, fossile Wurzelbahnen

### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Im Ah-Horizont (BB C3I-1) sind die Feinsand- (28,5%) und Mittelsandanteile (20,6%) am stärksten vertreten (Abb. 18, Tab. 16). Die Schluffkomponente beträgt 27,3% und der Tongehalt liegt bei 19,2%. Die Korngrößenzusammensetzung des Horizontes BB C3I-2 ist

ähnlich der Zusammensetzung von BB C3I-1. Die Sandfraktion nimmt einen Anteil von ca. 53% ein, wobei Feinsand mit 29,7% dominiert. Die Schlufffraktion hat einen Anteil von ca. 26% und die Tonfraktion von ca. 20%. Der M-Horizont hat mit ca. 52% einen nahezu identischen Sandgehalt wie die beiden überlagernden Horizonte, auch hier dominiert Feinsand (29,1%). Der Schluffgehalt nimmt hingegen mit ca. 23% leicht ab und der Tongehalt auf 25% zu. Im P-Horizont (BB C3I-4) ist eine Abnahme des Sandgehaltes (40,4%) und der Schlufffraktion (13,8%) zu beobachten. Die Tonfraktion hingegen steigt auf 45,8% an. Im untersten Horizont BB C3I-5 nimmt der Sandgehalt (28,4%) weiter ab, während die Schlufffraktion leicht zunimmt (18,3%). Der Tongehalt beträgt 53,3% und ist damit der höchste Wert im Profil.

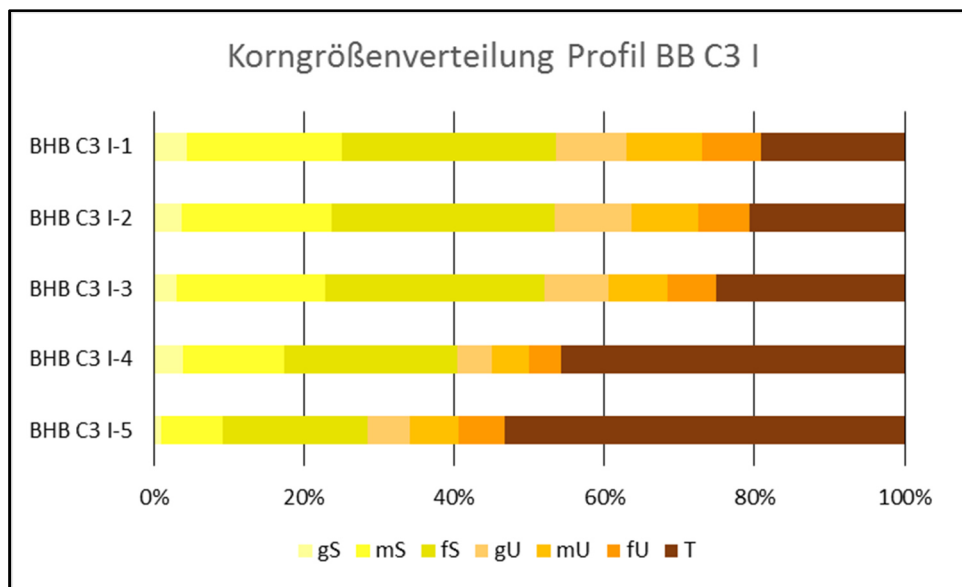


Abbildung 18: Korngrößenverteilung in % von Profil BB C3I

Tabelle 16: Profil BB C3I Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB C3I-1	Ah	4,5	20,6	28,5	53,6	9,4	10,0	7,8	27,2	19,2	3,7	0,1	1,8
BB C3I-2	fAp	3,7	19,9	29,7	53,3	10,3	8,8	6,9	26,1	20,6	3,8	0,2	0,8
BB C3I-3	M	3,0	19,9	29,1	52,0	8,5	7,9	6,5	22,9	25,0	4,2	0,2	0,8
BB C3I-4	P	4,0	13,3	23,1	40,4	4,6	5,0	4,1	13,8	45,8	4,3	0,3	0,4
BB C3I-5	Cv-P	1,0	8,1	19,2	28,4	5,7	6,6	6,1	18,3	53,3	4,4	0,3	0,3

Die pH-Werte nehmen nach unten hin zu und variieren innerhalb des sauren Bereichs zwischen 3,6 und 4,4. Auch in diesem Profil können die Horizonte als carbonatfrei

bezeichnet werden. Die gemessenen Carbonatgehalte liegen im Bereich zwischen 0,19% und 0,44% (Tab. 16).

Die Werte des organischen Kohlenstoffes nehmen in diesem Profil von oben nach unten ab (Tab. 16). Der Ah-Horizont hat einen  $C_{org}$ -Gehalt von 1,8%. Die Horizonte darunter fAp und M weisen Werte von jeweils 0,8% auf. Der Wert im P-Horizont liegt bei 0,4% und im basalen Horizont Cv-P sind 0,3% org. Kohlenstoff enthalten.

### 5.2.3 Profil BB C3II, Sondage C3 (Siedlungsterrasse)

#### *Geländedaten*

In der Sondage C3 wurde an der nordöstlichen Profilwand ein weiteres Bodenprofil BB C3II untersucht (Abb. 19; Tab. 17). Die Mächtigkeit beträgt ca. 60 cm und die Abfolge konnte in 5 Horizonte unterteilt werden.

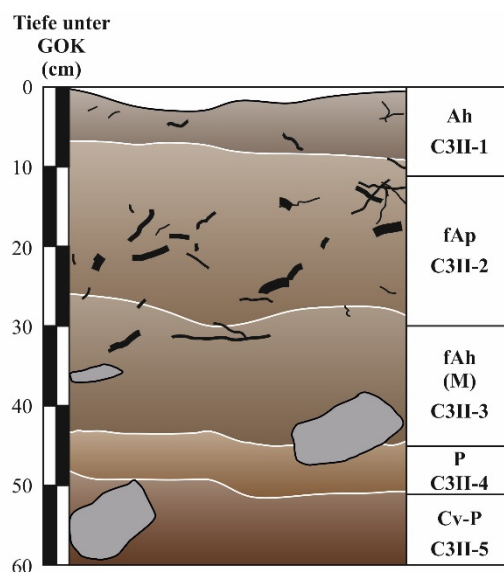


Abbildung 19: Skizze von Profil BB C3II mit den Horizonten BB C3II-1 bis BB C3II-5, Sondage C3, Bullenheimer Berg (eigene Darstellung)

Der Ah-Horizont (BB C3II-1) ist 9 cm mächtig. Die Farbe dieses Horizontes ist dunkelbraun, zudem sind sehr viele feine Wurzeln und humoses Material enthalten. Das Bodenmaterial besitzt eine Krümelstruktur und ist sehr locker. Die Bodenart wird als stark sandiger Lehm angegeben, da Sand die dominierende Korngröße ist. Es lassen sich kleine Sandsteinfragmente (<1 cm) und vereinzelt Holzkohleflitter finden. Die untere Grenze ist gerade und deutlich. Der folgende Horizont BB C3II-2 ist ca. 19 cm mächtig und braun



gefärbt. Die Struktur ist subpolyedrisch bis blockig, insgesamt ist das Bodenmaterial sehr locker. Die Bodenart kann auch in diesem Horizont als stark sandiger Lehm angegeben werden, da der Sandanteil dominierend ist. Der Horizont ist wie in Profil C3I stark durchwurzelt und es sind kleine Steine bis 1 cm Kantenlänge enthalten. Vereinzelt sieht man dunkelbraune Flecken, welche eventuell auf Humus hindeuten. Im unteren Bereich des Horizontes gibt es mehrere schwarze Flecken. Die untere Grenze ist sehr unregelmäßig und undeutlich. Der zwischen 28 und 45 cm Tiefe liegende Horizont BB C3II-3 ist dunkelbraun humos gefärbt. Das Bodengefüge ist subpolyedrisch bis blockig und bei der Bodenart handelt es sich auch hier um einen stark sandigen Lehm. Im Horizont liegen flache Steine mit Kantenlängen von 8 bis ca. 30 cm außerdem gibt es kleinere Steine (1-5 cm) sowie Bruchstücke von Keramik und Holzkohle. Die untere Grenze ist wellig, aber deutlich ausgebildet.

Tabelle 17: Geländedaten Profil BB C3II, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB C3II-1	Ah	0 - 9	e, de, h	7,5YR 5/2	Ls4	sehr locker, humos, Holzkohle
BB C3II-2	fAp	9 - 28	u, di, h	7,5YR 5/3	Ls4	stark durchwurzelt, dunkle Flecken
BB C3II-3	fAh(M)	28 - 45	w, de, h	7,5YR 5/2	Ls4	flache Steine, Holzkohle, Keramik
BB C3II-4	P	45 - 52	w, de, h	2,5YR 4/3	Tl	fossile Wurzelbahnen
BB C3II-5	Cv-P	52 - 60		10R 4/3	Tl	hart, tonig, fossile Wurzelbahnen

Der darunterliegende Horizont BB C3II-4 ist ca. 7 cm mächtig und weist eine inhomogene rötliche Färbung auf. In diesem Horizont nimmt der Tonanteil stark zu, so dass man die Bodenart mit lehmigem Ton angeben kann. Es ist eine schlecht ausgebildete Bodenstruktur erkennbar. Im Bodenmaterial kann man dunkelbraune Tonkutane sehen. Des Weiteren sind mit dunkelbraunem Ton verfüllte fossile Wurzelbahnen zu sehen. Die Wurzelbahnen sind auch hier nach oben abgeschnitten. Es gibt vereinzelt kleinere Steine, aber auch größere bis 10 cm Kantenlänge. Holzkohlefitter sind nur sehr wenige enthalten. Die untere Grenze verläuft wellig, aber deutlich. Der unterste Horizont BB C3II-5 ist ca. 8 cm mächtig und besitzt, wie bei Profil BB C3I, die typischen Farben der Keuperschichten violett, grau und grün. Die Färbung ist sehr inhomogen. Die Bodenart kann auch in diesem Horizont als

lehmiger Ton angegeben werden. Man kann eine blockige bis plattige Bodenstruktur erkennen. Auch in diesem Horizont können die fossilen mit dunkelbraunem Ton verfüllten Wurzelbahnen aus Horizont BB C3II-4 weiterverfolgt werden. Es gibt zahlreiche Sandsteinfragmente, aber keine Holzkohle und Keramik. Alle Horizonte des Profils BB C3II sind carbonatfrei.

#### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Der Ah-Horizont (BB C3II-1) setzt sich aus 52,6% Sand, 25,7% Schluff und 21,8% Ton zusammen. Die Fraktion Feinsand (28,3%) ist am stärksten vertreten. Die Korngrößenzusammensetzung der Horizonte BB C3II-2 und BB C3II-3 ist nahezu identisch mit dem oberen Horizont. Die Sandfraktion der Horizonte 2 und 3 nimmt einen Anteil von jeweils ca. 53% ein, wobei der Gehalt an Feinsand dominiert. Der Schluffgehalt liegt bei ca. 24%. Der Tonanteil steigt leicht nach unten an, von 22,5% in BB C3II-2 auf 24,2% in BB C3II-3. Der P-Horizont hat mit ca. 35% einen deutlich geringeren Sandgehalt, aber auch hier dominiert Feinsand (22,5%). Der Schluffgehalt nimmt ebenfalls ab und sinkt auf 17,9%. Der Tongehalt steigt signifikant auf 46,5% an. Im basalen Horizont BB C3II-5 nimmt der Sandgehalt nochmals ab (31,5%). Der Schluffanteil nimmt wieder leicht zu. Der Tongehalt steigt weiter an und bildet mit 49,3% den Hauptbestandteil dieses Horizontes (Abb. 20, Tab. 18).

Die gemessenen pH-Werte liegen mit Werten zwischen 3,7 und 4,4 im sauren Bereich (Tab. 18). Es lässt sich eine Zunahme der Werte nach unten verfolgen. Die Carbonatgehalte sind allgemein sehr niedrig (Tab. 18).

In untersuchten Profil zeigen sich abnehmende Werte des organischen Kohlenstoffes von oben nach unten (Tab. 18). Der /Ah -Horizont enthält 2,5%, der Wert im anschließenden fAp-Horizont liegt bei 1,2%. Im fAh(M)-Horizont beträgt der organische Kohlenstoff nach 0,9%, während in den basalen Horizonten nur noch geringe Werte auftreten.

Tabelle 18: Profil BB C3II Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB C3II-1	Ah	4,5	19,8	28,3	52,5	6,4	10,8	8,4	25,7	21,8	3,7	0,0	2,5
BB C3II-2	fAp	1,8	19,6	31,7	53,1	9,6	8,3	6,6	24,4	22,5	3,7	0,2	1,2
BB C3II-3	fAh(M)	2,2	19,0	31,1	52,3	9,4	7,8	6,3	23,5	24,2	4,2	0,2	0,9
BB C3II-4	P	1,5	11,6	22,5	35,5	6,5	6,4	5,1	17,9	46,5	4,4	0,3	0,4
BB C3II-5	Cv-P	0,9	9,2	21,4	31,5	7,5	6,4	5,3	19,2	49,3	4,5	0,4	0,3

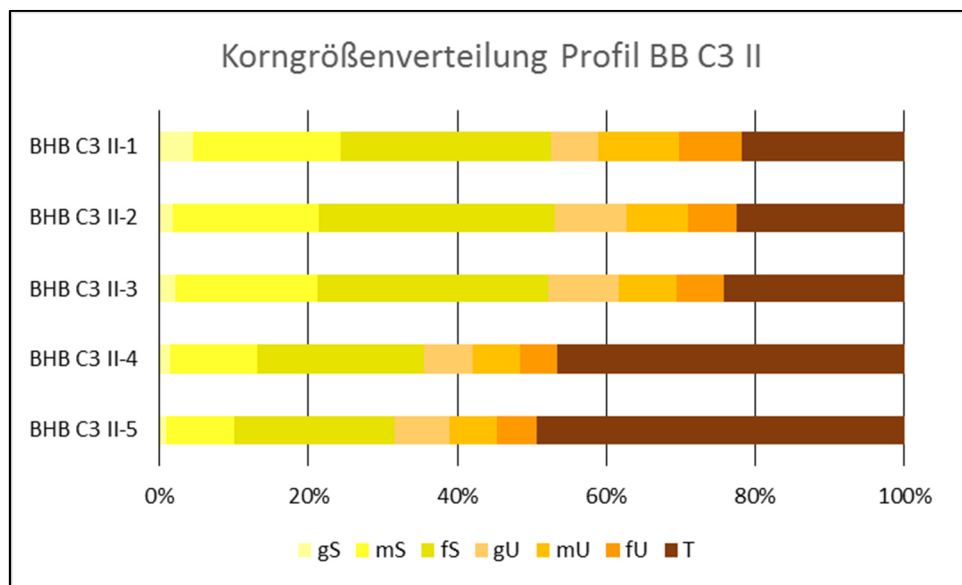


Abbildung 20: Korngrößenverteilung in % von Profil BB C3II

## 5.2.4 Interpretation der Profile im Bereich der Siedlungsterrasse

Bei den Böden im Bereich der Siedlungsterrasse handelt es sich um flachgründige Regosole (vgl. AD-HOC AG BODEN 2005). Die basalen Cv-P Horizonte der Profile setzen sich aus dem Verwitterungsmaterial des Blasensandsteins und tonig-lehmigen Komponenten mit rötlich, hellgrauer bis grünlicher Farbe zusammen. In den weiteren Profilabfolgen sind Anzeichen von Bodenbildungsphasen erkennbar. Die Profile BB C3I und BB C3II enthalten schwach entwickelte Bv-Horizonte. In den Profilen BB Q5 und BB C3I ergeben sich Hinweise auf kolluviales Material in einigen Horizonten der Profilabfolge. Diese Bodenhorizonte enthalten Steinlagen, vereinzelte Steine, Keramikbruchstücke sowie Holzkohlefragmente. Über den Kolluvien folgt ein mittelalterlicher Pflughorizont (fAp) und darüber schließt sich ein 10 cm mächtiger Ah-Horizont an.

Die Korngrößenzusammensetzung in den einzelnen Horizonten variiert sehr stark. Die Sandfraktion dominiert in den oberen Horizonten. In den basalen Horizonten dominiert hingegen die Tonfraktion. Die starke Variation der Korngrößenzusammensetzung und die Verschiebung des Verhältnisses von Sand zu Ton im Profilverlauf konnte schon im Rahmen der Geländeaufnahme festgestellt werden. Die durchgeführten Laboranalysen belegen diesen Trend. Der deutlich zunehmende Tongehalt in den zwei basalen Horizonten lässt sich durch tonig ausgebildete Lagen im hier anstehenden Blasensandstein erklären, welcher sich hier meist aus einer Wechselfolge von fein- und mittelsandigen Sandsteinen und dazwischen eingelagerten braunroten, violetten bis grünlichen Tonsiltsteinlagen zusammensetzt (GEYER 2002). Die erhöhten Sandanteile in Verbindung mit den niedrigeren Werten der Tonfraktion in den oberen drei Horizonten lassen sich auf stärkere Sandsteinbeimengungen im Bodenmaterial zurückführen. Die sehr geringen Carbonatwerte und die im sauren Bereich liegenden pH-Werte aller Proben sind durch das Ausgangsgestein bedingt. Bei den gemessenen Werten des organischen Kohlenstoffs zeigt sich eine natürliche Abnahme der Werte von oben nach unten. In den Ap-Horizonten sind die Werten nur leicht höher im Vergleich zu den tieferen Horizonten.

In den Bodenprofilen im Bereich der Siedlungsterrasse zeigen sich deutliche Spuren mehrerer Siedlungsphasen. Die bodenkundlichen und archäologischen Untersuchungen ergaben Hinweise auf eine künstliche Terrassierung des Bereiches. Im Rahmen dieser Einebnungsmaßnahmen kam es zu anthropogenem Bodenabtrag bis auf die tonige Schicht des Blasensandsteins und einer späterer Auffüllung von Bodenmaterial. Die Auffüllung des Bereiches erfolgt schrittweise in mehreren Phasen. In allen Profilen konnten zwei archäologische Siedlungshorizonte eindeutig nachgewiesen werden. Ein erster nachweisbarer Siedlungshorizont befindet sich in ca. 45 cm Tiefe direkt auf dem anstehenden tonig-lehmigen Material des P-Horizontes. Etwa 20 cm über dem untersten Siedlungshorizont ist ein weiterer Fundhorizont erkennbar, welcher durch Bodenbildungsprozesse überprägt wurde. Hinweise auf fossile Bodenhorizonte unterhalb des ersten Siedlungshorizontes ergeben sich durch Tonkutane in den ehemaligen Wurzelbahnen. Eine weitere Bodenentwicklung befindet sich in der ca. 20 cm mächtigen Einfüllung zwischen den nachweisbaren Siedlungshorizonten in Form eines fossilen Ah-Horizontes, in welchem auch fossile Wurzelstrukturen enthalten sind. Die mineralogischen Analysen geben ebenfalls Hinweise auf eine Bodenbildung. Das Fehlen von primärem Chlorit und der Nachweis von sekundärem Chlorit und von 14Å-Vermikulit sind deutliche

Anzeichen für eine Bodenentwicklung in den fossilen Ah-Horizonten (Tab. 14). Da die Bodenbildung nur in einer Stabilitätsphase ablaufen kann, muss hier eine Verminderung der anthropogenen Tätigkeit oder eine Siedlungsunterbrechung vermutet werden. Eine Siedlungspause spiegelt sich im Fehlen archäologischer Funde vom Ende der Späten Urnenfelderzeit bis zum Beginn der Latènezeit wieder (Tab. 1) (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012), so dass sich im vorverwitterten Kolluvium ein gut entwickelter Ah-Horizont in einer Zeitspanne von 400 - 500 Jahren bilden konnte. Durch das Fehlen des primären Chlorits wird diese Annahme bestärkt. In den darauffolgenden Siedlungsphasen ab Latènezeit wurden auf die urnenfelderzeitlichen Siedlungsterrassen weitere 30 cm Bodensediment aufgetragen. In diesem Kolluvium zeigen sich Spuren der mittelalterlichen Wölbackerfluren. Hierdurch kam es zu einer Durchmischung des Bodenmaterials und zur Umlagerung der archäologischen Funde. Der rezente Ah-Horizont ist 10cm mächtig und schließt das Profil nach oben hin ab.

## 5.3 Gelände- und Laboranalysen im Bereich der alten Wallgrabung von Georg Diemer

Für weitere Untersuchungen wurde im alten Wallschnitt II von Georg Diemer aus dem Jahre 1983 ein neues Profil angelegt, aufgenommen und beprobt. In der damaligen archäologischen Grabung konnten mehrere Befestigungsphasen nachgewiesen werden (DIEMER 1995).

### 5.3.1 Profil BB W (Ringwall)

#### Geländedaten

Das Profil BB W (Abb. 21, Tab. 19) ist ca. 170 cm und liegt an der Südwand des alten Grabungsschnittes. Dieses Profil lässt sich in 10 Horizonte unterteilen.

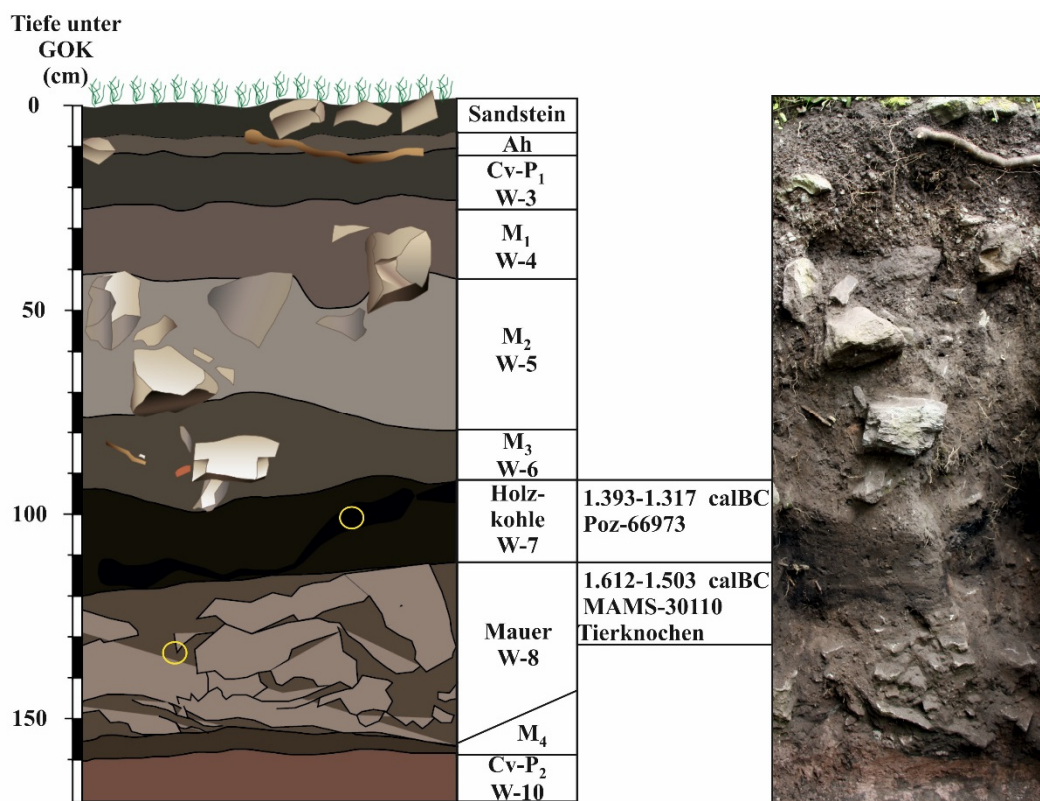


Abbildung 21: Skizze von Profil BB W mit den Horizonten BB W-1 bis BB W-10, Bullenheimer Berg (eigene Darstellung). Die drei Horizonte über dem Holzkohleband werden als Kolluvien bezeichnet, <sup>14</sup>C-Datierung des Tierknochens zur Verfügung gestellt vom Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie, Prof. Dr. Frank Falkenstein.

Der oberste Horizont (BB W-1) besteht aus Blasensandsteinplatten und ist ca. 8 cm mächtig. Der darunter folgende Ah Horizont (BB W-2) ist 4 cm mächtig, schwach humos und enthält einige Gesteinsfragmente. Das Bodenmaterial ist locker gelagert und die Bodenart kann als schwach toniger Lehm bezeichnet werden. Die Grenze nach unten ist wellig und undeutlich. Auf den Gesteinsfragmenten und Bodenaggregaten des Horizontes BB W-3 sind dünne Tonüberzüge erkennbar. Einige größere Gesteinsfragmente sind mit Ton ummantelt. Das Bodengefüge von BB W-3 ist polyedrisch bis subpolyedrisch. Das Bodenmaterial im 13 cm mächtigen Horizont ist schwach humos und die Bodenart entspricht einem mittel tonigen Lehm. Die untere Grenze des Cv-P<sub>1</sub>-Horizontes ist deutlich, aber wellig ausgeprägt. Der zwischen 25 und 42 cm Tiefe liegende Horizont BB W-4 enthält weiße Sandsteine und viele weiß-grünliche Bodenaggregate. Die Bodenart ist ein sandig-toniger Lehm und die Grenze nach unten erscheint deutlich und wellig. Darunter folgt der Horizont BB W-5 mit einer Mächtigkeit von 38 cm. Das Bodenmaterial ist sehr dicht und enthält Gesteinsfragmente jeder Größe, Keramikstücke und Holzkohlefritter. Die Bodenart kann als stark sandiger Lehm angegeben werden. Die untere Grenze verläuft sehr wellig. Darunter folgt der 10 cm mächtige Horizont BB W-6, welcher sehr locker gelagert ist und leicht zerfällt. Das Bodengefüge ist krümelig bis subpolyedrisch. Der sandige entspricht einem stark lehmigen Sand. Des Weiteren sind Keramikbruchstücke, kleine Holzkohlestücke und Gesteinsfragmente bis 10 cm Größe enthalten. Die untere Grenze ist wellig aber deutlich. Der nächste Horizont (BB W-7) ist 22 cm mächtig und besteht im überwiegenden Teil aus Holzkohle, welche aus einer ehemaligen Holzkonstruktion einer später verbrannten Wallbefestigung stammt. Die Holzkohle tritt in Stücken von 5 cm Dicke und bis zu 20 cm Länge auf. Es sind auch kleine Gesteinsbruchstücke enthalten, so dass das Material sehr locker und krümelig ist. Die untere Grenze verläuft deutlich und leicht wellig. Der Horizont BB W-8 (ca. 43 cm) belegt eine ehemalige Wallbefestigung. Diese besteht aus plattigen Sandsteinen von über 10 cm Länge. In den Zwischenräumen der Steinplatten lagert ein sandig-schluffiges Sediment. Im oberen Bereich des Horizontes weist das Sediment braune und im unteren Bereich rötliche Färbung auf. Außerdem konnte zwischen zwei Steinplatten der Rippenknochen eines Tieres gefunden werden. Die Grenze nach unten verläuft leicht wellig, aber deutlich. Der darunterliegende, hellrote Horizont BB W-9 ist 5cm mächtig. Es sind runde Steine bis zu 10 cm Länge enthalten und die Bodenart entspricht einem schwach tonigen Lehm. Die untere Grenze ist leicht gewellt und deutlich ausgebildet. Der basale, rote gefärbte Horizont BB W-10 ist im Bereich zwischen 160 und 170 cm freigelegt, reicht jedoch weiter in die Tiefe. Das Bodenmaterial ist sehr tonig und

enthält keine Gesteinsfragmente. Die Bodenart wird als mittel toniger Lehm angegeben. Auf den Bodenaggregaten sind Tonkutane erkennbar. Alle Horizonte des Profils BB W sind carbonatfrei.

Tabelle 19: Geländedaten Profil BB W, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB W-1	Sandstein	0 - 8	w, de, h	-		Blasensandsteinplatten
BB W-2	Ah	8 - 12	w, di, h	10R 4/2	Lt2	leicht humos, locker
BB W-3	Cv-P <sub>1</sub>	12 - 25	w, de, h	10R 4/3	Lt3	Tonkutane
BB W-4	M <sub>1</sub>	25 - 42	w, de, h	10R 4/3	Lts	Einfüllungen
BB W-5	M <sub>2</sub>	42 - 80	w, de, h	7,5YR 4/2	Ls4	Holzkohle, Keramik
BB W-6	M <sub>3</sub>	80 - 90	w, de, h	7,5YR 4/2	Sl4	locker, Keramik, Holzkohle
BB W-7	Holzkohle	90 - 112	w, de, h	10YR 2/1		alte Befestigung (Holz)
BB W-8	Mauer	112 - 155	w, de, h	-		alte Befestigung (Stein)
BB W-9	M <sub>4</sub>	155 - 160	w, de, h	10R 5/4	Lt2	sehr helles rot
BB W-10	Cv-P <sub>2</sub>	160 - 170		10R4/4	Lt3	sehr tonig, Tonkutane

#### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Die Blasensandsteinplatten wurden für die Laboruntersuchungen aufgrund ihrer Größe nicht berücksichtigt. Im ersten Bodenhorizont BB W-2 sind die Korngrößen Sand, Schluff und Ton mit ca. 33% in gleichen Anteilen enthalten (Abb. 22; Tab. 20). Im darunter folgenden Horizont BB W-3 sind die Anteile von Sand und Schluff mit ca. 31% im gleichen Maße enthalten. Der Tonanteil steigt hier auf ca. 38%. Im ersten kolluvialen Horizont M<sub>1</sub> steigt der Sandanteil auf ca. 46% an, wobei Feinsand mit 25,2% am meisten enthalten ist. Der Schluffgehalt sinkt auf 19,8% und der Tongehalt auf 34,2%. Im unterlagernden kolluvialen Horizont M<sub>2</sub> bleibt der Sandgehalt mit 45% nahezu unverändert gegenüber M<sub>1</sub>. Die Schlufffraktion nimmt um 10% zu und steigt auf 29,8%. Im Gegenzug nimmt der Tongehalt (25%) um 10% ab. Im Horizont BB W-6 (M<sub>3</sub>) nimmt der Sandgehalt weiter zu (53,1%), der Schluffanteil (30,7%) bleibt nahezu gleich. Der Tonanteil nimmt weiter ab und ist mit 16,2% relativ niedrig. Da der Horizont BB W-7 aus verbrannten Holz und der Horizont BB W-8 aus Sandsteinplatten besteht wurde bei beiden Horizonten auf eine Korngrößenanalyse verzichtet. Im Horizont M<sub>4</sub> (BB W-9) sind die Fraktionen Sand und Schluff mit ca. 37% in gleichen Anteilen enthalten. Feinsand bildet mit 22,9% den Hauptbestandteil der Sandfraktion. Der Tonanteil ist in diesem Horizont mit 26,2% wieder



erhöht. Im untersten Horizont nimmt der Sandanteil stark ab und liegt bei nur 14,6%, wobei hier 13,1% auf Feinsand entfallen. Die Schlufffraktion ist in diesem Horizont mit 44,2% am stärksten vertreten. Der Tongehalt ist mit 41,2% weiter angestiegen.

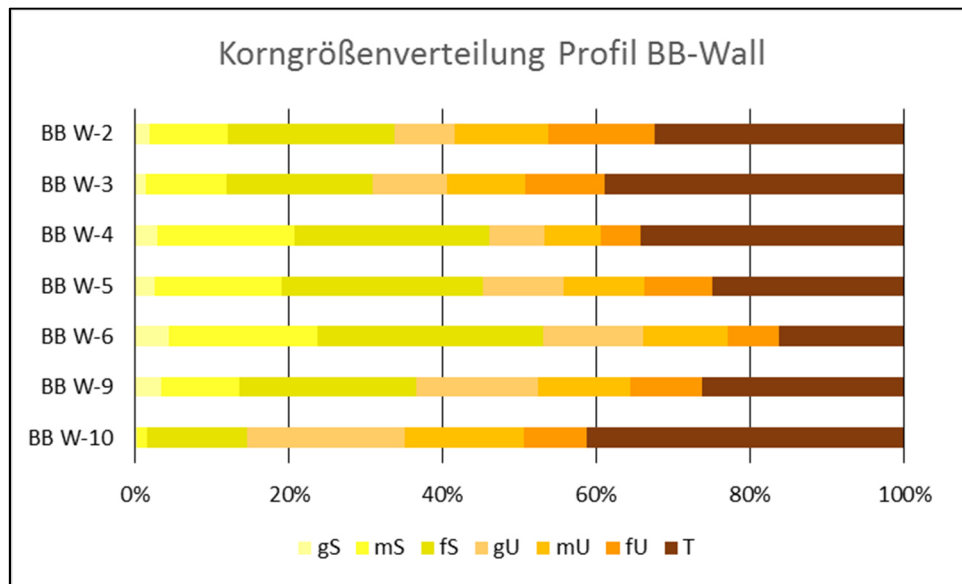


Abbildung 22 Korngrößenverteilung in % von Profil BB Wall

Die pH-Werte liegen mit Werten zwischen 5,8 und 4,9 im mäßig sauren bis schwach alkalischen Bereich (Tab. 20). Es lässt sich eine Zunahme der Werte bis in die Profilmittle beobachten. Unterhalb des ehemaligen Mauerhorizontes nehmen die Werte wieder leicht ab. Die gemessenen Carbonatgehalte liegen alle im niedrigen Bereich, wobei die Kolluvien M<sub>2</sub> (3,3 %) und M<sub>3</sub> (5,5%) die höchsten Werte aufweisen (Tab. 20).

In diesem Profil schwanken die Werte für den organischen Kohlenstoff über den gesamten Profilverlauf (Tab. 20). Der Ah-Horizont hat einen C<sub>org</sub>-Gehalt von 2,4%, der darunter liegenden Cv-P<sub>1</sub> zeigt einen Wert von 1,2%. Die Werte in den Kolluvien M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub> liegen zwischen 0,7% und 2,2%. Der Wert des Holzkohlehorizontes ist mit 11,5% am höchsten. Die Werte der Horizonte M<sub>4</sub> und Cv-P<sub>2</sub> sind mit 0,2% am geringsten.

Tabelle 20: Profil BB Wall Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB W-2	Ah	1,9	10,1	21,6	33,6	7,9	12,2	14,0	34,0	32,4	5,8	0,2	2,4
BB W-3	Cv-P <sub>1</sub>	1,4	10,4	19,1	31,0	9,7	10,0	10,4	30,1	38,9	6,4	0,3	1,2
BB W-4	M <sub>1</sub>	2,8	17,9	25,2	46,0	7,2	7,4	5,3	19,8	34,2	7,4	1,9	0,7
BB W-5	M <sub>2</sub>	2,5	16,6	26,1	45,2	10,6	10,6	8,7	29,8	25,0	7,7	3,3	1,5
BB W-6	M <sub>3</sub>	4,3	19,3	29,5	53,1	13,0	10,9	6,7	30,7	16,2	7,9	5,5	2,2
BB W-7	Holzkohle	nicht bestimmt									n.b.	1,1	11,5
BB W-9	M <sub>4</sub>	3,4	10,2	22,9	36,5	15,9	11,9	9,5	37,3	26,2	7,8	1,5	0,2
BB W-10	Cv-P <sub>2</sub>	0,2	1,3	13,1	14,6	20,5	15,4	8,2	44,2	41,2	7,6	0,3	0,2

### *Laborergebnisse der mineralogischen Analyse*

#### *- Gesamtmineralanalyse*

Die Schichtsilikate, Quarz, Kalifeldspäte und Plagioklase sind die hauptsächlich vorkommenden Minerale im Profil BB-Wall. Das Mineral Dolomit tritt vereinzelt auf. Die 14Å- (Smektit und Vermikulit) und 7Å-Minerale (Kaolinit und Chlorit) sowie Glimmer, Hämatit und vereinzelt Kalzit sind in Spuren nachweisbar. Nicht nachweisbar sind Amphibole, Goethit, sowie Gips (Tab. 21).

Quarz und Kalifeldspat sind in ihrer Verteilung in den Proben gleich. Schichtsilikate treten in den oberen drei Horizonten und im basalen Horizont vermehrt auf. Plagioklas ist im Profilverlauf gleichmäßig enthalten. Dolomit ist nur in den Horizonten W3 und W4 enthalten. Kalzit Spuren konnten in den Horizonten W5, W6, W7 und W9 nachgewiesen werden.

#### *- Tonmineralanalyse*

Die Tonmineralfraktion (Tab. 22) setzt sich hauptsächlich aus 14Å-Vermikulit, Illit und primärem Chlorit zusammen. Illit tritt deutlich im Gesamtprofil auf. Der 14Å-Vermikulit und der primäre Chlorit treten in einigen Horizonten nur in Spuren auf. Smektit, 18Å-Vermikulit und sekundärer Chlorit sind in den Proben nicht enthalten. Das Mixed-Layer-Mineral Corrensit, eine Kombination von Smektit und Chlorit, ist im gesamten Profil nur in Spuren nachweisbar.

Tabelle 21: Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB W

Horizontnummer	Horizont	14Å	Gli	Amp	7Å	Sch	Q	Goe	KFS	Pla	Kal	Dol	Häm	G
BB W-2	Ah	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-
BB W-3	Cv1-P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	*	•	-
BB W-4	M <sub>1</sub>	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	*	•	-
BB W-5	M <sub>2</sub>	•	•	-	•	*	**	-	**	*	•	-	•	-
BB W-6	M <sub>3</sub>	•	•	-	•	*	**	-	**	*	•	-	•	-
BB W-7	Holzkohle	-	•	-	•	*	*	-	*	*	•	-	•	-
BB W-9	M <sub>4</sub>	•	•	-	•	*	*	-	*	*	•	-	•	-
BB W-10	Cv2-P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*: viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

Mineralabkürzungen: 14Å = Smektit/ Vermikulit; Gli = Glimmer; Amp = Amphibole; 7Å = Chlorit/ Kaolinit; Sch = Schichtsilikate; Q = Quarz; Goe = Goethit; KFS = Kalifeldspat; Pla = Plagioklas; Kal = Kalzit; Dol = Dolomit; Häm = Hämatit; G=Gips

Tabelle 22: Ergebnisse der Tonmineralanalyse für Profil BB W

Horizontnummer	Horizont	Smektit	Vermikulit 14Å/18Å		Illit	Kaolinit	Chlorit		Mixed Layer Corrensit
			primär	sekundär					
BB W-2	Ah/P	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-3	Cv1-P	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-4	M <sub>1</sub>	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-5	M <sub>2</sub>	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-6	M <sub>3</sub>	-	-	-	**	-	*	-	•
BB W-7	Holzkohle	-	•	-	**	-	•	-	•
BB W-9	M <sub>4</sub>	-	•	-	***	-	*	-	•
BB W-10	Cv2-P	-	*	-	**	-	•	-	•

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*: viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

### 5.3.2 Interpretation des Profils im Bereich des Ringwalls

Das angelegte Profil im Bereich des Ringwalls stellt kein natürlich gewachsenes Bodenprofil dar. Die Profilarfolge wurde im Rahmen der Bautätigkeit des Schutzwalls in mehreren Phasen aufgeschüttet. Die basalen Horizonte BB W-10 und W-9 bestehen vermutlich aus tonig-lehmigem Material des anstehenden Blasensandsteins. Ein Auftreten von Lehrbergschichten kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden, aber das Fehlen von

Dolomit deutet auf Material des Blasensandsteins hin. Darüber folgend zeigt das Profil anhand einer vermutlich künstlichen Steinlage aus Sandstein (BB W-8) deutliche Spuren des menschlichen Einflusses. Der Fund des Tierknochens ist ein weiterer Beleg für einen anthropogenen Ursprung der Steinlage. Die anschließende  $^{14}\text{C}$ -Datierung des Knochens ergab ein Alter von 1.612 bis 1.503 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: MAMS-30110) bzw.  $3.272 \pm 22$  Jahren BP (uncal.) (schriftliche Mittelung F. FALKENSTEIN) und datiert somit in die Übergangszeit von Früh- und Mittelbronzezeit. Über der Steinlage folgen die gut erkennbaren verkohlten Holzreste (BB W-7) der Befestigungsphase 2 nach Diemer 1995. Ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von 1.393 bis 1.317 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-66973) bzw.  $3.074 \pm 30$  Jahren BP (uncal.) bestätigt die Befestigungsphase 2. Die Horizonte BB W-4 bis W-6 oberhalb der Befestigungsphase 2 sind Kolluvien bzw. Aufschüttungen, da sich hier Keramik, Holzkohlereste und Ziegelbruchstücke finden lassen. Die Horizonte BB W-2 und BB W-3 enthalten keine archäologischen Funde, sind aber aufgrund ihrer Position ebenfalls menschlichen Ursprungs. Bei Horizont BB W-2 handelt es sich um einen geringmächtigen Ah-Horizont, welcher den obersten Abschluss des Wallkörpers bildet und auf welchem die Sandsteinplatten (BB W-1) lagern.

Die Korngrößenzusammensetzung variiert stark im Profilverlauf. In den Horizonten BB W-2 und W-3 sind die drei Korngrößen in relativ gleichen Anteilen vertreten. Die Horizonte BB W-4 bis W-6 haben einen erhöhten Sandanteil und abnehmende Schluff- und Tongehalte. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass es sich bei diesem Material um Verwitterungsschutt des Blasensandsteins handelt. Die Horizonte BB W-9 und W-10, welche unter den verbrannten Holzresten und der Steinlage liegen, zeigen zunehmende Schluff- und Tongehalte und abnehmende Sandgehalte. Die Ursache dafür könnte sein, dass es sich hier um anstehendes geologisches Material handelt, welches den Tonsiltlagen des Blasensandsteins oder den Lehrbergschichten entspricht. Die variierenden Carbonatwerte sind durch die unterschiedlich verbauten Materialien des Wallkörpers bedingt. Die pH-Werte nehmen im Profilverlauf von oben nach unten zu. Die gemessenen Werte des organischen Kohlenstoffs variieren ebenfalls im Bereich des Ringwalls. So sind die Werte in den Horizonten BB W-2 und W-3 leicht erhöht, was durch den rezenten Eintrag organischen Materials bedingt ist. Im Horizont BB-W-4 nimmt der Wert ab, während er in den Horizonten BB W-5 bis W-7 aufgrund der zunehmenden Holzkohlebeimengung stetig zunimmt. In den beiden basalen Horizonten BB W-9 und W-10 bleibt der Wert gering, dies ist durch das geologische Ausgangsmaterial bedingt.

Die bodenkundlichen Untersuchungen des Profils im ehemaligen Wallschnitt II von Georg Diemer verdeutlichen den menschlichen Einfluss in diesem Bereich. Die sehr unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Horizonte zeugen von verschiedenen Ausgangssubstraten. Es ist davon auszugehen, dass es sich um abgetragenes schwach entwickeltes Bodenmaterial aus dem inneren Plateau handelt. Der Nachweis von primärem Chlorit und das gleichzeitige Fehlen von sekundärem Chlorit deutet stark auf wenig verwittertes Material hin (Tab. 22). Die vom Menschen in mehreren Phasen aufgeschütteten Horizonte wurden im Laufe der Zeit von schwacher Bodenbildung überprägt. So zeigt sich im oberen Horizont eine leichte Humusbildung, die folglich zur Ausbildung eines geringmächtigen Ah-Horizontes führt. Im darunterliegenden Horizont erkennt man Anzeichen einer beginnenden Tonverlagerung, so sind hier einige Gesteinsfragmente von dünnen Tonhäutchen überzogen. Im Laufe der Zeit wird sich die Bodenentwicklung im Profilverlauf weiter nach unten fortsetzen.



## 6. Untersuchungsergebnisse Gipstagebau Marktbergel-West II

### 6.1 Böden im Gipstagebau Marktbergel-West II

Im Bereich des Gipstagebaus Marktbergel West II der Firma Knauf werden immer wieder Dolinenverfüllungen freigelegt. Diese Verfüllungen werden vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege archäologisch aufgenommen und dokumentiert. Seit dem Jahr 2013 wurden im Rahmen dieser Arbeiten sechs Profile zusätzlich bodenkundlich analysiert. Drei Profile liegen im archäologischen Befund 359 in den oberen 2 Metern einer Dolinenverfüllung, in den archäologischen Profilen 411 und 412. Die anderen drei Profile befinden sich in Befund 351, in den archäologischen Profilen 415 und 420 (Abb. 23). Das Profil 415 liegt zwischen 4 und 6 Metern unter der heutigen Geländeoberfläche, das Profil 420 schließt bei 6 Metern an und verläuft bis 8 Meter Tiefe. Die Profile wurden im Gelände nach bodenkundlichen Kriterien aufgenommen und die entnommenen Sedimentproben anschließend im Labor analysiert.

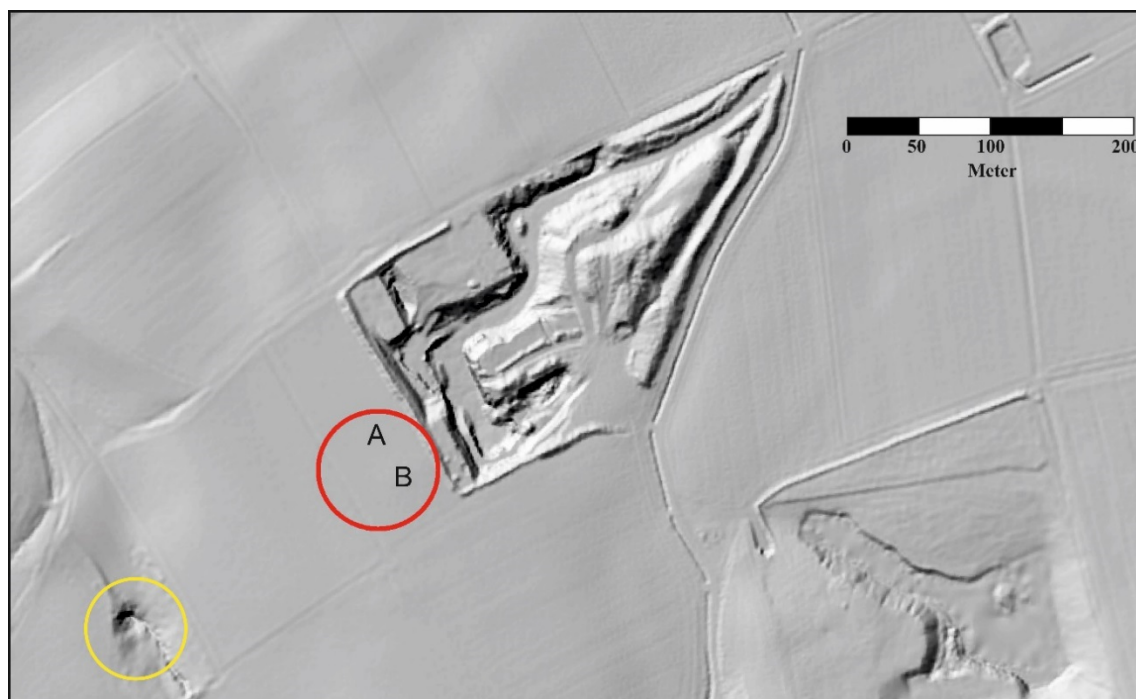


Abbildung 23: Digitales Geländemodell mit Lage der aufgenommenen Befunde 359 (A) und 351 (B) (roter Kreis) und der rezenten Doline (gelber Kreis) (Kartengrundlage: DGM 1m) (Quelle: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung)

## 6.2 Archäologischer Befund 359

Der Befund 359 umfasst eine verfüllte Doline mit einem Durchmesser von ca. 25 m, welche im Jahr 2013 archäologisch sowie bodenkundlich untersucht wurde (Abb. 24). Hierfür wurden die Profile 411 und 412 angelegt. Das archäologische Profil 411 ist ca. 8 m lang, 2 m hoch und schneidet die Doline in NW-SO-Richtung (Abb. 24, gestrichelte Linie). Profil 411 liegt im Bereich einer Bodenverfüllung innerhalb der Doline und lässt Hinweise auf Bodenbildungsprozesse und Stauwassereinfluss erkennen. Die bodenkundlichen Untersuchungen wurden an zwei Profilen (MB-I und MB-II) durchgeführt. Das archäologische Profil 412 ist ca. 25 m lang und ebenfalls 2 m hoch und verläuft in NO-SW-Richtung. Auch das Profil 412 stellt die Bodenverfüllung der Doline dar und weist auch auf Bodenbildungsprozesse und Stauwassereinfluss hin. Das für die bodenkundliche Untersuchung ausgewählte Profil erhielt die Bezeichnung MB-III.



Abbildung 24: Aufnahme von Befund 359, Profilwand zeigt das archäologische Profil 412. Profil 411 ist zu diesem Zeitpunkt nicht mehr vorhanden, der ehemalige Verlauf ist durch die gestrichelte Linie markiert (Aufnahme: B. Kriens, November 2013)



## 6.2.1 Profil MB I, Befund 359

### *Geländedaten*

Das Profil MB I (Abb. 25, Tab. 23) weist eine Höhe von ca. 182 cm auf und konnte in 9 Horizonte unterteilt werden. Die Nummerierung der Horizonte entspricht den archäologischen Schichtbezeichnungen, die Horizontbezeichnungen MB1 bis MB3 wurden neu vergeben, da diese Horizonte in der archäologischen Dokumentation nicht nummeriert waren.

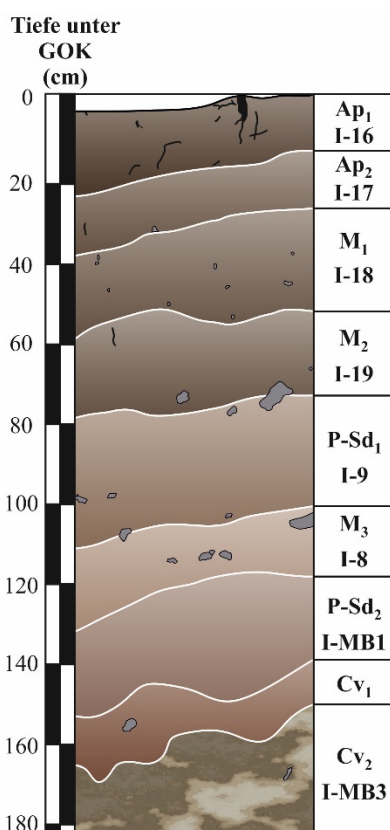


Abbildung 25: Skizze von Profil MB I mit den Horizonten MB I-16 bis MB I-MB3, Befund 359, Gipstagebau Marktbergel-West II (eigene Darstellung)

Der oberste dunkelbraune Horizont MB I-16 entspricht einem rezenten Ap-Horizont mit einer Mächtigkeit von 15 cm. Die Bodenstruktur ist blockig und sehr dicht gelagert. Das Bodenmaterial ist insgesamt sehr tonig, sodass die Bodenart des Horizontes als lehmiger Ton angegeben werden kann. Die untere Grenze ist undeutlich und nach NW geneigt. Der darunterfolgende, zweite Horizont (MB I-17) liegt auch noch im Bereich eines Ap-Horizonts und ist dunkelbraun gefärbt sowie 15 cm mächtig. Der Boden fest und dicht, außerdem zeigt sich eine polyedrische Struktur. Die Bodenart wird als reiner Ton

angegeben (AD-HOC AG BODEN 2005). Im Horizont sind nur wenige Gesteinsfragmente enthalten. Die Grenze nach unten ist diffus und wellig mit einem Einfallen nach NW. Mit einer Mächtigkeit von 22 cm schließt sich nach unten der dunkelbraune kolluviale Horizont MB I-18 an. Das Bodenmaterial mit seiner polyedrischen Struktur ist fest und dicht. Die Bodenart kann als lehmiger Ton angegeben werden. Auch dieser Horizont fällt leicht in NW-Richtung zur Tiefenlinie hin ab. Das Kolluvium enthält Holzkohlefitter und kleinere Gesteinsfragmente, die in Richtung Tiefenlinie an Größe leicht zunehmen. Die Bodenmatrix ist carbonatfrei, jedoch zeigen die Gesteinsfragmente eine leichte Reaktion. Die Untergrenze erscheint sehr wellig, aber undeutlich. Der folgende kolluviale Horizont (MB I-19) ist 23 cm mächtig und dunkelbraun gefärbt, erscheint aber etwas dunkler als MB I-18. Die Bodenart entspricht einem schwach schluffigen Ton. Das Bodenmaterial hat aufgrund seiner dichten Lagerung nur sehr wenige Poren. Das polyedrische Gefüge ist gut ausgebildet, stellenweise enthält das Kolluvium Holzkohlefitter, Mangan und zerstörte, gerundete Keramik. Zudem gibt es kleinere (0,5 - 1 cm) und größere Sandsteinfragmente (5 - 10 cm). Die Bodenmatrix ist carbonatfrei, aber die kleinen Steine zeigen eine leichte Carbonatreaktion. Die untere Grenze ist deutlich erkennbar, leicht gewellt und neigt sich zur Tiefenlinie in NW-Richtung. Der in vertikaler Richtung folgende, etwas heller braun gefärbte Horizont MB I-9 entspricht einem Paläoboden und reicht von 78 - 100 cm Tiefe. In diesem Horizont zeigt sich eine subpolyedrische bis polyedrische Struktur und damit ein gut ausgebildetes Bodengefüge (Abb. 31A). Die Bodenart wird als schwach schluffiger Ton eingestuft. Der Horizont enthält viele Klein- und Kleinstporen, Risse, graue bis dunkelgraue Tonkutane und kleine grusige Gesteinsfragmente. Des Weiteren lassen sich fossile, verfüllte Wurzelbahnen mit wenigen Eisen- und Manganflecken erkennen. Im unteren Teil des Horizontes befinden sich vereinzelt Keramikbruchstücke. Auch der Horizont zeigt keine Carbonatreaktion. Die Grenze nach unten ist schwach gewellt, undeutlich und in Richtung Tiefenlinie geneigt. Der folgende Horizont MB I-8 ist ein weiterer kolluvialer Horizont mit einer Mächtigkeit von 20 cm. Die Bodenart des braunen, inhomogen gefärbten Horizontes ist ein schwach schluffiger Ton. Es zeigen sich größere Gesteinsblöcke (5 - 10 cm Länge) und viele kleine Gesteinsfragmente. Die Blöcke und Fragmente sind teilweise eingeregelt. Die Bodenmatrix ist sehr tonig und dicht, wirkt aber durch die Steine lockerer. Die Struktur ist polyedrisch und subpolyedrisch, mit Schwerpunkt auf einer subpolyedrischen Struktur. Im Horizont zeigt sich intensiv Mangan, sogar in Konkretionen. Zudem sind sehr deutliche Eisennadelstiche, reduzierte Bereiche in Form von Flecken, vereinzelt Holzkohle und gerundete Keramikfragmente zu sehen. Die

Matrix im Horizont ist carbonatfrei. Die untere Grenze ist wellig, diffus und fällt in NW-Richtung ab.

Tabelle 23: Geländedaten Profil MB I, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB I-16	Ap <sub>1</sub>	0 - 15	e, di, g	7,5YR 3/2	T1	rezente Oberfläche
MB I-17	Ap <sub>2</sub>	15 - 30	w, di, g	7,5YR 4/2	Tt	sehr dicht
MB I-18	M <sub>1</sub>	30 - 52	w, di, g	7,5YR 4/2	T1	teilweise Holzkohle
MB I-19	M <sub>2</sub>	52 - 78	w, de, g	7,5YR 4/2	Tu2	teilweise Holzkohle, Mangan
MB I-9	P-Sd <sub>1</sub>	78 - 100	w, di, g	5YR 5/3	Tu2	Tonkutane, Keramik, Paläoboden
MB I-8	M <sub>3</sub>	100 - 120	w, di, g	5YR 6/3	Tu2	Holzkohle, Keramik
MB I-MB1	P-Sd <sub>2</sub>	120 - 143	e, de, g	2,5YR 5/3	Tt	Wurzelbahnen, Paläoboden
MB I-MB2	Cv <sub>1</sub>	143 - 160	z, de, g	2,5YR 4/4	Tu2	teilweise Manganflecken
MB I-MB3	Cv <sub>2</sub>	160 - 182		5Y 7/1	Tu2	Solifluktuationsmerkmale

Im anschließenden Horizont MB I-MB1 sieht man eine sehr rote Färbung durchsetzt mit grauen und rostfarbigen Flecken. Der 23 cm mächtige Horizont hat eine massive, dichte Bodenstruktur. Das Gefüge ist polyedrisch und sehr scharfkantig. Die Bodenart dieses zweiten Paläobodens ist ein reiner Ton. Im Bodenmaterial sind vereinzelt kleine Gesteinsfragmente und Gruskomponenten enthalten. Auch in diesem Horizont treten alte verfüllte, lange Wurzelbahnen auf. Es zeigen sich hydromorphe Merkmale in Form von pulvrigen Mangan- und Eisennadelstichen sowie Reduktionszonen entlang der alten Wurzelbahnen. Stresskutane auf den Aggregatflächen weisen auf Quell- und Schrumpfungsprozesse hin. Der Horizont liegt in einer ehemaligen Hangposition, keilt von SO nach NW aus und ist nach einem Meter im weiteren Profilverlauf nicht mehr erkennbar. Die Grenze ist sehr wellig, aber deutlich. Der ca. 17 cm mächtige Horizont MB I-MB2 ist rotbraun gefärbt, zeigt auch graue Flecken. Die Bodenart entspricht einem schwach schluffigen Ton. Die Struktur ist massiv und zeigt teilweise Polyeder. Über den Horizont sind eine geringe Anzahl kleiner schwarzer Manganflecken verteilt. Die enthaltenen Gesteinsfragmente (2mm - 2cm) sind in Arealen angeordnet. Die Bodenmatrix ist carbonatfrei, aber die Gesteinsfragmente zeigen eine verspätete, länger andauernde Carbonatreaktion. Die untere Grenze ist sehr wellig und taschen- bzw. zungenförmig, aber

deutlich ausgeprägt. Der unterste Horizont MB I-MB3 weist eine inhomogene, grau-grün-violette Färbung auf. Es zeigt sich eine dichte, massive Struktur, aber kein Bodengefüge. Die Bodenart wird als schwach schluffiger Ton angegeben. Das Material stammt aus den Myophorienschichten und enthält vereinzelt kleine Gesteinsfragmente. Die Gesteinsfragmente sind steil gestellt. Die Matrix ist carbonatfrei, aber auch in diesem Horizont zeigen die Gesteinsfragmente eine leichte Reaktion. Der Horizont liegt im Bereich von 160 - 182 cm Tiefe und dünnt zur Tiefenlinie hin aus.

#### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

In beiden Ap-Horizonten (MB I-16 u. 17) und im M<sub>1</sub>-Horizont dominiert Ton mit über 63%, gefolgt von Schluff mit über 26%. Die Sandfraktion ist mit Werten von ca. 8% nur geringfügig enthalten (Abb. 26, Tab. 24). Im Horizont M<sub>2</sub> liegt der Tongehalt bei 59%, der Schluffanteil steigt leicht an und der Sandgehalt liegt auf dem Niveau der überlagernden Horizonte. Bei Horizont MB I-9 sinkt der Tongehalt auf 50% ab, der Schluffanteil steigt auf 37% an und der Sandanteil steigt ebenfalls an, auf 12,5%. Der Horizont M<sub>3</sub> hat eine ähnliche Zusammensetzung wie der überlagernde Horizont MB I-9. Eine deutliche Zunahme des Tongehaltes auf 66,7% lässt sich in Horizont MB I-MB1 beobachten. Der Anteil der Schluffkomponente liegt bei 29% und der Sandanteil fällt auf 4% ab. Im folgenden Horizont MB I-MB2 ist eine Zunahme des Schluffgehaltes auf 37% zu beobachten, der Tongehalt fällt ab und Sand ist mit insgesamt 1% nur sehr gering enthalten. Im basalen Horizont MB I-MB3 steigt der Schluffgehalt um ca. 11% gegenüber MB2 an, der Tongehalt fällt auf 51% und Sand ist in sehr geringen Mengen enthalten.

Die pH-Werte aller Horizonte liegen zwischen 7,3 und 7,6. Über den Profilverlauf lässt sich kein Trend beobachten (Tab. 24). Die Carbonatgehalte der obersten sieben Horizonte sind mit Werten bis maximal 0,6% sehr gering. Im Horizont MB2 ist der Wert mit 9,6% erhöht und in MB3 steigt der Carbonatgehalt auf 23,5% an (Tab. 24).

Die Werte des organischen Kohlenstoffes der vier oberen Horizonte liegen zwischen 0,9% und 1,4%. Der Horizont MB I-9 hat einen C<sub>org</sub>-Gehalt von 0,8% und bei Horizont MB I-8 liegt der Gehalt bei 0,6%. Im Horizont MB1 ist noch ein geringer Wert für den org. Kohlenstoff messbar. In den basalen Horizonten MB2 und MB3 ist kein org. Kohlenstoff nachweisbar (Tab. 24).

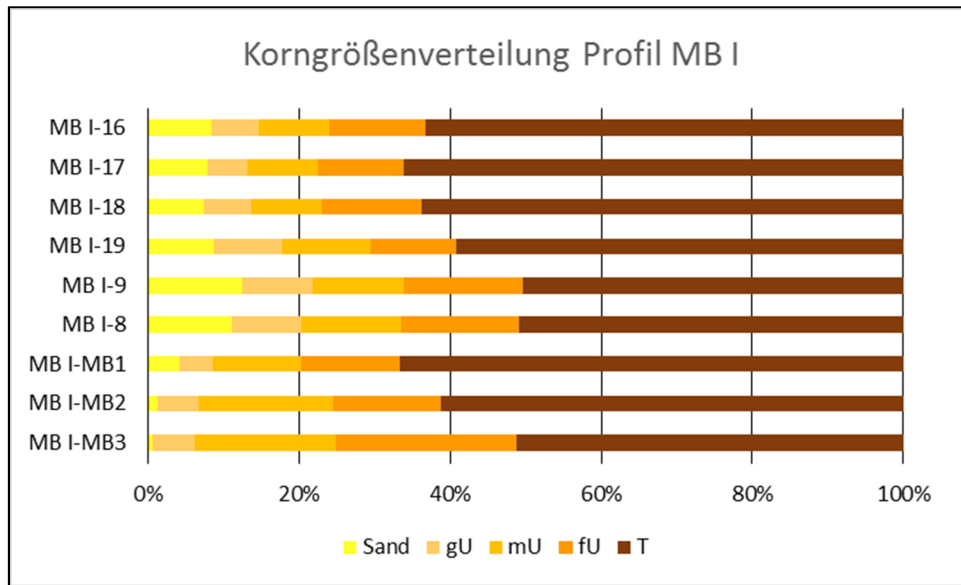


Abbildung 26: Korngrößenverteilung in % von Profil MB I

Tabelle 24: Profil MB I Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB I-16	Ap <sub>1</sub>	1,5	2,5	4,5	8,5	6,2	9,3	12,8	28,2	63,3	7,3	0,4	1,4
MB I-17	Ap <sub>2</sub>	0,9	2,2	4,7	7,9	5,2	9,4	11,4	26,1	66,1	7,3	0,5	1,2
MB I-18	M <sub>1</sub>	1,1	2,1	4,1	7,4	6,2	9,4	13,3	28,9	63,7	7,5	0,3	1,1
MB I-19	M <sub>2</sub>	1,2	2,9	4,7	8,8	8,9	11,8	11,4	32,0	59,2	7,4	0,3	0,9
MB I-9	P-Sd <sub>1</sub>	1,7	4,0	6,8	12,5	9,2	12,0	15,8	37,0	50,4	7,5	0,3	0,8
MB I-8	M <sub>3</sub>	3,3	2,8	5,0	11,1	9,1	13,3	15,6	38,1	50,9	7,3	0,3	0,6
MB I-MB1	P-Sd <sub>2</sub>	1,2	1,1	1,9	4,2	4,4	11,6	13,0	29,1	66,7	7,3	0,6	0,3
MB I-MB2	Cv <sub>1</sub>	0,2	0,4	0,6	1,2	5,5	17,8	14,3	37,7	61,1	7,5	9,6	0
MB I-MB3	Cv <sub>2</sub>	0,2	0,1	0,3	0,6	5,5	18,8	24,0	48,3	51,1	7,6	23,5	0

## 6.2.2 Profil MB II, Befund 359

### *Geländedaten*

Das Profil MB II (Abb. 27, Tab. 25) ist ca. 193 cm mächtig und konnte in 8 Horizonte unterteilt werden. Die Nummerierung der Horizonte entspricht den archäologischen Bezeichnungen. Der Horizont 9 wurde aufgrund von Farbunterschieden nochmals in a und b unterteilt. Die Horizonte MB1, MB2 und MB3 sind hier durch die Nähe zum Dolinenmittelpunkt nicht mehr aufgeschlossen.

Der oberste dunkelbraune Ap-Horizont MB II-16 ist 34 cm mächtig und bildet die heutige Geländeoberfläche. Das Bodenmaterial ist sehr massiv und dicht gelagert. Erkennbar sind ein polyedrisches Mikrogefüge und ein blockiges Makrogefüge. Die Bodenart entspricht einem reinen Ton. Im Horizont sind wenige kleine Steine (bis 1 cm Kantenlänge) und Gruskörner enthalten. Auf den Aggregatoberflächen zeigen sich ausgebildete Stresskutane. Die Grenze nach unten verläuft wellig, diffus und horizontal. Im 22 cm mächtigen kolluvialen Horizont MB II-17 ist das Bodenmaterial massiv, die Struktur ist blockig bis polyedrisch und enthält wenige Fein- bis Mittelporen. Als Bodenart konnte ein lehmiger Ton angegeben werden. Steine bis 3 cm Größe und Grus sind in geringer Anzahl enthalten. Vereinzelt zeigen sich Stresskutane, eingewürgt in die Struktur. Die Matrix ist carbonatfrei, die enthaltenen Gesteinsfragmente zeigen eine geringe Carbonatreaktion. Die Untergrenze verläuft sehr wellig, diffus und horizontal. Der darunter folgende dunkelbraune Horizont 18 liegt im Bereich von 56 - 90 cm Tiefe. Die Struktur ist polyedrisch bis blockig und das Material ist sehr dicht und massiv gelagert. Die Bodenart entspricht einem lehmigen Ton. Der obere Bereich des Horizontes enthält Gesteinsfragmente im Größenbereich von 4-7 cm Kantenlänge, kleine Steine bis 1 cm Kantenlänge sind im gesamten Horizont verteilt. Außerdem erkennt man Stresskutane, viele Poren und Holzkohlebruchstücke. Es zeigen sich hydromorphe Merkmale in Form leicht gebleichter Flecken. Das Bodenmaterial ist carbonatarm. Die untere Grenze ist leicht gewellt, undeutlich und horizontal. Im 15 cm mächtigen M<sub>3</sub>-Horizont MB II-19 ist die Struktur sehr dicht, massiv und blockig ausgebildet. Die Bodenart in diesem und allen weiterfolgenden Horizonten ist ein schwach schluffiger Ton. Im Bodenmaterial sind Grus, Gesteinsfragmente (1 - 15 cm Kantenlänge), Holzkohle und Keramik enthalten. Auf den Bodenaggregaten zeigen sich bräunliche Kutane, eine Unterscheidung in Stress- oder Tonkutane war im Gelände nicht möglich. Der Horizont ist carbonatfrei und die Untergrenze verläuft wellig, aber deutlich ausgeprägt.

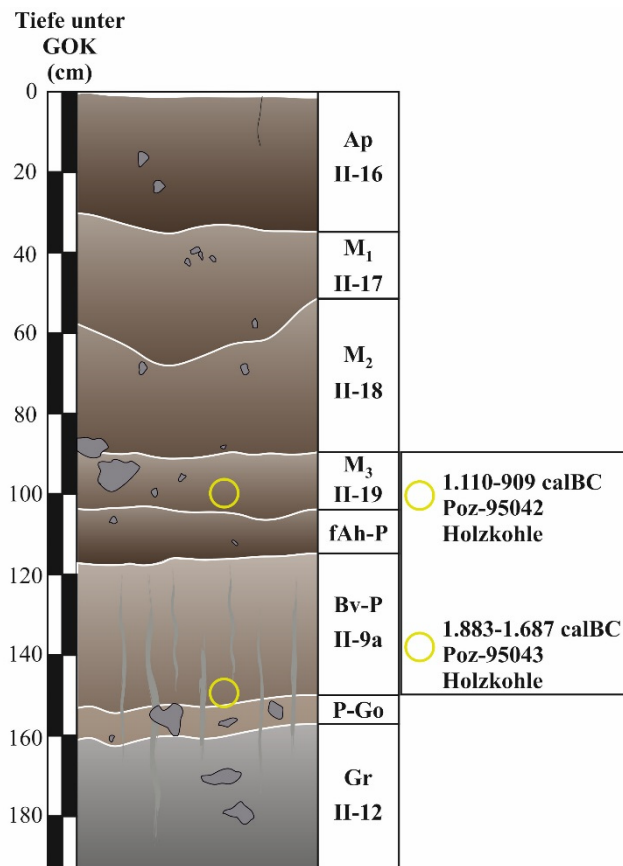


Abbildung 27: Skizze von Profil MB II mit den Horizonten MB II-16 bis MB II-12, Befund 359, Gipstagebau Marktbergel-West II (eigene Darstellung)

Der anschließende Horizont MB II-20 mit einer Mächtigkeit von 10 cm entspricht einem dunkelgrau-braun, sehr dicht gelagerten schwach schluffigen Ton, mit Fein- und Mittelporen. Die Struktur ist subpolyedrisch bis polyedrisch. Auf den Aggregatoberflächen sind schwarz-graue Tonkutane erkennbar. Geringe Mengen an Keramik, viele Holzkohlefitter, vereinzelte Gesteinsfragmente (< 5 cm) und Grus sind über den Horizont verteilt. Es zeigen sich alte verfüllte Wurzelbahnen und schwache hydromorphe Merkmale, in Form von wenigen Eisenflecken und Reduktionsmerkmalen an den Tonkutanen. Die Bodenmatrix ist carbonatfrei, aber Gesteinsfragmente zeigen eine leichte Reaktion. Die Grenze nach unten verläuft wellig und scharf. Der braune und 39 cm mächtige Horizont MB II-9a besteht aus massiven und dicht gelagerten Bodenmaterial. Die Struktur ist subpolyedrisch bis polyedrisch ausgebildet. Auf den Bodenaggregaten sind Tonkutane ausgebildet. Im oberen Bereich zeigen sich Holzkohlefitter, Steine (< 5 cm Kantenlänge) und Gruslagen sind über den kompletten Horizont verteilt. Der Horizont ist intensiv von fossilen Wurzelbahnen durchzogen (Abb. 31B), die Füllung dieser Bahnen ist hellbraun bis grau. Hydromorphe Merkmale zeigen sich massiv in diesen Wurzelbahnen, die von

Rostflecken umgeben sind. Es treten wenig Manganflecken auf, aber viele Reduktionszonen. Die Bodenmatrix zeigt keine Carbonatreaktion. Die untere Grenze verläuft leicht wellig und graduell. Der folgende Horizont MB II-9b ist graubraun und liegt in einer Tiefe von 154 - 160 cm unter der heutigen Geländeoberfläche. Dieser ist massiv und dicht, zeigt ein gut entwickeltes Bodengefüge und enthält wenige Gesteinsfragmente (5 - 7 cm Kantenlänge). Die Bodenart entspricht einem schwach schluffigen Ton, die Struktur ist polyedrisch. Auf den Bodenaggregaten haben sich dunkelbraune, dünne Tonkutane abgelagert. Über den Horizont verteilt findet man Holzkohlefitter. Die Wurzelbahnen aus Horizont 9a treten auch hier auf und verlaufen bis zum Profilende weiter. Schwache hydromorphe Merkmale treten in Form von graue Reduktionsfarben am Rande der Wurzelbahnen und die Verteilung von wenigen Eisenflecken auf. Das Bodenmaterial und auch die Gesteinsfragmente sind carbonatfrei. Die Untergrenze verläuft wellig, aber deutlich. Der basale Horizont MB II-12 zeigt eine sehr inhomogene, graue Färbung und ist bis zum Profilende 33 cm mächtig. Das Bodenmaterial entspricht einem schwach schluffigen Ton. Das Bodengefüge ist als Kohärentgefüge zu bezeichnen, wobei das Makrogefüge massiv und das Mikrogefüge fein linsenartig, teilweise plattig ausgebildet ist. Gesteinsfragmente unterschiedlicher Größen, wobei die Fragmente > 5 cm Kantenlänge größtenteils eingeregelt sind und Holzkohlefitter sind im Horizont enthalten. Auch in diesem Horizont treten die fossilen Wurzelbahnen aus den überlagernden Horizonten und hydromorphe Merkmale in Form von Rostflecken und grauen Reduktionsflecken auf. Die Bodenmatrix und die Gesteinsfragmente sind carbonatfrei.

Tabelle 25: Geländedaten Profil MB II, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB II-16	Ap	0 - 34	w, di, h	7,5YR 3/2	Tt	rezente Oberfläche, sehr dunkel
MB II-17	M <sub>1</sub>	34 - 56	w, di, h	7,5YR 4/2	T1	eingewürgte Tonkutane
MB II-18	M <sub>2</sub>	56 - 90	w, di, h	7,5YR 4/2	T1	leicht gebleicht
MB II-19	M <sub>3</sub>	90 - 105	w, de, h	7,5YR 4/2	Tu2	Holzkohle, Keramik, Tonkutane
MB II-20	fAh-P	105 - 115	w, sc, h	7,5YR 3/2	Tu2	viel Holzkohle, fossiler Ah
MB II-9a	Bv-P	115 - 154	w, di, h	7,5YR 5/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen
MB II-9b	P-Go	154 - 160	w, de, g	7,5YR 6/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen, mäßig hydromorph
MB II-12	Gr	160 - 193		10YR 5/2	Tu2	erste Siedlungsspuren, Gley



### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

In den drei oberen Horizonten (MB II-16 bis 18) ist die Tonfraktion mit über 63% dominant vertreten. Der Schluffanteil liegt in den Horizonten zwischen 26% und 29%, während die Sandfraktion nur mit Werten von ca. 7% vertreten ist (Abb. 28, Tab. 26). Im Horizont M<sub>3</sub> liegt der Tongehalt bei 60%, der Schluffanteil steigt leicht an und der Sandgehalt liegt bei 8,5%. Die Tonfraktion dominiert im Horizont MB II-20 mit 56%, gefolgt von der Schlufffraktion mit 34%. Im Horizont MB II-9a zeigt sich ein zunehmender Schluffgehalt, ein nahezu gleichbleibender Sandgehalt (11%) und ein abnehmender Tongehalt (51%). Der Horizont MB II-9b besitzt eine leicht steigende Tonkomponente (58%), die Schlufffraktion und der Sand nehmen hingegen ab. Im Horizont MB II-12 steigt der Tongehalt bis auf 62% weiter an, während die Gehalte an Schluff (32%) und Sand (6%) weiter abnehmen.

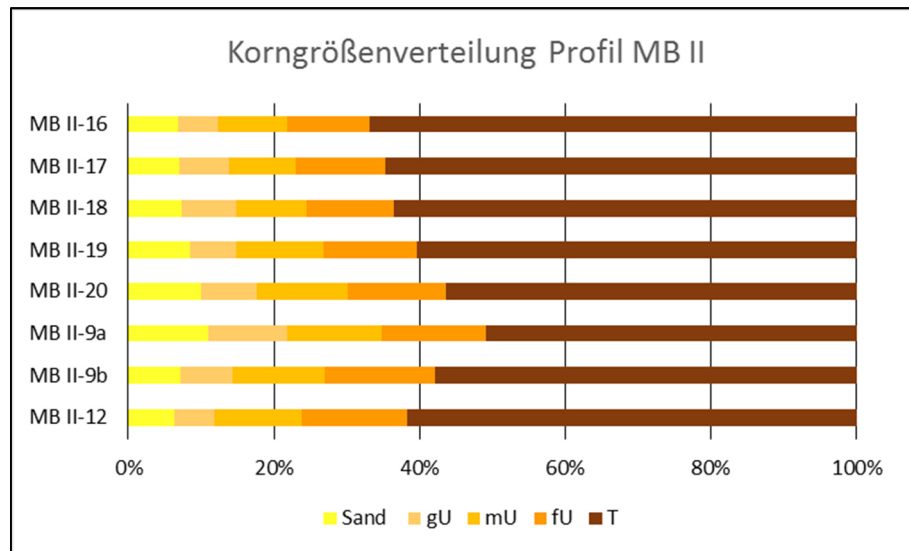


Abbildung 28: Korngrößenverteilung in % von Profil MB II

Die pH-Werte aller Horizonte liegen zwischen 7,2 und 7,5. Ein Trend über den Profilverlauf ist nicht zu beobachten (Tab. 26). Die Carbonatgehalte der Horizonte bleiben mit Werten bis maximal 1,3% sehr gering (Tab. 26).

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff liegen im Ap-Horizont und in den M-Horizonten zwischen 0,9% und 1,1%. Der höchste Wert im Profilverlauf zeigt sich im fossilen Ah-P Horizont mit 1,3%. In den untersten Horizonten (MB II-9a bis 12) liegen die Werte zwischen 0,8% und 0,7% (Tab. 26).

Tabelle 26: Profil MB II Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB II-16	Ap	0,9	2,1	3,9	6,8	5,5	9,5	11,4	26,3	66,8	7,4	0,3	1,1
MB II-17	M <sub>1</sub>	1,0	2,0	4,0	7,0	6,8	9,3	12,2	28,3	64,8	7,4	0,5	0,9
MB II-18	M <sub>2</sub>	0,9	2,1	4,2	7,3	7,5	9,8	11,9	29,1	63,6	7,5	1,2	1,1
MB II-19	M <sub>3</sub>	1,1	2,3	5,1	8,5	6,3	12,0	12,8	31,1	60,4	7,5	0,4	1,1
MB II-20	fAh-P	1,3	2,8	5,9	9,9	7,8	12,4	13,4	33,6	56,4	7,5	0,3	1,3
MB II-9a	Bv-P	1,0	3,2	6,8	11,0	10,8	12,9	14,4	38,1	50,9	7,4	0,3	0,8
MB II-9b	P-Go	0,4	2,1	4,7	7,2	7,2	12,5	15,1	34,9	57,9	7,3	0,3	0,8
MB II-12	Gr	0,4	1,9	4,0	6,3	5,6	12,0	14,4	32,0	61,8	7,2	0,3	0,7

### *Ergebnisse der <sup>14</sup>C-Datierungen*

Im Rahmen der Untersuchungen wurden im Profil MB II zwei Holzkohleproben für <sup>14</sup>C-Datierungen entnommen (Abb. 27). Eine Probe stammt aus dem Horizont 9a, ca. 150 cm unter der GOK und ergab ein Alter von 1.883 bis 1.687 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95043) bzw. 3.455 ± 35 Jahren BP (uncal.), welches der Frühbronzezeit entspricht. Eine weitere Probe stammt aus dem Horizont 19, ca. 100 cm unter GOK und zeigt ein Alter der Urnenfelderzeit von 1.110 bis 909 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95042) bzw. 2.835 ± 35 Jahren BP (uncal.).

### **6.2.3 Profil MB III, Befund 359**

#### *Geländedaten*

Das Profil MB III (Abb. 29, Tab. 27) weist eine Mächtigkeit von ca. 191 cm auf und wurde in 7 Horizonte unterteilt. Die Nummerierung der Horizonte entspricht den archäologischen Bezeichnungen. Das Profil MB III gleicht dem Profil MB II.

Der oberste dunkelbraune Ap-Horizont MB III-16 besitzt eine Mächtigkeit von 35 cm. Das Bodenmaterial ist massiv und dicht. Die Bodenart kann als reiner Ton angegeben werden. Es zeigt sich ein polyedrisches Mikrogefüge und ein blockiges Makrogefüge. Die Grenze nach unten verläuft leicht wellig, diffus und horizontal. Der darunter folgende kolluviale Horizont MB III-17 ist 35 cm mächtig und besteht aus massivem Bodenmaterial. Die Struktur ist blockig bis polyedrisch und enthält wenige Fein- bis Mittelporen. Die Bodenart

in diesem Horizont entspricht einem lehmigen Ton. Wenige kleine Gesteinsfragmente bis 3 cm Kantenlänge, Grus und wenige Stresskutane auf den Aggregatflächen sind erkennbar. Die Untergrenze verläuft leicht gewellt, diffus und horizontal. Der darunter folgende dunkelbraune Horizont MB III-18 liegt im Bereich von 70 - 93 cm Tiefe. Der lehmige Ton ist sehr dicht gelagert und das Gefüge polyedrisch bis blockig ausgebildet. Im oberen Bereich treten Gesteinsfragmente im Größenbereich von 3 - 5 cm Kantenlänge auf, während im gesamten Horizont kleine Steine bis 1 cm Kantenlänge auftreten. Im Bereich der unteren Grenze sind größere Steine bis 15 cm Kantenlänge enthalten. Auf den Aggregatflächen erkennt man Stresskutane. Das Bodenmaterial zeigt keine Carbonatreaktion, es ist mit Poren durchsetzt und enthält Holzkohlebruchstücke. Die untere Grenze verläuft leicht gewellt, undeutlich und horizontal.

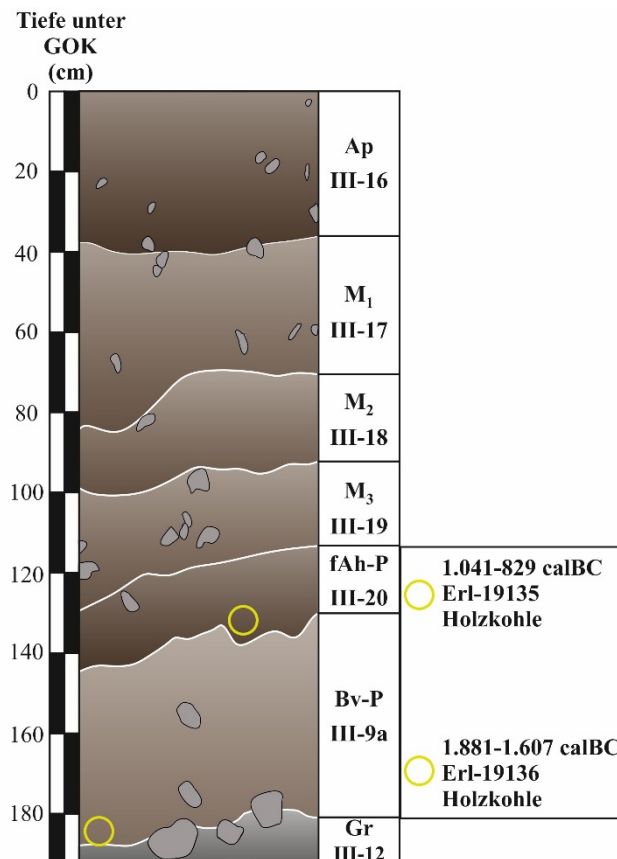


Abbildung 29: Skizze von Profil MB III mit den Horizonten MB III-16 bis MB III-12, Befund 359, Gipstagebau Marktbergel-West II (eigene Darstellung), <sup>14</sup>C-Alter zur Verfügung gestellt vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege

Der 17 cm mächtige, dunkelbraune M<sub>3</sub>-Horizont MB III-19 entspricht einem schwach schluffigen Ton. Die Struktur ist blockig und das Bodenmaterial sehr dicht und massiv gelagert. Der Horizont enthält Grus, Gesteinsfragmente (1 - 15 cm Kantenlänge),

Holzkohle und Keramik-bruchstücke. Auf den Bodenaggregaten zeigen sich bräunliche Kutane, eine Unterscheidung ob es sich um Stress- oder Tonkutane handelt war im Gelände nicht möglich. Der Horizont ist carbonatfrei und die Untergrenze verläuft wellig, aber deutlich. Der nach unten folgende dunkelgrau-braune Horizont MB III-20 weist eine Mächtigkeit von 19 cm auf. Es zeigt sich eine subpolyedrische bis polyedrische Bodenstruktur und das Material ist dicht und massiv, mit Fein- und Mittelporen durchsetzt. Die Bodenart kann als schwach schluffiger Ton angegeben werden. Auf den Aggregatoberflächen lassen sich schwarz-graue Tonkutane erkennen. Viele Holzkohleflitter, geringe Mengen an Keramik, vereinzelte Gesteinsfragmente (< 5 cm Kantenlänge) und Grus sind über den gesamten Horizont verteilt. Des Weiteren ist der Horizont intensiv von fossile verfüllte Wurzelbahnen durchzogen. Es treten schwache hydromorphe Merkmale in Form von wenigen Eisenflecken und graue Reduktionflecken an den Rändern der Wurzelbahnen auf. Einige Gesteine zeigen eine leichte Carbonatreaktion, aber die Bodenmatrix bleibt carbonatfrei. Die Grenze nach unten verläuft horizontal, wellig mit scharfer Ausprägung.

Tabelle 27: Geländedaten Profil MB III, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB III-16	Ap	0 - 35	w, di, h	7,5YR 3/2	Tt	rezente Oberfläche, sehr dunkel
MB III-17	M <sub>1</sub>	35 - 70	w, di, h	7,5YR 4/2	Tl	Stresskutane, Kolluvium
MB III-18	M <sub>2</sub>	70 - 93	w, di, h	7,5YR 4/2	Tu2	dicht, hart, wenig Holzkohle
MB III-19	M <sub>3</sub>	93 - 110	w, de, h	7,5YR 4/2	Tu2	Holzkohle, Keramik, Tonkutane
MB III-20	fAh-P	110 - 129	w, sc, h	7,5YR 3/2	Tu2	viel Holzkohle, wenig Keramik
MB III-9a	Bv-P	129 - 180	w, de, h	7,5YR 5/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen
MB III-12	Gr	180 - 191		10YR 5/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen, Gley
MB III-16	Ap	0 - 35	w, di, h	7,5YR 3/2	Tt	rezente Oberfläche, sehr dunkel

Der sich nach unten anschließende braune, stellenweise grau-braune Horizont MB III-9a ist 51 cm mächtig. Das Gefüge zeigt eine subpolyedrische bis polyedrische Ausbildung. Das Bodenmaterial ist dicht und massiv. Auf den Bodenaggregaten haben sich dunkelbraune, dünne Tonkutane gebildet. Im oberen Horizontabschnitt sind Holzkohleflitter enthalten, Gesteinsfragmente (< 5 cm Kantenlänge) und Grus treten überall auf. Auch dieser Horizont ist intensiv mit fossilen, grau-braunen Wurzelbahnen

durchzogen. Hydromorphe Merkmale schließen sich an den Wurzelbahnen an. Dazu treten wenige Manganflecken, aber viele Reduktionsflecken auf. Das Bodenmaterial ist carbonatfrei. Die untere Grenze verläuft wellig, deutlich und horizontal. Der 11 cm mächtige basale Horizont MB III-12 zeigt eine inhomogene graue bis rote Färbung und entspricht einem schwach schluffigen Ton. Das Makrogefüge ist massig und das Mikrogefüge fein linsenartig, teilweise plattig. Im Horizont sind Gesteinsfragmente unterschiedlicher Kantenlängen und Holzkohlefitter enthalten. In diesem Horizont setzen sich die alten Wurzelbahnen aus den überlagernden Horizonten fort. Die hydromorphen Merkmale in Form von Rostflecken und grauen Reduktionsflecken sind auch hier deutlich ausgeprägt. Carbonat tritt nicht auf.

#### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

In den oberen zwei Horizonten (MB III-16 und 17) treten markante Tongehalte von bis zu 65% auf, während der Schluffanteil in diesen Horizonten bei 26% und 28% liegt. Die Sandfraktion ist mit Werten von ca. 7% nur gering vorhanden (Abb. 30, Tab. 28). Die Horizonte MB III-18 und MB III-19 weisen eine nahezu identische Korngrößenverteilung auf, jedoch erhöht sich der Schluffgehalt auf bis zu 35%. Im Horizont MB III-20 sinkt der Tongehalt etwas ab, der Schluffanteil steigt auf 38% an und der Sandanteil nimmt ab. Der Horizont MB III-9a weist einen ähnlichen Schklufgehalt wie der überlagernden Horizont auf und die Tonfraktion nimmt zu. Der Horizont MB III-12 verzeichnet einen weiteren Anstieg der Tonkomponente (62%) und eine abnehmende Schluffkorngröße (ca. 32%).

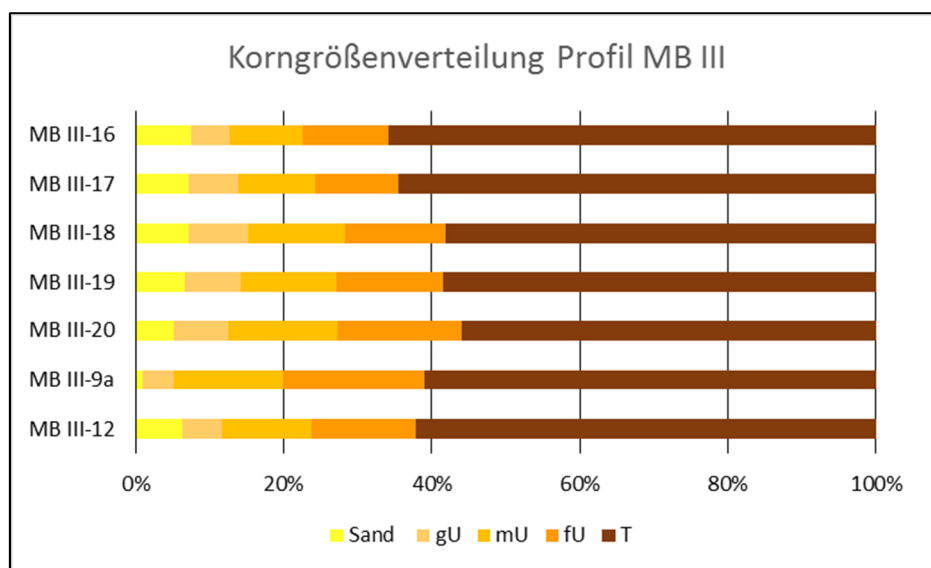


Abbildung 30: Korngrößenverteilung in % von Profil MB III

Die pH-Werte aller Horizonte liegen zwischen 6,9 und 7,5. Hier zeigt sich, dass die pH-Werte in den fossilen Bodenhorizonten am niedrigsten sind (Tab. 28). Deutliche Carbonatgehalte treten nicht auf (Tab. 28).

Im Ap-Horizont und den drei oberen M-Horizonte liegen die organischen Kohlenstoffwerte zwischen 0,8% und 2,7%. Der fossile Ah-Horizont besitzt mit 1,1% einen unauffälligen C<sub>org</sub>-Gehalt. In den beiden untersten Horizonten (MB II-9a und 12) liegen die Werte bei 0,8% und 0,7%. Die organischen Kohlenstoffwerte zeigen im Profilverlauf keinen Trend.

Tabelle 28: Profil MB III Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB III-16	Ap	0,8	2,6	4,1	7,4	5,2	9,9	11,7	26,8	65,8	7,4	0,3	2,7
MB III-17	M <sub>1</sub>	0,8	2,1	4,3	7,2	6,6	10,4	11,2	28,3	64,5	7,1	0,7	0,8
MB III-18	M <sub>2</sub>	0,8	2,3	4,0	7,1	8,1	13,1	13,6	34,8	58,1	7,3	0,4	1,2
MB III-19	M <sub>3</sub>	0,7	1,8	4,1	6,6	7,6	12,8	14,4	34,8	58,5	7,2	0,4	0,9
MB III-20	fAh-P	0,4	1,4	3,4	5,2	7,3	14,7	16,8	38,9	56,0	6,9	0,3	1,1
MB III-9a	Bv-P	0,1	0,2	0,7	1,0	4,2	14,7	19,2	38,1	60,9	6,9	0,2	0,8
MB III-12	Gr	0,4	1,9	4,0	6,3	5,4	12,1	14,1	31,6	62,1	7,3	0,3	0,7
MB III-16	Ap	0,8	2,6	4,1	7,4	5,2	9,9	11,7	26,8	65,8	7,4	0,3	2,7

### *Ergebnisse der <sup>14</sup>C-Datierungen*

Im Profil MB III wurden zwei Holzkohleproben zur <sup>14</sup>C-Datierung vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege entnommen (Abb. 29). Die erste Probe aus dem unteren Bereich des Horizontes 9a bei ca. 174 cm unter der GOK ergab ein Alter der Frühbronzezeit von 1.881 bis 1.607 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19136) bzw. 3.407 ± 55 Jahren BP (uncal.). Die zweite Probe stammt aus dem Horizont 20, ca. 120 cm unter GOK und zeigt ein Alter von 1.041 bis 829 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19135) bzw. 2.784 ± 44 Jahren BP (uncal.) und entspricht der Urnefelderzeit (schriftliche Mitteilung R. BEIGEL).

#### 6.2.4 Interpretation der Profile von Befund 359

Das Profil MB I befindet sich im Randbereich der verfüllten Doline. Die beiden Profile MB II und MB III liegen im Bereich des Dolinenmittelpunktes. Diese Profile sind aufgrund ihrer zentrumsnahen Lage in Erscheinung und Ausprägung sehr ähnlich. In allen drei Profilen zeigen sich Paläobodenhorizonte eines vermutlich erodierten Braunerde-Pelosols. In Profil MB I sind die fossilen Bodenhorizonte nicht mehr vollständig erhalten, dies könnte auf Verlagerungsprozesse als Folge der Dolinenabsenkung hindeuten. In den Profilen MB II und MB III treten die Paläobodenhorizonte mächtiger, deutlich ausgeprägter und besser entwickelt auf. Die Horizonte MB II-20 und MB III-20 sind fossile Ah-Horizonte mit zahlreichen Holzkohlebruchstücken. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass es sich bei diesen Horizonten um eine ehemals genutzte Landoberfläche handelt. Ab diesem Horizont lassen sich fossile verfüllte Wurzelbahnen bis zur Profilbasis erkennen. Das gut ausgebildete Bodengefüge der Horizonte MB II-9a und MB III-9a weist auf eine längere Bodenentwicklungsphase hin (Abb. 31A). In diesen Horizonten sind die Wurzelbahnen (Abb. 31B) intensiv von Rostflecken umgeben, welche in der Regel durch die Oxidation in Folge der Wurzelatmung entstanden (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002). Die in diesen Horizonten weiterhin enthaltenen Gruslagen zeugen von Einschwemmungsprozessen, welche vor der Bodenbildung stattfanden. Die Paläoböden wurden später durch Kolluvien überlagert, in denen stets Holzkohlen und Keramikbruchstücke enthalten sind. Die in Horizont MB I-8 teilweise eingeregelteten Gesteinsfragmente deuten auf eine langsame Fleißbewegung hin. Die basale Horizonte des Profils MB I (MB1 – MB3) bestehen aus dem geologisch anstehenden Material der Myophorienschichten. Außerdem treten im Horizont MB I-MB3 teilweise steilgestellte Gesteinsfragmente auf, was als Hinweis auf pleistozäne Frostwechselprozesse gedeutet werden kann. Auch die Ausbildung der taschenförmigen Obergrenze des Horizontes ist ein typisches Kryoturbationsmerkmal. Die basalen Horizonte MB II-12 und MB III-12 belegen erste Siedlungsspuren des Neolithikums (mündl. Mitteilung M. NADLER). Des Weiteren zeigt sich eine Grundwasserbeeinflussung dieses Bereiches durch reduktive und oxidative Merkmale.

Die dominante Korngröße in den untersuchten Profilen des Befundes 359 ist die Tonfraktion. Die Laboranalysen belegen Tongehalte von über 50%, der Höchstwert liegt bei 67%. In den fossilen Bodenhorizonten bleibt der Tongehalt hinter dem der Kolluvien zurück. Die Schlufffraktion tritt mit Gehalten zwischen 26% und 48% auf und generell

enthalten die Kolluvien weniger Schluff als die übrigen Horizonte. Die Sandfraktion bleibt durchweg gering. Die pH-Werte liegen alle im neutralen bis sehr schwach alkalischen Bereich. Die rezenten Ap-Horizonte, die Kolluvien und die fossilen Bodenhorizonte sind carbonatarm. Die geologischen Horizonte sind jedoch im Profil MB I stark carbonathaltig bis carbonatreich.

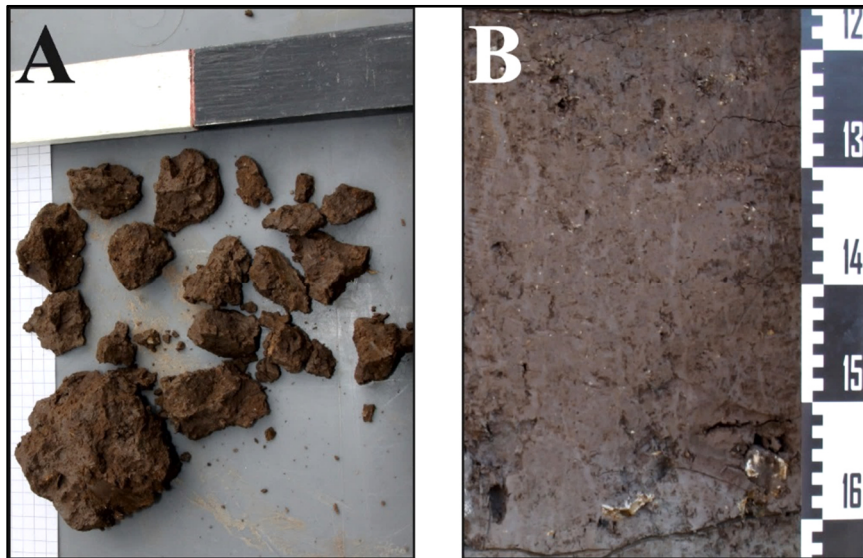


Abbildung 31: Horizonte MB I-9, MB II-9a und MB II-9a zeigen ein gut ausgebildetes Bodengefüge (A), fossile Wurzelbahnen aus dem Horizont MB II-9a (B) (Aufnahme: Krech 2013)

Der hier vorgestellte Befund 359 einer verfüllten Doline umfasst periglaziale Sedimente aus Keupermaterial, Paläobodenhorizonte und kolluviale Schichten mit mehreren Fundhorizonten. Die periglaziale Sedimente bilden die basalen Horizonte. Darüber folgt ein Gleyhorizont (MB II-12 und MB III-12) der anzeigt, dass in den Gipskarstholformen früher zeitweise Wasser stand. Im Horizont 9b des Profils MB II konnte Material aus der Mittleren Bronzezeit gefunden werden. Der fossile Ah-Horizont (MB II-20 und MB III-20) und das darüberliegende Bodensediment (MB II-19 und MB III-19) enthalten Keramik und Holzkohle der Jüngerer Urnenfelderzeit. Der dazwischen eingeschaltete Paläoboden (MB II-9a und MB III-9a) belegt eine Stabilitätsphase von ca. 500 bis 700 Jahren. Die Bildung des Paläobodens fand in bereits abgelagerten Kolluvien statt. Die überlagernden Horizonte 18, 17, 16 sind Kolluvien, welche vereinzelt Keramik und Holzkohlereste enthalten. Die Untersuchungen und archäologischen Funde zeigen, dass der menschliche Einfluss die Landschafts- und Bodenentwicklung nachhaltig verändert und gestört hat.



## 6.3 Archäologischer Befund 351

Der Befund 351 umfasst eine weitere verfüllte Doline, welche sich rinnenartig auf ca. 20 m Länge erstreckt und eine Tiefe von knapp 10 m aufweist. Auch dieser Befund wurde im Jahr 2013 archäologisch sowie bodenkundlich untersucht. Hierfür wurden mehrere Profile treppenartig angelegt. Alle hier betrachteten Profile schneiden die Doline in NW-SO-Richtung. Von den angelegten archäologischen Profilen 365, 354, 407, 415, 420 und 446 wurden die Profile 415 und 420 bodenkundlich untersucht. Beide Profile umfassen einen Ausschnitt von ca. 10 m lang und 2 m hoch. Das archäologische Profil 415 beginnt ca. 380 cm unter der heutigen Geländeoberfläche. Im Profil sind zwei verfüllte Schlucklöcher erkennbar, in deren Randbereichen geologische Schichten hervortreten. Für die genaueren bodenkundlichen Untersuchungen wurden die Profile MB IV, MB V und MB VI angelegt und beprobt (Abb. 38).

### 6.3.1 Profil MB IV, Befund 351

#### *Geländedaten*

Das Profil MB IV (Abb. 32, Tab. 29) liegt 380 cm unter GOK und weist eine Mächtigkeit von insgesamt 193 cm auf, insgesamt konnte es in 5 Horizonte unterteilt werden. Die Horizontbezeichnungen entsprechen den archäologischen Nummerierungen.

Der dunkelgraue bis schwarze M<sub>1</sub>-Horizont MB IV-28 ist und hat eine Mächtigkeit von 35 cm. Das Bodengefüge ist subpolyedrisch bis blockig und gut ausgebildet. Das Bodenmaterial besteht hauptsächlich aus Ton und erscheint daher sehr dicht. Der Horizont enthält viele kleine Gesteinsfragmente bis 4 cm Kantenlänge. Die Grenze nach unten verläuft wellig, undeutlich mit einem Einfallen in SO-Richtung. Der nach unten folgende Horizont MB IV-28b ist 33 cm mächtig und dunkelgrau bis braun gefärbt. Das Bodenmaterial erscheint sehr massiv und dicht und aus diesem Grund zeigen sich wenige Feinporen. Im oberen Bereich des Horizontes treten größere Gesteinsfragmente bis 10 cm Kantenlänge auf, kleinere Fragmente bis 1 cm Kantenlänge treten im gesamten Horizont auf. Über den Horizontausschnitt verteilen sich Holzkohlefitter. Die Untergrenze ist leicht wellig, gut ausgeprägt und fällt in SO-Richtung ein. Der darunter folgende, inhomogen gefärbte dunkelbraune Horizont 45a ist 25 cm mächtig, mit einem massiven und blockigen Gefüge, einige Aggregate sind scharfkantig. Es sind Reduktionsmerkmale erkennbar,

welche sich an der Basis verstärken. Im gesamten Horizontverlauf treten viele Holzkohleflitter und Ansammlungen kleinerer Gesteinsfragmente auf. Die untere Grenze fällt in SO-Richtung ein, ist leicht gewellt und undeutlich.

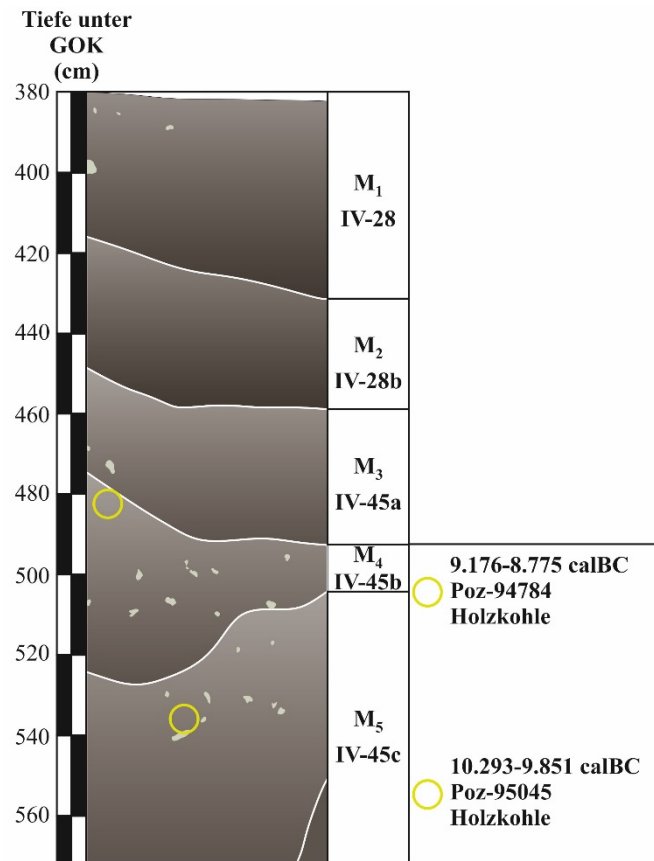


Abbildung 32: Skizze von Profil MB IV mit den Horizonten MB IV-28 bis MB IV-45c, Befund 351, Gipstagebau Marktbergel-West II (eigene Darstellung)

Der sich nach unten anschließende Horizont MB IV-45b besitzt eine Mächtigkeit von 51 cm und zeigt eine dunkelbraune, inhomogene Färbung. Das Bodenmaterial ist etwas lockerer als in Horizont 45a, hat jedoch ein schwaches Gefüge sowie eine erhöhte Anzahl an Feinporen. Im gesamten Horizont verteilt findet man Holzkohlebruchstücke, Gesteinsfragmente (1 - 3 cm Kantenlänge) und kleinere Ansammlungen mit Gesteinsfragmenten. Die Grenze nach unten zeigt sich wellig, zum Teil taschenförmig und undeutlich. Der abschließende Horizont MB IV-45c ist bis zum Ende des Profils 49 cm mächtig und dunkelbraun bis grau gefärbt, mit rötlichen Flecken durch Material der Myophorienschichten. Die Struktur des Bodenmaterials ist blockig, aber schwach entwickelt. Reduktionsmerkmale zeigen sich in Form von grauen Kutanen auf den

Aggregatoberflächen. Der Horizont enthält viele kleine Gesteinsfragmente (1 - 2 cm) und Holzkohlefitter. Die Bodenart aller Horizont entspricht einem schwach schluffigen Ton.

Tabelle 29: Geländedaten Profil MB IV, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB IV-28	M <sub>1</sub>	0 - 35	w, di, g	7,5YR 3/1	Tu2	Reduktionsmerkmale
MB IV-28b	M <sub>2</sub>	35 - 68	w, de, g	7,5YR 3/1	Tu2	Holzkohle
MB IV-45a	M <sub>3</sub>	68 - 93	w, di, g	7,5YR 4/1	Tu2	Gesteinsansammlungen, Holzkohle
MB IV-45b	M <sub>4</sub>	93 - 144	w, z, de, h	7,5YR 4/1	Tu2	Holzkohle
MB IV-45c	M <sub>5</sub>	144 - 193		7,5YR 4/1	Tu2	Reduktionsmerkmale, Holzkohle

#### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

In den untersuchten Horizonten dominiert generell die Tonfraktion mit mindestens 60%, die Schlufffraktion folgt mit ca. 32 %. Der Sandanteil bleibt gering (Abb. 33, Tab. 30).

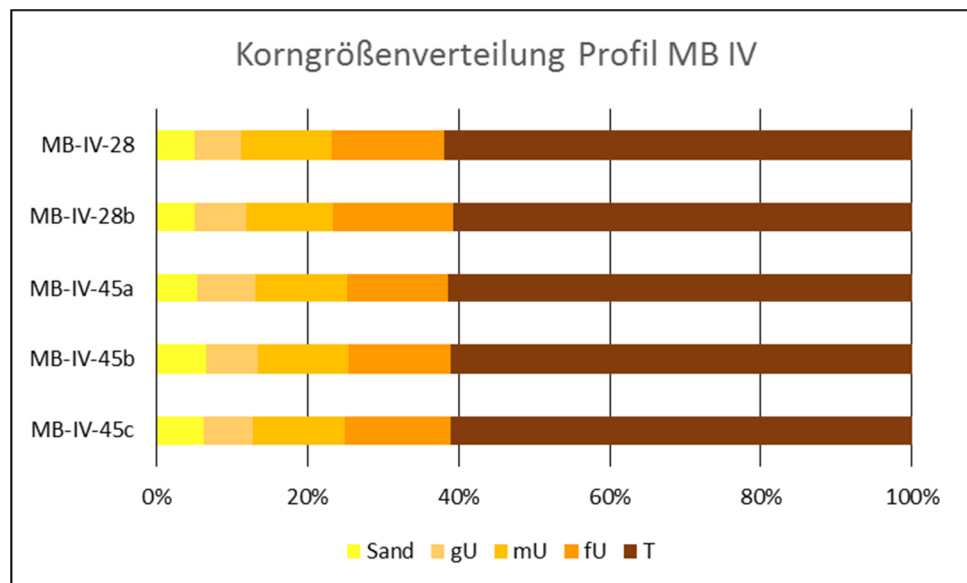


Abbildung 33: Korngrößenverteilung in % von Profil MB IV

Die pH-Werte aller Horizonte liegen im neutralen bis sehr schwach alkalischen Bereich und die Carbonatgehalte sind mit maximal 0,2% sehr gering. (Tab. 30).

Die kolluvialen Horizont 28 weisen C<sub>org</sub>-Gehalt zwischen 1,1% und 2,1% (Tab. 30).

Tabelle 30: Profil MB IV Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizont- nummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH- Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB IV-28	M <sub>1</sub>	0,2	1,7	3,0	5,0	6,2	12,0	14,8	33,1	61,9	7,1	0,2	1,8
MB IV-28b	M <sub>2</sub>	0,2	1,7	3,1	5,0	6,9	11,6	15,8	34,3	60,8	7,1	0,1	1,6
MB IV-45a	M <sub>3</sub>	0,2	1,8	3,3	5,3	7,8	12,1	13,3	33,2	61,5	7,2	0,2	2,1
MB IV-45b	M <sub>4</sub>	0,6	1,9	4,0	6,5	6,9	12,0	13,5	32,4	61,1	7,2	0,2	1,2
MB IV-45c	M <sub>5</sub>	0,7	1,8	3,8	6,3	6,5	12,1	14,1	32,7	61,1	7,2	0,1	1,1

### *Ergebnisse der <sup>14</sup>C-Datierungen*

Zur Altersbestimmung wurden aus dem Profil zwei Holzkohleproben entnommen (Abb. 32). Die erste Probe ist aus dem Horizont 45c und liegt ca. 530 cm unter der heutigen GOK und ergab ein Alter von 10.293 bis 9.851 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95045) bzw. 10.270 ± 60 Jahren BP (uncal.) und datiert somit in die Zeit des späten Jungpaläolithikums. Die zweite Probe aus dem Horizont 45b, ca. 480 cm unter GOK ergab ein mesolithisches Alter von 9.176 bis 8.775 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-94784) bzw. 9.570 ± 50 Jahren BP (uncal.).

### **6.3.2 Profil MB V, Befund 351**

#### *Geländedaten*

Das Profil MB V, 380 cm unter GOK, (Abb. 34, Tab. 31) weist eine Mächtigkeit von ca. 190 cm auf und wurde in 6 Horizonte unterteilt. Die Bezeichnungen der oberen drei Horizonte entsprechen den archäologischen Nummerierungen. Die drei weiteren Horizontbezeichnungen (MB1 bis MB3) wurden neu vergeben.

Der obere 56 cm mächtige M<sub>1</sub>-Horizont MB V-28 ist dunkelgrau bis schwarz. Das sehr dichte, tonige Bodenmaterial hat ein subpolyedrisches bis blockiges, gut ausgebildetes Gefüge. Der Horizont enthält kleine Gesteinsbruchstücke (3 - 4 cm Kantenlänge), Gruspartikel und Sand. Es zeigen sich hydromorphe Merkmale in Form von leicht gebleichten Flecken bis in ca. 45 cm Tiefe. Die Grenze nach unten verläuft wellig, deutlich und fällt nach SO ein. Der darunter folgende dunkelgraue Horizont MB V-28b weist eine Mächtigkeit von 22 cm auf. Das Bodengefüge ist blockig, das Material sehr tonig und

dichter als im überlagernden Horizont 28. Auf den Aggregatoberflächen sind graue und braune Tonüberzüge erkennbar. Es sind vereinzelt kleine Gesteinsfragmente und Holzkohlefritter enthalten. Die untere Grenze ist deutlich, leicht wellig und fällt in SO-Richtung ein.

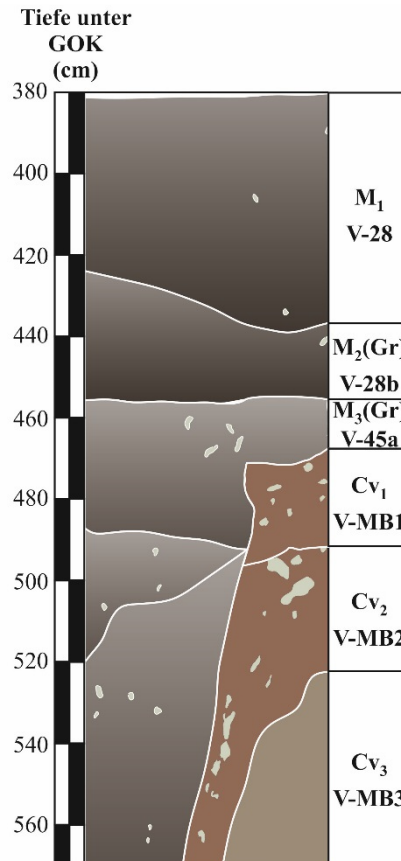


Abbildung 34: Skizze von Profil MB V mit den Horizonten MB V-28 bis MB V-MB3, Befund 351, Gipstagebau Marktbergel-West II (eigene Darstellung)

Der darunterliegende Horizont MB V-45a weist eine inhomogene dunkelbraune Färbung auf und besitzt eine Mächtigkeit von ca. 10 cm. Das blockige Gefüge ist schwach ausgebildet, das Bodenmaterial erscheint dicht und massiv mit einer starken Durchmischung. Zusätzlich enthält das Bodenmaterial wenige kleine Gesteinsfragmente bis 1 cm Kantenlänge und vereinzelt größere Steine bis 10 cm Kantenlänge. Die Untergrenze verläuft sehr wellig, aber deutlich und mit einem Einfallen in SO-Richtung. Der Horizont MB V-MB1 ist 22 cm mächtig, sehr inhomogen grau-braun-rot gefärbt und weist ein blockiges, aber schwach entwickeltes Gefüge auf. Das Bodenmaterial zeigt eine sehr starke Durchmischung und enthält viele Gesteinsfragmente von 1 bis 10 cm Kantenlänge. Die untere Grenze ist sehr wellig, aber deutlich und mit einem Einfallen nach MW ausgebildet. Der nach unten folgende inhomogen rotbraun-grau gefärbte Horizont MB

V-MB2 weist eine Mächtigkeit von 32 cm. Das Gefüge ist blockig und das Material tonig und dicht. Im Horizont sind rotbraune Tonkutane, Gesteinsfragmente (1 -2 cm Kantenlänge) und einige größere Gesteinsbruchstücke bis 8 cm Kantenlänge erkennbar. Des Weiteren sind Reduktionsmerkmale in Form von gebleichten Flecken erkennbar. Die Untergrenze verläuft stark wellig, deutlich und mit einem Einfallen nach NW. Die Bodenart der Horizonte MB V-28 bis MB2 entspricht einem schwach schluffigen Ton. Der darunterliegende Horizont MB V-MB3 weist bis zum Profilende 48 cm Mächtigkeit auf. Die Farbe ist sehr inhomogen mit roten, grauen und hellbraunen Flecken. Das Bodenmaterial erscheint sehr durchmischt, tonig und dicht. Der Horizont enthält viel Mangan, auch in Konkretionen, als Überzüge auf Aggregatoberflächen und einzelnen Steinen. Die enthaltenen Steine (bis 5 cm Kantenlänge) zeigen teilweise eine Carbonatreaktion. Außerdem sind graue Reduktionsflecken erkennbar, welche schwach ausgebildet sind. In diesem Horizont wurde die Bodenart als mittel schluffiger Ton bestimmt.

Tabelle 31: Geländedaten Profil MB V, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbezeichnung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB V-28	M <sub>1</sub>	0 - 56	w, de, g	7,5YR 3/1	Tu2	hydromorph
MB V-28b	M <sub>2</sub> (Gr)	56 - 78	w, de, g	7,5YR 3/1	Tu2	Holzkohle, Stresskutane
MB V-45a	M <sub>3</sub> (Gr)	78 - 88	w, de, g	7,5YR 4/1	Tu2	Reduktionsflecken
MB V-MB1	Cv <sub>1</sub>	88 - 110	w, de, g	2,5YR 5/4	Tu2	sehr durchmischt
MB V-MB2	Cv <sub>2</sub>	110 - 142	w, de, g	2,5YR 5/4	Tu2	Reduktionsmerkmale, Tonkutane
MB V-MB3	Cv <sub>3</sub>	142 - 190		10YR 6/2	Tu3	Mangan, auch Konkretionen

### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Die Tonfraktion dominiert in den Horizonten MB V-28 bis MB V-MB2 mit mindestens 57%. Schluff folgt mit über 33%, Sand sehr gering enthalten. In Horizont MB V-MB3 überwiegt die Schlufffraktion mit 57,8%, gefolgt von Ton. Sand ist mit nur 0,2% kaum enthalten (Abb.35, Tab. 32).

Die pH-Werte (Tab. 32) der Horizonte steigen von oben nach unten von 7,1 auf 7,8 an und liegen somit im neutralen bis sehr schwach alkalischen Bereich. Carbonatgehalte sind in

den Kolluvien nicht nachweisbar. Ab dem Horizont MB V-MB1 nimmt der Carbonatgehalt stetig in vertikale Richtung bis zu einem Wert von 33% im MB V-MB3 zu (Tab. 32).

Die Werte des organischen Kohlenstoffes (Tab. 32) liegen in den Kolluvien M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>(Gr) und M<sub>3</sub>(Gr) zwischen 1,8% und 2,1%. In den basalen Horizonten MB V-MB1 bis MB3 ist kein organischer Kohlenstoff nachweisbar.

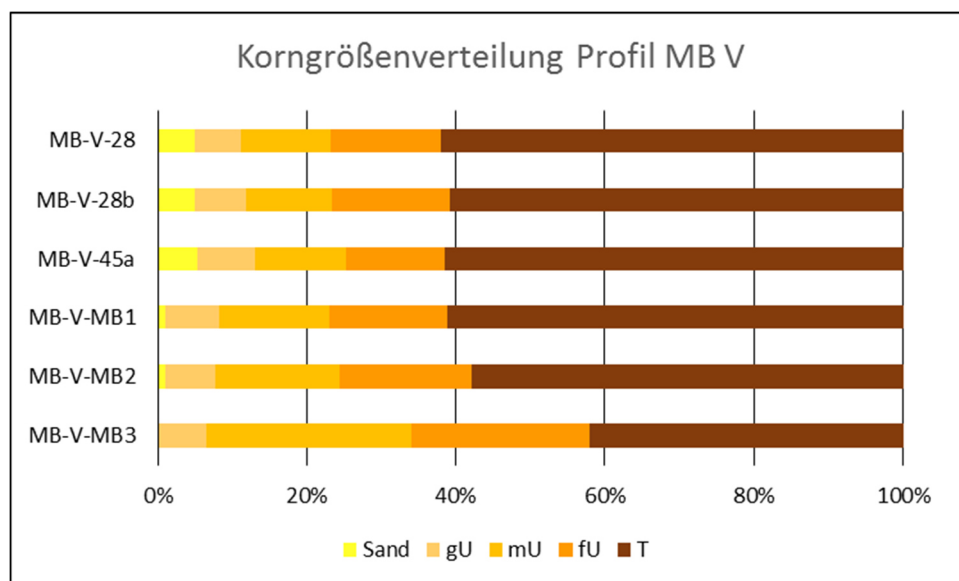


Abbildung 35: Korngrößenverteilung in % von Profil MB V

Tabelle 32: Profil MB V Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB V-28	M <sub>1</sub>	0,2	1,7	3,0	5,0	6,2	12,0	14,8	33,1	61,9	7,1	0,2	1,8
MB V-28b	M <sub>2</sub> (Gr)	0,2	1,7	3,1	5,0	6,9	11,6	15,8	34,3	60,8	7,1	0,1	1,6
MB V-45a	M <sub>3</sub> (Gr)	0,2	1,8	3,3	5,3	7,8	12,1	13,3	33,2	61,5	7,2	0,2	2,1
MB V-MB1	Cv <sub>1</sub>	0,2	0,3	0,6	1,1	7,2	14,8	15,9	37,9	61,1	7,5	6,3	0
MB V-MB2	Cv <sub>2</sub>	0,2	0,2	0,6	1,0	6,8	16,7	17,7	41,1	57,9	7,6	7,8	0
MB V-MB3	Cv <sub>3</sub>	0,1	0,0	0,1	0,2	6,4	27,4	24,0	57,8	42,0	7,8	33,3	0

### 6.3.3 Profil 420, Befund 351

#### Geländedaten

In einer Tiefe von ca. 560 cm unter der heutigen Geländeoberfläche beginnt das Profil 420 mit einer Mächtigkeit von ca. 200 cm. In diesem Profil lassen sich die beiden verfüllten Schlucklöcher aus Profil 415 weiter verfolgen (Abb. 38). Für die bodenkundliche Untersuchung wurde das Profil MB VI (Abb. 36) im nordwestliche Schluckloch A beprobt und analysiert, da sich über diesem Schluckloch die Profile MB IV und MB V befinden.

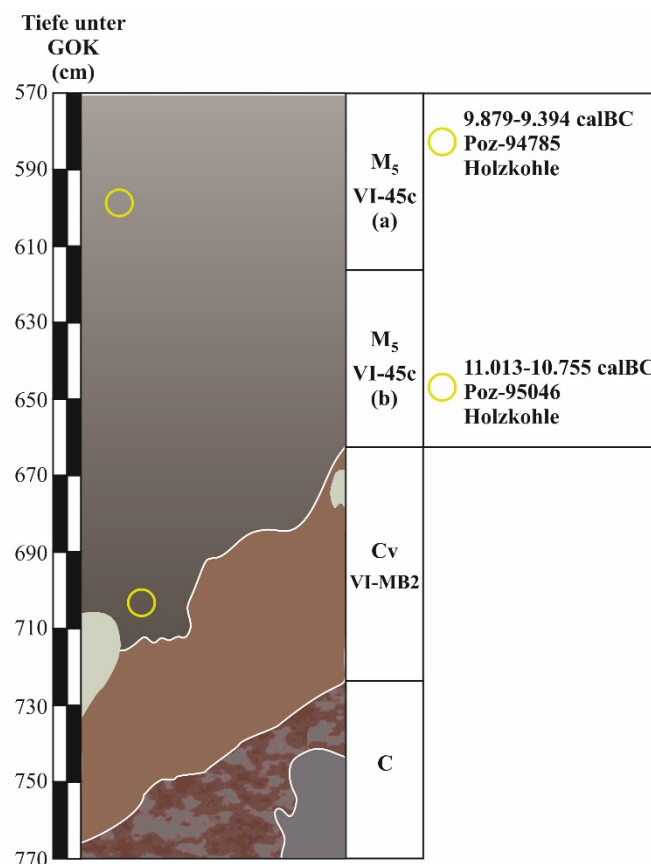


Abbildung 36: Skizze von Profil MB VI mit den Horizonten MB VI-45c und MB IV-MB2, Befund 351, Gipstagebau Marktbergel-West II (eigene Darstellung)

Die Verfüllung von Schluckloch A weist in diesem Profil eine Mächtigkeit von ca. 140 cm auf und besteht aus demselben Material wie der Horizont 45c, welcher schon im Profil MB IV (Abb. 32) vorkommt. Der Horizont zeigt ein dunkelbraune bis schwarzgraue Färbung, welche in den Randbereichen etwas heller als im zentralen Bereich erscheint. Das Material ist sehr tonig und dicht, die Bodenart entspricht einem schwach schluffigen Ton. In diesem Profil enthält der Horizont im oberen und mittleren Bereich sehr viel Holzkohle, welche



hauptsächlich in Flittern und teilweise in größere Stücke auftritt. Der Horizont enthält wenige kleine Steine. Die Abgrenzung zum umgebenden geologischen Material der Myophorienschichten erfolgt deutlich, die Grenze verläuft sehr wellig. Der sich anschließende Horizont MB VI-MB2 umschließt den Horizont 45c komplett. Das Material erscheint tonig und dicht, das Gefüge blockig. Die Bodenart wurde als ein schwach schluffiger Ton bestimmt. Im Horizont zeigen sich vereinzelt rotbraune Tonkutane, Gesteinsfragmente (1 -2 cm Kantenlänge) und größere Steine bis 15 cm Kantenlänge. Der Horizont besitzt eine inhomogene rötlichbraune bis graubraune Färbung. Die Untergrenze verläuft wellig und deutlich.

#### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Der kolluviale Horizont MB VI-45c wurde aufgrund seiner großen Mächtigkeit im oberen und unteren Bereich beprobt. Die Probe 45c(a) stammt aus dem oberen und 45c(b) aus dem unteren Bereich. In beiden Proben dominiert Ton mit über 63%, gefolgt von Schluff mit über 28%. Die Sandfraktion ist nur gering enthalten (Tab. 31). Im Horizont MB VI-MB2 zeigt sich wiederum ein hoher Tongehalt mit 51%, der Schluffgehalt liegt hier bei knapp 48%. Die Sandfraktion ist in sehr geringen Anteilen enthalten.

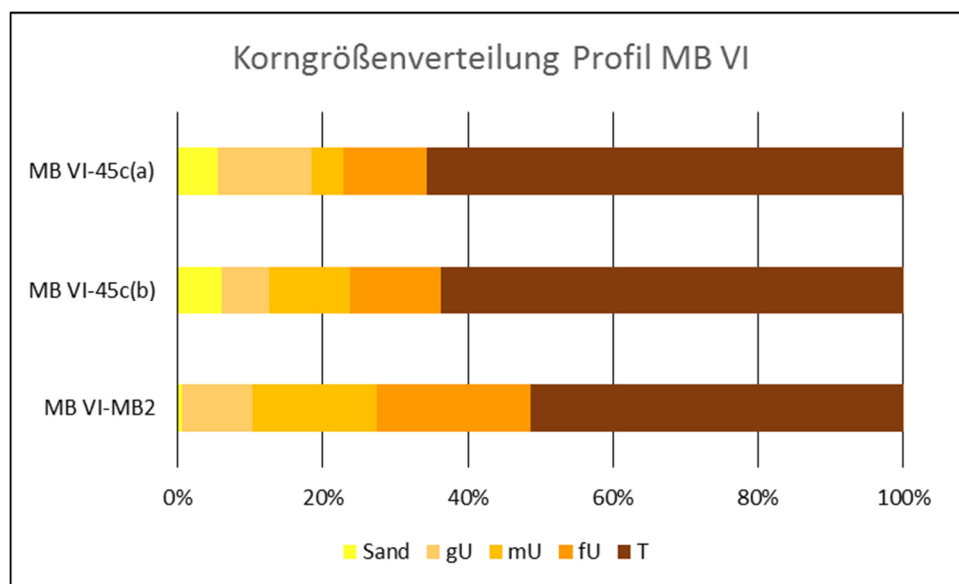


Abbildung 37: Korngrößenverteilung in % von Profil MB VI

Die pH-Werte der beiden beprobten Horizonte liegen zwischen 7,1 und 7,5. Der Carbonatgehalt des Horizontes 45c ist gering. Im Horizont MB2 beträgt der Carbonatgehalt 15%.

Die organischen Kohlenstoffwerte (Tab. 33) des Horizontes 45c liegen im oberen Bereich (a) bei 0,8% und im unteren Bereich bei 1,3%. Im Horizont MB2 ist kein organischer Kohlenstoff messbar.

Tabelle 33: Profil MB VI Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizont- nummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %										pH- Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT				
MB VI-45c(a)	M <sub>1</sub>	0,4	1,7	3,5	5,6	12,9	4,4	11,5	28,7	65,7	7,1	0,2	0,8	
MB VI-45c(b)	M <sub>1</sub>	0,7	2,0	3,5	6,1	6,4	11,1	12,6	30,2	63,7	7,1	0,4	1,3	
MB VI-MB2	C <sub>v</sub>	0,1	0,1	0,5	0,7	9,6	17,2	21,1	47,9	51,4	7,5	15,0	0	

### *Ergebnisse der <sup>14</sup>C-Datierungen*

Im Profil MB VI wurden zwei Holzkohleproben aus dem Horizont 45c für <sup>14</sup>C-Datierungen entnommen (Abb. 36). Die erste Probe aus dem unteren Bereich des Horizontes 45c, bei ca. 700 cm unter der heutigen GOK, zeigt ein Alter von 11.013 bis 10.755 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95046) bzw. 10.930 ± 60 Jahren BP (uncal.) und datiert somit in das späte Jungpaläolithikum. Die zweite Probe wurde im oberen Bereich des Horizontes 45c, ca. 600 cm unter GOK entnommen. Diese ergab ein Alter von 9.879 bis 9.394 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-94785) bzw. 10.070 ± 50 Jahren BP (uncal.), dies entspricht dem Übergang vom Jungpaläolithikum zum Mesolithikum.

### **6.3.4 Interpretation der Profile von Befund 351**

Der Befund 351 umfasst eine verfüllte, rinnenartige Doline mit einer Länge von ca. 20 m und einer Tiefe von 10 m (Abb. 38). In den oberen Profilen 365 und 354 ist eine dunkle, schwarzgraue Verfüllung erkennbar, welche von den umliegenden Schichten sehr gut abgegrenzt ist. Im Verlauf von Profil 407 zeichnen sich im unteren Bereich erstmals zwei Schlucklöcher ab. In den sich in die Tiefe anschließenden Profilen 415 und 420 sind die beiden deutlich voneinander getrennten Schlucklöcher erkennbar. Die aus geologischem Material der Myophorienschichten bestehenden, Horizonte MB V-MB1, MB2 und MB3 grenzen die Schlucklöcher voneinander ab. Die Ausbildung und Erscheinungsform dieser Horizonte deuten auf pleistozäne Solifluktionsprozesse hin. In allen Horizonten der Profile MB IV, MB V und MB VI zeigen sich reduktive und oxidative Merkmale. Bei den

Horizonten 28, 28b, 45a, 45b und 45c der Profile 415 und 420 handelt es sich um Kolluvien. In einigen dieser Horizonte tritt eine extrem hohe Konzentration an Holzkohlestücken oder -flittern auf. Die hohe Konzentration an Holzkohle könnte auf ein natürliches oder anthropogenes Feuerereignis hinweisen.

Im Rahmen der Geländeaufnahme von Befund 351 war eine sehr dichte und tonige stark Matrix in allen Horizonten feststellbar. Die anschließend durchgeführten Korngrößenanalysen zeigten durchweg hohe Tongehalte in den Kolluvien. Bei den geologischen Horizonten nimmt der Tongehalt ab und Schluffanteil zu. Die Sandfraktion ist in allen Horizonten sehr gering enthalten. Die pH-Werte liegen alle im neutralen bis sehr schwach alkalischen Bereich. Generell sind die Kolluvien carbonatarm und die geologischen Horizonte stark carbonathaltig bis carbonatreich.

Im Befund 351 (Abb. 38) ist die deutliche Abgrenzung der Dolinenverfüllung vom umgebenden geologischen Material im gesamten Verlauf auffällig. Die Abgrenzung der Verfüllung erfolgt durch den Mischhorizont MB1, der hauptsächlich aus roten, graubraunen Tonen und vielen Steinen besteht. Der Verlauf der Horizonte über den gesamten Befund 351 lässt vermuten, dass die beiden Schlucklöcher zeitlich versetzt einstürzten und somit auch verfüllt wurden. Besonders der Verlauf von Horizont 28 im archäologischen Profil 415 bestärkt diese Vermutung. Der Horizont durchzieht beide Schlucklöcher, im südöstlichen Schluckloch reicht er jedoch bis an die Basis der Verfüllung und im nordwestlichen Schluckloch bildet er den oberen Bereich. So gehört er im südöstlichen Schluckloch zu den älteren Füllhorizonten, im nordwestlichen Schluckloch stellt er jedoch eine jüngere Verfüllung dar. Da die Horizonte 45a, 45b und 45c nur im nordwestlichen Schluckloch auftreten, ist davon auszugehen, dass sich dieses Schluckloch zuerst bildete und verfüllt wurde.

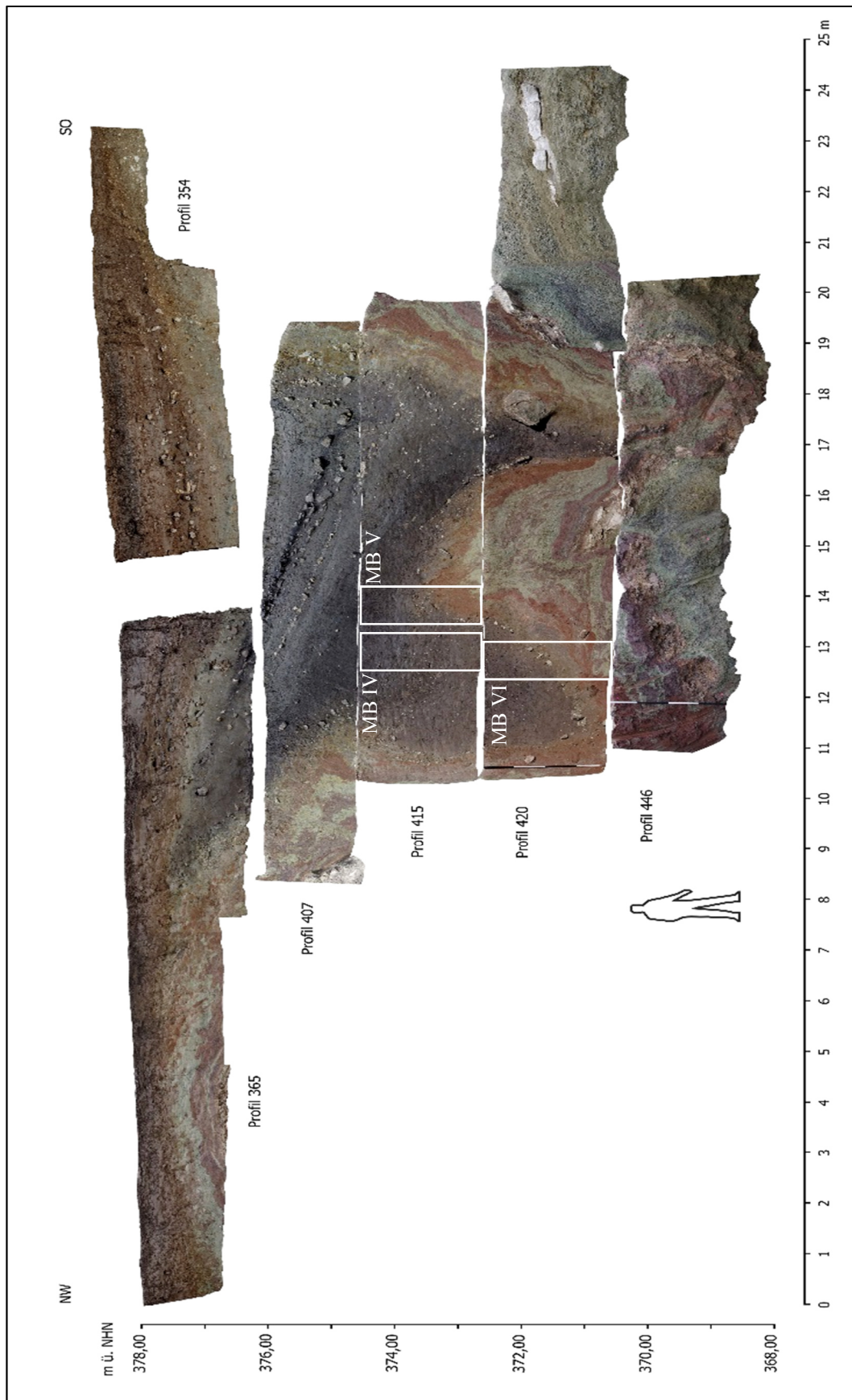


Abbildung 38: Gesamtprofil Befund 351 mit Lage der bodenkundlich untersuchten Profile. Person als Maßstab mit 1,75 m Größe (Quelle: R. BEIGEL)

## 7. Untersuchungsergebnisse Ergersheim

### 7.1 Die Profile Ergersheim

Im Rahmen von Bautätigkeiten für eine Stallanlage nördlich von Ergersheim, Landkreis Neustadt a. d. Aisch, wurden mehrere Profilwände aufgeschossen. Über dem geologisch anstehenden Ausgangsmaterial zeigte sich eine mehrfach gegliederte kolluviale Abfolge. Die archäologische Dokumentation erfolgte durch das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege, Dienststelle Nürnberg. Die bodenkundliche Aufnahme und sedimentologische Analyse erfolgte anschließend an den zwei ausgewählten Profilen EH I und EH II (Abb. 39). Im Profil EH I wurden aus dem Horizont 4 zusätzlich zwei Proben für eine palynologische Untersuchung entnommen. Aus zeitlichen Gründen musste bei der Profilaufnahme auf die Beprobung für die mineralogischen Untersuchungen verzichtet werden. Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf der Publikation von KRECH ET AL. 2017.



Abbildung 39: Lage der Profile EH I und EH II im Aufschluss (Quelle: KRECH ET AL. 2017)

Die Profile befinden sich geomorphologisch gesehen im Bereich eines ehemaligen Talbodens, welcher im heutigen Relief nur noch schwach ausgeprägt ist (Abb. 39, Abb.40). Die Profile liegen in einem Abstand von ca. 10 Meter zueinander. Profil EH I befindet sich in Hangposition am Übergang zum Talboden und EH II liegt direkt im Talbodenbereich. Das Profil EH I konzentriert sich unmittelbar auf die Bodenhorizonte und umfasst somit nur einen Ausschnitt der Sequenz. Im Talbodenbereich wurde ein komplettes Profil analysiert (EH II). Hier treten überlagernde kolluviale Bodensedimente, zusätzlich zu den Bodenhorizonten auf.

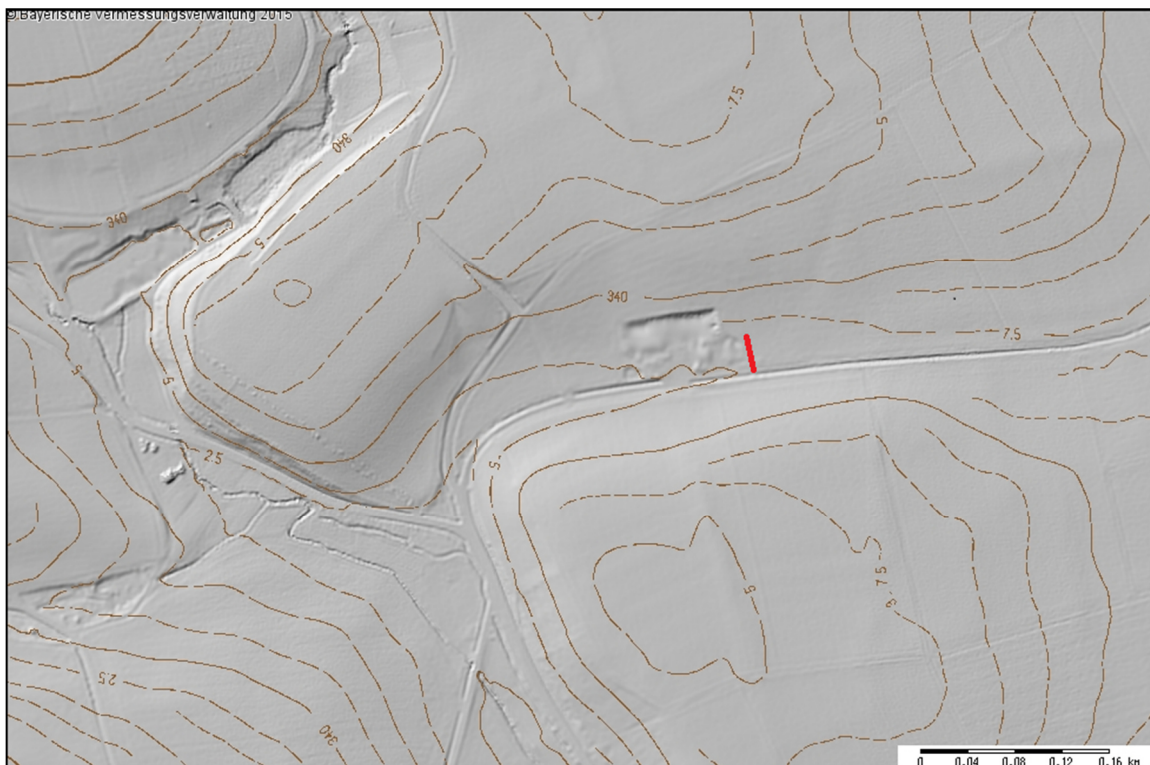


Abbildung 40: Digitales Geländemodell mit Lage der aufgenommenen Profile (roter Balken) (Quelle: KRECH ET AL. 2017)

### 7.1.1 Profil EH I (Ergersheim)

#### *Geländedaten*

Das Profil EH I umfasst einen ca. 175 cm hohen Ausschnitt (Abb.41, Tab.34) der ca. 460 cm hohen Aufschlusswand. Der Profilausschnitt liegt zwischen 275 cm und 450 cm Tiefe unter der Geländeoberkante (u. GOK). Dieses Profil konnte in drei Horizonte untergliedert werden.

Der dunkelgraue, fast schwarze M(fAhP)-Horizont (EH I-4) besteht überwiegend aus tonigem Material mit einer deutlichen Schluffkomponente. Der ca. 50 cm mächtige Horizont ist dicht gelagert und zeigt redoximorphe Merkmale in Form von rostbraunen Eisen- und gebleichten Reduktionsflecken. Das Gefüge besteht aus scharfkantigen Polyedern. Des Weiteren zeigen sich über den gesamten Horizontausschnitt verfüllte fossile Wurzelbahnen, welche bis zur Untergrenze von Horizont EH I-5a verfolgbar sind. Im Horizont sind teilweise größere Steine, wenige Keramikfragmente und Holzkohle enthalten. Die Grenze zum Horizont EH I-5 verläuft wellig und neigt sich leicht zum Talboden hin. Der ca. 25 cm mächtige fPBv-Horizont (EH I-5) besteht auch hauptsächlich aus tonigem Material mit einem deutlichen Anteil an Schluff. In dem dunkelbraunen Horizont zeigen sich ebenfalls redoximorphe Merkmale in Form von rostbraunen und grauen Flecken und eine dichte Lagerung. Tonkutane in Form von Stresskutanen treten auf den Aggregatoberflächen auf. Die Horizontuntergrenze ist wellig, leicht geneigt, aber deutlich ausgeprägt. Der folgende IICv-Horizont (EH I-7) ist ca. 60 cm mächtig und besteht überwiegend aus schluffig-tonigem Material des anstehenden Grenzdolomits. Der bräunliche Horizont ist etwas lockerer gelagert als die darüberliegenden Horizonte, es zeigen sich auch hier redoximorphe Merkmale. Die Grenze nach unten ist leicht gewellt, deutlich und schwach geneigt.

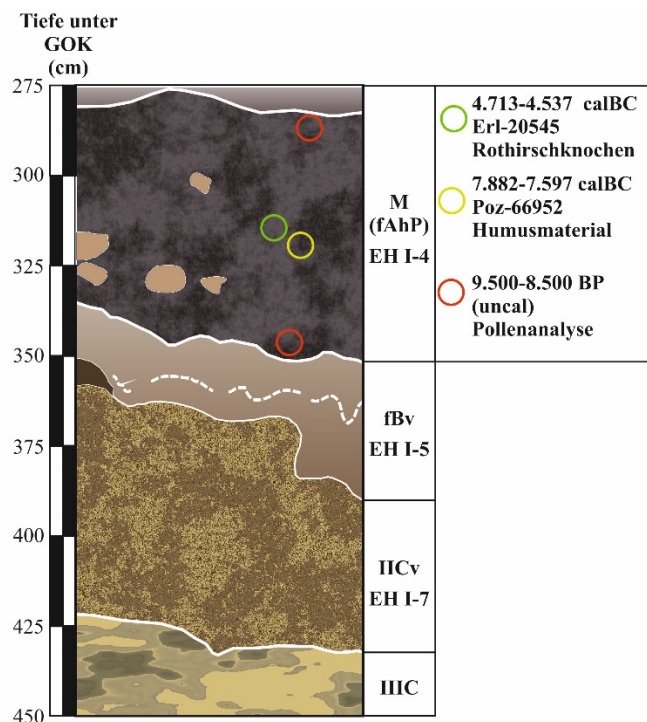


Abbildung 41: Skizze von Profil EH I, nördlich von Ergersheim (eigene Darstellung)

Tabelle 34: Geländedaten Profil EH I, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach MUNSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
EH I-4	fAhP	275 - 330	w,di,g	10YR 2/1	Tu2	Wurzelbahnen mit Reduktionsmerkmalen
EH I-5	fPBv	330 - 355	w,de,g	10YR 5/4	Tu2	Einschwemmungen in Wurzelbahnen und Rissen
EH I-7	IICv	355 - 420	w,de,g	10YR 6/5	Lt3	Sande und Kiese

### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

In Horizont EH I-4 dominiert die Tonfraktion mit 54%, gefolgt von Schluff mit ca. 36%. Die Sandfraktion ist mit ca. 9% nur gering enthalten (Abb. 42, Tab. 35). Im fPBv-Horizont liegt der Tongehalt ebenfalls bei 54%, der Schluffanteil steigt mit 40% leicht an und der Sandgehalt sinkt auf 5% ab. Der IICv-Horizont EH-I-7 hat einen Tongehalt von 58%, der Schluffanteil sinkt auf 35% und der Sandanteil liegt bei knapp 7%.

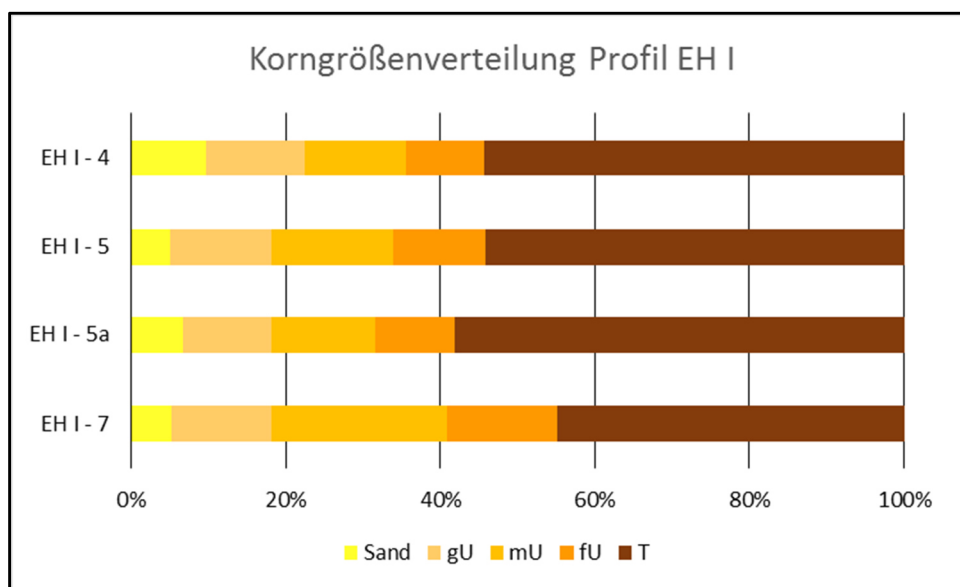


Abbildung 42: Korngrößenverteilung in % von Profil EH I

Die pH-Werte aller Horizonte liegen zwischen 7 und 7,7, wobei sich kein Trend über den Profilverlauf beobachten lässt. Die Carbonatgehalte sind in den Bodenhorizonten sehr gering (< 5%). Im IICv-Horizont EH I-7 konnte ein Wert von 18% gemessen werden (Tab. 35).

Der Wert des organischen Kohlenstoffes im Horizont EH I-4 liegt bei 2%, im Horizont EH I-5 liegt der Wert bei 1,2%. Der Horizont EH I-7 zeigt einen  $C_{org}$ -Gehalt von 0,5%. Über



den Profilverlauf lässt sich ein abnehmender Gehalt des organischen Kohlenstoffs von oben nach unten beobachten (Tab. 35).

Tabelle 35: Profil EH I Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizont- nummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH- Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
EH I-4	fAhP	0,2	1,1	8,4	9,7	12,7	13,1	10,2	36,0	54,3	7,2	0,7	2
EH I-5	fPBv	0,2	0,5	4,4	5,1	13,1	15,8	12,0	40,8	54,1	7,4	4,2	1,2
EH I-6	Cv	0,7	1,0	3,5	5,2	13,0	22,6	14,3	50,0	44,8	7,7	18,5	0,5

### *Mikromorphologische Ergebnisse*

Aus den Bodenhorizonten EH I-4, EH I-5 und EH I-5a liegen Dünnschliffe vor. Bedingt durch die hohen Tongehalte weisen alle Proben insgesamt eine sehr geringe Porosität auf (Abb. 43, A und B). Besonders dicht gelagert ist der Horizont EH I-5a, während EH I-4 durch einen erhöhten Anteil an Gängen (Abb. 43, C) und Kavernen geringfügig poröser ist als die übrigen Horizonte. In EH I-4 und 5 lassen sich nur selten Aggregatzwischenräume im schwach polyedrischen Gefüge ausmachen. Planar-Risse sind der hauptsächliche Grund für die Porosität. Ein hoher Anteil an Quarz und Feldspäten ist innerhalb der Grobkomponente der Grundmasse zu verzeichnen, in EH I-5 tritt dieser leicht zurück. In den Schliffen von EH I-5 und EH I-5a lassen sich vereinzelt Tonstein- und Mergelfragmente finden. Das b-Gefüge ist durchgehend streifig, besonders in Horizont EH I-5a. Zusätzlich weist EH I-4 ein deutlich geflecktes Gefüge und feine Holzkohlepartikel auf. Da diese Partikel Teil der Grundmasse sind sorgen sie für eine dunkle Färbung. Entlang der Poren treten Tonbeläge in Form von Verarmungs-Hypobelägen auf (Abb. 43, C). Diese Beläge sind hauptsächlich hellgelb und schmutzig, jedoch weitgehend ungestört. Einzig in Horizont EH I-4 sind die Tonbeläge sauber und liegen zum Teil auch ungestört vor (Abb. 43, A und B). In EH I-5 sind sekundäre Karbonate in Form von Regenwurmkalzit vorzufinden (Abb. 43, D).

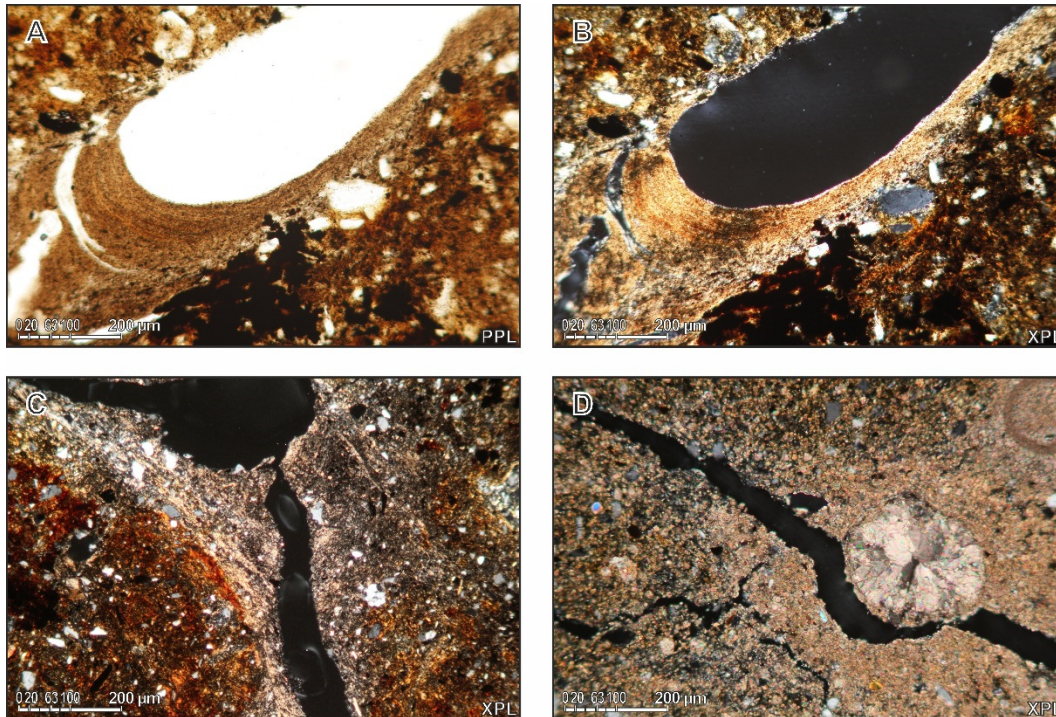


Abbildung 43: Bodendünnschliffe aus den Horizonten EH I-4 (A, B, C) sowie EH I-5 (D). Die Fotos A und B zeigen ungestörte, laminierte in situ-Tonbeläge, die mit feinem, organischem Material durchsetzt sind sowie Fe-/Mn-Ausfällungen. In Foto C tritt ein Verarmungs-Hypobelag entlang eines Planar-Risses auf, welcher durch einen Gang geschnitten wird. An den Belag schließt sich ein oxidiertes Bereich mit Eisenausfällungen an. D zeigt ein von Rissen durchsetztes, leicht mikritisches b-Gefüge mit Regenwurmkalzit. PPL: Einfach polarisiertes Licht; XPL: Kreuzpolarisiertes Licht. (Quelle: KRECH ET AL. 2017)

### *Palynologische Untersuchungen*

Die beiden Proben aus dem Horizont EH I-4 für die palynologischen Untersuchungen wurden dankenswerterweise von Frau Dr. Maria Knipping im Labor des Institutes für Botanik der Universität Hohenheim aufbereitet und bestimmt. Eine Probe stammt aus dem oberen Bereich (280 cm u. GOK) von EH I-4, die andere aus dem unteren Bereich (340 cm u. GOK). Von jeder Probe wurden 4 cm<sup>3</sup> Material aufbereitet. Aufgrund des hohen mineralischen Anteils musste ein Schwerentrennungsverfahren zur Anwendung kommen. Für die Abschätzung der Pollenkonzentration wurden alle Volumina vermerkt. Die Auszählung der Proben wurde unter dem Mikroskop bei 400-facher Vergrößerung und in schwierigen Fällen bei 1000-facher Vergrößerung mit Ölimmersion durchgeführt. In Tabelle 36 sind die Zählergebnisse und %-Werte dargestellt.

In den beiden Proben zeigt sich eine unterschiedliche, meist mäßig bis schlechte Pollenerhaltung. Hierdurch gestaltete sich die Analyse sehr aufwendig, was dazu führte, dass die Zählsummen relativ niedrig sind, aber für eine zeitliche Zuordnung ausreichen.

- Probe EH I-4 unterer Bereich (340 cm u. GOK)

In dieser Probe dominiert im Gehölzpollenspektrum *Pinus*, neben *Corylus*, einem Einzelfund von *Tilia* und 10% erhaltungsbedingt nicht weiter bestimmbar Baumpollen. Unter dem Nichtbaumpollen dominieren mit fast 20% Pollenkörner von schlecht erhaltenen *Cichoriaceae*, neben *Poaceae*, *Artemisia* und weiteren Nichtbaumpollentypen mit geringen Anteilen. Ein Drittel der Zählsumme machen Pollenkörner, die aufgrund ihrer schlechten Erhaltung nicht bestimmbar waren, aus. Selten sind die Pollentypen feuchter Standorte.

- Probe EH I-4 oberer Bereich (280 cm u. GOK)

In der Probe dominiert im Gehölzpollenspektrum wiederum *Pinus*. Wärmeliebende, thermophile Pollen (*Corylus*, *Quercus*, *Tilia*, *Alnus*) treten häufiger als in der unteren Probe auf. *Picea* ist mit mehreren Pollenkörnern nachgewiesen. Im Nichtbaumpollenspektrum sind auch hier schlecht erhaltene *Cichoriaceae* am häufigsten. In dem übrigen Nichtbaumpollenspektrum sind Pollenkörner von *Poaceae* mit ca. 10%, andere nur mit geringen Anteilen vertreten. Nichtbestimmbare Pollenkörner sind nicht mehr so häufig wie in der unteren Probe und machen ein Viertel der Zählsumme aus. Pollentypen mit dem Hinweis auf offene Wasserflächen sind nicht nachweisbar.

Die meist schlechte Erhaltung der Proben führt wahrscheinlich dazu, dass empfindlichere Pollentypen, wie z.B. *Quercus*, unterrepräsentiert sind. Widerstandsfähige Pollentypen können andererseits häufiger vertreten sein. Dies trifft besonders für *Cichoriaceae* zu. Dies ist ein Pollentyp der sich bei schlechter Erhaltung anreichert. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der *Cichoriaceae* in bereits korrodiertem Zustand eingetragen wurden, beispielsweise durch Erosion von Böden, da die Proben, neben den meist schlecht erhaltenen *Cichoriaceae*, auch einige gut erhaltene Pollenkörner aufweisen.

Tabelle 36: Ergebnisse der palynologischen Untersuchungen nach KNIPPING, (schriftl. Mitteilung M. KNIPPING 2015). Kürzel m-k bedeutet eine mäßig bis starke Korrosion der Pollen. (Quelle: KRECH ET AL. 2017)

Verkohlte Pflanzenreste		EH I-4 oben		EH I-4 unten	
		+++	%-Werte	+++	%-Werte
Pinus	Kiefer	39	16,7	6	3
Pinus m-k		59	25,2	112	56
Pinus cf. haploxydon-Typ	Zirbe-Typ	1	0,4		
Betula	Birke	1	0,4		
Betula m-k		2	0,9		
Corylus	Hasel	1	0,4		
Corylus m-k		12	5,1	6	3
Quercus m-k	Eiche	1	0,4	1	0,5
Tilia m-k	Linde	4	1,7	1	0,5
Alnus m-k	Erle	1	0,4		
Picea	Fichte	4	1,7		
Picea m-k		2	0,9		
Picea/Abies	Fichte oder Tanne	2	0,9		
Picea/Abies m-k		2	0,9		
Indeterminata Baumpollen	Unbestimmbare	12	5,1	10	0,5
Poaceae	Süßgräser	8	3,4	1	0,5
Poaceae m-k		16	6,8	8	4
cf. Cerealia-Typ m-k	Getreide-Typ	1	0,4		
Artemisia m-k	Beifuß	3	1,3	6	3
Chenopodiaceae	Gänsefußgewächse	2	0,9		
Chenopodiaceae m-k		4	1,7		
Caryophyllaceae	Nelkengewächse	2	0,9		
Caryophyllaceae m-k		2	0,9		
Asteraceae m-k	röhrenblütige Kompositen	3	1,3	5	2,5
Achillea-Typ m-k	Schafgarbe-Typ	2	0,9	1	0,5
Cichoriaceae m-k	zungensblütige Kompositen	441	17,5	39	19,5
Apiaceae m-k	Doldenblütler	1	0,4	2	1
Plantago lanceolata	Spitzwegerich			1	0,5
Plantago cf. major/media	cf. Großer/Mittlerer Wegerich	1	0,4		
Plantago cf. major/media m-k		3	1,3		
Ranunculus-Typ m-k	Hahnenfuß-Typ	2	0,9	1	0,5
Cyperaceae	Sauergräser	2	0,9	1	0,5
Lythrum	Blutweiderich	1	0,4		
monoete Spore	Farnspore	19	8,1	12	6
Ophioglossum	Natternzunge			1	0,5
Indeterminata	Unbestimmbare	62	26,5	114	57
Baumpollensumme		143	61,1	136	68
Bezugssumme		234	100	200	100
Pollensumme		237	101,3	201	100,5
Summe Palynomorphe		318	135,9	328	164

## 7.1.2 Profil EH II (Ergersheim)

### Geländedaten

Das Profil EH II (Abb. 44, Tab. 37) umfasst die komplette Aufschlusswand und ist ca. 430 cm mächtig. Das Profil konnte in 8 Horizonte untergliedert werden.

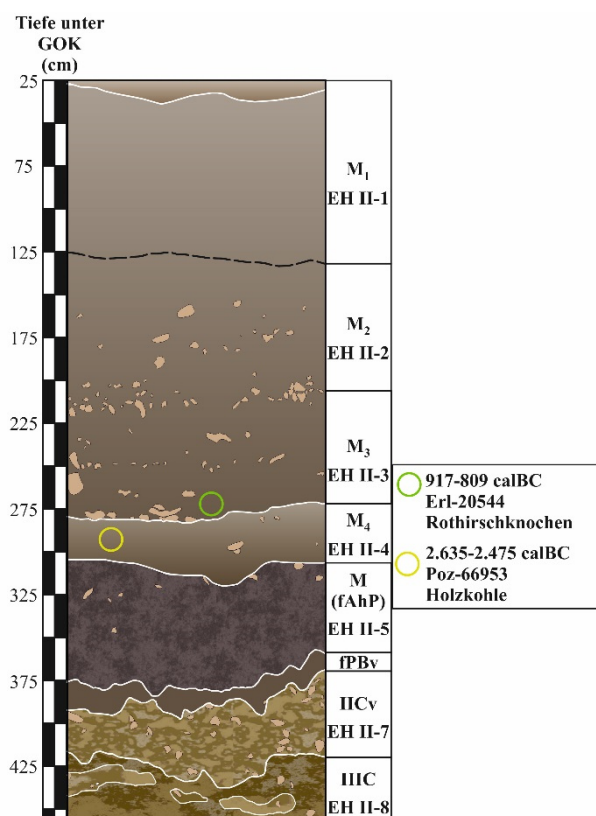


Abbildung 44: Skizze von Profil EH II, nördlich von Ergersheim (eigene Darstellung)

Im Profil EH II zeigen sich von der heutigen Geländeoberkante bis in eine Tiefe von ca. 300 cm vier kolluviale Schichten (EH II-1 bis 4). Diese vier Horizonte haben eine homogene dunkelbraune Färbung, wodurch die unteren Grenzen von EH II-1 bis 3 sehr schlecht erkennbar sind. Die untere Grenze des Horizontes EH II-4 ist deutlich erkennbar. Die Horizonte bestehen hauptsächlich aus tonigem Material mit einer deutlichen Schluffkomponente. Schneckenfunde in den Horizonten EH II-2 bis EH II-4 sowie Holzkohlefitter in den Horizonten EH II-3 und 4 sind auffällig. Der M(fAhP)-Horizont (EH II-5) ist ca. 65 cm mächtig und besteht aus tonigem Material mit einem erhöhten Schluffanteil. Der dunkelgraue, fast schwarze Horizont weist redoximorphe Merkmale in Form von gebleichten Reduktions- und rostbraunen Eisenflecken auf und ist dicht gelagert. Fossile verfüllte Wurzelbahnen sind im gesamten Horizontausschnitt erkennbar und setzen

sich bis zur Untergrenze von Horizont EH II-6 fort. Scharfkantige Polyeder und Subpolyeder bilden das Gefüge. Die Grenze zu EH II-6 ist gewellt, deutlich und schwach geneigt. Der fPBv-Horizont (EH II-6) ist dunkelbraun und besteht auch überwiegend aus tonigem Material mit einem leicht höheren Anteil in der Schlufffraktion, im Vergleich zu EH II-5. Die Mächtigkeit beträgt ca. 15 cm und es zeigen sich weiterhin redoximorphe Merkmale sowie eine dichte Lagerung. Die Untergrenze ist wellig, an einigen Stellen undeutlich und leicht geneigt. Der ca. 20 cm mächtige IICv-Horizont (EH II-7) setzt sich hauptsächlich aus schluffig-tonigem Material des Grenzdolomits zusammen. Der Horizont ist weniger dicht gelagert und bräunlich gefärbt. Auch hier zeigen sich hydromorphe Merkmale in Form von grauen Flecken. Die Grenze nach unten ist schwach gewellt, deutlich ausgeprägt und etwas geneigt. Auch der IIC-Horizont EH II-8 besteht aus dem Material des anstehenden Grenzdolomits. Es sind Reduktionsflecken und -bahnen erkennbar.

Tabelle 37: Geländedaten Profil EH II, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung MUNSSELL SOIL COLOR CHARTS

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
EH II-1	M <sub>1</sub>	35 - 135	e,di,h	10YR 4/2	Tu2	Aufschüttung
EH II-2	M <sub>2</sub>	135 - 220	e,di,h	2,5YR 4/2	Tu2	dünne Steinlage
EH II-3	M <sub>3</sub>	220 - 280	e,di,h	7,5YR 4/2	Tu2	vereinzelt Holzkohlen
EH II-4	M <sub>4</sub>	280 - 310	w,di,h	7,5YR 3/2	Tu2	Holzkohlefragmente
EH II-5	fAhP	315 - 380	w,de,h	10YR 2/1	Tu2	Wurzelbahnen
EH II-6	fPBv	380 - 395	w,di,h	10YR 4/1	Tu2	Wurzelbahnen
EH II-7	IICv	395 - 415	w,de,h	10YR 6/5	Lt3	Kryoturbationsstrukturen
EH II-8	IIC	415 - 455	w,de,h	5Y 7/1	Tu2	hydromorph, wassergesättigt

### *Laborergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen*

Die vier kolluvialen Schichten (EH II-1 bis 4) sind in ihrer Korngrößenzusammensetzung insgesamt sehr ähnlich. Die Schluffgehalte liegen zwischen 38 und 42%. Die Tongehalte sind mit Werten von 52 bis 57% ziemlich hoch (Abb.45, Tab.38). Die Sandgehalte sind im Vergleich zu Ton und Schluff gering. Im M(fAhP)-Horizont (EH II-5) liegt der Tongehalt bei 61%, der Schluffgehalt bei 33% und der Sandanteil bleibt mit 6% gering. Der hohe Tongehalt (60%) setzt sich im fPBv-Horizont (EH II-6) fort. Der Schluff- (35%) und Sandgehalt (5%) ist mit Horizont EH II-5 vergleichbar. Eine deutlich abweichende

Korngrößenzusammensetzung zeigt sich im IICv-Horizont (EH II-7). Der Tonanteil liegt nur noch bei 43%, der Anteil der Schlufffraktion erhöht sich auf 47%, einzig der Sandanteil bleibt auch hier niedrig (10%). Die Schicht des Grenzdolomits (EH II-8) zeigt eine Korngrößenzusammensetzung von 52% Ton, 42% Schluff und 6% Sand.

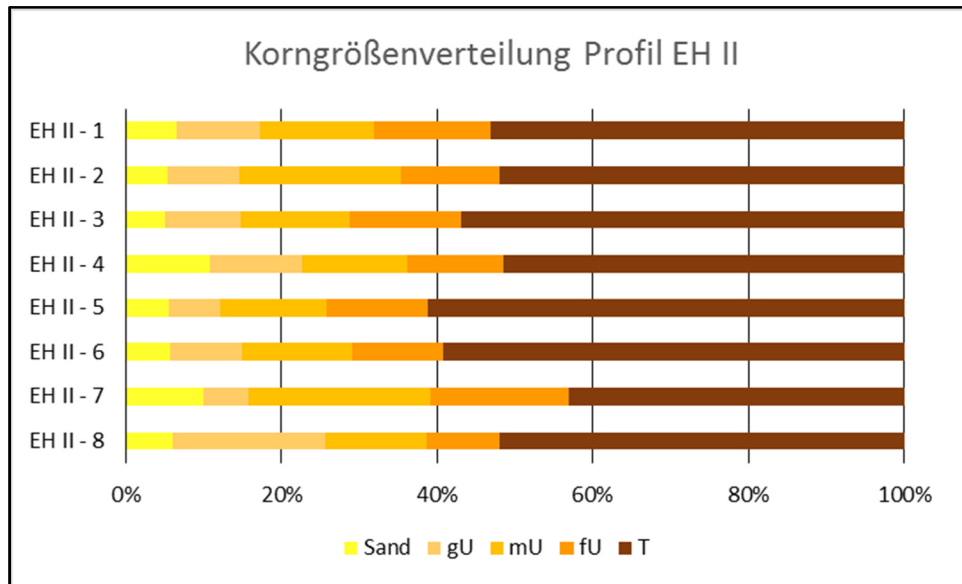


Abbildung 45: Korngrößenverteilung in % von Profil EH II

Tabelle 38: Profil EH II Korngrößenwerte (nach KÖHN) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
EH II-1	M <sub>1</sub>	0,4	1,4	4,8	6,6	10,6	14,7	15,0	40,3	53,1	7,5	3,6	1,6
EH II-2	M <sub>2</sub>	0,1	0,5	4,8	5,4	9,3	20,8	12,6	42,7	52,0	7,6	11,4	1,1
EH II-3	M <sub>3</sub>	0,6	0,4	4,0	5,0	9,7	14,0	14,4	38,1	56,9	7,5	1,6	1,6
EH II-4	M <sub>4</sub>	0,6	2,2	8,0	10,9	11,8	13,5	12,4	37,7	51,4	7,6	9,6	1,4
EH II-5	fAhP	0,3	0,3	4,9	5,5	6,6	13,8	13,0	33,4	61,1	7,4	1,8	2
EH II-6	fPBv	0,8	0,5	4,5	5,8	9,1	14,2	11,6	34,9	59,3	7,5	10,7	0,8
EH II-7	Cv	4,7	2,3	3,0	10,0	5,8	23,4	17,8	47,0	43,0	7,7	45,1	0
EH II-8	IIC	1,4	1,5	3,2	6,1	19,6	12,9	9,4	41,9	52,0	7,7	29,3	0

Die pH-Werte der Kolluvien, des M(fAhP)-Horizontes und des fPBv-Horizontes liegen mit Werten von 7,5 im neutralen Bereich. Die pH-Werte im IICv- und IIC-Horizont liegen bei 7,7 und sind damit nur geringfügig höher als in den überlagernden Horizonten (Tab. 38). Die Werte des Carbonatgehaltes schwanken in den Kolluvien zwischen 1,6% in EH II-3 und 11,4% in EH II-2. Im M(fAhP)-Horizont bleibt der Carbonatgehalt mit 1,8% niedrig.

Der Carbonatgehalt des Horizontes EH II-6 zeigt einen Wert von 10,7%. Im IICv-Horizont und im IIIC-Horizont steigen die Carbonatwerte im Vergleich zu den darüber liegenden Horizonten an (Tab. 38).

Die Werte für den organischen Kohlenstoff liegen in den Kolluvien zwischen 1,1 und 1,6%. Der  $C_{org}$ -Gehalt im M(fAhP)-Horizont beträgt 2%. Im Horizont EH II-6 liegt der Wert bei 0,8%. In den basalen Horizonten IICv und IIIC ist kein org. Kohlenstoff nachweisbar (Tab. 38).

### **7.1.3 Vergleich der Profile EH I und EH II**

Die dunkelgrauen bis schwarzen M(fAhP)-Horizonte zeigen intensive redoximorphe Merkmale. Das Bodenmaterial ist sehr tonig, sehr humos. Dunkle, glänzende Stresskutane weisen auf peloturbate Prozesse hin. Zusätzlich treten in beiden Profilen fossile verfüllte Wurzelbahnen auf. Bei der Betrachtung des Profils EH I fielen in diesem Horizont einige größere Steine, wenige Keramikfragmente und Holzkohle auf. Die dunkelbraunen fPBv-Horizonte zeichnen sich ebenfalls durch einen hohen Tongehalt aus. Redoximorphe Merkmale sowie Stresskutane auf den Aggregatflächen treten auch in diesem Horizont auf. Dieser Horizont zeichnet sich besonders durch Kryoturbationsstrukturen sowie fossile Wurzelbahnen und Risse aus. In Profil EH I konnte der fPBv-Horizont aufgrund von Farbunterschieden nochmals unterteilt werden. Die basalen IICv-Horizonte zeigen eine sehr inhomogene Materialzusammensetzung und eine bräunliche bis graue Färbung. Es treten Wechsellagerungen von Gesteinsfragmenten mit Kantenlängen von ca. 5 cm, lehmig-tonige Bereiche und Sandanteile auf. Die starke Marmorierung der Horizonte weist auf Pseudovergleyungsprozesse hin. Wellige Grenzen, hydromorphe Merkmale, fossile Wurzelbahnen und kleine, gerundete Kiese prägen die basalen Solifluktionsschichten des Unteren Keupers (KRECH ET AL. 2017).

### **7.1.4 Archäologische Geländebefunde**

Die bodenkundlich untersuchten Profile wurden zuvor nach archäologischen Kriterien dokumentiert (Abb.46, Abb.47).



Im Profil EH I wurden aus den kolluvialen Horizonten EH I-1, EH I-3 und dem Horizont EH I-4 mehrere kleine Keramikscherbchen geborgen. Diese konnten aufgrund ihrer geringen Größe nicht weiter datiert werden. Aus dem mittleren Bereich des Horizontes EH I-4 stammen mehrere Tierknochen, die größtenteils sicher bestimmbar waren. So konnten ein Kieferfragment und zwei Beinknochen von einem erwachsenen Rothirsch identifiziert werden. Ein gefundener Zahn stammt entweder vom Haus- o. Wildschwein. Des Weiteren konnte eine Phalanx 1 post. vom Hausrind bestimmt werden. Die gute Erhaltung, die Fundsituation auf einer Ebene und die Größe der Fundstücke sprechen für eine in-situ-Situation. Man kann davon ausgehen, dass die Funde einen alten Nutzungshorizont anzeigen (KRECH ET AL. 2017).

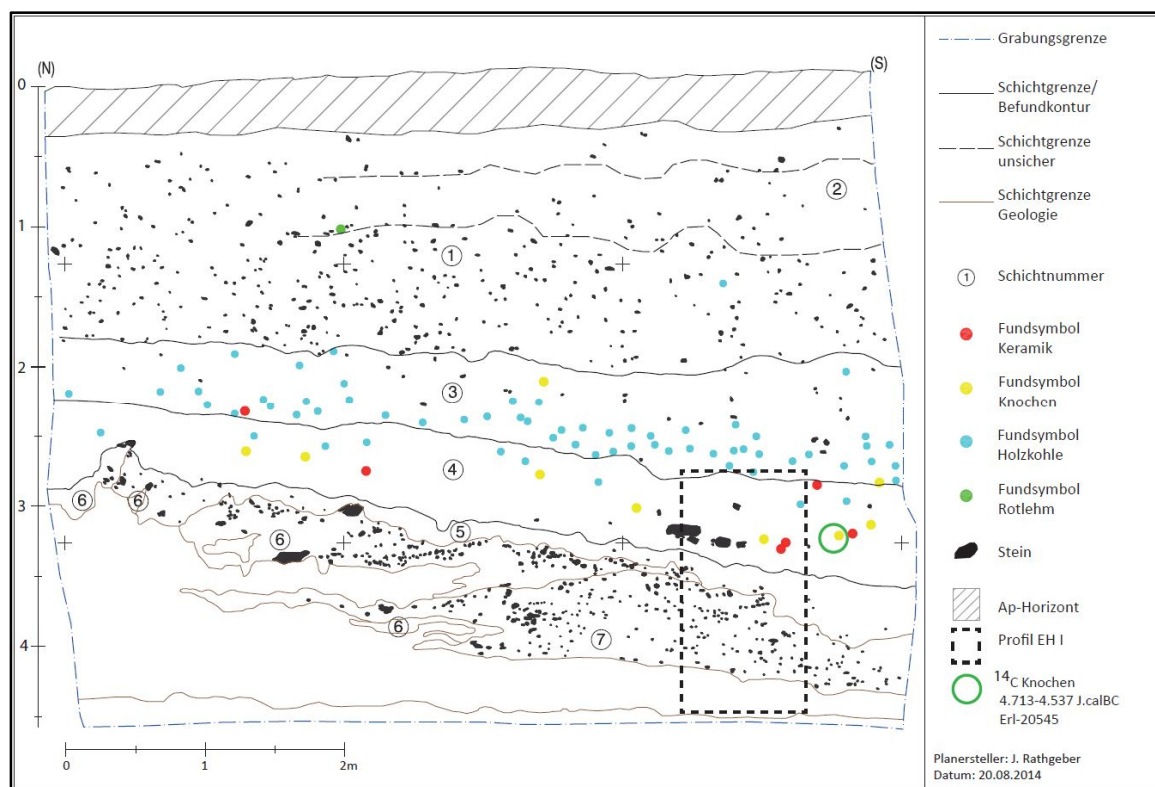


Abbildung 46: Profil EH I mit archäologischen Schichten 1 bis 7, den relevanten Schichtgrenzen und Eintrag der in der Profilebene angetroffenen Funde (Quelle: KRECH ET AL. 2017, schriftl. Mitteilung M. NADLER, Planersteller J. RATHGEBER)).

Die kolluvialen Horizonte EH II-1 bis EH II-3 im Profil EH II enthielten ebenfalls mehrere, nicht sicher ansprechbare Keramikscherben. Ein größeres Randfragment eines Zylinderhalsgefäßes der späten Bronzezeit stammt aus Horizont EH II-3. Zusätzlich konnten auch aus diesem Profil bestimmbar Tierknochen geborgen werden. So stammen ein Oberkieferzahn eines Hausrindes, ein Schneidezahnfragment vom Pferd und ein

größeres Femurfragment, vermutlich von einem Rothirsch, aus dem Horizont EH II-3. Aus dem Horizont EH II-5 stammt ein Langknochenfragment, vermutlich von einem Tier von Rindergröße. Auch hier deuten die Erhaltung und Größe der Knochen auf eine in-situ-Situation hin. In allen kolluvialen Horizonten (EH I-1 bis 3, EH II-1 bis 4) zeigen sich zahlreiche Holzkohleeinträge. Diese bezeugen eine wiederholte anthropogene Nutzung des Geländes. Auffällig ist die Fundarmut in den M(fAhP)-Horizonten beider Profile (KRECH ET AL. 2017).

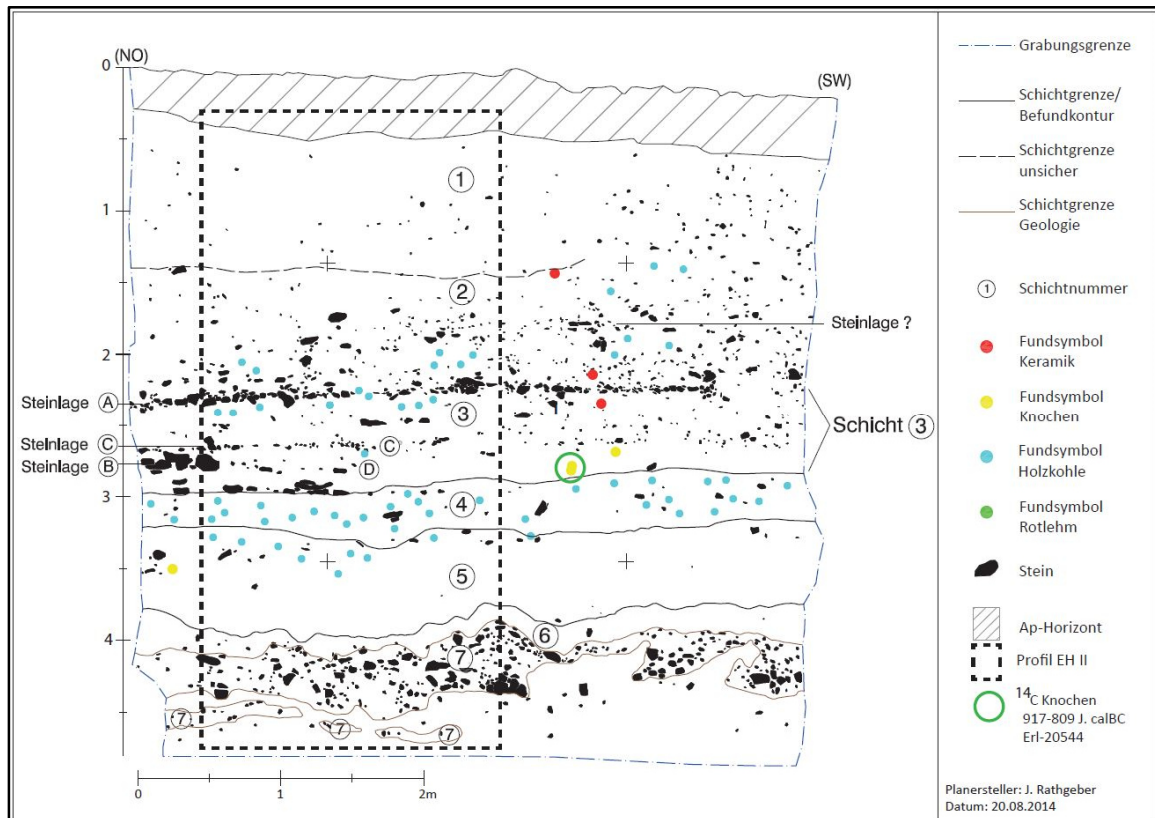


Abbildung 47: Profil EH II mit archäologischen Schichten 1 bis 7, den relevanten Schichtgrenzen und Eintrag der in der Profilebene angetroffenen Funde (Quelle: KRECH ET AL. 2017, schriftl. Mitteilung M. NADLER, Planersteller J. RATHGEBER).

### 6.1.5 Datierungsergebnisse

Im Rahmen der archäologischen und bodenkundlichen Untersuchungen wurden vier  $^{14}\text{C}$ -Analysen durchgeführt (Abb. 41, 44, 46, 47). Eine Humusprobe wurde aus Profil EH I im Horizont 4 in einer Tiefe von 320 cm u. GOK im M(fAhP)-Horizont entnommen. Das  $^{14}\text{C}$ -Alter zwischen 7.882 bis 7.597 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-66952) bzw.  $8.710 \pm 50$  Jahren BP (uncal.) würde für eine im Frühholozän (Mesolithikum) anzusetzende Bodenbildung sprechen. Ein Rothirschknochen aus dem gleichen Horizont lieferte ein  $^{14}\text{C}$ -

Alter zwischen 4.713 bis 4.537 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-20545) bzw. 5.773±37 Jahren BP (uncal.), dies entspricht der Zeit des Mittelneolithikums. Eine weitere Probe (Holzkohlefragmente) stammt aus dem Horizont 4 des Profils EH II aus einer Tiefe von 260 cm u. GOK und repräsentiert die unterste kolluviale Schicht. In diesem Fall liegt die Altersbestimmung zwischen 2.635 bis 2.475 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-66953) und 4.045 ± 30 Jahre BP (uncal.), was der Zeit des Endneolithikums entspricht. Aus dem Horizont EH II-3 stammt ein weiterer datierter Rothirschknochen aus der späten Bronzezeit mit einem <sup>14</sup>C-Alter zwischen 917 bis 809 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-20544) bzw. 2.718±32 Jahren BP (uncal.).

### **7.1.6 Interpretation der Profile von Ergersheim**

Das Profil Ergersheim I liegt im ehemaligen Hangbereich des kleinen Taleinschnittes. Die drei untersuchten Horizonte (EH I-4, 5 und 5a) gehören zu einem vermutlich mehrphasig entwickelten Humuspelosol, welcher durch anthropogene Kolluvien überdeckt wurde. Die Kolluvien sind an der Position von Profil EH I ca. 230 cm mächtig. Das Profil Ergersheim II liegt im ehemaligen Talbodenbereich. Auch in diesem Profil ist der zuvor angesprochenen Humuspelosol (Horizonte EH II-5 und EH II-6) deutlich erkennbar. In dieser Position weisen die vier kolluvialen Horizonte eine Mächtigkeit von ca. 280 cm auf. Eine weitere natürliche Entwicklung wurde hier durch den menschlichen Eingriff, welcher zu einer kolluvialen Überdeckung geführt hat, unterbrochen. Der organische Kohlenstoff in den M(fAhP)-Horizonten reflektiert mit einem Wert von 2% den erhöhten Humusgehalt von ehemaligen Oberböden. Der Humuspelosol lässt sich über den gesamten Aufschluss verfolgen und fällt mit geringer Neigung in Richtung Talboden ein.

Die in den mikromorphologischen Proben aus Profil EH I zu sehenden Planar-Risse und das streifige b-Gefüge können durch den hohen Anteil an Ton und die damit verbundenen Quell-/Schrumpfprozesse erklärt werden. Die Gänge und Kavernen in EH I-4, sowie der Regenwurmkalzit in EH I-5 sind Anzeiger für Bioturbation. Das schwach ausgebildete polyedrische Gefüge sowie die vereinzelt vorkommenden ungestörten, sauberen Tonbeläge weisen auf eine intensive postkolluviale Bodenbildungsphase hin. Eisen- und Manganausfällungen sind Staunässe geschuldet, welche ihren Ursprung in der Reliefsituation und den Substrateigenschaften hat (KRECH ET AL. 2017).

Die Ergebnisse der palynologischen Untersuchungen zeigen, dass die Pollenproben wahrscheinlich in das Frühholozän datieren und zwar in die Zeit noch bevor sich thermophile Arten deutlich ausbreiteten. Vorkommende Kiefern-Birkenwälder sind kennzeichnend für die Zeit des Präboreals. Erst an dessen Ende wanderten erste Thermophile (Hasel, Ulme, Eiche) und im Osten auch Fichte ein (LANG 1994, KNIPPING 1989, KORTFUNKE 1992). Das fast völlige Fehlen der Birke in den Pollenproben ist die einzige Abweichung von der üblichen Entwicklung im Frühholozän. Ein Grund hierfür können eventuelle Besonderheiten am Standort sein. Die häufig vorkommenden mikroskopisch kleinen, verkohlten Pflanzenreste sind ein charakteristisches Merkmal für spätglaziale und frühholozäne Sedimente (BOEREN ET AL. 2006, FRIEDRICH ET. AL 2001, KNIPPING 1989). Die bestimmbareren Pollen können, trotz der schlechten Pollenerhaltung, einem Zeitabschnitt von ca. 9.500 bis 8.500 Jahren BP (uncal.) zugeordnet werden.

## 8. Diskussion

Für alle pedosedimentären Profile dieser Arbeit gilt, dass sie nicht natürlich entstanden sind, sondern maßgeblich durch den Menschen geformt wurden. So besteht ein Teil der untersuchten Profile aus einer Wechselfolge von fossilen Bodenhorizonten und Kolluvien über anstehenden geologischen Schichten. Andere hingegen werden ausschließlich aus Kolluvien gebildet, welche lokal pedologisch überprägt wurden. Darin zeigt sich die intensive und nachhaltige Umgestaltung der Landschaft durch den Menschen. Auffällig ist die extrem dunkle Farbe einiger Paläobodenhorizonte und Kolluvien in den untersuchten Profilen von Ergersheim und Marktbergel. Die dunklen Horizonte in Ergersheim weisen einen erhöhten  $C_{org}$ -Gehalt im Vergleich zu den anderen Horizonten auf. Zusammen mit den Ergebnissen der Pollenanalyse ergeben sich Hinweise, dass es sich hier um ehemalige, erodierte Waldböden der näheren Umgebung handelt und somit auch die dunkle Farbe durch die Aufarbeitung ehemaliger Ah-Horizonte erklärbar ist. Die dunklen, fast schwarzen Horizonte und Kolluvien in Marktbergel heben sich ebenfalls durch erhöhte  $C_{org}$ -Gehalte von den anderen Horizonten ab. Der Unterschied ist hier etwas geringer als in Ergersheim. Die Schwarzfärbung der Horizonte kann in Marktbergel zwei unterschiedliche Ursachen haben. Zum einen kommt es in den Hohlformen zu Fe-Sulfid-Bildungen in Form von Überzügen auf Sandkörnern (mündl. Mitteilung S. Meyer-Heintze). Zum anderen kann die Schwarzfärbung durch den vermehrten Eintrag von pyrogenem Kohlenstoff im Rahmen der anthropogenen Landnutzung bedingt sein. Eine intensive und langfristige Brandwirtschaft führte zum Eintrag des sogenannten Black Carbon in den Boden und verursachte die zunehmende Schwarzfärbung. Ähnliche Beobachtungen stammen aus den Lössgebieten des Rheinlandes (GERLACH 2010, GERLACH ET AL. 2012). Viele kleine, aber auch größere Holzkohlereste, die feinverteilt in den Horizonten auftreten, sind Hinweise auf Rodungs- und Brandtätigkeiten.

### 8.1 Der Bullenheimer Berg

Die untersuchten Profile auf dem Plateau des Bullenheimer Berges befinden sich in drei unterschiedlichen ehemaligen Nutzungsräumen. Der Bereich der urnenfelderzeitlichen Lehmkuhlen repräsentiert einen alten Abbaubereich für Tone und Lehme, die

Siedlungsterrassen stellen ein eingeebnetes Areal ehemaliger Wohnbebauung dar und die Wallanlage zählt zum Bereich archäologischer Verteidigungsanlagen.

Die Profile in den Bereichen der Lehmgruben und der Siedlungsterrassen gestalten sich in ihrem Aufbau sehr ähnlich. Sie weisen insgesamt geringe Mächtigkeiten auf und nach ca. 50 bis 80 cm Tiefe stehen an der Basis die Tone des Blasensandsteins an. Darüber treten kolluviale Horizonte (M) und in den Profilen der Siedlungsterrasse teilweise begrabene Bodenhorizonte (fAh- und P-Horizonte) auf. Die Kolluvien enthalten in unterschiedlichen Anteilen Zeugnisse menschlichen Wirkens in Form von Steinlagen, Keramikbruchstücken und Holzkohleresten. In den Kolluvien und den Kulturschichten der Siedlungsterrassen ergeben sich zudem Hinweise auf eine pedogenetische Überprägung, welche sich durch ein Bodengefüge und im Vorhandensein von begrabenen Wurzelbahnen zeigen. Über den Kolluvien sowie den fossilen Bodenhorizonten folgt in allen Profilen ein fossiler Pflughorizont (fAp) mit maximal 20 cm Mächtigkeit. Darüber schließt sich ein rezenter, maximal 10 cm mächtiger Ah-Horizont an. Insgesamt betrachtet, sind die untersuchten Böden in den Bereichen der Lehmkuhlen und Siedlungsterrassen sehr flachgründig und nur schwach entwickelt, was sich insbesondere auch in den mineralogischen Analysen zeigte. Die Ergebnisse der Geländeanalysen zeigen eine große Ähnlichkeit der Lehmgruben- und Siedlungsterrassenprofile, während die Laboruntersuchungen besonders in der Korngrößenverteilung und mineralogischen Zusammensetzung deutliche Unterschiede aufweisen. In allen Bodenhorizonten der Lehmkuhlenprofile dominiert die Sandfraktion. Der hohe Sandgehalt kann in diesem Bereich mit der Verbreitung von Gesteinsfragmenten, Blöcken und Platten aus Blasensandstein erklärt werden. Bei der Geländeanalyse erschien die Matrix der basalen IICv-Horizonte etwas toniger, die Laboranalyse zeigt zwar einen zunehmenden, aber dennoch relativ geringen Tongehalt. Eine Erklärung hierfür sind Sandsteinbeimengungen in den entnommenen Proben. Diese führen zu höheren Prozentanteilen in der Sandfraktion und gleichzeitig niedrigeren Werten in der Tonfraktion. Der generell erhöhte Tongehalt in den untersten Horizonten lässt sich wiederum durch die vorhandenen Tonlagen im Blasensandsteinkomplex erklären. Des Weiteren könnte an dieser Stelle auch eine geologische Besonderheit auf dem Plateau hervortreten. Durch das wellige Relief und rinnenartige Eintiefungen auf dem Plateau stehen in diesem Bereich eventuell die unter dem Blasensandstein liegenden Lehrbergschichten an der Oberfläche an (KRECH et al. 2016). Der messbare Carbonatgehalt in Kombination mit dem Vorkommen des Tonminerals Corrensit könnte ein Beleg für das Vorkommen von

Lehrbergschichten in den untersuchten Profilen sein (ROTHEMEL 2015). Es kann auch vermutet werden, dass sich die Lehmkuhlen entweder im Übergangsbereich der Lehrbergschichten zum Blasensandstein befinden oder die geologische Situation durch das Wirken des Menschen maßgeblich verändert wurde (KRECH ET AL. 2016). Auch die mineralogischen Untersuchungen belegen durch den Nachweis von primärem Chlorit und Spuren von sekundärem Chlorit eine starke Durchmischung von Bodenmaterial mit unverwittertem Material des Blasensandsteins. Die durchweg nachweisbaren Minerale von primärem Chlorit und von Illit sowie der geringe Gehalt an 14Å-Vermikulit weisen zusätzlich auf eine schwache pedogene Verwitterung des Materials hin und sprechen somit gegen eine intensive Bodenbildung. Der mineralogische Hinweis auf eine starke Durchmischung des Materials im gesamten Bereich deckt sich mit den archäologischen Untersuchungen durch FALKENSTEIN ET AL. (2016). Aufgrund der archäologischen Befunde geht man davon aus, dass die Gruben nach dem Ende des Lehmabbaus mit dem nicht verwertbaren Aushub wieder verfüllt wurden. Im Profil L4 konnte zudem die archäologisch erfasste, pedologisch überprägte Aufschüttung durch einen geringen Gehalt an sekundärem Chlorit mineralogisch nachgewiesen werden (Tab. 10). Für eine weitere Durchmischung, zumindest der oberen Horizonte, trugen die mittelalterlichen Wölbackerfluren bei, welche im DGM deutlich erkennbar sind (Abb. 10).

Abschließend lässt sich für den Bereich der Lehmabbaustellen festhalten, dass die Böden, aufgrund der Geländedaten sowie durch den Nachweis von Corrensit und Chlorit, durch schwach entwickelte Böden in Form von Regosolen und dem Auftreten von kolluvialen Schichten gekennzeichnet sind. Dies ist eindeutig als Folge der menschlichen Nutzungstätigkeit zu sehen. Gut entwickelte, holozäne Böden, sind nicht mehr nachweisbar (KRECH ET AL. 2016). Des Weiteren fehlen Hinweise auf die ubiquitär in den Mittelgebirgen vorhandenen periglazialen Lagen (SEMMELE & TERHORST 2010).

Im Vergleich zeigen die untersuchten Profile im Bereich der Siedlungsterrassen eine deutlich andere Korngrößenzusammensetzung als die Profile an den urnenfelderzeitlichen Lehmkuhlen. In den oberen drei Horizonten aller Siedlungsterrassenprofile dominiert die Sandfraktion. In den beiden basalen Horizonten dominiert hingegen die Tonfraktion. Die Veränderung der Korngrößen im Profilverlauf wurde schon im Rahmen der Geländeaufnahme festgestellt und die Laboruntersuchungen belegen den Geländebefund. Die deutliche Zunahme an Ton in den untersten Horizonten lässt sich durch die Charakteristik des hier anstehenden Blasensandsteins erklären. Der Blasensandstein setzt

sich meist aus einer Wechselfolge von fein- und mittelsandigen Sandsteinen und dazwischen eingelagerten braunroten, violetten bis grünlichen Tonsiltsteinlagen zusammen (GEYER 2002). Die erhöhten Sandanteile und die niedrigeren Werte der Tonfraktion in den oberen drei Horizonten lassen sich auf Beimengungen von überwiegend verwittertem Sandstein im Bodenmaterial zurückführen. Durch die kaum messbaren Carbonatwerte in allen Profilverläufen kann man an dieser Stelle davon ausgehen, dass die holozäne Bodenentwicklung im Blasensandstein als Ausgangsmaterial erfolgte. Auffällig ist die profilübergreifende Homogenität in den Kornfraktionen. Die drei oberen Horizonte weisen eine nahezu identische Korngrößenverteilung auf, während bei den zwei basalen Horizonten der Profile ein Anstieg des Tongehaltes und eine gleichzeitige Abnahme des Sandanteils zu beobachten ist.

Im Rahmen der archäologischen Untersuchungen konnten in den Profilen der Siedlungsterrassen deutliche Spuren für mehrere Siedlungsphasen belegt werden. Hinweise auf eine künstliche Terrassierung des Geländes ergaben sich sowohl durch die bodenkundlichen als auch durch die archäologischen Untersuchungen. Als ersten Schritt trugen die damaligen Siedler den holozänen Boden bis auf den anstehenden Ton ab (KRAUSE 2017) und die erste sicher nachweisbare Kulturschicht befindet sich direkt auf dem anstehenden tonig-lehmigen Material auf dem P-Horizont in ca. 45 cm Tiefe (Abb. 48). Anhand von Keramikfunden und  $^{14}\text{C}$ -Datierungen konnte diese Schicht in die Zeit der jüngeren Urnenfelderkultur (1.050 bis 900 v. Chr.) eingeordnet werden (SCHUSSMANN 2016). Über der ersten Kulturschicht folgt im Abstand von 20 cm ein weiterer sicher nachweisbarer Siedlungshorizont, welcher durch Keramikfunde und  $^{14}\text{C}$ -Datierungen, der späten Urnenfelderkultur (900 bis 800 v. Chr.) (Tab. 1) zugewiesen werden kann (SCHUSSMANN ET AL. 2014). Aufgrund von größeren in-situ liegenden Gefäßen und zusammenliegenden Scherben kann eine sekundäre Umlagerung der Horizonte ausgeschlossen werden. Oberhalb des zweiten Siedlungshorizontes treten vermehrt sekundär umgelagerte Keramikfunde auf, eine Zuordnung oder Abgrenzung weiterer Kulturschichten ist damit nicht mehr möglich (SCHUSSMANN ET AL. 2014, SCHUSSMANN 2016). Im Rahmen der andauernden Siedlungstätigkeit kam es zur schrittweisen Auffüllung des Bereiches. Durch die mineralogischen und sedimentologischen Analysen kann davon ausgegangen werden, dass für die Verfüllung ehemals abgetragenes holozänes Bodenmaterial verwendet wurde. Der Nachweis von sekundärem Chlorit und  $14\text{\AA}$ -Vermikulit sowie das Fehlen von primärem Chlorit (Tab. 14) sind ein Hinweis auf vorverwittertes Material und belegen diese These. Durch die Auffüllung mit



vorverwitterten Material kann eine Bodenbildung in einer Siedlungspause schneller ablaufen. So ergeben sich, trotz des erheblichen menschlichen Eingriffs in den natürlichen Verlauf der Bodenentwicklung, Hinweise einer Bodenbildungsphase in den Horizonten, unterhalb des ersten Siedlungshorizontes, durch Tonkutane in fossilen Wurzelbahnen. In der ca. 20 cm mächtigen Einfüllung zwischen den nachweisbaren Siedlungshorizonten zeigen sich, in Form eines fossilen Ah-Horizontes in dem wiederum fossile Wurzelstrukturen erkennbar sind, Hinweise auf eine weitere Bodenbildungsphase. Auch die mineralogischen Analysen bestätigen hier eine Bodenbildung. Der deutliche Nachweis von sekundärem Chlorit in den Horizonten M<sub>1</sub> und M<sub>2</sub> (Abb. 48) belegt eine beginnende Bodenentwicklung (Tab. 14). Die Bildung dieses Horizontes dürfte in einer Siedlungsunterbrechung vom Ende der Späten Urnenfelderzeit bis zum Beginn der Latènezeit stattgefunden haben. Die Siedlungsunterbrechung ist durch das Fehlen archäologischer Funde belegt (DIEMER 1995, FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). Das sich ein so mächtiger und gut entwickelter Ah-Horizont (M<sub>2</sub>fAh)) (Abb. 48) in einer relativ kurzen Zeitspanne von 400 bis 500 Jahren bilden kann, ist ein weiterer Hinweis auf vorverwittertes holozänes Bodenmaterial als Ausgangsmaterial der Bodenbildung. In den darauffolgenden Siedlungs- und Nutzungsphasen wurden im Bereich der urnenfelderzeitlichen Siedlungsterrassen weitere 30 cm Bodensediment aufgetragen. In diesem Kolluvium zeigen sich Spuren eines mittelalterlichen Pflughorizontes.

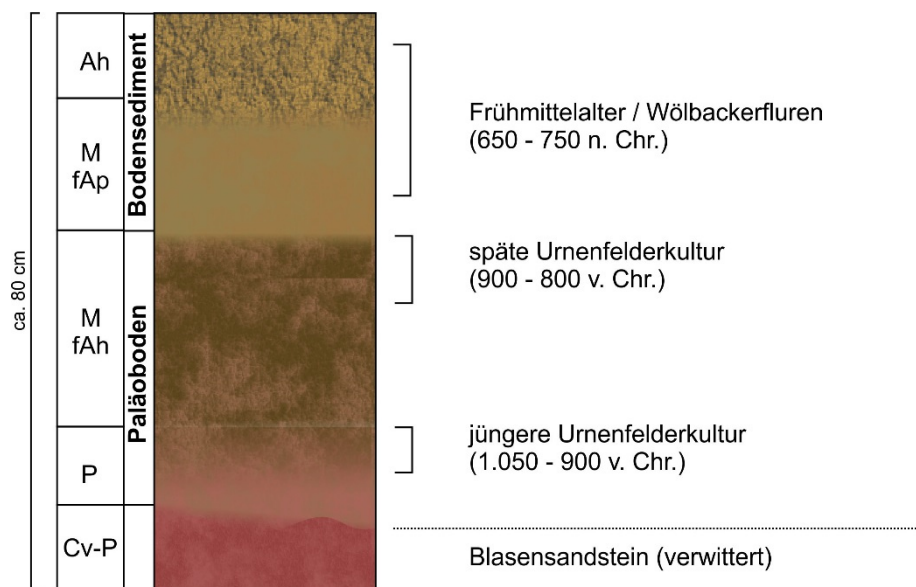


Abbildung 48: Schematisiertes, stratigraphisches Idealprofil für den Bereich der urnenfelderzeitlichen Siedlungsterrassen und anderer Siedlungsbereich auf dem Bullenheimer Berg. Der Paläoboden entwickelt sich in der Siedlungsunterbrechung zwischen Urnenfelderzeit und Latènezeit in aufgefüllten, vorverwitterten Material. Mittelalterliche Wölbackerfluren überprägen die Profile (eigener Entwurf), zeitliche Einordnung nach SCHUSSMANN 2016.

Die mittelalterliche Wölbackerflur führte zu einer Durchmischung der Bodenschichten und zur Umlagerung der darin enthaltenen Funde (Abb. 48). Eine zeitliche Zuordnung der Funde und der Nachweis weiterer Kulturschichten sind deshalb unmöglich. Heute befindet sich in den oberen 10 cm der Profile ein rezenter Ah-Horizont (Abb. 48), welcher der Bodenbildung im Zeitraum nach der mittelalterlichen Landnutzung bis in die heutige Zeit entspricht.

Für die heutigen Böden der Siedlungsterrassen kann man die Aussage treffen, dass es sich in diesem Bereich um schwach entwickelte Böden in Form von Regosolen, verbunden mit dem Auftreten von kolluvialen Schichten, handelt. Die Befunde sind eindeutig als Folge der menschlichen Nutzung anzusehen. Gut entwickelte holozäne Böden sind nicht mehr nachweisbar, aber das zuvor abgetragene Bodenmaterial wurde für die Auffüllung der Terrassen verwendet. In diesem Bereich lassen sich auch aufgrund der sedimentologischen Daten Reste von periglazialen Lagen vermuten. Hinweise auf eine Basislage fehlen zwar, aber die Schluffgehalte der oberen Horizonte können auf Material der ehemaligen Hauptlage hinweisen (SAUER 2002; 2004, TERHORST ET AL. 2017).

Das Profil im ehemaligen Wallschnitt II unterscheidet sich in Aufbau und Zusammensetzung grundlegend von den zuvor erwähnten Profilen. Hierbei gilt es zu beachten, dass es sich bei diesem Profil nicht um ein klassisches Bodenprofil handelt, sondern um eine künstlich geschaffene Abfolge einzelner Horizonte. Dieses Profil wurde mit dem Ziel angelegt, die Vermutung, dass der Wallkörper teilweise mit abgetragenen holozänen Bodenmaterial aufgebaut wurde, zu belegen. Beim Anlegen des Profils fiel die große Varianz der einzelnen Horizonte auf, die unterschiedliche Bauphasen erkennen lässt. Die Basis des Profils besteht aus tonigem Material, welches vermutlich aus anstehendem Material des Blasensandsteins oder der Lehrbergschichten besteht. Über dem tonigen Material befindet sich eine kompakte Schicht aus Blasensandsteinplatten. Laut DIEMER (1995) handelt es sich bei dieser Schicht um natürlichen Blasensandstein. Der Fund eines Tierknochens (WITZKE 2017) im Grenzbereich zur überlagernden verbrannten Holzschicht deutet jedoch darauf hin, dass die Sandsteinlage zu Überresten einer anthropogenen Konstruktion zählen. Die  $^{14}\text{C}$ -Datierung des Tierknochens (Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie) ergab ein Alter von 1.612 bis 1.503 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: MAMS-30110) bzw.  $3.272 \pm 22$  Jahren BP (uncal.) und datiert somit in die Übergangszeit von Früh- und Mittelbronzezeit (Tab. 1). Der gut erhaltene

Tierknochenfund ist interessant, da sowohl im inneren Bereich des Plateaus als auch in den oberen Horizonten des Wallkörpers aufgrund des sauren Bodenmilieus keine bzw. nur selten schlecht erhaltene Knochen gefunden werden konnten. Eine Überprüfung des pH-Wertes in diesem Profilabschnitt ergab einen Wert von 7,9 (Tab. 20), dies entspricht einem schwach alkalischen Bodenmilieu. In einem solchen Bodenmilieu ist eine gute Knochenerhaltung gegeben (GERDS & WOLF 2015). In der folgenden Lage aus verkohlten Resten der Befestigungsphase 2 nach DIEMER (1995) konnten mehrere Lagen verkohlter Hölzer nachgewiesen werden. Eine <sup>14</sup>C-Datierung mit einem Alter von 1.393 bis 1.317 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-66973) bzw. 3.074 ± 30 Jahren BP (uncal.) entspricht dem Zeitabschnitt der Mittel- bis Spätbronzezeit (Tab. 1) und bestätigt zusätzlich die Befestigungsphase 2. Über der verbrannten Schicht befinden sich drei kolluviale Horizonte (BB W-6 bis W-4) durchsetzt mit Keramikstücken, Holzkohle und Ziegelbruchstücken. Diese Horizonte sind sehr locker gelagert und enthalten zudem viel Asche. Zudem liegen hier die pH-Werte im schwach alkalischen Bereich. Die zwei oberen Horizonte der Ah und M<sub>1</sub> (Abb. 21) sind frei von archäologischem Fundmaterial. Georg Diemer sieht in Horizont M<sub>1</sub> die jüngste Phase der urnenfelderzeitlichen Befestigungsanlage. Der nach oben abschließende Horizont (W-2) zeigt eine geringmächtige Ah-Entwicklung an. Vergleicht man das im Jahr 2013 angelegte Profil mit dem Wallschnitt II von 1983, zeigt sich eine deutliche Übereinstimmung der Schichtgrenzen.

Durch die weitgehend künstliche Anlage des Profils variiert die Korngrößenverteilung stark im Profilverlauf. In den oberen zwei Horizonten ist eine nahezu gleiche Korngrößenzusammensetzung festzustellen. Im weiteren Verlauf nimmt der Sandanteil zu und die Schluff- und Tongehalte variieren. Unterhalb der verbrannten Holzreste und der Steinlage nimmt der Sandgehalt zu Gunsten des Ton- und Schluffgehaltes ab. Dies ist durch das anstehende geologische Ausgangsmaterial erklärbar. Im Vergleich zu den anderen untersuchten Profilen fallen die größtenteils schwach alkalischen pH-Werte auf. Die Ursache hierfür liegt in der verbrannten Holzschicht. Da die entstehende Holzrasche hauptsächlich aus den Elementen Ca, K, Mg und P besteht und einen hohen pH-Wert besitzt, führt ihr Eintrag in den Boden zu einer Neutralisierung des sauren Bodenmilieus. In vergleichbaren Studien konnten steigende pH-Werte von 4,5 auf 8 durch die Ausbringung von Holzrasche nachgewiesen werden (vgl. ZIMMERMANN ET AL. 2002; ZIMMERMANN ET AL. 2010). Die erhöhten Carbonatwerte in den Horizonten BB W-6 und W-5 lassen sich auch durch den Ascheeintrag erklären. Die mineralogischen Analysen

zeigen eine Durchmischung von Bodenmaterial mit unverwittertem Material. Der enthaltene primäre Chlorit in allen Proben deutet auf unverwittertes Material hin und der nachweisbare 14 Å-Vermikulit zeigt Verwitterung an (Tab. 22). Das stark vertretene Tonmineral Illit zeugt von einer eher schwachen Verwitterung des Materials. Der fehlende Kaolinit zeigt an, dass es sich auch nicht um tertiäre Verwitterungsprodukte handelt. Die mineralogischen Untersuchungen bestätigen, dass Spuren von holozänem Bodenmaterial im Wallkörper enthalten sind. Durch die Untersuchungen im alten Wallschnitt II wurde der menschliche Einfluss auf die Bodenentwicklung nochmals verdeutlicht. Die am Anfang stehende Vermutung, dass der Wallkörper teilweise aus abgetragenem holozänem Bodenmaterial aufgebaut ist, kann im Rahmen der mineralogischen Analyse bestätigt werden. Die ausgezeichnete Knochenerhaltung im Bereich der Brandschicht, welche schon DIEMER bei seinen Grabungen 1983 vermerkte, ist durch den Ascheeintrag und den damit verbundenen Anstieg der pH-Werte zu erklären.

Die, im Rahmen dieser Dissertation durchgeführten bodenkundlichen Untersuchungen in den archäologischen Grabungsschnitten und weitere durchgeführte Studien (vgl. ROTHEMEL 2015, KRECH ET AL. 2016, KRAUSE 2017, WITZKE 2017) bezeugen eine flächenhafte anthropogene Modifizierung des Bodens. In den untersuchten Profilen konnte kein holozäner Boden in der natürlichen Form einer Braunerde nachgewiesen werden. Dies belegt eine flächenhafte Abtragung oder Umlagerung von Bodenmaterial (ROMMENS ET AL. 2005). Einzig die mineralogischen Analysen deuten auf den Erhalt von Resten holozänen Bodenmaterials in den Kolluvien hin. In den Profilen der Siedlungsterrassen kann in einem Kolluvium (BB Q5-3) eine schwache Bodenentwicklung nachgewiesen werden. Diese deckt sich mit einer Siedlungsunterbrechungsphase zwischen der späten Urnenfelderzeit und der Latènezeit (Tab. 1) (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). Die Frage über keine oder nur schlecht erhaltene Knochenfunde in den Grabungen kann durch die Ergebnisse der pH-Wert-Analyse geklärt werden. Da das Bodenmilieu durchweg sauer ist, lösen sich die mineralischen Komponenten der Knochen auf und die Voraussetzungen für eine gute Knochenerhaltung sind nicht mehr gegeben (KNIPPER 2011). Der hier anstehende Blasensandstein besitzt sehr schwach alkalische pH-Werte (7,83), auf ihn können die niedrigen Werte also nicht zurückzuführen sein. Das saure Bodenmilieu auf dem Bullenheimer Berg ist einerseits durch die natürliche Bodenversauerung und andererseits durch den Eintrag organischen Materials in Form von Siedlungsabfällen und Fäkalien bedingt (SCHATZ 2016). Die natürliche Versauerung erfolgt durch Umsetzung der

organischen Substanz, durch saure Niederschläge und durch jede Form von Oxidation. Die zunehmende Bildung von Protonen bewirkt eine Bodenversauerung. Durch Carbonate im Boden kann unter dem Verbrauch von Protonen diesem Prozess entgegen gewirkt werden (STAHR ET AL. 2012). Der anstehende Blasensandstein ist carbonatarm und kann somit der natürlichen Bodenversauerung nur bedingt entgegenwirken. Durch den Eintrag der Siedlungsabfälle und deren anschließender Zersetzung wurde der Effekt der Versauerung verstärkt. Bedingt durch die lange Siedlungs- und Nutzungsgeschichte ist die rezente Bodenentwicklung nur schwach ausgeprägt. Die untersuchten Profile weisen einen maximal 10 cm mächtigen rezenten Ah-Horizont auf. Trotz der umfangreichen Untersuchungen konnte nicht abschließend geklärt werden, was genau mit dem abgetragenen, ursprünglichen Bodenmaterial passierte. Betrachtet man die Gesamtfläche des Plateaus von ca. 30 ha dürften die wenig nachweisbaren Reste in einigen Kolluvien nur einen Bruchteil des holozänen Bodenmaterials darstellen.

## 8.2 Der Gipstagebau Marktbergel-West II

Die aufgenommenen und untersuchten Profile im Gipssteinbruch Marktbergel West II stellen ausnahmslos Dolinenverfüllungen dar. Die drei Profile MB I, MB II und MB III in Befund 359 befinden sich zwischen 0 und 200 cm Tiefe unter GOK.

Das Profil MB-I befindet sich im Randbereich einer verfüllten Doline (Abb. 49). Alle Horizonte fallen zum Mittelpunkt der Doline hin ein. Die Basis des Profils bilden die Horizonte  $Cv_1$  und  $Cv_2$ , welche aus dem geologisch anstehenden Material der Myophorienschichten bestehen. Die enthaltenen Gesteinsfragmente zeigen eine verzögerte, langanhaltende Carbonatreaktion, was auf eine dolomitische Komponente hinweist. Die mineralogischen Untersuchungen zeigen im  $Cv_2$ -Horizont einen deutlichen Dolomitgehalt. Eine Besonderheit in diesem Horizont sind die teilweise steilgestellten Gesteinsfragmente. Diese Gesteinsfragmente, in Kombination mit der taschenförmig ausgebildeten Obergrenze, sind typische Kryoturbationsmerkmale (SEMMELE 1964, 1968; STAHR ET. AL. 2012) und geben Hinweise auf frühere, pleistozäne Frostwechselprozesse. Im weiteren Profilverlauf nach oben folgt ein Paläoboden ( $P-Sd_2$ ), in dem fossile Wurzelbahnen deutlich erkennbar sind (Abb. 25). Dieser Horizont ist nach oben gekappt und somit nicht mehr vollständig erhalten. Dies deutet auf Erosionsprozesse in Folge der Dolinenabsenkung an der Oberfläche oder am Hang der Doline hin. Bei diesem Boden handelt es sich um einen Pseudogley-Pelosol (vgl. AD-HOC AG BODEN 2005), da redoximorphe Merkmale erkennbar sind und der Tongehalt mit 66,7% sehr hoch ist. In Richtung des Dolinenmittelpunktes keilt dieser Horizont sehr schnell aus. Der Horizont  $M_3$  zeigt im oberen Bereich Merkmale einer langsam verlaufenden Fließbewegung durch teilweise eingeregeltete Gesteinsfragmente. Im unteren Bereich treten Spuren von Vergleyung auf. Der nach oben folgende Horizont  $P-Sd_1$  repräsentiert einen weiteren Paläobodenhorizont. Die Bezeichnung  $Sd$  weist auf Stauwassereinfluss hin. Das gut ausgebildete Bodengefüge des Horizontes ist ein Anzeichen für eine längere Bodenentwicklung und eine damit verbundene Stabilitätsphase. Zusätzlich weisen die gut erkennbaren Stress-/Tonkutane auf den Aggregatoberflächen auf Tonverlagerungsprozesse hin. Das Ausgangsmaterial für die Bodenentwicklung stammt aus dem oberen Bereich des kolluvialen Horizonts  $M_3$ . Alle Horizonte von der Profilbasis bis zum  $P-Sd_1$  besitzen redoximorphe Merkmale in Form von rostbraunen Flecken und teilweise

Mangankonkretionen. Nach oben folgen die kolluvialen Horizonte  $M_2$  und  $M_3$ , diese enthalten Holzkohleflitter und Keramikbruchstücke. Den oberen Profilabschluss bilden die beiden Pflughorizonte  $Ap_2$  und  $Ap_1$ . Die Grenze zwischen diesen Horizonten verläuft graduell und undeutlich.

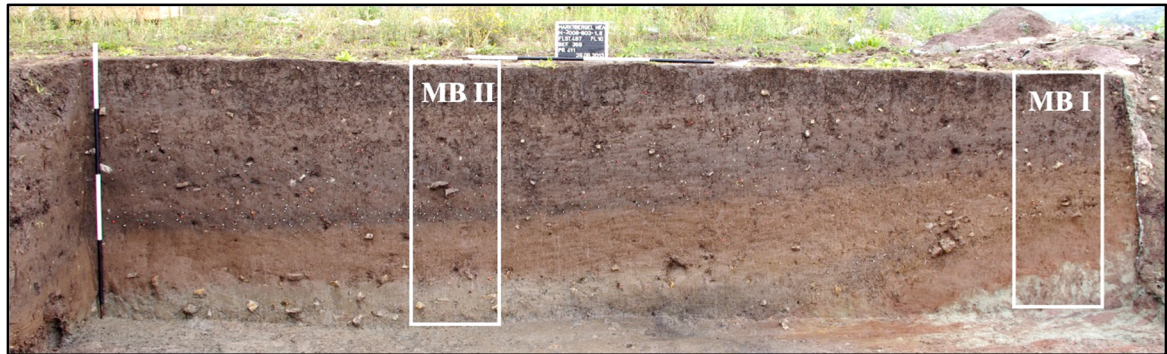


Abbildung 49: Befund 359, archäologisches Profil 411 mit den bodenkundlich aufgenommenen Ausschnitten MB I (Dolinenrand) und MB II (Dolinenmittelpunkt) (Aufnahme: B. Kriens 2013)

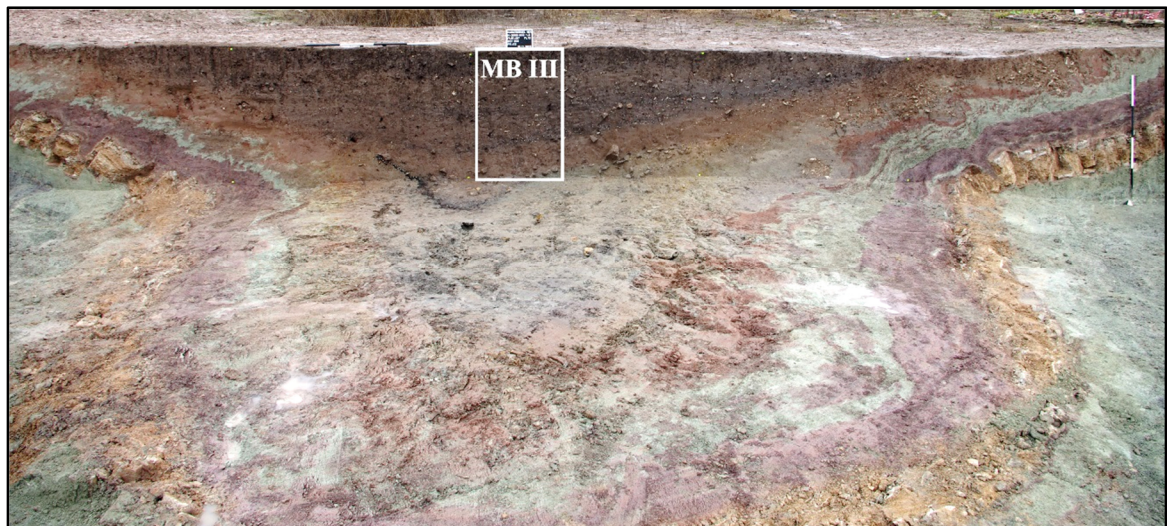


Abbildung 50: Befund 359, archäologisches Profil 412 mit dem bodenkundlich aufgenommenen Ausschnitt MB III (Dolinenmittelpunkt) (Aufnahme: B. Kriens 2013)

Die beiden Profile MB II und MB III liegen im Bereich des Dolinenmittelpunktes (Abb. 49 u. 50). Alle Horizonte verlaufen horizontal, ohne nennenswertes Einfallen in eine bestimmte Richtung. Diese Profile ähneln sich in ihrer Erscheinung und Ausprägung. Beide Profile enthalten Paläobodenhorizonte, die mächtiger, deutlicher ausgeprägt und besser entwickelt sind als in Profil MB I. Dies lässt sich vermutlich durch die geomorphologische Position am Dolinenmittelpunkt erklären. In diesem Bereich lagerte sich das Material, welches am Rand abgeschwemmt wurde, ab. Der basale Gr-Horizont zeigt erste

Siedlungsspuren des Neolithikums (mündl. Mitteilung M. NADLER). Des Weiteren lässt sich in diesem Bereich eine stetige Grundwasserbeeinflussung durch reduktive und oxidative Merkmale nachweisen. Das hier teilweise an der Obergrenze verlaufende Gesteinsband entstand möglicherweise durch menschliche Aktivität oder infolge natürlicher Soliflukionsprozesse. Bei genauerer Betrachtung des Gr-Horizontes sind darin fossile Wurzelbahnen erkennbar. Der darüber folgende Horizont Bv-P zeigt einen Paläoboden (PB II in Abb. 51), im Profil MB II wurde er aufgrund seiner Farbe nochmals unterteilt. Der untere Bereich wird hier als P-Go-Horizont bezeichnet (Abb. 27). Die erkennbaren Stress-/Tonkutane und ein gut entwickeltes Bodengefüge weisen auf eine längere Bodenentwicklung hin. In diesem Horizont sind die fossilen Wurzelbahnen deutlich erkennbar und intensiv von Rostflecken umgeben. Diese entstanden durch die Oxidation in Folge der Wurzelatmung. Die in diesem Horizont zusätzlich enthaltenen Gruslagen sind ein Zeichen für Einschwemmungsprozesse, welche vor der Bodenbildung stattgefunden haben müssen. Der nach oben folgende Horizont wurde als fossiler Ah-P-Horizont klassifiziert und gehört dem Paläoboden II an (Abb. 51). An der Obergrenze dieses Horizontes enden die fossilen Wurzelbahnen, welche bis zur Profilbasis verlaufen. Auffällig sind die extrem zahlreichen Holzkohlebruchstücke, aus denen ein  $^{14}\text{C}$ -Alter von 1.041 bis 829 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19135) bzw.  $2.784 \pm 44$  Jahren BP (uncal.) gewonnen werden konnte. Das extreme Auftreten von Holzkohle und das  $^{14}\text{C}$ -Alter sprechen für eine ehemals intensiv genutzte Landoberfläche während der Jüngerer Urnenfelderzeit (1.050 bis 900 v. Chr.) (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012). Über dem Paläoboden II folgen die kolluvialen Horizonte M<sub>3</sub>, M<sub>2</sub> und M<sub>1</sub>. In den Kolluvien kann man beobachten, dass die Konzentration von Holzkohlen und Keramikfunden nach oben hin abnimmt. Der Ap-Horizont bildet die heutige rezente Geländeoberfläche. Er enthält keine Funde von Holzkohle und Keramik.

Besonders auffällig ist in den Profilen MB II und MB III der Paläoboden II (Abb. 51), welcher im Profil MB II ca. 55 cm und im Profil MB III ca. 64 cm mächtig ist. Die Entwicklung eines so mächtigen Bodens benötigt eine längere Stabilitätsphase ohne menschliche Eingriffe. Im Rahmen der Geländeuntersuchungen wurden aus den Profilen MB II und MB III Proben von Holzkohlen für  $^{14}\text{C}$ -Datierungen entnommen. Im Profil MB II wurde eine Probe aus dem mittleren Bereich des Bv-P-Horizontes analysiert. Diese ergab ein Alter von 1.883 bis 1.687 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95043) bzw.  $3.455 \pm 35$  Jahren BP (uncal.) und stammt somit aus der Frühbronzezeit (2.200 bis 1.600 v. Chr.).



Eine weitere Probe aus dem Horizont M<sub>3</sub> zeigt mit einem Alter von 1.110 bis 909 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95042) bzw. 2.835 ± 35 Jahren BP (uncal.) (Tab. 39) die Urnenfelderzeit (1.300 bis 800 v. Chr.) an. Die weiteren Proben stammen aus dem Profil MB III. Eine Probe aus dem Bereich der Untergrenze des Bv-P-Horizontes ergab ein Alter von 1.881 bis 1.560 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19136) bzw. 3.407 ± 55 Jahren BP (uncal.), was wiederum der Frühbronzezeit entspricht. Die zweite Probe aus dem fAh-P-Horizont mit einem Alter von 1.041 bis 829 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19135) bzw. 2.784 ± 44 Jahren BP (uncal.) zeigt die Jüngere Urnenfelderzeit (1.050 bis 900 v. Chr.) (FALKENSTEIN & NOMAYO 2012) an. Die Bestimmung der <sup>14</sup>C-Alter mit der Laborkennung Erl. wurden vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege in Auftrag gegeben (schriftliche Mitteilung R. Beigel).

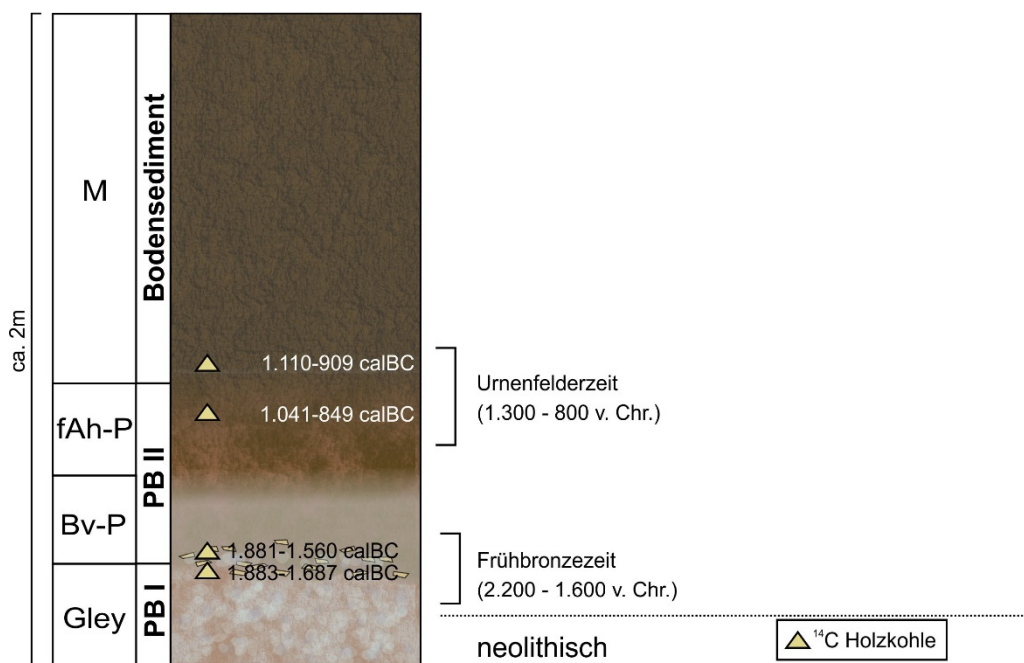


Abbildung 51: Schematisiertes, stratigraphisches Idealprofil. Pedostratigraphische Befunde in Kombination mit den Befunden der archäologischen Einstufung. Paläoboden II (PB II) bildete sich in einer Siedlungspause zwischen Frühbronzezeit und Urnenfelderzeit. Die nachfolgende Nutzung führte zu einer kolluvialen Überdeckung des Paläobodens II (eigener Entwurf).

In dem ca. 50 cm mächtigen Bereich des Bv-P, der zwischen den datierten Stellen liegt, konnten keine weiteren Funde und datierbares Material festgestellt werden (Abb. 51). Die vorhandenen Datierungen belegen eine Siedlungsunterbrechung für diesen Standort für die Dauer von ca. 500 bis 700 Jahren. In einer solchen Phase ohne menschliche Nutzung oder einer wenig intensiven Nutzung bestehen gute Voraussetzungen für eine mächtige Bodenbildung.

Bei der Datierung der Holzkohle gilt es zu beachten, dass der Altholzeffekt nicht ausgeschlossen werden kann. So schließt die Datierung die Zeit zwischen dem Tod des Holzes und der Verkohlung mit ein. Hierdurch überschätzt das  $^{14}\text{C}$ -Alter der Holzkohle ggf. den Zeitpunkt des Feuers und gibt das maximale Alter für das Feuerereignis an (GERLACH ET AL. 2012). Nach Ansicht von GAVIN ET AL. (2003) reicht jedoch ein  $^{14}\text{C}$ -Alter pro Horizont aus, um den Zeitpunkt des letzten Feuers zu identifizieren.

Bei der Korngrößenzusammensetzung fällt in allen Horizonten der allgemein hohe Tongehalt auf. Bei der Betrachtung der fossilen Bodenhorizonte (P-Sd<sub>1</sub> in Profil MB I, Bv-P in Profilen MB II u. MB III) sowie der überlagernden Horizonte (M<sub>2</sub> in Profil MB I, M<sub>3</sub> in Profilen MB II u. MB III) erkennt man einen abnehmenden Tongehalt und eine gleichzeitige Zunahme der gröberen Komponenten. Die Zunahme der gröberen Bestandteile in einigen Horizonten von verfüllten Dolinen wurde beispielweise schon von BAUMHAUER et al. 1996 und SPONHOLZ 2011 für Dolinen im Gebiet von Ergersheim beschrieben. Hier wird die Veränderung in der Korngrößenzusammensetzung durch eine Veränderung im Abtragungs- und Sedimentationsgeschehen erklärt. Für eine Eintragung gröberer Partikel werden höhere Fließgeschwindigkeiten während der Abtragungs- und Sedimentationsereignisse angenommen. Die höheren Fließgeschwindigkeiten und ein somit verbundener höherer Materialtransport können nur in relativ vegetationslosen Bereichen stattfinden. Eine verstärkte Abtragung kann zum Beispiel durch Rodungsaktivität während der Siedlungsphasen ausgelöst werden (SPONHOLZ 2011; SOLLEIRO-REBOLLEDO ET AL. 2015).

Abschließend lässt sich über den Befund 359 folgende Aussage treffen: Die hier vorgestellte verfüllte Doline enthält Bodenhorizonte und kolluviale Schichten mit mehreren Fundhorizonten. Die periglazialen Sedimente aus Keupermaterial bilden die basalen Schichten, darüber folgt ein Gleyhorizont (Paläoboden I) als Beleg für zeitweise Wasserfüllung der Gipskarsthohlformen während der Frühbronzezeit (Abb. 51). Der, zwischen den Gleyhorizont und dem fossilen Ah-P -Horizont liegenden Paläoboden II (Abb. 51) belegt eine Stabilitätsphase für die Dauer von ca. 500 bis 700 Jahren. Im unteren Bereich des Paläoboden II tritt Material der Frühbronzezeit auf. Der fossile Ah-P-Horizont und das darüberliegende Bodensediment M<sub>3</sub> enthalten Keramik und Holzkohle der Jüngeren Urnenfelderzeit. Die überlagernden Horizonte (M<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>) entsprechen jüngeren Kolluvien seit der Urnenfelderzeit, die vereinzelt Keramik und Holzkohlereste enthalten.

Die Untersuchungen und archäologischen Funde zeigen, dass der menschliche Einfluss die Landschafts- und Bodenentwicklung nachhaltig seit dem Neolithikum verändert und gestört hat.

Der zweite untersuchte Befund 351 umfasst eine weitere verfüllte Doline. Hier wurde die Verfüllung bis zu ihrer Basis in ca. 10 m Tiefe u. GOK freigelegt und untersucht. Die Doline erstreckt sich rinnenartig über eine Länge von ca. 20 m und gehört zu den größeren Lösungshohlformen am Untersuchungsstandort. Sie stellt ein System mit zwei Schlucklöchern dar (vgl. Abb. 52).

Das archäologische Profil 446 (Abb. 38) bildet die Basis der Doline in ca. 10 m Tiefe. Hier stehen die geologischen Einheiten der Myophorienschichten an. Deutlich erkennbar sind einige größere Gesteine und Gipslagen, welche durch den Sackungsprozess teilweise steilgestellt sind. Im Profil ist der Bereich des Schluckloches B noch genau zu sehen, hier verlaufen die geologischen Schichten sehr steil und unruhig. Im Bereich unter Schluckloch A verlaufen die geologischen Schichten fast horizontal.



Abbildung 52: Ausschnitt aus Befund 351 mit den Profilen 415 und 420 (Aufnahme: R. Beigel 2013)

Im darüberliegenden Profil 420 zeigen sich die beiden Schlucklöcher A und B deutlich erkennbar, vom geologischen Material abgetrennt. Das Schluckloch A besitzt eine schüsselartige und das Schluckloch B eine eher trichterförmige und schmale Form (Abb. 52). Die jeweiligen Verfüllungen sind mit einem mehr oder weniger gut ausgeprägten Gesteinsband umgeben. Das eingefüllte kolluviale Material ist sehr dunkel, fast schwarz gefärbt und enthält sehr viele Holzkohlefitter. Die Verfüllungsschichten sind einerseits in ihrem Aussehen sehr ähnlich, andererseits wurde bei den archäologischen sowie

bodenkundlichen Geländeuntersuchungen festgestellt, dass es sich um unterschiedliche Schichten handelt. Ein Steg aus dem geologisch anstehenden Material trennt die beiden Schlucklöcher voneinander ab. Im Profil 415 treten die Schlucklöcher A und B in ähnlichen Ausmaßen in Erscheinung, die trichterförmige Ausbildung von Schluckloch B ist in diesem Profil im unteren Bereich nicht erkennbar (Abb. 52). Die Füllung des Schluckloches A hellt nach oben hin etwas auf und enthält weniger Holzkohlefitter wie in Profil 420. Auffällig ist das Einfallen der oberen Horizonte  $M_1$  und  $M_2$  (Abb. 32 u. 34) von Schluckloch A in Richtung des Schluckloches B. Die in den Profilen 420 und 415 auftretenden Horizonte  $M_3$ ,  $M_4$  und  $M_5$  von Schluckloch A werden durch den  $M_2$ -Horizont im Profil 415 überdeckt und treten im weiteren Profilverlauf nach oben nicht mehr auf. Die Trennung der Schlucklöcher durch das geologische Material ist im Profil 415 nur im unteren Meter des Profils vorhanden, im oberen Bereich tritt die dunkle Verfüllung durchgehend auf (Abb. 52). Im Profil 407 ist die Trennung der beiden Schlucklöcher A und B nicht erkennbar (Abb. 38). Bei der schrittweisen Anlegung des Befundes ging man von einer vielfach gegliederten Verfüllung von einem Schluckloch aus. Im Bereich über dem Schluckloch A treten insgesamt mächtigere Horizonte als Verfüllung auf. Der Bereich über Schluckloch B fällt durch fein gegliederte, dünnere Lagen im Sediment auf. Die nach oben hin abschließenden Profile 365 und 354 (Abb. 38) sind in ihrer Ausprägung den Profilen 411 und 412 des Befundes 359 sehr ähnlich. Hier verlaufen die einzelnen Horizonte mit unterschiedlicher Mächtigkeit fast horizontal.

Aufgrund der Ausbildung der gesamten Dolinenverfüllung und der zwei deutlich voneinander abgegrenzten Schlucklöcher ab Profil 415 kann man von einer mehrphasig, mindestens aber zweiphasig, ablaufenden Entwicklung ausgehen. Durch verschiedene  $^{14}\text{C}$ -Datierungen aus unterschiedlichen Horizonten kann die stratigraphische Abfolge der Verfüllung rekonstruiert werden. Zwei Holzkohledatierungen stammen aus dem  $M_5$ -Horizont des Profils 420. Die basale Probe aus dem unteren Bereich des Horizontes  $M_5$ , bei ca. 700 cm unter der heutigen GOK, zeigt ein bemerkenswertes Alter von 11.013 bis 10.755 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95046) bzw.  $10.930 \pm 60$  Jahren BP (uncal.). Die zweite Probe wurde im oberen Bereich des  $M_5$ -Horizontes, ca. 580 cm unter GOK entnommen. Diese ergab ein Alter von 9.879 bis 9.394 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-94785) bzw.  $10.070 \pm 50$  Jahren BP (uncal.). Weitere datierbare Holzkohlen wurden aus dem Profil 415 entnommen. Eine Probe stammt aus dem unteren Bereich des Horizontes  $M_5$  und liegt ca. 550 cm unter der heutigen GOK und ergab ein Alter von 10.293 bis 9.851 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-95045) bzw.  $10.270 \pm 60$  Jahren BP

(uncal.). Die genannten Proben repräsentieren die Zeit des späten Jungpaläolithikums (Poz-95046 und Poz-95045) und den Übergang zum Mesolithikum (Poz-94785). Die Probe aus dem Horizont M<sub>4</sub>, ca. 450 cm unter GOK ergab ein Alter von 9.176 bis 8.775 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-94784) bzw.  $9.570 \pm 50$  Jahren BP (uncal.) und datiert somit in die Zeit des Mesolithikums (9.600 bis 5.500 v. Chr) (Tab. 39). Der im Profil 365 beginnende Horizont 32 setzt sich in Profil 407 fort und endet im oberen Bereich von Profil 415 über Schluckloch B. Aus diesem Horizont wurden im Profil 407 mehrere <sup>14</sup>C-Alter aus Holzkohlen bestimmt. An der Untergrenze des Horizontes konnte eine Holzkohle aus der Zeit der Linearbandkeramik entnommen werden, diese ergab ein Alter von 5.353 bis 5.348 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19130) bzw.  $6.263 \pm 55$  Jahren BP (uncal.). Ein weiteres Alter aus diesem Horizont, im Bereich der Profilmitte, fällt in die Zeit des Jungneolithikums mit 3.954 bis 3.712 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19131) bzw.  $5.039 \pm 52$  Jahren BP (uncal.). Eine Holzkohle aus dem oberen Bereich knapp unter der Obergrenze des Profils 407 wies ein Alter von 3.626 bis 3.124 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19134) bzw.  $4.627 \pm 50$  Jahren BP (uncal.) auf und spiegelt die Zeit des Spätneolithikums wieder. Der Horizont 3 in den Profilen 365 und 354 zeigt durch die Datierung einer Holzkohle ein Alter von 804 bis 520 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-19133) bzw.  $2.538 \pm 47$  Jahren BP (uncal.) und datiert somit in die Hallstattzeit. Die hier vorliegenden <sup>14</sup>C-Alter erstrecken sich über einen großen Zeitraum vom Jungpaläolithikum bis zur Hallstattzeit. Die verwendeten <sup>14</sup>C-Alter mit der Laborkennung Erl. wurden vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege zur Verfügung gestellt (schriftliche Mitteilung R. Beigel). Die Datierung Poz-95046 mit einem Alter von 11.013 bis 10.755 Jahren calBC (cal, 2sigma) bzw.  $10.930 \pm 60$  Jahren BP (uncal.) zeigt, dass bereits zum Ende des Pleistozäns eine Hohlform, in der sich Sedimente ablagern konnten, bestanden hat. Im Laufe des Mesolithikums bildete sich die Hohlform weiter aus, die mächtigen Horizonte wurden eingefüllt und zeugen von sehr alten Eingriffen in die Landschaft. Durch die beiden Datierungen aus dem Horizont M<sub>5</sub> im Profil 420, wobei die weiter unten liegenden Holzkohle ein geringeres Alter aufweist als die höher liegende Holzkohle, kann man von einer gewissen Durchmischung des Materials ausgehen. Eine solche Durchmischung kann die Folge eines größeren Einbruchs der Doline und einem somit verbundenen schnellen Nachsacken des Sedimentes sein.

Der Verlauf der Horizonte über den gesamten Befund 351 lässt vermuten, dass die beiden Schlucklöcher zeitlich versetzt eingesunken sind und somit auch verfüllt wurden. Besonders der Verlauf von Horizont M<sub>1</sub> in den archäologischen Profilen 415 und 420

bestärkt diese Vermutung. Der Horizont durchzieht beide Schlucklöcher, im südöstlichen Schluckloch B reicht er jedoch bis an die Basis und bildet in Profil 420 die komplette Verfüllung. Im nordwestlichen Schluckloch A bildet er den oberen Bereich und im weiteren Verlauf von Profil 420 tritt der Horizont nicht weiter auf. So gehört er im südöstlichen Schluckloch zu den älteren Füllhorizonten, im nordwestlichen Schluckloch stellt er jedoch eine jüngere Verfüllung dar. Hierdurch wird deutlich, dass sich Schluckloch A zuerst bildete. Zu einem späteren Zeitpunkt begann die Bildung von Schluckloch B. Ein kontinuierlicher Verfüllungsprozess setzte bereits seit dem Ende des Pleistozäns ein und dauerte über einen langen Zeitraum an. Die Bildung des Dolinensystems könnte durch folgenden Ansatz erklärt werden: Durch die sukzessive Verfüllung des Schluckloches A mit tonigen Sedimenten wurde das weitere Eindringen von Oberflächenwasser erschwert oder ganz verhindert. Die Lösungsprozesse durch Oberflächenwasser stoppten in diesem Bereich. Lösungsvorgänge die im Zusammenhang mit Grundwasser stehen erfolgten vermutlich weiter. Der Verkarstungsprozess verlangsamte sich deutlich. Aufgrund der Stauwirkung des tonigen Füllmaterials in Schluckloch A versickerte das Oberflächenwasser anschließend vermehrt im Bereich von Schluckloch B, so dass die Bildung einer weiteren Hohlform begann.

Tabelle 39: vorliegende <sup>14</sup>C-Datierungen für den Gipstagebau Marktbergel-West II, Daten stammen aus Kooperation der DFG-Projekte Te295/15-1, FA390/9-1 und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, M. Nadler

Befund	archäol. Profil	Horizont	Labor-kennung	BP(uncal.)	calBC(2σ)	Proben-material	Periode
351	354	3	Erl-19133	2538±47	804-520	Holzkohle	Hallstattzeit
359	412	20	Erl-19135	2784±44	1041-829	Holzkohle	Urnenfelderzeit
359	411	19	Poz-95042	2835±35	1110-909	Holzkohle	Urnenfelderzeit
359	412	22	Erl-19136	3407±55	1881-1560	Holzkohle	Frühbronzezeit
359	411	9a	Poz-95043	3455±35	1883- 1687	Holzkohle	Frühbronzezeit
351	407	32	Erl-19134	4627±50	3626-3124	Holzkohle	Spätneolithikum
351	407	32	Erl-19131	5039±52	3954-3712	Holzkohle	Jungneolithikum
351	407	32 unten	Erl-19130	6263±55	5353-5059	Holzkohle	Linearbandkeramik
351	415	45b	Poz-94784	9570±50	9176-8775	Holzkohle	Mesolithikum
351	420	45c/46 oben	Poz-94785	10070±50	9991-9394	Holzkohle	Übergang Jungpaläolithikum zu Mesolithikum
351	415	45c	Poz-95045	10270±60	10431-9825	Holzkohle	spätes Jungpaläolithikum
351	420	45c/46 unten	Poz-95046	10930±60	11013-10755	Holzkohle	spätes Jungpaläolithikum

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen an den Befunden 351 und 359 zeigten sich Parallelen zu den von BAUMHAUER ET AL. 1996 UND SPONHOLZ 2011 beschriebenen Dolinen aus dem Gebiet um Ergersheim. So weisen auch die Befunde aus Marktbergel auf einen größtenteils kontinuierlich ablaufenden Lösungsprozess der Gipsschichten mit einem sukzessiven Nachsacken des Verfüllungsmaterials hin. Die entstehenden Dolinen werden als Lösungs- oder Nachsackungsdolinen bezeichnet (PRINZ & STRAUß 2011). Dieser allmähliche Prozess begünstigt eine ungestörte Sedimentation in den sich zeitgleich bildenden Senken. Das Resultat sind Verfüllungen mit gut gegliederten und unterscheidbaren Horizonten. Bei dem hier beschriebenen Lösungsprozess werden die Gipsbänke hauptsächlich durch von der Oberfläche einlaufendes Sickerwasser gelöst und zum Grundwasser hin abtransportiert. Bei der Lösung der Gipsvorkommen durch den Kontakt mit Grundwasser kommt es zur Bildung offener unterirdischer Hohlräume. Das überlagernde Material bricht meist plötzlich in einem Schub ein. Hierdurch kommt es zu einer unregelmäßigen Materialdurchmischung, die häufig keine ursprüngliche Sedimentationsstruktur mehr aufweist (SPONHOLZ 2011). Dieser Prozess kann für die untersuchten Befunde größtenteils ausgeschlossen werden. Es ist davon auszugehen, dass die hier untersuchten Dolinen die meiste Zeit nur als kleine Senken an der Erdoberfläche erkennbar waren. Die Sackungsprozesse konnten durch den Sedimenteintrag nivelliert werden. Die auffällig hohen Tongehalte mit über 50% sind ein weiterer Beleg für eine kontinuierliche, allmähliche Sedimentation. Ein solch hoher Feinmaterialeintrag erfolgt unter Stillwasserbedingungen oder sehr langsamen Fließgeschwindigkeiten (SPONHOLZ 2011). Die oberflächlichen Senken können zeitweise kurz wassergefüllt gewesen sein, hierauf weisen die zahlreichen hydromorphen Merkmale in den untersuchten Horizonten hin. Durch die hohen Tongehalte konnte das Oberflächenwasser nur sehr schlecht nach unten abfließen. Aus diesem Grund sind Dolinen oftmals an der Oberfläche als Feuchtstellen ausgebildet (BAUMHAUER ET AL. 1996). In den unteren, angelegten Profilen 415 und 420 des Befundes 351 ergeben sich aber auch Hinweise auf eine etwas intensivere Verkarstung und somit schneller ablaufende Sackungsprozesse. Dies zeigt sich in den steilgestellten Schichten im Bereich von Schluckloch B. Aber auch die mächtigen, schüsselförmig abgelagerten Kolluvien in Schluckloch A lassen auf ein schnelleres Nachsacken schließen. Die <sup>14</sup>C-Datierungen belegen, dass die Verkarstungsprozesse schon zum Ende des Pleistozäns einsetzten und sich beide Schlucklöcher, wenn auch zeitversetzt, bildeten. Etwa zur Zeit der Linearbandkeramik muss sich das Schluckloch B stärker weiterentwickelt haben. Hierdurch wurde das linearbandkeramische Kolluvium (unter

Horizont 32) in den Verkarstungsprozess mit einbezogen und in die einsinkende Hohlform hineingezogen. Weitere jung- bis spätneolithische Funde in den Kolluvien (ab Horizont 32) folgen direkt über den linienbandkeramischen Funden. Ein hallstattzeitliches Alter liegt im oberen Abschnitt der Dolinenfüllung (Horizont 3) vor. Hier zeigt sich, dass in der Zeit vom Jungneolithikum bis zur Hallstattzeit, in etwa 2.500 Jahren, ca. 2,5 m Kolluvien zur Ablagerung kamen, was einer Sedimentationsrate von 10cm/100 Jahren entspricht. Zur Hallstattzeit war bereits nur noch eine flache Senke unter Abnahme der Sedimentationsraten vorhanden, was mit einer deutlichen Verlangsamung der Verkarstungsprozesse einhergeht. In den nachfolgenden Zeitepochen verlangsamte sich der Verkarstungsprozess noch mehr und die Hohlform wurde sukzessive aufgefüllt. Das langsamere Absinken hat einen Rückgang der Sedimentation zur Folge, dies zeigt sich in geringmächtigen Kolluvien. Seit dem hallstattzeitlichen Horizont 3 wurden bis heute nur ca. 30 cm Sediment abgelagert. Die bodenkundlichen Untersuchungen von Befund 351 zeigen in der Verbindung zu den archäologischen Ergebnissen, dass vor der Bildung des linienbandkeramischen Horizontes 32 die Verkarstungsprozesse am intensivsten waren, da sich in Schluckloch A mächtige mesolithische Kolluvien abgelagert haben. In diesem Kontext kann ein Einfluss der menschlichen Aktivität auf die Verkarstungsprozesse nicht ausgeschlossen werden.

Insgesamt zeigt sich am Untersuchungsstandort Marktbergel West II, dass ein langsames Absinken bei gleichzeitigem Auffüllen zu einem weitgehenden Reliefausgleich an der heutigen Geländeoberfläche führt und die Verkarstung in diesem Entwicklungsstadium beendet wird. Es hat sich auch gezeigt, dass sich durch diese Prozessentwicklung der Durchmesser der Hohlform sukzessive verkleinert, was sich bei nachfolgenden Sedimenteinträgen bemerkbar macht. Die Kolluvien, welche zeitweise an der Oberfläche liegen, können bei fehlender oder schwacher Nutzung durch erneute Verwitterungs- und Bodenbildungsprozesse überprägt werden. Außerhalb der Dolinen treten vor allem bis zu 1m mächtige Pelosole und Braunerde-Pelosole auf, die kaum untergliedert sind. Erstaunlich ist, dass auch außerhalb der Dolinenbereiche vielfach Kolluvisole vorliegen, welche den intensiven sowie auch langandauernden anthropogenen Eingriff in die Landschaft widerspiegeln. Im Vergleich zu den wenig differenzierten holozänen Pelosolen stellen die Dolinen- und Talfüllungen reichgegliederte pedosedimentäre Archive dar. Sie lassen seit dem Frühholozän Bodenbildungsphasen erkennen, die immer wieder durch anthropogene Tätigkeit unterbrochen und weiter differenziert wurden. Hierdurch zeigt sich,



dass zu diesem frühen Zeitpunkt schon deutliche Landschaftsveränderungen im Untersuchungsgebiet stattgefunden haben. Andere Dolinengebiete in Deutschland zeigen eine ähnliche Abfolge. So sind aus einem Gebiet nordwestlich von Halle/Saale Dolinen mit kolluvialen Abfolgen der Spätbronzezeit bis zum Spätmittelalter bekannt (DREIBRODT ET AL. 2013).

Die hier vorliegenden Untersuchungsergebnisse in Kombination mit den  $^{14}\text{C}$ -Datierungen zeugen von einer anthropogen bedingte Landschaftsveränderung im Untersuchungsgebiet seit dem Ende des Pleistozäns und unterstreichen die Bedeutung von Gipskarstdolinen als wertvolle Archive der Natur- und Kulturentwicklung. In dieser Zeit kam es immer wieder zu Phasen von Nutzungsunterbrechungen, hier konnten sich Böden entwickeln, welche durch die kolluviale Überdeckung als wichtige Archive erhalten blieben. Die großen Vorkommen an Holzkohle in den Horizonten M<sub>4</sub> und M<sub>5</sub> des Befundes 359 zeugen von intensive Eingriffe des mesolithischen Menschen am Untersuchungsstandort. Die Proben Poz-95045 und Poz-95046 datieren in die Zeit des späten Jungpaläolithikums und belegen somit eine noch längere anthropogene Tätigkeit in der Region als bisher angenommen.

### 8.3 Standort Ergersheim

In einem kleinen Talbereich nördlich der Ortschaft Ergersheim wurden zwei Profile archäologisch und bodenkundlich dokumentiert. Die kryoturbar beanspruchten Solifluktionlagen (Basislage nach KA 5, AD-HOC AG BODEN 2005), welche aus dem Schutt des darunter anstehenden Gesteins des Grenzdolomits bestehen, bilden die Basis der pedosedimentären Sequenzen. Darüber tritt im gesamten Profilverlauf ein, von bis zu 280 cm mächtigen Kolluvien überdeckter, zweiphasiger Humuspelosol (vgl. MÜLLER 1996) auf. Die Bodenhorizonte zeigen insgesamt einen hohen Tongehalt von über 50%, wobei die Werte in den Pelosolhorizonten des fossilen Bodens etwas höher sind, während die Schluffgehalte geringfügig niedriger bleiben (KRECH ET AL. 2017). Der Anteil der Sandfraktion ist generell gering. Die durchweg hohen Tongehalte verursachen in den Profilen intensive Staunässeerscheinungen, welche reliefunabhängig in allen Horizonten auftreten. In den gesteinsgeprägten basalen Horizonten zeigen sich geringere Ton- und höhere Schluffgehalte, hierdurch kann der ansteigende Tongehalt in den entwickelten Humuspelosolen auf pedogenetische Prozesse oder einen sedimentologischen Wechsel zurückgeführt werden. Die Carbonatgehalte nehmen generell von oben nach unten zu.

Die fPBv-Horizonte (Paläoboden I) EH I-5, 5a und EH II-6 sind Verwitterungshorizonten, mindestens präborealen Alters auf Keuperfließerden, von denen nur noch ein geringmächtiges Residuum erhalten ist (Abb. 41). Hier sind Erosions- bzw. Umlagerungsprozesse zu vermuten. Der darüber folgende Horizont (EH I-4, EH II-5) kann nach den vorliegenden Datierungen als humoses neolithisches Kolluvium mit mehreren Nutzungshorizonten bezeichnet werden. Dieses Kolluvium wurde zu einem späteren Zeitpunkt von einer jüngeren Bodenbildung (Paläoboden II) überprägt (Abb. 53). Die Vermutung, wonach die kolluviale Ablagerung seit dem Frühneolithikum erfolgte, zeichnet sich durch die <sup>14</sup>C-Datierungen des humosen Materials mit einem Alter von 7.882 bis 7.597 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-66952) bzw. 8.710 ± 50 Jahren BP (uncal.) ab (KRECH ET AL. 2015). Unmittelbar darüber befindet sich der mittelnolithische Rothirschknochen mit einem datierten Alter von 4.713 bis 4.537 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Erl-20545) bzw. 5.773 ± 37 Jahren BP (uncal.) (KRECH ET AL. 2017). Der Horizont ist zudem stellenweise von neolithischen Funden wie Keramikscherben, Holzkohlen und Steinlagen durchsetzt. Nachweise von neolithischen Kolluvien für diesen

Raum liegen bisher kaum vor. Einzig im nahegelegenen Uffenheim konnte vor einigen Jahren am Rande einer linearbandkeramischen Siedlung ein Kolluvium nachgewiesen werden, das in den Zeitraum zwischen dem älterem Neolithikum und früher Bronzezeit, d. h. im 4. bis 3. Jahrtausend datiert (NADLER 2017). Die Ergebnisse der Pollenanalyse, die auf einen präborealen Entstehungszeitraum hinweisen und somit auf den ersten Blick gegen die hier vorher dargestellte Stratigraphie sprechen, müssen in diesem Kontext diskutiert werden. An dieser Stelle liegt es nahe, einen Polleneintrag durch die Aufarbeitung älterer, präborealer Waldböden anzunehmen, deren Ah-Horizonte im Zuge anthropogener Rodungstätigkeit abgetragen und in tiefer gelegenen Talbodenbereichen wieder abgelagert wurden. Durch die erhöhten Werte an organischer Substanz (ca. 2%) wird diese Entwicklung vermutlich widerspiegelt (KRECH ET AL. 2017). Die durchgeführten palynologischen Untersuchungen zeigen zusätzlich, dass die kolluviale Ablagerung vermutlich in mehreren Phasen, jedoch mindestens zweiphasig ablief. Die im Profil oben entnommene Probe (280 cm u. GOK) umfasst im Vergleich zur unteren Probe (340 cm u. GOK) ein jüngeres Pollenspektrum. Der wellige Verlauf mit den tiefgreifenden Taschen der oberen Horizontgrenze weist auf eine ehemalige Erosionsoberfläche hin. Von diesem Niveau aus fand später zudem eine pedologische Überprägung statt, welche sich im Vorhandensein von fossilen Wurzelbahnen und dem gut entwickelten Bodengefüge widerspiegelt. Neben den makromorphologischen Befunden zeigen insbesondere auch die Boden-Dünnschliffe eine pedogenetische Überprägung in Form von vereinzelt vorkommenden ungestörten, sauberen Tonbelägen sowie einem schwach ausgebildeten polyedrischen Gefüge (KRECH ET AL. 2017). Damit sind deutliche Hinweise auf eine intensive postkolluviale Bodenbildungs-/Stabilitätsphase vorhanden. Diese Genese zeichnet sich auch durch den großen zeitlichen Abstand der Datierung im darüber liegenden Horizont ab (EH II-4). Die datierte Holzkohle ist mit einem  $^{14}\text{C}$ -Alter von 2.635 bis 2.475 Jahren calBC (cal, 2sigma Lab-NR.: Poz-66953) bzw.  $4.045 \pm 30$  Jahren BP (uncal.) (KRECH ET AL. 2015) rund 2000 Jahre jünger als der oben bereits erwähnte Rothirschknochen aus dem Horizont EH I-4 und lässt damit eine zeitliche Lücke erkennen, welche auf eine Abwesenheit des Menschen oder auf einen geringen anthropogenen Eingriff in dieser Zeit hinweist. Die Entwicklung des Pelosols fand vermutlich genau in dieser Zeit statt (vgl. Abb. 53). Es ist jedoch zu beachten, dass an dieser Stelle auch erosive Prozesse eine zusätzliche Rolle für die Profilgenese gespielt haben können. Die heute nachweisbare Bodenbildung ist damit jünger als die ersten früh- und mittelneolithischen menschlichen Eingriffe und die früheren Nutzungsspuren wurden durch die

Bodenentwicklung überprägt. Es bildete sich ein Humuspelosoil, der nur geringfügig schwächer entwickelt ist, als ein ungestörter Boden, welcher sich während des gesamten Holozäns entwickeln kann. Diese Böden können generell als fruchtbare, jedoch schwer zu bearbeitende und durch Staunässe geprägte Standorte bezeichnet werden. Das Auftreten einer späteren pedologischen Überprägung des ursprünglich neolithischen Kolluviums, die in einen spät- oder post-neolithischen bis prä-metallzeitlichen Zeitabschnitt fällt, wird auch aus anderen Gebieten beschrieben, wie beispielsweise aus der Wetterau und Niedersachsen (THIEMEYER 1988, BORK 1981, 1983). Der begrabene Paläoboden II (Humuspelosoil) zeichnet eine ehemalige Geländeoberfläche nach und entspricht der Bodenoberfläche, welche der neolithische Mensch in der Umgebung von Ergersheim vorfand und nutzen konnte. Wiederholte anthropogene Eingriffe zeigen sich durch weitere Steinlagen, Knochenfunde und Keramikscherben in den überlagernden kolluvialen Schichten (KRECH ET AL. 2017).

Am Untersuchungsstandort zeigt sich deutlich, dass der Mensch durch sein Wirken die mindestens seit dem Frühholozän stattfindende Bodenbildung unterbrochen hat. Eine erste Umlagerung von Bodensedimenten in der Umgebung der untersuchten Profile wurde vermutlich bereits im Frühneolithikum ausgelöst. Auf die erste Nutzungsphase folgte eine Stabilitätsphase von maximal 2.000 Jahren Dauer. In dieser Zeit fand im neolithischen Kolluvium eine Bodenentwicklung statt, welche durch die später wiederkehrende anthropogene Nutzung unterbrochen wurde. Weitere Umlagerungen von Bodensedimenten führten zu einer Überdeckung des entwickelten Bodens im Talgrund. Hierdurch blieben die Fundschichten und Zeugnisse der ehemaligen Böden als wichtige Landschaftsarchive erhalten. Die Umlagerungsprozesse haben eine Veränderung der Bodenverhältnisse sowie deutliche Reliefveränderungen in Form von Einebnung bzw. Nivellierung verursacht, so dass das heutige Tal weniger ausgeprägt erscheint.

Das Alter des Hirschknochens weist den Fundniederschlag in Profil EH I, Horizont EH I-4 einer mittelneolithischen Besiedlungsphase zu. In die Zeit des Spät- und Endneolithikums fällt eine nachfolgende Phase von intensiver Kolluvienbildung. Aus dem näheren Umfeld, auch aus den Dolinenfundstellen, sind entsprechende Siedlungsnachweise aus dieser Zeit belegt (KRIENS 2013, HONIG 2008, NADLER 1993). Spätestens ab dem 2. vorchristlichen Jahrtausend muss zu allen Zeiten mit großflächiger Verlagerung von Böden und korrelierten Sedimenten gerechnet werden, da die folgenden metallzeitlichen Perioden alle in großer Zahl vertreten sind. Bemerkenswerterweise ist der anthropogene Landschaftswandel trotz

der tonigen Ausprägung von Böden und Sedimenten in erheblichem Ausmaß erfolgt (KRECH ET AL. 2017).

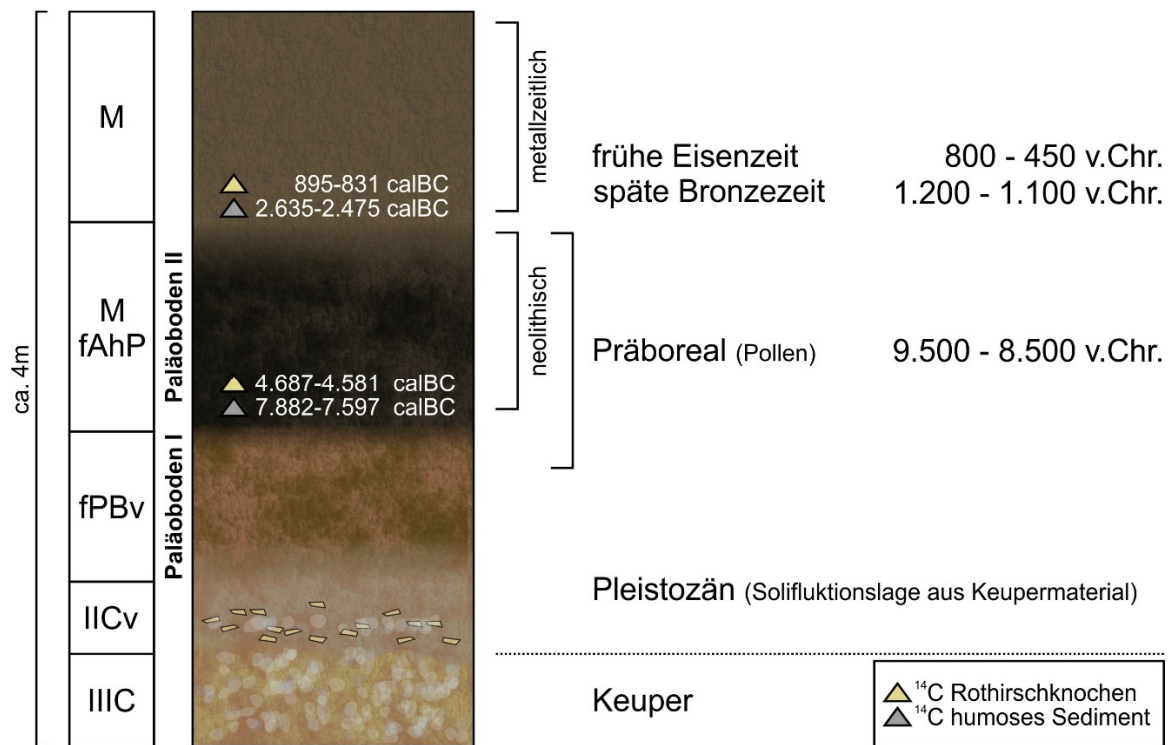


Abbildung 53: Schematisiertes, stratigraphisches Idealprofil. Pedostratigraphische Befunde in Kombination mit den Befunden der archäologischen und palynologischen Einstufung. Das Kolluvium mit dem M(fAhP)-Horizont entstand in früh- bis mittelneolithischer Zeit und wurde anschließend von einer Bodenbildung überprägt, welche im spät- oder post-Neolithikum begann. In der Profilsäule sind die absoluten Datierungen angegeben (Quelle: KRECH ET AL. 2017).



## 9. Fazit

Das Ziel dieser Studie war die Rekonstruktion der regionalen Landschaftsentwicklung der Untersuchungsstandorte. Folgende Fragen standen dabei im Mittelpunkt: Welche Ausgangsbedingungen fand der Mensch in der Landschaft vor? In welchem Ausmaß wurden die Landschaft und die Böden durch die anthropogene Nutzung verändert?

Zu diesem Zweck wurden die archäologischen Grabungen geowissenschaftlich begleitet und die angelegten Profile nach bodenkundlichen Fragestellungen aufgenommen und anschließend analysiert. Je nach Art des Archives erwiesen sich unterschiedliche Methoden für sinnvoll. Die mineralogischen Analysen und die Messungen der pH-Werte brachten für die Profile des Bullenheimer Berges wichtige Erkenntnisse. Für die Profile im Gipskarst erwiesen sich beispielweise die Methoden der  $^{14}\text{C}$ -Datierung und der Pollenanalyse als hilfreich.

Durch die Auswertung der Geländebefunde und der labortechnisch erzeugten Kennwerte konnten die untersuchten Profile in mehrere Phasen gegliedert werden. Es zeigten sich Stabilitätsphasen in denen Bodenbildung stattfinden konnte, aber auch geomorphodynamisch aktive Phasen der Erosion und Akkumulation von Bodensedimenten. Die Unterscheidung der Bodenhorizonte und ihrer Bezeichnung gestaltete sich größtenteils schwierig, da die Bodenbildung meist in vorverwittertem Bodenmaterial stattfand. Die Kolluvien waren deutlich abgrenzbar, da sie in unterschiedlicher Menge Holzkohlereste und Keramikfunde enthielten. Die sehr mächtigen Kolluvien an den Untersuchungsstandorten Ergersheim und Marktbergel-West II zeigen deutlich, dass es trotz des sehr tonigen, eigentlich schwer erodierbaren Materials zu enormen Umlagerungen kam. Anhand der vorliegenden  $^{14}\text{C}$ -Alter konnte gezeigt werden, dass intensive Umlagerungen bereits seit dem Jungpaläolithikum, im Frühholozän und im Mesolithikum stattfanden. Als Folge der menschlichen Nutzung kam es zu einem Reliefausgleich, so wurden Senken und kleine Täler durch umgelagerte Bodensedimente aufgefüllt. Dies bewirkte eine signifikante Veränderung des Landschaftsbildes (ROMMENS ET AL. 2005, EMADODIN ET AL. 2011). Die Böden und alten Landschaftsformen wurden konserviert und blieben als lokale Archive erhalten. In Phasen von Siedlungsunterbrechungen oder geringer Nutzung entwickelten sich in den zuvor abgelagerten Kolluvien neue Böden (LEOPOLD ET AL. 2011). Die Untersuchungen brachten zusätzlich die Erkenntnis, dass die tonhaltigen Gipsböden der Windsheimer Bucht schon

genauso lange unter menschlicher Nutzung stehen wie die fruchtbaren Böden der nördlich angrenzenden Gäulandschaften.

Die Profile auf dem Bullenheimer Berg stammen aus unterschiedlichen vorgeschichtlichen Nutzungsbereichen. So stellen die Profile der urnenfelderzeitlichen Lehmabbaustellen einen Einzelbefund für diesen speziellen Standort dar. Dies gilt ebenso für das aufgenommene Profil des vorgestellten Wallschnitts. Die Profile der Siedlungsterrassen können hingegen als charakteristisch für mehrere Siedlungsbereiche auf der Hochfläche angesehen werden (Abb. 48). Die Abfolge mehrerer Kulturschichten und die große Homogenität des Materials konnte auch an anderen Stellen des Plateaus durch weitere Studien nachgewiesen werden (vgl. KRAUSE 2017). Anhand der vorliegenden Ergebnisse wird die massive Umgestaltung der Hochfläche mit Einbeziehung der Böden und des geologischen Materials deutlich. Die anthropogenen Eingriffe führten zum Abtrag der holozänen Böden, so dass diese nicht mehr oder nur noch in geringen Resten erhalten sind. Die vorliegende Arbeit verdeutlicht die signifikante anthropogene Landschaftsveränderung seit dem Jungpaläolithikum. Die natürlichen holozänen Bodentypen sind in den genutzten Bereichen häufig nur noch in Erosionsstadien erhalten und in geschützten Bereich findet man die entsprechenden Kolluvisole.

Es zeigt sich, dass auch geringmächtige, stark durchmischte Profilabfolgen, wie auf dem Bullenheimer Berg, wertvolle Ergebnisse zur Natur- und Kulturentwicklung liefern. Die mächtigen Profile der Gipskarstlandschaft deuten auf diverse Bodenbildungsphasen hin und zeigen eine wesentlich bessere zeitliche Auflösung, die differenzierte Erkenntnisse über die grundlegende Umgestaltung von Landschaft und Böden liefert.



## 10. Literatur

AD-HOC AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Aufl., Hannover, 438 S.

ALTERMANN, M., JÄGER, K.-D., KOPP, D., KOWALKOWSKI, A., KÜHN, D., SCHWANECKE, W. (2008): Zur Kennzeichnung und Gliederung von periglaziär bedingten Differenzierungen in der Pedosphäre.- Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz, 6, Kessel, 53424 Remagen-Oberwinter, S. 5-42.

BAUMHAUER, R., GLASER, R., SPONHOLZ, B., LORENZ, I. (1996): Geowissenschaftliche Untersuchungsergebnisse an einer archäologischen Fundstelle bei Ergersheim in Mittelfranken.- Bayer. Vorgeschl., 61, S. 247-254.

BEIGEL, R., VON HEYKING, K. (2013): Zwei Pfeile im Rücken – Ein Michelsberger Skelettfund aus dem Gipskarst bei Burgbernheim.- Das archäologische Jahr in Bayern 2012, Theiss, Stuttgart, S. 25-27.

BIBUS, E., EBERLE, J., KÖSEL, M., RILLING, K., TERHORST, B. (1991): Jungquartäre Reliefformung und ihre Beziehung zur Bodenbildung und Bodenverbreitung im Stromberg und Zabergäu (Bl. Brackenheim).- Geol. Jahrbuch Baden-Württemberg, 33, S. 7-50.

BLUME, H.P. (Hrsg.) (2000): Handbuch der Bodenuntersuchung. Terminologie, Verfahrensvorschriften und Datenblätter; physikalische, chemische, biologische Untersuchungsverfahren.- gesetzliche Regelwerke. Weinheim, New York.

BLUME, H.-P., STAHR, K., LEINWEBER, P. (2011): Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, Land- und Forstwirte, Geo- und Umweltwissenschaftler. 3. Aufl., Spektrum, Heidelberg, 255 S.

BOENIGK, W., FRECHEN, M. (1995): Lumineszenz-Datierungen an kolluvialen Sedimenten des Elsbachtales.- Bonner Jahrbuch, 195, Bonn, S. 299-312.

BOLDT, K., KEMPF, J. (2002): Periglaziäre Lagen im Fränkischen Keuperbergland. Topo- und Chronosequenzen in den südlichen Haßbergen als Resultate morphodynamischer Variabilität durch strukturelle und paläoklimatische Einflussgrößen. Geologische Blätter für Nordost-Bayern und angrenzende Gebiete, 52/1-4, S. 1-42.

BORK, H.-R. (2003): Die Wirkungen von Landnutzung und Landschaftsstruktur auf Art und Intensität der Bodenerosionsprozesse. In: Leopold, M., Raab, T., Völkel, J.: Regensburger Beiträge zur Bodenkunde, Landschaftsökologie und Quartärforschung, Band 3: Kolluvien, Auensedimente und Landschaftsgeschichte.- Tagungsband und Exkursionsführer zur Jahrestagung des Arbeitskreises für Bodengeographie in der Deutschen Gesellschaft für Geographie, Regensburg, S. 5.

BORK, H.-R. (2006): Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt, 207 S.

BORK, H.-R., DAHLKE, C., DREIBRODT, S., KRANZ, A. (2009): Soil and human impact.- Elements – continents. Approaches to determinants of environmental history and their reflections. Nova Acta Leopoldina NF, 98, Nr. 360, Halle (Saale), S. 63-78.

BOEREN, I., KNIPPING, M., STIKA, H.-P., FRIEDRICH, M., KÜPPERS, M. (2006): Feuer und Wasser – eine dendroökologische Rekonstruktion des spätglazialen Kiefernwaldes von Reichwalde in der Oberlausitz, Sachsen.- Arbeitskreis Vegetationsgeschichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft vom 20. Bis 23.10.2006 in Karlsruhe, S. 26-27.

BÖHLING, M., STERNAGEL, M. (2003): Raubbau auf Raten - Gipskarst-Landschaft Südharz.- BUND Landesverband Niedersachsen (Hrsg.), Hannover, 6 S.

BROWN, A. G. (2009): Colluvial and alluvial response to land use change in Midland England: an integrated geoarchaeological approach.- *Geomorphology* 108/1-2, S. 92-106.

DE MOOR, J.J.W., VERSTRAETEN, G. (2008): Alluvial and colluvial sediment storage in the Geul River catchment (The Netherlands) – Combining field and modelling data to construct a Late Holocene sediment budget.- *Geomorphology* 95, S. 487-503.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2005): DIN ISO 10390: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes. Berlin.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1997): DIN ISO 10693: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Carbonatgehaltes - Volumetrisches Verfahren. Berlin.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1996): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse). Berlin.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2002): DIN ISO 11277: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden - Verfahren mittels Siebung und Sedimentation. Berlin.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1996): DIN ISO 11465: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Trockenrückstandes und des Wassergehalts auf Massebasis. Berlin.

DIEMER, G. (1995): Der Bullenheimer Berg und seine Stellung im Siedlungsgefüge der Urnenfelderkultur Mainfrankens.- Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte / A, 70, Lassleben, Kallmünz./Opf., 359 S.

DOTTERWEICH, M. (2004): Vierdimensionale Landschaftsanalyse als Hilfsmittel zur Rekonstruktion früherer Umweltbedingungen in Franken - Auswirkungen und Rückkopplungsmechanismen historischer Landnutzung auf die Landschaft. In: Becker, H., Ericsson, J. (Hrsg.): Mittelalterliche Wüstungen im Steigerwald: Bericht über ein Symposium des Zentrums für Mittelalterstudien der Otto-Friedrich-Universität Bamberg am 3. Februar 2001.- Bamberger Geographische Schriften, Sonderfolge 7, S. 47-79.

DOTTERWEICH, M., HABERSTROH, J. (2009): Bodenressourcennutzung und Klimawandel zwischen Mittelalter und Neuzeit. In: Scholkmann, B., Frommer S., Vossler C., Wolf M. (Hrsg.): Zwischen Tradition und Wandel. Archäologie des 15. und 16 Jahrhunderts.- Tübinger Forschungen zur historischen Archäologie, 3, Büchenbach, S. 501-510.

DÖHLER, S., DAMM, B., TERHORST, B., THIEL, C., FRECHEN, M. (2015): Late pleistocene and holocene landscape formation in a gully catchment area in Northern Hesse, Germany.- *Quaternary International*, 356, S. 42-59.

DÖHLER, S., TERHORST, B., FRECHEN, M., ZHANG, J., DAMM, B. (2017): Chronostratigraphic interpretation of intermediate layer formation cycles based on OSL-dates from intercalated slope wash sediments.- *Catena*, 162, S. 278-290.

DREIBRODT, S., NELLE, O., LÜTJENS, I., MITUSOV, A., CLAUSEN, I., BORK, H.-R. (2009): Investigations on buried soils and colluvial layers around Bronze Age burial mounds at Bornhöved (northern Germany): an approach to test the hypothesis of "landscape openness" by the incidence of colluviation.- *The Holocene*, 19/3, S. 487-497.

DREIBRODT, S., LUBOS, C., TERHORST, B., DAMM, B., BORK, H.-R. (2010): Historical soil erosion by water in Germany: Scales and archives, chronology, research perspectives.- *Quaternary International*, 222, S. 80-95.

DREIBRODT, S., JARECKI, H., LUBOS, C., KHAMNUEVA, S. V., KLAMM, M., BORK, H.-R. (2013): Holocene soil formation and soil erosion at a slope beneath the Neolithic earthwork Salzmünde (Saxony-Anhalt, Germany).- *Catena*, 107, S. 1-14.

DREIBRODT, S., WIETHOLD, J. (2015): Lake Belau and its catchment (northern Germany): A key archive of environmental history in northern central Europe since the onset of agriculture.- *The Holocene*, 25/2, S. 296-322.

EBERLE, J., EITEL, B., BLÜMEL, W.D., WITTMANN, P. (2010): Deutschlands Süden - vom Erdmittelalter zur Gegenwart. 2. Aufl., Spektrum, Heidelberg, 192 S.

ECKMEIER, E., PÄTZOLD, S., LEHNDORFF, E., GERLACH, R. (2011): Geochemische Untersuchungen von Böden zur Rekonstruktion der prähistorischen Landnutzungsgeschichte. In: Bork, H.-R., Meller, H., Gerlach, H. (Hrsg.): *Umweltarchäologie – Naturkatastrophen und Umweltwandel im archäologischen Befund*. - 3. Mitteldeutscher Archäologentag vom 07. bis 09. Oktober 2010 in Halle (Saale), Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte, 6, Halle (Saale), S. 37-45.

EMADODIN, I., REISS, S., BORK, H.-R. (2011): Colluviation and soil formation as geoindicators to study long-term environmental changes.- *Environmental Earth Sciences*, 62/8, S. 1695-1706.

EMMERT, U., BADER, K., BERGER, K., DIEZ, T., HAHN-WEINHEIMER, P., SELMEIER, A., TRUSHEIM, F., WILD, A. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 – Blatt 6428 Bad Windsheim, Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 172 S.

FALKENSTEIN, F., LINK, T., PETER-RÖCHER, H., SCHUSSMANN, M. (2011): Neue Forschungen auf dem Bullenheimer Berg.- *Beiträge zur Archäologie in Unterfranken*, 7, Faustus, Büchenbach, S. 27-50, S. 161-166.

FALKENSTEIN, F., HONECK, M., LINK, T. (2016): Archäologische Untersuchungen an Lehmabbaustellen der Urnenfelderzeit 2010–2013. In: Falkenstein, F., Schussmann, M. (Hrsg.): *Forschungen am Bullenheimer Berg 2011-15*.- Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 57, Habelt, Bonn, S. 150-160.

FALKENSTEIN, F., LINK, T., PETER-RÖCHER, H. (2016): Archäologische Untersuchungen im Nahbereich des nördlichen Querwalls 2011. In: Falkenstein, F., Schussmann, M. (Hrsg.): *Forschungen am Bullenheimer Berg 2011-15*.- Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 57, Habelt, Bonn, S. 107-119.

FALKENSTEIN, F., NOMAYO, ST. (2012): Der Bullenheimer Berg im Fokus moderner Methoden der Archäologie. Schriftenreihe des Städtischen Museums Kitzingen, Kitzingen, 86 S.

FISCHER, P. (2010): Zur mittel- und jungquartären Relief- und Bodenentwicklung der nordwestlichen Kölner Bucht. - Detailuntersuchungen der lössbedeckten Mittelterrassenlandschaft.- Diss. Univ. Köln, 253 S.

FRANKENBERGER, N. (2011): Bedeutung periglaziärer Lagen für die Bodenentwicklung und Standortqualitäten am Beispiel des „Bürgerwaldes“ im nördlichen Steigerwald. Unveröffentlichte Zulassungsarbeit, Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

FREUDENBERGER, W., SCHWERD, K. (1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500.000, Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 329 S.

FRIEDRICH, M., KNIPPING, M., VAN DER KROFT, P., RENNO, A., SCHMIDT, S., ULLRICH, O., VOLLBRECHT, J. (2001): Ein Wald am Ende der letzten Eiszeit. Untersuchungen zur Besiedlungs-, Landschafts- und Vegetationsentwicklung an einem verlandeten See im Tagebau Reichwalde, Niederschlesischer Oberlausitzkreis.- Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege, 43, S. 21-94.

FRÜHAUF, M. (1990): Neue Befunde zur Lithologie, Gliederung und Genese der periglazialen Lockermaterialdecken im Harz: Fremdmaterialnachweis und Decksedimentfassung. Petermanns geogr. Mitt., 4, Gotha, S. 249-256.

GAVIN, D.G., BRUBAKER, L.B., LERTZMAN, K.P. (2003): Holocene fire history of a coastal temperate rain forest based on soil charcoal radiocarbon dates. *Ecology*, 84, S. 186-201.

GERDS, M., WOLF, M. (2015): Das Gräberfeld des frühmittelalterlichen Seehandelsplatzes von Groß Strömkendorf, Lkr. Nordwestmecklenburg. Band 1: Groß Strömkendorf – Reric. Die Menschen und Ihre Lebensumstände, Band 2: Katalog.- Frühmittelalterliche Archäologie zwischen Ostsee und Mittelmeer, 6, Reichert, Wiesbaden, 748 S.

GERLACH, R. 2003: Geoarchäologie – ein archäologisches Desiderat oder „There could be no real archaeology without Geology“.- *Archäologische Informationen*, 26/1, S. 9-15.

GERLACH, R. (2010): Integrative umweltarchäologische Forschung.- Abstracts zum 3. Mitteldeutschen Archäologentag – Umweltarchäologie, Naturkatastrophen und Umweltwandel, Halle, S. 7-8.

GERLACH, R. (2006): Holozän: Die Umgestaltung der Landschaft durch den Menschen seit dem Neolithikum. In: Kunow J., Wegner, H. (Hrsg.): *Urgeschichte im Rheinland*, Verlag des Rheinischen Vereins für Denkmalpflege und Landschaftsschutz, Köln, S. 87-98.

GERLACH, R., HILGERS, A. (2011): Grubenfüllungen als archäologische Quelle. In: Bork, H.-R., Meller, H., Gerlach, H. (Hrsg.): *Umweltarchäologie – Naturkatastrophen und Umweltwandel im archäologischen Befund.- 3. Mitteldeutscher Archäologentag vom 07. bis 09. Oktober 2010 in Halle (Saale)*, Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte, 6, Halle (Saale), S. 27-36.

GERLACH, R., FISCHER, P., ECKMEIER, E., HILGERS, A. (2012): Buried dark soil horizons and archaeological features in the Neolithic settlement region of the Lower Rhine area, NW Germany: Formation, geochemistry and chronostratigraphy.- *Quaternary International*, 265, S. 191-204.

GEYER, G. (2002): *Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen.*, Klett-Perthes, Gotha, 588 S.

GEYER, G., SCHMIDT-KALER, H. (2009): *Den Main entlang durch das Fränkische Schichtstufenland.- Wanderungen in die Erdgeschichte*, 23, F. Pfeil, München, 208 S.

GEYH, M.A. (1980): *Einführung in die Methoden der physikalischen und chemischen Altersbestimmung.* Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt, 276 S.

GEYH, M.A. (2005): *Handbuch der physikalischen und chemischen Altersbestimmung.* Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt, 211 S.

- HAGDORN, H. (2002): Frankenland – Triasland: Geologie und Landschaftsgeschichte der Region.- Jahrbuch 2002 für die Region der Vielfalt Heilbronn-Franken, Künzelsau, S. 17-22.
- HAUNSCHILD, H., BADER, K., BERGER, K., HELLER, F., DIEZ, T. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000 – Blatt 6528 Marktbergel, Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 148 S.
- HAUNSCHILD, H., BADER, K., BERGER, K., FRANK, H., HERRMANN, A., SCHOLZ, G. (1976): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000 – Blatt 6327 Markt Einersheim und Blatt 6427 Uffenheim, Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 139 S.
- HELLER, F. (1930): Geologische Untersuchungen im Bereich des Fränkischen Grundgipses.- Abhandl. Naturhist. Ges. Nürnberg XXXIII, 3, S. 45-114.
- HENKNER, J., AHLRICHS, J. J., DOWNEY, S., FUCHS, M., JAMES, B. R., KNOPF, T., SCHOLTEN, T., TEUBER, S., KÜHN, P. (2017): Archaeopedology and chronostratigraphy of colluvial deposits as a proxy for regional land use history (Baar, southwest Germany).- *Catena*, 155, S. 93-113.
- HERRMANN, A., WERNER, K (1981): "Schichtstufen - Der Steigende Wald", HB Verlags- u. Vertriebsgesellschaft, Hamburg, 97 S.
- HONIG, P. (2008): Studien zur bronzezeitlichen Keramikentwicklung am Beispiel der Siedlungskeramik der Windsheimer Bucht und des süddeutschen Donaumaues.- *Arbeiten zur Archäologie Süddeutschlands*, 22, Faustus, Büchenbach, 324 S.
- KEMPE, S. (1998): Gipskarst und Gipshöhlen in Deutschland. - In: Gipskarstlandschaft Südharz - aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven.- Alfred-Töpfer-Akademie für Naturschutz, Schneverdingen, S. 25-35.
- KINTER, E. B., DIAMOND, S. (1956): „A new method for preparation and treatment of oriented - aggregate specimens of soil clays for X-Ray diffraction analysis”.- *Soil Science*, 81/2, S. 111-120.
- KLEBER, .A. (1997): Cover-beds as soil parent materials in midlatitude regions.- *Catena*, 30/2-3, S. 197-213.
- KLEIN-PFEUFFER, M. (2012): Der Bullenheimer Berg – ein Berg voller Geheimnisse. In: Mergenthaler, M., Klein-Pfeuffer, M. (Hrsg.): *Mythos Bullenheimer Berg*, J.H. Röhl, Dettelbach, S. 14-31.
- KLIMCHOUK, A., LOWE, D., COOPER, A., SAURO, U. (1996): Gypsum Karst of the World.- *International Journal of Speleology*, 25/3-4, 307 S.
- KNIPPER, C. (2011): Die räumliche Organisation der linearbandkeramischen Rinderhaltung: naturwissenschaftliche und archäologische Untersuchungen.- *BAR International Series 2305* Oxford: Archaeopress (= Diss. Univ. Tübingen), 485 S.
- KNIPPING, M. (1989): Zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte des Oberpfälzer Waldes.- *Dissertationes Botanicae*, 140, Cramer, Berlin, 209 S.
- KORTFUNKE, C. (1992): Über die Spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Donaumooses und seiner Umgebung.- *Dissertationes Botanicae*, 184, Cramer, Berlin, 177 S.
- KRAUSE, J. (2017): Bodengeographische Analyse von Böden und Sedimenten des archäologischen Bodendenkmals Bullenheimer Berg. Unveröffentlichte Master-Thesis, Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

KRECH, M., NADLER, M., TERHORST, B. (2015): Eine holozäne Talfüllung bei Ergersheim.- Das archäologische Jahr in Bayern 2014, Theiss, Darmstadt, S. 11-13.

KRECH, M., ROTHEMEL, K., TERHORST, B., OTTNER, F. (2016): Pedologische Untersuchungen im Bereich der urnenfelderzeitlichen Lehmkuhlen auf dem Bullenheimer Berg. In: Falkenstein, F., Schussmann, M. (Hrsg.): Forschungen am Bullenheimer Berg 2011-15.- Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 57, Habelt, Bonn, S. 160-163.

KRECH, M., TERHORST, B., NADLER, M., KNIPPING, M., SPRAFKE, T., MEYER-HEINTZE, S., WAGNER, F. (2017): Geoarchäologische Untersuchungen in der Keuperlandschaft Mittelfrankens, Ergersheim, Landkreis Neustadt a. d. Aisch-Bad Windsheim.- Geo-Öko 2016, 37/3-4, Göttingen, S. 111-138.

KRIENS, B. (2013): Viele Steine und ein Grab der jüngeren Bandkeramik – Neues aus den Dolinen von Marktbergel.- Das archäologische Jahr in Bayern 2012, Theiss, Stuttgart, S. 13-15.

LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer, Stuttgart, 462 S.

LEOPOLD, M. (2003): Multivariate Analyse von Geoarchiven zur Rekonstruktion eisenzeitlicher Landnutzung im Umfeld der spätlatènezeitlichen Viereckschanze von Poign, Lkr. Regensburg. In: Völkel, J. (Hrsg.): Regensburger Beiträge zur Bodenkunde, Landschaftsökologie und Quartärforschung, Regensburg, 272 S.

LEOPOLD, M., HÜRKAMP, K., VÖLKELE, J., SCHMOTZ, K. (2011): Black soils, sediments and brown calcic luvisols: A pedological description of a newly discovered neolithic ring ditch system at Stephansposching, Eastern Bavaria, Germany.- Quaternary International, 243, S. 293-304.

LÜNING, J. (1997): Anfänge und frühe Entwicklung der Landwirtschaft im Neolithikum (5500–2200 v. Chr.).- In: LÜNING, J., JOCKENHÖVEL, A., BENDER, H., CAPELLE, T. (Hrsg.): Deutsche Agrargeschichte, Vor- und Frühgeschichte, Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 15-139.

MEYER, R.K.F., SCHMIDT-KALER, H. (1992): Durch die Fränkische Schweiz.- Wanderungen in die Erdgeschichte, 5, F.Pfeil, München, 167 S.

MITUSOV, A.V., MITUSOVA, O.E., WENDT, J., DREIBRODT, S., BORK, H.-R. (2014): Correlation of colluvial deposits with the modern land surface and the problem of slope profile description.- Geomorphology, 220, S. 30-40.

MOORE, D. M., REYNOLDS, R. C. JR. (1997): X-Ray Diffraction and the Identification of Clay Minerals.- Oxford Univ. Press, Oxford, 378 S.

MÜLLER, J. (1996): Grundzüge der Naturgeographie von Unterfranken: Landschaftsökologie - Landschaftsgenese - landschaftsräumlicher Vergleich. Perthes, Gotha, 324 S.

MÜLLER, T. (2011): Die Bedeutung periglazialer Lagen für die Bodenentwicklung und Standortqualität im nördlichen Steigerwald, Staatsforst Ebrach. Unveröffentlichte Zulassungsarbeit, Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

NADLER, M. (1993): Aus den Tiefen eines Steinbruchs – Endneolithische und eisenzeitliche Befunde liefern Erkenntnisse zur jüngeren Talgeschichte.- Das archäologische Jahr in Bayern 1992, Theiss, Stuttgart, S. 42-44.

NADLER, M. (1998): Kein „reisig Volk von Bogenschützen“! – Ein Siedlungskomplex der Glockenbecherkultur aus Marktbergel.- Das archäologische Jahr in Bayern 1997, Theiss, Stuttgart, S. 61-64.

NADLER, M. (1999): Landschaft als Artefakt. Natürliche und anthropogene Landschafts- und Reliefveränderungen vom Neolithikum bis zum Mittelalter - Beispiele aus Mittelfranken.- Beiträge zur Archäologie in Mittelfranken, 5, S. 13-60.

NADLER, M. (2002): Archäologische Datierung der Karstphänomene. In: Reimann M., Schmidt-Kaler, H: Der Steigerwald und sein Vorland.- Wanderungen in die Erdgeschichte, 13, F. Pfeil, München, S. 46-51.

NADLER, M. (2005): Talauen als Archiv: Geoarchäologische Untersuchungen bei der Altmühlrenaturierung im Raum Gundelsheim/Trommetsheim.- Das archäologische Jahr in Bayern 2004, Theiss, Stuttgart, S. 120-122.

NADLER, M., BREHM, H. (1994): Gewinne einer winterlichen Notgrabung bei Ergersheim.- Das archäologische Jahr in Bayern 1993, Theiss, Stuttgart, S. 37-40.

NADLER, M., LEJA, F. (1995): Wasserkult oder Versenkungsoffer? - Ausgrabung eines Ponors im Gipskarst bei Ergersheim.- Das archäologische Jahr in Bayern 1994, Theiss, Stuttgart. S. 62-66.

PRINZ, H., STRAUß, R. (2011): Ingenieurgeologie, Spektrum Verlag, 5. Aufl., Heidelberg, 738 S.

PFEIFFER, M. (2002): Periglaziale Lagen ihre Zuordnung zum Relief und ihre sedimentologisch-pedologische Differenzierung sowie ihre Auswirkungen auf Standortqualitäten anhand ausgewählter Beispiele aus dem Steigerwald.- Diss. Univ. München, 290 S.

OSTERMEIER, N. (2012): Urnenfelderzeitliche Höhensiedlungen in Bayern nördlich der Donau – Topographische, chronologische und funktionale Aspekte.- Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 214, Habelt, Bonn, 426 S.

RATHGEBER, T. (2007): Hohlformen im Gipskarst von Südwestdeutschland - ihre Bedeutung für Höhlenkunde und Quartärpaläontologie. – Laichinger Höhlenfreund, 42, Laichingen, S. 5-20.

REIMANN, M., SCHMIDT-KALER, H. (2002): Der Steigerwald und sein Vorland.- Wanderungen in die Erdgeschichte, 13, F. Pfeil, München, 160 S.

REIMANN, M. (2012): Geologie, Tektonik und Erdgeschichte des Bullenheimer Berges. In: Mergenthaler, M., Klein-Pfeuffer, M. (Hrsg.): Mythos Bullenheimer Berg, J.H. Röhl, Dettelbach, S. 32-45.

REIMER, P.J., BARD, E., BAYLISS, A., BECK, J.W., BLACKWELL, P.G., BRONK RAMSEY, C., BUCK, C.E., CHENG, H., EDWARDS, R.L., FRIEDRICH, M., GROOTES, P.M., GUILDERSON, T.P., HAFLIDSON, H., HAJDAS, I., HATTÉ, C., HEATON, T.J., HOFFMANN, D.L., HOGG, A.G., HUGHEN, K.A., KAISER, K.F.; KROMER, B., MANNING, S.W., NIU, M., REIMER, R.W. ; RICHARDS, D.A., SCOTT, E.M., SOUTHON, J.R., STAFF, R.A., TURNEY, C.S.M. & VAN DER PLICHT, J. (2013): IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years calBP.- Radiocarbon, 55/4, S. 1869–1887.

ROTHEMEL, K. C. (2015): Mineralogische und sedimentologische Untersuchungen in archäologischen Grabungsprofilen am Bullenheimer Berg. Unveröffentlichte Bachelor-Thesis. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

SAUER, D. (2002): Genese, Verbreitung und Eigenschaften periglaziärer Lagen im Rheinischen Schiefergebirge – anhand von Beispielen aus Westerwald, Hunsrück und Eifel. Boden und Landschaft, 36, (=Diss. Univ. Marburg), 294 S.

SAUER, D. (2004): Bildungsprozesse periglaziärer Lagen in den deutschen Mittelgebirgen und ihre zeitliche Einordnung. Tüb. geowiss. Arb., Reihe D, 10, (=Festschrift Erhard Bibus zum 60. Geburtstag), Tübingen, S. 19-37.

SAUER, D. FELIX-HENNINGSSEN, P. (2006): Saprolite, soils and sediments in the Rhenish Massif as records of climate and landscape history.- *Quaternary International*, 156-157, S. 4-12.

SCHARFF, W. (2008): Mikroskopische Untersuchungen der endneolithischen Keramik. In: Ullrich, M. (2008): Endneolithische Siedlungskeramik aus Ergersheim, Mittelfranken - Untersuchungen zur Chronologie von Schnurkeramik- und Glockenbechern an Rhein, Main und Neckar. Mit einem Beitrag von Werner Scharff.- *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie*, 160, Habelt, Bonn, S. 219-230.

SCHATZ, K. (2016): Archäozoologische Untersuchungen an Tierkonchen vom Bullenheimer Berg. In: Falkenstein, F., Schussmann, M. (Hrsg.): *Forschungen am Bullenheimer Berg 2011-15.- Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 57*, Habelt, Bonn, S. 145-147.

SCHAEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde*, 15. Aufl. von Blume, H.-P., Brümmer, G., Schwertmann, U., Horn, R., Kögel-Knabner, I., Stahr, K., Spektrum, Heidelberg, 593 S.

SCHERZER, C. (1962): *Franken - Land, Volk, Geschichte, Kunst und Wirtschaft*. Nürnberg, 428 S.

SCHILLING, W., WIEFEL, H. (1962): Jungpleistozäne Periglazialbildungen und ihre regionale Differenzierung in einigen Teilen Thüringens und des Harzes. *Geologie*, 11, S. 428-460.

SCHMIDGALL, J. (2003): Bodenkundlich-sedimentologische Untersuchungen zum anthropogen induzierten Landschaftswandel von Karstgebieten am Beispiel des Schlossbergs von Kallmünz (südöstliche fränkische Alb).- *Diss. Univ. Regensburg*, 402 S.

SCHMIDT-KALER, H. (2003): *Von der Frankenhöhe zum Fränkischen Seenland.- Wanderungen in die Erdgeschichte*, 14, F. Pfeil, München, 128 S.

SCHOLTEN, T. (2003): Beitrag zur flächendeckenden Ableitung der Verbreitungssystematik und Eigenschaften periglaziärer Lagen in deutschen Mittelgebirgen.- *Relief - Boden - Paläoklima*, 19, Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 149 S.

SCHULZ, E., FALKENSTEIN, F. (2016): Vegetations- und landschaftsgeschichtliche Untersuchungen am Weidenbruch auf dem Bullenheimer Berg. In: Falkenstein, F., Schussmann, M. (Hrsg.): *Forschungen am Bullenheimer Berg 2011-15.- Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 57*, Habelt, Bonn, S. 163-177.

SCHUSSMANN, M., FALKENSTEIN, F., FRIEDRICH, C., HONECK, M., LINK, T., PETER-RÖCHER, H., RODENBÜSCH, I., ROTH, M. (2014): Urnenfelderzeitliche Wohnterrassierungen auf dem Bullenheimer Berg.- *Das archäologische Jahr in Bayern 2013*, Theiss, Darmstadt, S. 57-59.

SCHUSSMANN, M. (2016): Archäologische Untersuchungen auf einer Siedlungsterrasse 2012–2014. In: Falkenstein, F., Schussmann, M. (Hrsg.): *Forschungen am Bullenheimer Berg 2011-15.- Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 57*, Habelt, Bonn, S. 119-129.

SEMMEL, A. (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen.- *Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung*, 92, Wiesbaden, S. 275-285.



SEMMELE, A. (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen.- Frankfurter Geogr. Hefte, 45, 133 S.

SEMMELE, A. & TERHORST, B. (2010): The concept of the Pleistocene periglacial cover beds in central Europe: A review.- Quaternary International, 222, S. 120–128.

SOLLEIRO-REBOLLEDO, E., TERHORST, B., SEDOV, S., CABADAS-BÁEZ, H., DAMM, B., SPONHOLZ, B. & WIESBECK, C. (2015): The influence of Mayan land use on soils and pedosediments in karstic depressions in Yucatán, Mexico. In: Lucke, B., Bäuml, R., Schmidt, M.: Soils, Paleosols and Sediments in the Subtropics as Archives of Environmental Change.- Erlanger Geographische Arbeiten, 42, S. 233-266.

ROMMENS, T., VERSTRAETEN, G., POESEN, J., GOVERS, G., VAN ROMPAEY, A., PEETERS, I., LANG, A. (2005): Soil erosion and sediment deposition in the Belgian oess belt during the Holocene: establishing a sediment budget for a small agricultural catchment.- the Holocene, 15/7, S. 1032-1043.

SPONHOLZ, B. (2011): Geologie und Landschaftsgeschichte. In: Ullrich, M. (2011): Das Dolinenfeld „Am Hahnenbuck“ bei Egersheim/Mittelfranken. Ein Fundplatz des Endneolithikums, der Bronze- und der Urnenfelderzeit. Mit Beiträgen von Martin Nadler, Nadja Pölloth, Werner Scharff und Barbara Sponholz.- Arbeiten zur Archäologie Süddeutschlands, 13, Archäologie im Fränkischen Gipskarst, Faustus, Büchenbach, S. 197-203.

STAHR, K., KANDELER, E., HERRMANN, L., STRECK, T. (2012): Bodenkunde und Standortlehre.- UTB Grundwissen Bachelor, Ulmer, Stuttgart, 318 S.

TERHORST, B., SAUER, D., MEYER-HEINTZE, S. (2017): Auf den Spuren der Kaltzeit in den Böden der deutschen Mittelgebirge. Geographische Rundschau, S. 36-42 .

TERHORST, B., FELIX-HENNINGSSEN, P. (2010): Paläoböden in periglazialen Lagen der Mittelgebirge. Kap. 4.5.3.3.6. In: Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W. R., Frede, H.-G., Horn, R., Stahr K. (Hrsg.): Handbuch der Bodenkunde. Landsberg, Weinheim, S. 1-10.

ULLRICH, M. (2008): Endneolithische Siedlungskeramik aus Egersheim, Mittelfranken - Untersuchungen zur Chronologie von Schnurkeramik- und Glockenbechern an Rhein, Main und Neckar. Mit einem Beitrag von Werner Scharff.- Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 160, Habelt, Bonn, 265 S.

ULLRICH, M. (2011): Das Dolinenfeld „Am Hahnenbuck“ bei Egersheim/Mittelfranken. Ein Fundplatz des Endneolithikums, der Bronze- und der Urnenfelderzeit. Mit Beiträgen von Martin Nadler, Nadja Pölloth, Werner Scharff und Barbara Sponholz. - Arbeiten zur Archäologie Süddeutschlands, 13, Archäologie im Fränkischen Gipskarst, Faustus, Büchenbach, 268 S.

VÖLKELE, J. (1995): Periglaziale Deckschichten und Böden im Bayrischen Wald und seinen Randgebieten als geogene Grundlagen landschaftsökologischer Forschung im Bereich naturnaher Waldstandorte.- Zeitschrift für Geomorphologie, 96, 301 S.

VÖLKELE, J., RAAB, T. (2006): Paläoökosystemforschung in prähistorischen Siedlungskammern und Zentren historischen Bergbaus im ostbayerischen Mittelgebirgsraum. In: Kulke, E., Monheim, H., Wittmann, P. (Hrsg): Grenzwerte.- Wissenschaftliche Abhandlungen zum Geographentag 2005, Trier, S. 487-496.

WALKER, M.J.C. (2006): Quaternary dating methods. Chichester (Wiley), 304 S.

WILBERTZ, O. M. (1982): Die Urnenfelderkultur in Unterfranken. Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte / A, 49, Lassleben, Kallmünz./Opf, 232 S.

WITTMANN, O. (1991): Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern – Übersichtskarte 1:1.000.000 und Abhängigkeitsbeziehungen der Bodennutzung.- GLA Fachberichte, 5, S. 5-47.

WITZKE, J. (2017): Bodengeographische Untersuchungen in zwei bronzezeitlichen Wallprofilen am Bullenheimer Berg (Franken). Unveröffentlichte Bachelor-Thesis. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

ZIMMERMANN, S., HALLENBARTER, D., LANDOLT, W., GENEGER, M., BRUNNER, I. (2002): Holzasche: Zurück in den Wald? - Wirkung von Holzasche auf Waldboden, Baumwurzeln und Baumphysiologie.- Wald und Holz, 11/02, S. 41-44.

ZIMMERMANN, ST., HÄSSIG, J., LANDOLT, W. (2010): Literaturreview Holzasche - Wald. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt/Schweiz, Birnsensdorf, 80 S.

## 11. Internetquellen

[www.bzfe.de](http://www.bzfe.de): Homepage des Bundeszentrums für Ernährung (BZfE). (letzter Zugriff: 18.10.2017)

[www.dwd.de](http://www.dwd.de): Homepage des Deutschen Wetterdienstes, Climate Data Center. (letzter Zugriff: 8.12.2016)

[www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de): Homepage der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. (letzter Zugriff: 18.10.2017)

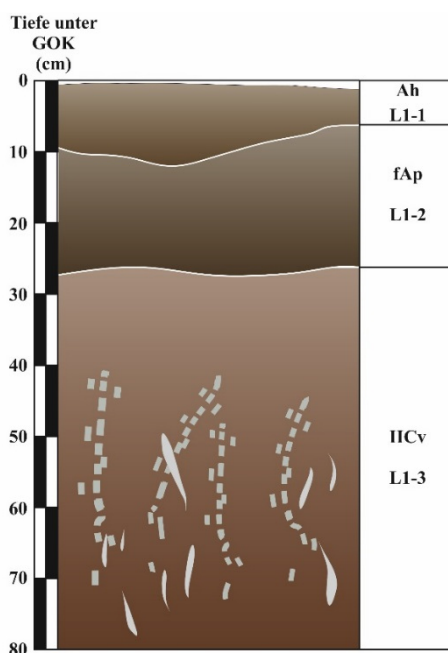
[www.wetter-by.de](http://www.wetter-by.de): Homepage Agrarmetrologie Bayern. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (letzter Zugriff: 20.10.2017)



## **Anhang**



## Profil BB L1, Sondage L1 (Lehmgrube)



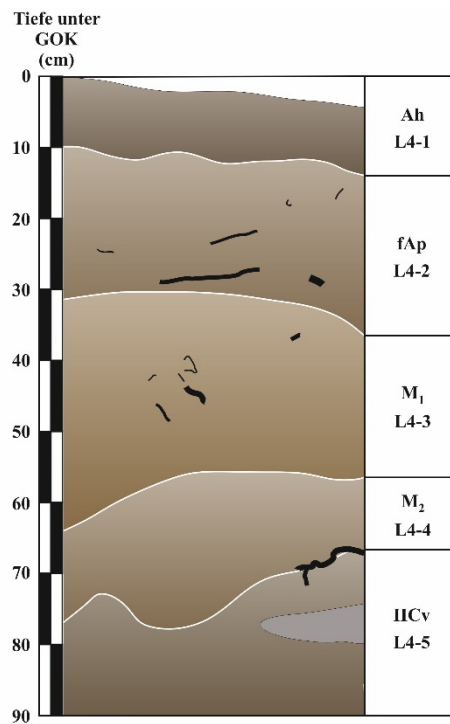
Geländedaten Profil BB L1, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB L1-1	Ah	0 - 10	e, de, h	7,5YR 4/2	Ls4	mit Aushub vermischt
BB L1-2	fAp	10 - 27	e, de, h	7,5YR 4/3	Ls4	vereinzelt Sandsteinblöcke
BB L1-3	Cv	27 - 80		2,5YR 5/3	Ts4	Sandsteinbruchstücke, evtl. Holzkohlefund

Profil BB L1 Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB L1-1	Ah	3,9	20,8	34,4	59,1	7,5	7,8	7,1	22,4	18,5	4,3	0	2,7
BB L1-2	fAp	3,5	19,6	37,7	60,9	7,8	6,4	5,8	19,9	19,2	4,7	0,1	1,3
BB L1-3	IIcV	0,6	24,2	34,8	59,6	2,7	3,2	2,4	8,3	32,1	6,2	2,1	0

## Profil BB L4, Sondage L4 (Lehmgrube)



Geländedaten Profil BB L4, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB L4-1	Ah	0 - 10	e, de, h	10YR 4/2	Sl3	mit Aushub vermischt, Wurzeln
BB L4-2	fAp	10 - 30	w, di, h	10YR 5/3	Sl4	
BB L4-3	M <sub>1</sub>	30 - 55	w, di, h	10YR 5/4	Sl4	dichter als BB-L4-2
BB L4-4	M <sub>2</sub>	55 - 75	w, de, h	10YR 5/3	Sl4	Steine bis 5cm Kantenlänge
BB L4-5	Cv	75 - 90		2,5YR 5/3	Lt2	hart, tonig

Profil BB L4 Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %										pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT				
BB L4-1	Ah	2,2	32,4	35,7	70,3	6,5	6,8	4,2	17,5	12,3	3,9	0	2,8	
BB L4-2	fAp	2,2	29,8	37,6	69,5	5,1	6,7	5,1	16,8	13,7	4,0	0	0,9	
BB L4-3	M <sub>1</sub>	2,3	31,0	38,1	71,4	7,1	4,8	4,3	16,2	12,5	4,1	0,3	0,6	
BB L4-4	M <sub>2</sub>	3,0	30,6	37,6	71,2	6,4	4,9	3,2	14,5	13,3	4,1	0,6	0,3	
BB L4-5	ICv	0,6	8,2	33,0	41,8	14,7	9,5	6,8	30,9	27,3	4,2	1,9	0,2	



Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB L4

Horizontnummer	Horizont	14Å	Gli	Amp	7Å	Sch	Q	Goe	KFS	Pla	Kal	Dol	Häm	G
BB-L4-1	Ah	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BB-L4-2, 3, 4	fAp, M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub>	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BB-L4-5a	IICv (Stein)	-	-	-	•	*	**	-	**	*	-	-	-	-
BB-L4-5b	IICv	*	*	-	*	**	*	-	*	*	-	-	*	-

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*:viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

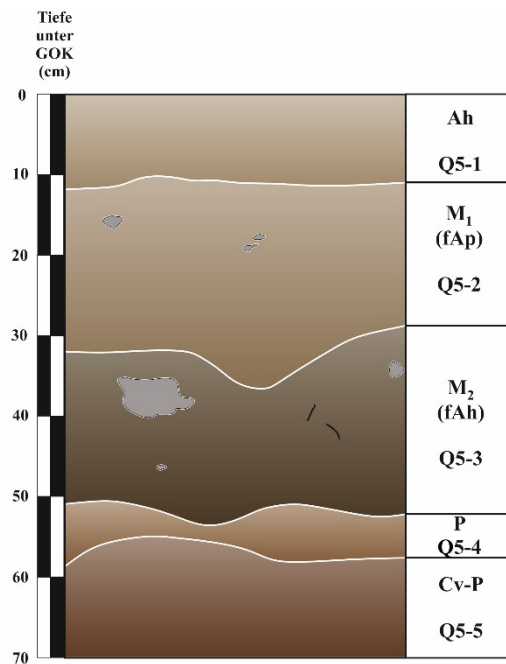
Mineralabkürzungen: 14Å = Smektit/ Vermikulit; Gli = Glimmer; Amp = Amphibole; 7Å = Chlorit/ Kaolinit; Sch = Schichtsilikate; Q = Quarz; Goe = Goethit; KFS = Kalifeldspat; Pla = Plagioklas; Kal = Kalzit; Dol = Dolomit; Häm = Hämatit; G=Gips

Ergebnisse der Tonmineralverteilung für Profil BB L4

Horizontnummer	Horizont	Smektit	Vermikulit 14Å/18Å		Illit	Kaolinit	Chlorit		Mixed Layer Corrensit
							primär	sekundär	
BB-L4-1	Ah	-	*	-	*	•	*	•	*
BB-L4-2,3,4	fAp, M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub>	-	*	-	*	•	*	*	*
BB-L4-5	IICv (Stein)	-	•	-	*	•	*	•	*
BB-L4-5	IICv	-	*	-	*	-	*	•	**

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*:viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

## Profil BB Q5, Sondage Q5 (Siedlungsterrasse)



Geländedaten Profil BB Q5, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB Q5-1	Ah	0 - 10	e, de, h	7,5YR 5/2	Sl4	sehr locker, humos
BB Q5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	10 - 30	e, w, di, h	7,5YR 6/3	Ls4	Holzkohle, Keramik
BB Q5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	30 - 52	w, de, h	5YR 5/3	Ls4	größere Steine
BB Q5-4	P	52 - 58	w, di, h	2,5YR 4/3	Ts3	fossile Wurzelbahnen
BB Q5-5	Cv-P	58 - 70		10R 4/3	Tl	hart, tonig, fleckig

Profil BB Q5 Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %										pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT				
BB Q5-1	Ah	7,4	17,8	30,0	55,3	10,2	10,7	6,7	27,6	17,2	4,0	0,2	2,8	
BB Q5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	3,5	21,3	31,3	56,1	9,1	8,5	6,5	24,2	19,8	3,8	0,2	0,9	
BB Q5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	2,2	19,8	33,0	55,0	9,0	7,7	4,7	21,4	23,6	4,2	0,2	0,7	
BB Q5-4	P	2,6	16,3	25,2	44,1	3,6	3,5	3,6	10,7	45,2	4,4	0,2	0,4	
BB Q5-5	Cv-P	0,6	7,7	15,3	23,6	7,8	10,6	8,1	26,5	50,0	4,8	0,3	0,2	

Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB Q5

Horizont- nummer	Horizont	14Å	Gli	Amp	7Å	Sch	Q	Goe	KFS	Pla	Kal	Dol	Häm	G
BBQ5-1	Ah	-	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BBQ5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BBQ5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	•	•	-	•	*	**	-	**	*	-	-	•	-
BBQ5-4	P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-
BBQ5-5	Cv-P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*:viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

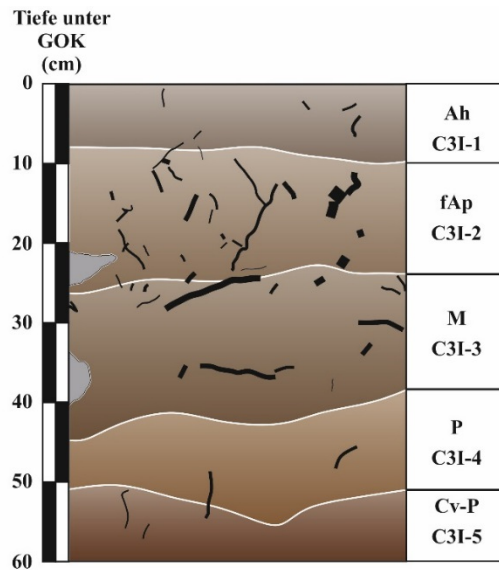
Mineralabkürzungen: 14Å = Smektit/ Vermikulit; Gli = Glimmer; Amp = Amphibole; 7Å = Chlorit/ Kaolinit; Sch = Schichtsilikate; Q = Quarz; Goe = Goethit; KFS = Kalifeldspat; Pla = Plagioklas; Kal = Kalzit; Dol = Dolomit; Häm = Hämatit; G=Gips

Ergebnisse der Tonmineralverteilung für Profil BB Q5

Horizont- nummer	Horizont	Smektit	Vermikulit 14Å/18Å		Illit	Kaolinit	Chlorit		Mixed Layer Corrensit
							primär	sekundär	
BBQ5-1	Ah	-	*	-	**	*	•	•	*
BBQ5-2	M <sub>1</sub> (fAp)	-	*	-	**	*	-	*	*
BBQ5-3	M <sub>2</sub> (fAh)	-	-	-	***	•	-	*	*
BBQ5-4	P	-	*	-	***	-	-	•	*
BBQ5-5	Cv-P	-	*	-	***	-	-	•	*

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*:viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

## Profil BB C3I, Sondage C3 (Siedlungsterrasse)



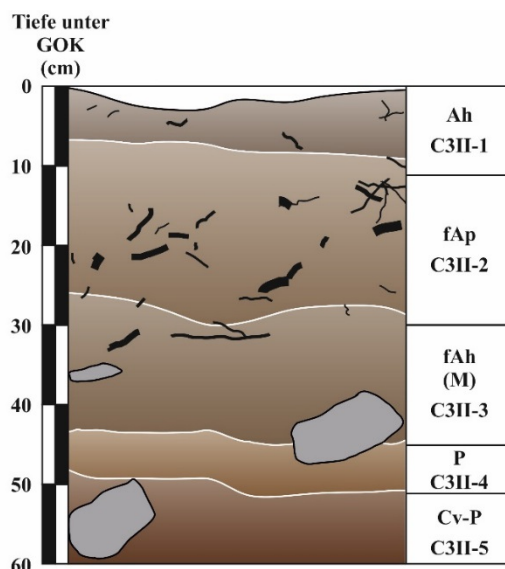
Geländedaten Profil BB C3I, Bodenansprache nach AD-HOC-AG Boden 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB C3I-1	Ah	0 - 8	w, di, h	7,5YR 5/2	Ls4	locker, humos
BB C3I-2	fAp	8 - 22	e, de, h	7,5YR 5/3	Ls4	stark durchwurzelt, Keramik
BB C3I-3	M	22 - 45	w, de, h	7,5YR 4/3	Lts	Holzkohle, Keramik
BB C3I-4	P	45 - 53	w, de, h	2,5YR 4/3	Ts2	fossile Wurzelbahnen
BB C3I-5	Cv-P	53 - 60		10R 4/3	Tl	hart, tonig, fossile Wurzelbahnen

Profil BB C3I Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB C3I-1	Ah	4,5	20,6	28,5	53,6	9,4	10,0	7,8	27,2	19,2	3,7	0,1	1,8
BB C3I-2	fAp	3,7	19,9	29,7	53,3	10,3	8,8	6,9	26,1	20,6	3,8	0,2	0,8
BB C3I-3	M	3,0	19,9	29,1	52,0	8,5	7,9	6,5	22,9	25,0	4,2	0,2	0,8
BB C3I-4	P	4,0	13,3	23,1	40,4	4,6	5,0	4,1	13,8	45,8	4,3	0,3	0,4
BB C3I-5	Cv-P	1,0	8,1	19,2	28,4	5,7	6,6	6,1	18,3	53,3	4,4	0,3	0,3

## Profil BB C3II, Sondage C3 (Siedlungsterrasse)



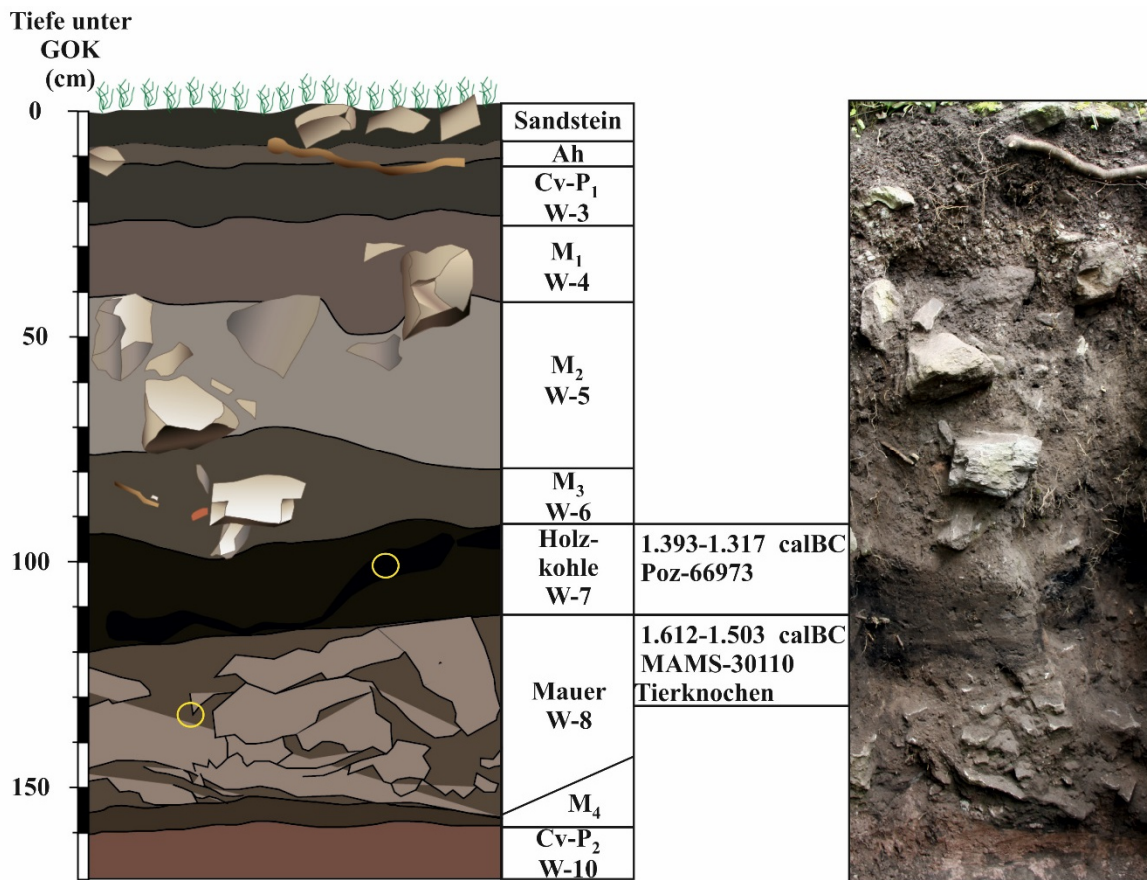
Geländedaten Profil BB C3II, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
BB C3II-1	Ah	0 - 9	e, de, h	7,5YR 5/2	Ls4	sehr locker, humos, Holzkohle
BB C3II-2	fAp	9 - 28	u, di, h	7,5YR 5/3	Ls4	stark durchwurzelt, dunkle Flecken
BB C3II-3	fAh(M)	28 - 45	w, de, h	7,5YR 5/2	Ls4	flache Steine, Holzkohle, Keramik
BB C3II-4	P	45 - 52	w, de, h	2,5YR 4/3	Tl	fossile Wurzelbahnen
BB C3II-5	Cv-P	52 - 60		10R 4/3	Tl	hart, tonig, fossile Wurzelbahnen

Profil BB C3II Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB C3II-1	Ah	4,5	19,8	28,3	52,5	6,4	10,8	8,4	25,7	21,8	3,7	0,0	2,5
BB C3II-2	fAp	1,8	19,6	31,7	53,1	9,6	8,3	6,6	24,4	22,5	3,7	0,2	1,2
BB C3II-3	fAh(M)	2,2	19,0	31,1	52,3	9,4	7,8	6,3	23,5	24,2	4,2	0,2	0,9
BB C3II-4	P	1,5	11,6	22,5	35,5	6,5	6,4	5,1	17,9	46,5	4,4	0,3	0,4
BB C3II-5	Cv-P	0,9	9,2	21,4	31,5	7,5	6,4	5,3	19,2	49,3	4,5	0,4	0,3

## Profil BB W (Ringwall)



Geländedaten Profil BB W, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizont- nummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizont- untergrenzen	Farbe	Boden- art	sonstige Merkmale
BB W-1	Sandstein	0 - 8	w, de, h	-		Blasensandsteinplatten
BB W-2	Ah	8 - 12	w, di, h	10R 4/2	Lt2	leicht humos, locker
BB W-3	Cv-P <sub>1</sub>	12 - 25	w, de, h	10R 4/3	Lt3	Tonkutane
BB W-4	M <sub>1</sub>	25 - 42	w, de, h	10R 4/3	Lts	Einfüllungen
BB W-5	M <sub>2</sub>	42 - 80	w, de, h	7,5YR 4/2	Ls4	Holzkohle, Keramik
BB W-6	M <sub>3</sub>	80 - 90	w, de, h	7,5YR 4/2	Sl4	locker, Keramik, Holzkohle
BB W-7	Holz- kohle	90 - 112	w, de, h	10YR 2/1		alte Befestigung (Holz)
BB W-8	Mauer	112 - 155	w, de, h	-		alte Befestigung (Stein)
BB W-9	M <sub>4</sub>	155 - 160	w, de, h	10R 5/4	Lt2	sehr helles rot
BB W-10	Cv-P <sub>2</sub>	160 - 170		10R4/4	Lt3	sehr tonig, Tonkutane

Profil BB Wall Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
BB W-2	Ah	1,9	10,1	21,6	33,6	7,9	12,2	14,0	34,0	32,4	5,8	0,2	2,4
BB W-3	Cv-P <sub>1</sub>	1,4	10,4	19,1	31,0	9,7	10,0	10,4	30,1	38,9	6,4	0,3	1,2
BB W-4	M <sub>1</sub>	2,8	17,9	25,2	46,0	7,2	7,4	5,3	19,8	34,2	7,4	1,9	0,7
BB W-5	M <sub>2</sub>	2,5	16,6	26,1	45,2	10,6	10,6	8,7	29,8	25,0	7,7	3,3	1,5
BB W-6	M <sub>3</sub>	4,3	19,3	29,5	53,1	13,0	10,9	6,7	30,7	16,2	7,9	5,5	2,2
BB W-7	Holzkohle	nicht bestimmt									n.b.	1,1	11,5
BB W-9	M <sub>4</sub>	3,4	10,2	22,9	36,5	15,9	11,9	9,5	37,3	26,2	7,8	1,5	0,2
BB W-10	Cv-P <sub>2</sub>	0,2	1,3	13,1	14,6	20,5	15,4	8,2	44,2	41,2	7,6	0,3	0,2

Ergebnisse der Gesamtmineralanalyse für Profil BB W

Horizontnummer	Horizont	14Å	Gli	Amp	7Å	Sch	Q	Goe	KFS	Pla	Kal	Dol	Häm	G
BB W-2	Ah	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-
BB W-3	Cv <sub>1</sub> -P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	*	•	-
BB W-4	M <sub>1</sub>	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	*	•	-
BB W-5	M <sub>2</sub>	•	•	-	•	*	**	-	**	*	•	-	•	-
BB W-6	M <sub>3</sub>	•	•	-	•	*	**	-	**	*	•	-	•	-
BB W-7	Holzkohle	-	•	-	•	*	*	-	*	*	•	-	•	-
BB W-9	M <sub>4</sub>	•	•	-	•	*	*	-	*	*	•	-	•	-
BB W-10	Cv <sub>2</sub> -P	•	•	-	•	**	*	-	*	*	-	-	•	-

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*:viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar

Mineralabkürzungen: 14Å = Smektit/ Vermikulit; Gli = Glimmer; Amp = Amphibole; 7Å = Chlorit/ Kaolinit; Sch = Schichtsilikate; Q = Quarz; Goe = Goethit; KFS = Kalifeldspat; Pla = Plagioklas; Kal = Kalzit; Dol = Dolomit; Häm = Hämatit; G=Gips

Ergebnisse der Tonmineralanalyse BB W

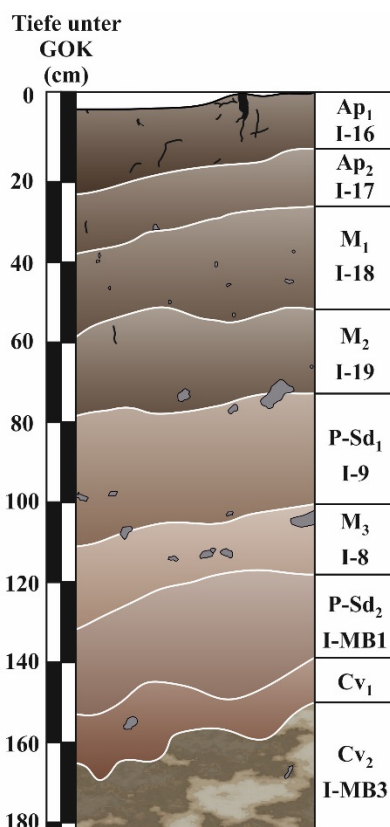
Horizontnummer	Horizont	Smektit	Vermikulit 14Å/18Å		Illit	Kaolinit	Chlorit		Mixed Layer Corrensit
							primär	sekundär	
BB W-2	Ah/P	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-3	Cv <sub>1</sub> -P	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-4	M <sub>1</sub>	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-5	M <sub>2</sub>	-	*	-	***	-	*	-	•
BB W-6	M <sub>3</sub>	-	-	-	**	-	*	-	•
BB W-7	Holzkohle	-	•	-	**	-	•	-	•
BB W-9	M <sub>4</sub>	-	•	-	***	-	*	-	•
BB W-10	Cv <sub>2</sub> -P	-	*	-	**	-	•	-	•

Symbolbezeichnungen: \*: wenig; \*\*: mittel; \*\*\*:viel; •: Spuren; -: nicht nachweisbar





## Profil MB I, Befund 359



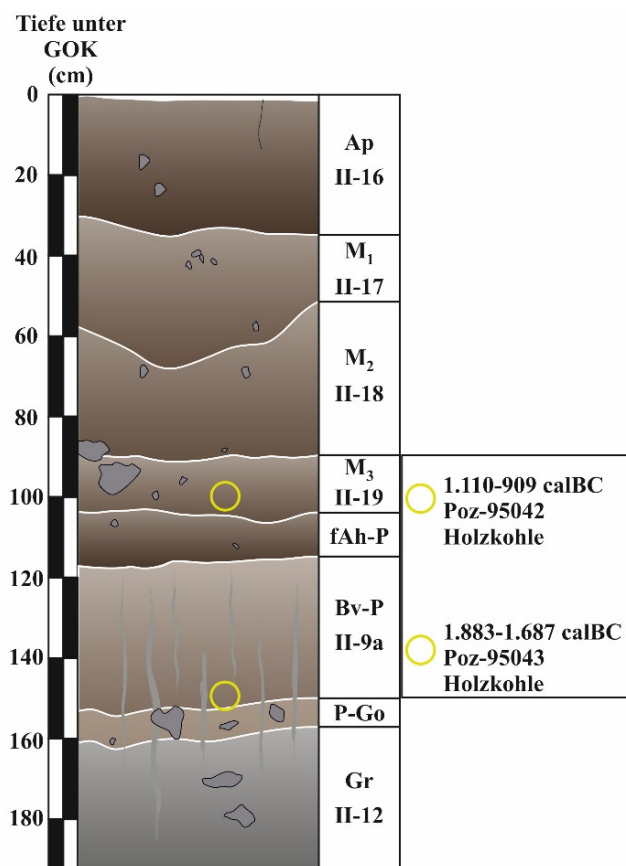
Geländedaten Profil MB I, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB I-16	Ap <sub>1</sub>	0 - 15	e, di, g	7,5YR 3/2	Tl	rezente Oberfläche
MB I-17	Ap <sub>2</sub>	15 - 30	w, di, g	7,5YR 4/2	Tt	sehr dicht
MB I-18	M <sub>1</sub>	30 - 52	w, di, g	7,5YR 4/2	Tl	teilweise Holzkohle
MB I-19	M <sub>2</sub>	52 - 78	w, de, g	7,5YR 4/2	Tu2	teilweise Holzkohle, Mangan
MB I-9	P-Sd <sub>1</sub>	78 - 100	w, di, g	5YR 5/3	Tu2	Tonkutane, Keramik, Paläoboden
MB I-8	M <sub>3</sub>	100 - 120	w, di, g	5YR 6/3	Tu2	Holzkohle, Keramik
MB I-MB1	P-Sd <sub>2</sub>	120 - 143	e, de, g	2,5YR 5/3	Tt	Wurzelbahnen, Paläoboden
MB I-MB2	Cv <sub>1</sub>	143 - 160	z, de, g	2,5YR 4/4	Tu2	teilweise Manganflecken
MB I-MB3	Cv <sub>2</sub>	160 - 182		5Y 7/1	Tu2	Solifluktuationsmerkmale

Profil MB I Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB I-16	Ap <sub>1</sub>	1,5	2,5	4,5	8,5	6,2	9,3	12,8	28,2	63,3	7,3	0,4	1,4
MB I-17	Ap <sub>2</sub>	0,9	2,2	4,7	7,9	5,2	9,4	11,4	26,1	66,1	7,3	0,5	1,2
MB I-18	M <sub>1</sub>	1,1	2,1	4,1	7,4	6,2	9,4	13,3	28,9	63,7	7,5	0,3	1,1
MB I-19	M <sub>2</sub>	1,2	2,9	4,7	8,8	8,9	11,8	11,4	32,0	59,2	7,4	0,3	0,9
MB I-9	P-Sd <sub>1</sub>	1,7	4,0	6,8	12,5	9,2	12,0	15,8	37,0	50,4	7,5	0,3	0,8
MB I-8	M <sub>3</sub>	3,3	2,8	5,0	11,1	9,1	13,3	15,6	38,1	50,9	7,3	0,3	0,6
MB I-MB1	P-Sd <sub>2</sub>	1,2	1,1	1,9	4,2	4,4	11,6	13,0	29,1	66,7	7,3	0,6	0,3
MB I-MB2	Cv <sub>1</sub>	0,2	0,4	0,6	1,2	5,5	17,8	14,3	37,7	61,1	7,5	9,6	0
MB I-MB3	Cv <sub>2</sub>	0,2	0,1	0,3	0,6	5,5	18,8	24,0	48,3	51,1	7,6	23,5	0

## Profil MB II, Befund 359



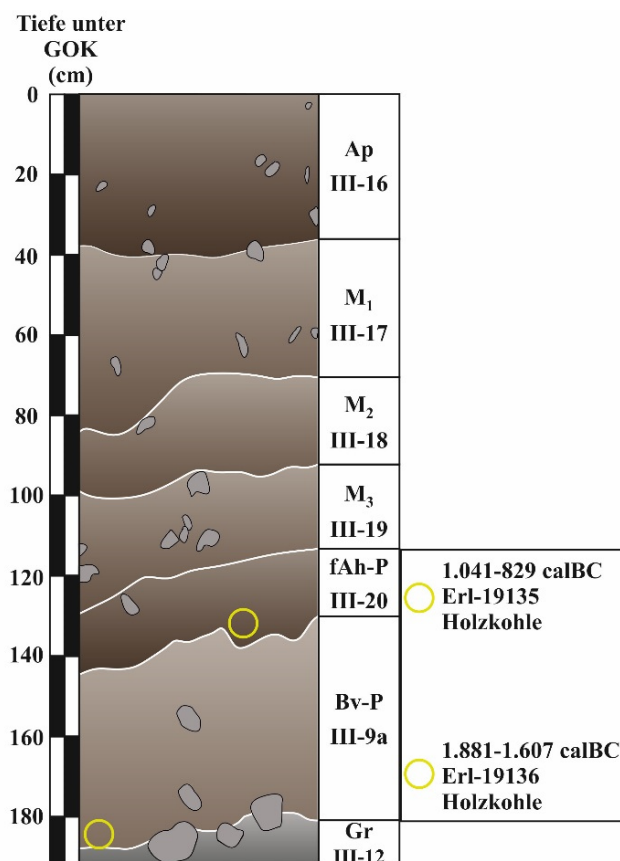
Geländedaten Profil MB II, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB II-16	Ap	0 - 34	w, di, h	7,5YR 3/2	Tt	rezente Oberfläche, sehr dunkel
MB II-17	M <sub>1</sub>	34 - 56	w, di, h	7,5YR 4/2	Tl	eingewürgte Tonkutane
MB II-18	M <sub>2</sub>	56 - 90	w, di, h	7,5YR 4/2	Tl	leicht gebleicht
MB II-19	M <sub>3</sub>	90 - 105	w, de, h	7,5YR 4/2	Tu2	Holzkohle, Keramik, Tonkutane
MB II-20	fAh-P	105 - 115	w, sc, h	7,5YR 3/2	Tu2	viel Holzkohle, fossiler Ah
MB II-9a	Bv-P	115 - 154	w, di, h	7,5YR 5/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen
MB II-9b	P-Go	154 - 160	w, de, g	7,5YR 6/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen, mäßig hydromorph
MB II-12	Gr	160 - 193		10YR 5/2	Tu2	erste Siedlungsspuren, Gley

Profil MB II Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizont- nummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH- Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB II-16	Ap	0,9	2,1	3,9	6,8	5,5	9,5	11,4	26,3	66,8	7,4	0,3	1,1
MB II-17	M <sub>1</sub>	1,0	2,0	4,0	7,0	6,8	9,3	12,2	28,3	64,8	7,4	0,5	0,9
MB II-18	M <sub>2</sub>	0,9	2,1	4,2	7,3	7,5	9,8	11,9	29,1	63,6	7,5	1,2	1,1
MB II-19	M <sub>3</sub>	1,1	2,3	5,1	8,5	6,3	12,0	12,8	31,1	60,4	7,5	0,4	1,1
MB II-20	fAh-P	1,3	2,8	5,9	9,9	7,8	12,4	13,4	33,6	56,4	7,5	0,3	1,3
MB II-9a	Bv-P	1,0	3,2	6,8	11,0	10,8	12,9	14,4	38,1	50,9	7,4	0,3	0,8
MB II-9b	P-Go	0,4	2,1	4,7	7,2	7,2	12,5	15,1	34,9	57,9	7,3	0,3	0,8
MB II-12	Gr	0,4	1,9	4,0	6,3	5,6	12,0	14,4	32,0	61,8	7,2	0,3	0,7

## Profil MB III, Befund 359



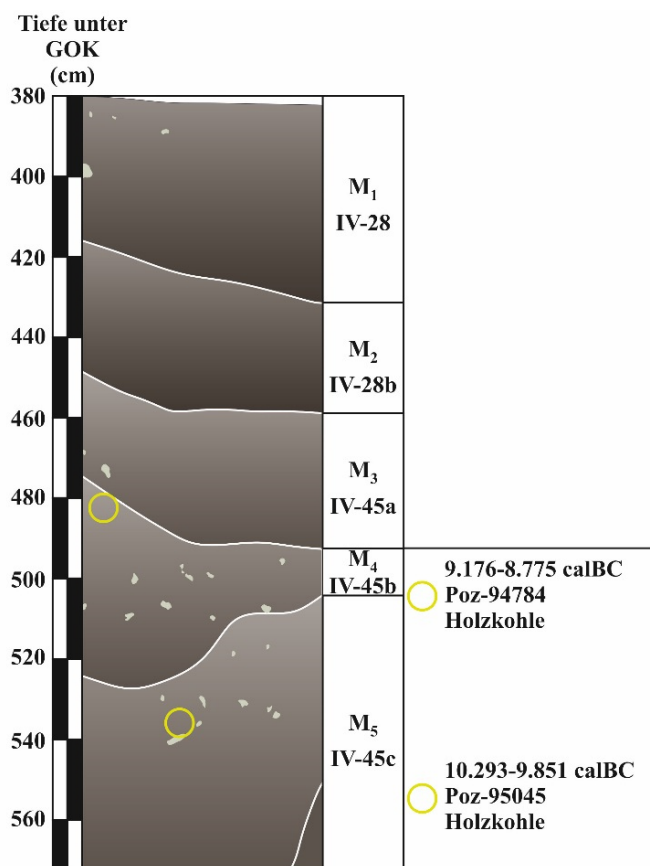
Geländedaten Profil MB III, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB III-16	Ap	0 - 35	w, di, h	7,5YR 3/2	Tt	rezente Oberfläche, sehr dunkel
MB III-17	M <sub>1</sub>	35 - 70	w, di, h	7,5YR 4/2	Tl	Stresskutane, Kolluvium
MB III-18	M <sub>2</sub>	70 - 93	w, di, h	7,5YR 4/2	Tu2	dicht, hart, wenig Holzkohle
MB III-19	M <sub>3</sub>	93 - 110	w, de, h	7,5YR 4/2	Tu2	Holzkohle, Keramik, Tonkutane
MB III-20	fAh-P	110 - 129	w, sc, h	7,5YR 3/2	Tu2	viel Holzkohle, wenig Keramik
MB III-9a	Bv-P	129 - 180	w, de, h	7,5YR 5/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen
MB III-12	Gr	180 - 191		10YR 5/2	Tu2	fossile Wurzelbahnen, Gley
MB III-16	Ap	0 - 35	w, di, h	7,5YR 3/2	Tt	rezente Oberfläche, sehr dunkel

Profil MB III Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB III-16	Ap	0,8	2,6	4,1	7,4	5,2	9,9	11,7	26,8	65,8	7,4	0,3	2,7
MB III-17	M <sub>1</sub>	0,8	2,1	4,3	7,2	6,6	10,4	11,2	28,3	64,5	7,1	0,7	0,8
MB III-18	M <sub>2</sub>	0,8	2,3	4,0	7,1	8,1	13,1	13,6	34,8	58,1	7,3	0,4	1,2
MB III-19	M <sub>3</sub>	0,7	1,8	4,1	6,6	7,6	12,8	14,4	34,8	58,5	7,2	0,4	0,9
MB III-20	fAh-P	0,4	1,4	3,4	5,2	7,3	14,7	16,8	38,9	56,0	6,9	0,3	1,1
MB III-9a	Bv-P	0,1	0,2	0,7	1,0	4,2	14,7	19,2	38,1	60,9	6,9	0,2	0,8
MB III-12	Gr	0,4	1,9	4,0	6,3	5,4	12,1	14,1	31,6	62,1	7,3	0,3	0,7
MB III-16	Ap	0,8	2,6	4,1	7,4	5,2	9,9	11,7	26,8	65,8	7,4	0,3	2,7

## Profil MB IV, Befund 351



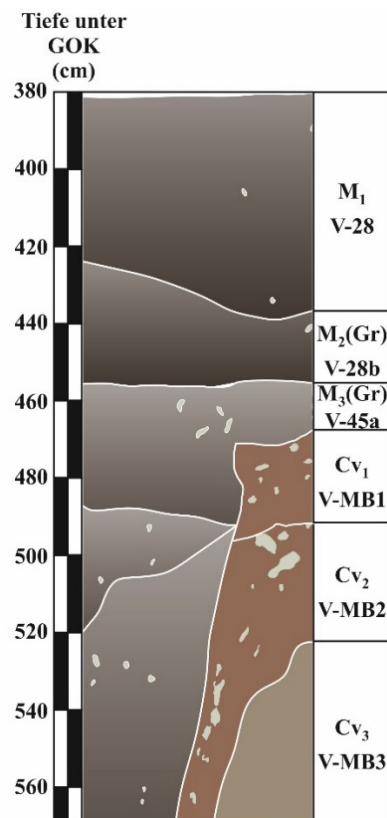
Geländedaten Profil MB IV, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB IV-28	M <sub>1</sub>	0 - 35	w, di, g	7,5YR 3/1	Tu2	Reduktionsmerkmale
MB IV-28b	M <sub>2</sub>	35 - 68	w, de, g	7,5YR 3/1	Tu2	Holzkohle
MB IV-45a	M <sub>3</sub>	68 - 93	w, di, g	7,5YR 4/1	Tu2	Gesteinsansammlungen, Holzkohle
MB IV-45b	M <sub>4</sub>	93 - 144	w, z, de, h	7,5YR 4/1	Tu2	Holzkohle
MB IV-45c	M <sub>5</sub>	144 - 193		7,5YR 4/1	Tu2	Reduktionsmerkmale, Holzkohle

Profil MB IV Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB IV-28	M <sub>1</sub>	0,2	1,7	3,0	5,0	6,2	12,0	14,8	33,1	61,9	7,1	0,2	1,8
MB IV-28b	M <sub>2</sub>	0,2	1,7	3,1	5,0	6,9	11,6	15,8	34,3	60,8	7,1	0,1	1,6
MB IV-45a	M <sub>3</sub>	0,2	1,8	3,3	5,3	7,8	12,1	13,3	33,2	61,5	7,2	0,2	2,1
MB IV-45b	M <sub>4</sub>	0,6	1,9	4,0	6,5	6,9	12,0	13,5	32,4	61,1	7,2	0,2	1,2
MB IV-45c	M <sub>5</sub>	0,7	1,8	3,8	6,3	6,5	12,1	14,1	32,7	61,1	7,2	0,1	1,1

## Profil MB V, Befund 351



Geländedaten Profil MB V, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

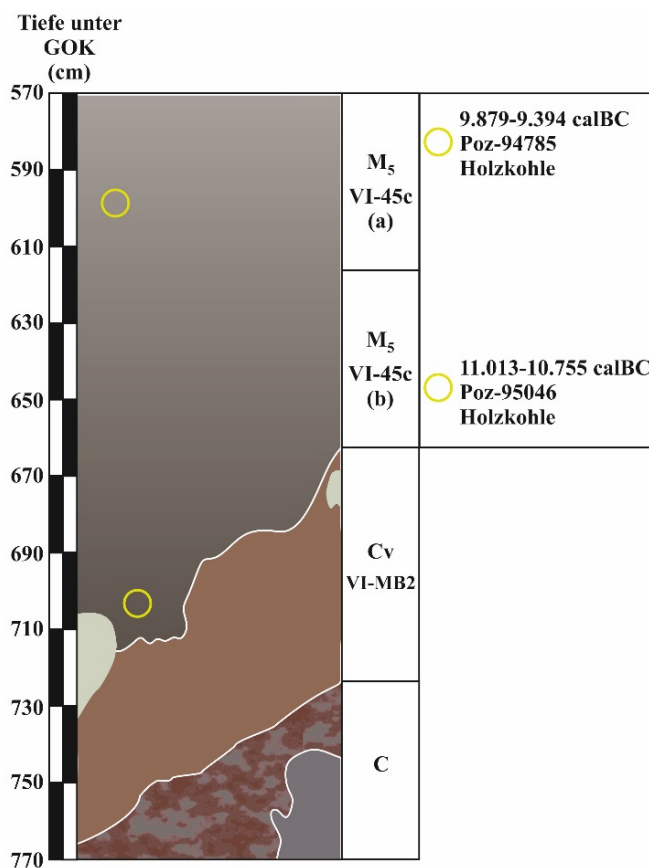
Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
MB V-28	M <sub>1</sub>	0 - 56	w, de, g	7,5YR 3/1	Tu2	hydromorph
MB V-28b	M <sub>2</sub> (Gr)	56 - 78	w, de, g	7,5YR 3/1	Tu2	Holzkohle, Stresskutane
MB V-45a	M <sub>3</sub> (Gr)	78 - 88	w, de, g	7,5YR 4/1	Tu2	Reduktionsflecken
MB V-MB1	Cv <sub>1</sub>	88 - 110	w, de, g	2,5YR 5/4	Tu2	sehr durchmischt
MB V-MB2	Cv <sub>2</sub>	110 - 142	w, de, g	2,5YR 5/4	Tu2	Reduktionsmerkmale, Tonkutane
MB V-MB3	Cv <sub>3</sub>	142 - 190		10YR 6/2	Tu3	Mangan, auch Konkretionen

Profil MB V Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB V-28	M <sub>1</sub>	0,2	1,7	3,0	5,0	6,2	12,0	14,8	33,1	61,9	7,1	0,2	1,8
MB V-28b	M <sub>2</sub> (Gr)	0,2	1,7	3,1	5,0	6,9	11,6	15,8	34,3	60,8	7,1	0,1	1,6
MB V-45a	M <sub>3</sub> (Gr)	0,2	1,8	3,3	5,3	7,8	12,1	13,3	33,2	61,5	7,2	0,2	2,1
MB V-MB1	Cv <sub>1</sub>	0,2	0,3	0,6	1,1	7,2	14,8	15,9	37,9	61,1	7,5	6,3	0
MB V-MB2	Cv <sub>2</sub>	0,2	0,2	0,6	1,0	6,8	16,7	17,7	41,1	57,9	7,6	7,8	0
MB V-MB3	Cv <sub>3</sub>	0,1	0,0	0,1	0,2	6,4	27,4	24,0	57,8	42,0	7,8	33,3	0



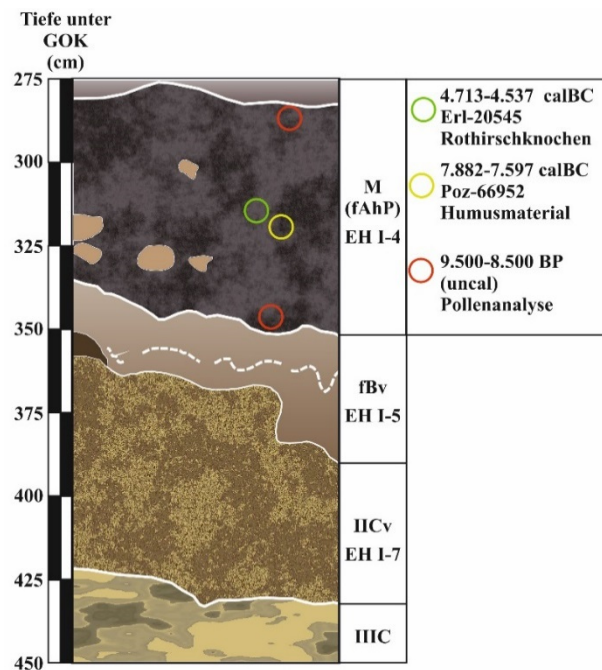
## Profil 420, Befund 351



Profil MB VI Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org.  
Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizont- nummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH- Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
MB VI-45c(a)	M <sub>1</sub>	0,4	1,7	3,5	5,6	12,9	4,4	11,5	28,7	65,7	7,1	0,2	0,8
MB VI-45c(b)	M <sub>1</sub>	0,7	2,0	3,5	6,1	6,4	11,1	12,6	30,2	63,7	7,1	0,4	1,3
MB VI-MB2	Cv	0,1	0,1	0,5	0,7	9,6	17,2	21,1	47,9	51,4	7,5	15,0	0

## Profil EH I (Ergersheim)



Geländedaten Profil EH I, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung nach Munsell Soil Color Charts

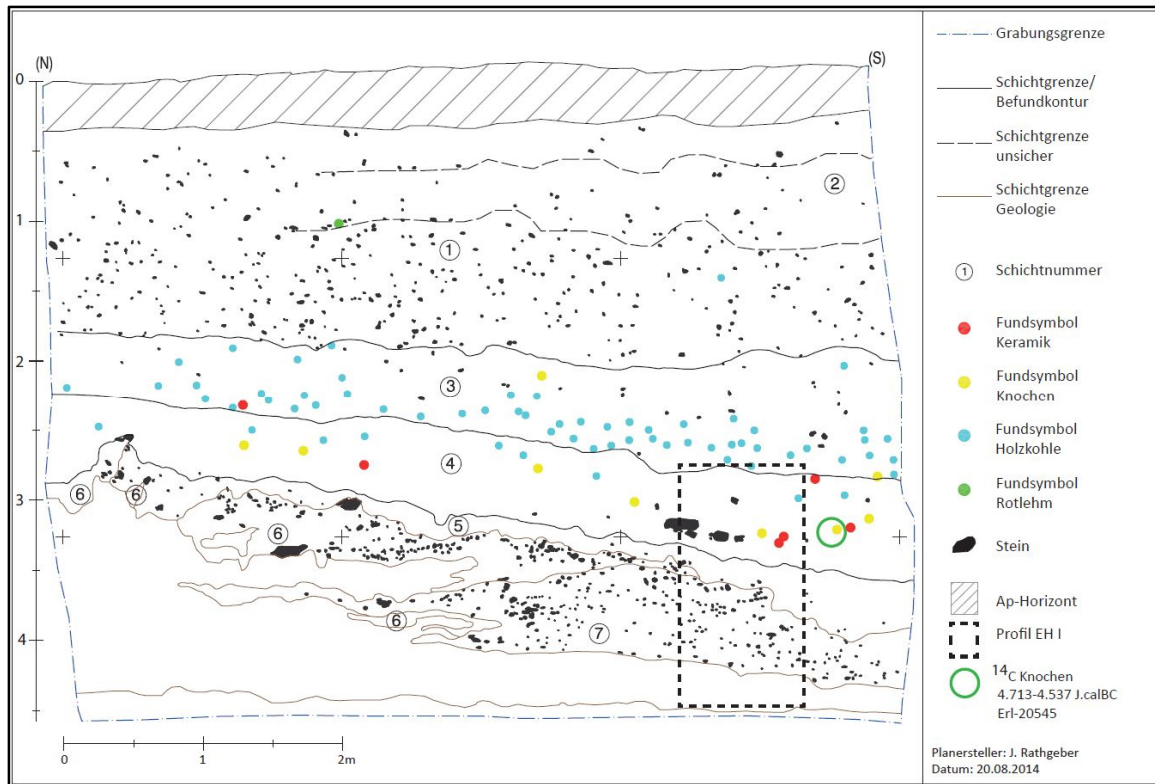
Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
EH I-4	fAhP	275 - 330	w,di,g	10YR 2/1	Tu2	Wurzelbahnen mit Reduktionsmerkmalen
EH I-5	fPBv	330 - 355	w,de,g	10YR 5/4	Tu2	Einschwemmungen in Wurzelbahnen und Rissen
EH I-7	fICv	355 - 420	w,de,g	10YR 6/5	Lt3	Sande und Kiese

Profil EH I Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
EH I-4	fAhP	0,2	1,1	8,4	9,7	12,7	13,1	10,2	36,0	54,3	7,2	0,7	2
EH I-5	fPBv	0,2	0,5	4,4	5,1	13,1	15,8	12,0	40,8	54,1	7,4	4,2	1,2
EH I-6	Cv	0,7	1,0	3,5	5,2	13,0	22,6	14,3	50,0	44,8	7,7	18,5	0,5

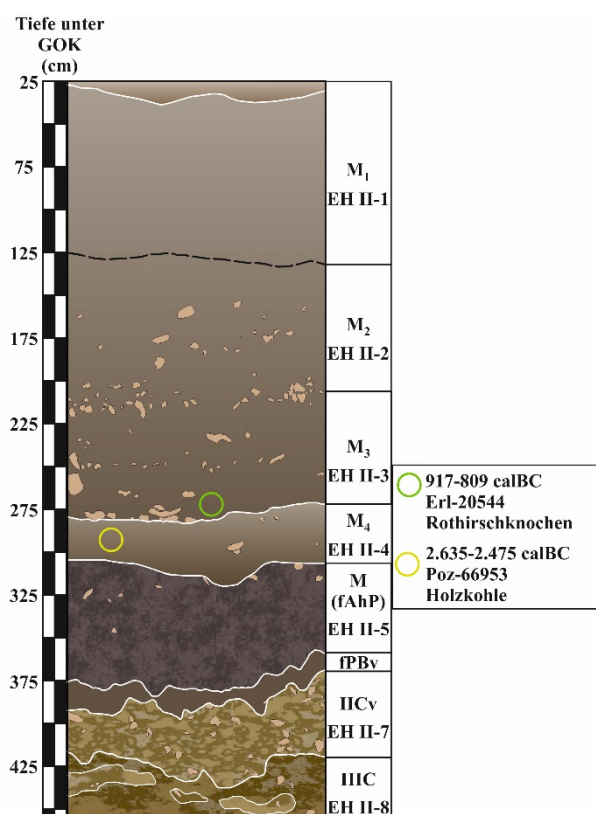
Ergebnisse der palynologischen Untersuchungen nach KNIPPING. Kürzel m-k bedeutet eine mäßig bis starke Korrosion der Pollen. (Quelle: KRECH ET AL. 2017)

Verkohlte Pflanzenreste		EH I-4 oben		EH I-4 unten	
		+++	%-Werte	+++	%-Werte
Pinus	Kiefer	39	16,7	6	3
Pinus m-k		59	25,2	112	56
Pinus cf. haploxylon-Typ	Zirbe-Typ	1	0,4		
Betula	Birke	1	0,4		
Betula m-k		2	0,9		
Corylus	Hasel	1	0,4		
Corylus m-k		12	5,1	6	3
Quercus m-k	Eiche	1	0,4	1	0,5
Tilia m-k	Linde	4	1,7	1	0,5
Alnus m-k	Erle	1	0,4		
Picea	Fichte	4	1,7		
Picea m-k		2	0,9		
Picea/Abies	Fichte oder Tanne	2	0,9		
Picea/Abies m-k		2	0,9		
Indeterminata Baumpollen	Unbestimmbare	12	5,1	10	0,5
Poaceae	Süßgräser	8	3,4	1	0,5
Poaceae m-k		16	6,8	8	4
cf. Cerealia-Typ m-k	Getreide-Typ	1	0,4		
Artemisia m-k	Beifuß	3	1,3	6	3
Chenopodiaceae	Gänsefußgewächse	2	0,9		
Chenopodiaceae m-k		4	1,7		
Caryophyllaceae	Nelkengewächse	2	0,9		
Caryophyllaceae m-k		2	0,9		
Asteraceae m-k	röhrenblütige Kompositen	3	1,3	5	2,5
Achillea-Typ m-k	Schafgarbe-Typ	2	0,9	1	0,5
Cichoriaceae m-k	zungenblütige Kompositen	441	17,5	39	19,5
Apiaceae m-k	Doldenblütler	1	0,4	2	1
Plantago lanceolata	Spitzwegerich			1	0,5
Plantago cf. major/media	cf. Großer/Mittlerer Wegerich	1	0,4		
Plantago cf. major/media m-k		3	1,3		
Ranunculus-Typ m-k	Hahnenfuß-Typ	2	0,9	1	0,5
Cyperaceae	Sauergräser	2	0,9	1	0,5
Lythrum	Blutweiderich	1	0,4		
monolete Spore	Farnspore	19	8,1	12	6
Ophioglossum	Natternzunge			1	0,5
Indeterminata	Unbestimmbare	62	26,5	114	57
Baumpollensumme		143	61,1	136	68
Bezugssumme		234	100	200	100
Pollensumme		237	101,3	201	100,5
Summe Palynomorphe		318	135,9	328	164



Profil EH I mit archäologischen Schichten 1 bis 7, den relevanten Schichtgrenzen und Eintrag der in der Profilebene angetroffenen Funde (Quelle: KRECH ET AL. 2017).

## Profil EH II (Ergersheim)

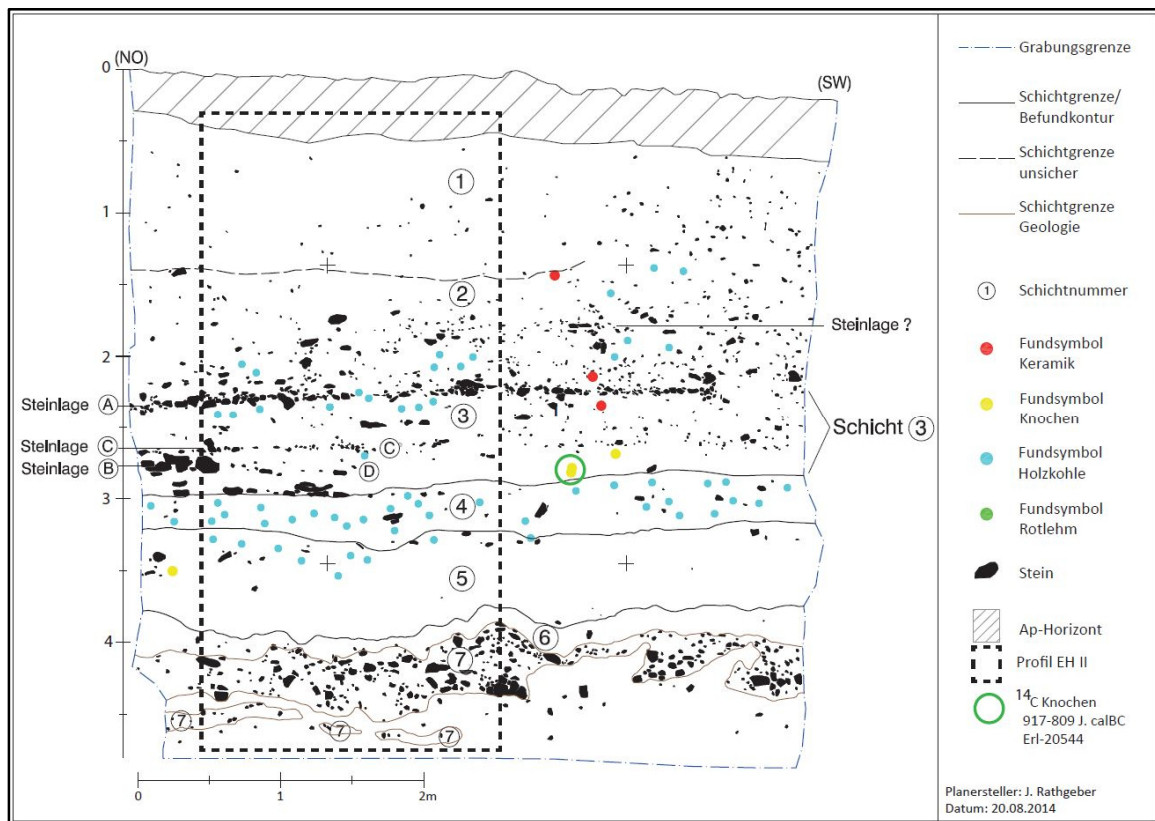


Geländedaten Profil EH II, Bodenansprache nach AD-HOC AG BODEN 2005 mit Farbbestimmung Munsell Soil Color Charts

Horizontnummer	Horizont	Tiefe (cm) unter GOK	Horizontuntergrenzen	Farbe	Bodenart	sonstige Merkmale
EH II-1	M <sub>1</sub>	35 - 135	e,di,h	10YR 4/2	Tu2	Aufschüttung
EH II-2	M <sub>2</sub>	135 - 220	e,di,h	2,5YR 4/2	Tu2	dünne Steinlage
EH II-3	M <sub>3</sub>	220 - 280	e,di,h	7,5YR 4/2	Tu2	vereinzelt Holzkohlen
EH II-4	M <sub>4</sub>	280 - 310	w,di,h	7,5YR 3/2	Tu2	Holzkohlefragmente
EH II-5	fAhP	315 - 380	w,de,h	10YR 2/1	Tu2	Wurzelbahnen
EH II-6	fPBv	380 - 395	w,di,h	10YR 4/1	Tu2	Wurzelbahnen
EH II-7	IIcV	395 - 415	w,de,h	10YR 6/5	Lt3	Kryoturbationsstrukturen
EH II-8	IIIC	415 - 455	w,de,h	5Y 7/1	Tu2	hydromorph, wassergesättigt

Profil EH II Korngrößenwerte (nach Köhn) in %; pH-Werte, Carbonatgehalte nach Scheibler, org. Kohlenstoffbestimmung mit Elementar vario EL Cube

Horizontnummer	Horizont	Korngrößenzusammensetzung in %									pH-Wert [CaCl <sub>2</sub> ]	CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]
		gS	mS	fS	ΣS	gU	mU	fU	ΣU	ΣT			
EH II-1	M <sub>1</sub>	0,4	1,4	4,8	6,6	10,6	14,7	15,0	40,3	53,1	7,5	3,6	1,6
EH II-2	M <sub>2</sub>	0,1	0,5	4,8	5,4	9,3	20,8	12,6	42,7	52,0	7,6	11,4	1,1
EH II-3	M <sub>3</sub>	0,6	0,4	4,0	5,0	9,7	14,0	14,4	38,1	56,9	7,5	1,6	1,6
EH II-4	M <sub>4</sub>	0,6	2,2	8,0	10,9	11,8	13,5	12,4	37,7	51,4	7,6	9,6	1,4
EH II-5	fAhP	0,3	0,3	4,9	5,5	6,6	13,8	13,0	33,4	61,1	7,4	1,8	2
EH II-6	fPBv	0,8	0,5	4,5	5,8	9,1	14,2	11,6	34,9	59,3	7,5	10,7	0,8
EH II-7	Cv	4,7	2,3	3,0	10,0	5,8	23,4	17,8	47,0	43,0	7,7	45,1	0
EH II-8	IIC	1,4	1,5	3,2	6,1	19,6	12,9	9,4	41,9	52,0	7,7	29,3	0



Profil EH II mit archäologischen Schichten 1 bis 7, den relevanten Schichtgrenzen und Eintrag der in der Profilebene angetroffenen Funde (Quelle: KRECH ET AL. 2017).

## Tabellen der Horizontzuordnung für Marktbergel-West II

Horizontüberblick Profil MB I, Befund 359	
Horizont- bezeichnung	archäologische u. bodenkundliche Schichtnummer
Ap <sub>1</sub>	16
Ap <sub>2</sub>	17
M <sub>1</sub>	18
M <sub>2</sub>	19
M <sub>3</sub>	8
P-Sd <sub>1</sub>	9
P-Sd <sub>2</sub>	MB1
Cv <sub>1</sub>	MB2
Cv <sub>2</sub>	MB3

Horizontüberblick Profile MB II u. MB III, Befund 359	
Horizont- bezeichnung	archäologische u. bodenkundliche Schichtnummer
Ap	16
M <sub>1</sub>	17
M <sub>2</sub>	18
M <sub>3</sub>	19
fAh-P	20
Bv-P	9a
P-Go	9b
Gr	12

Horizontüberblick Profile MB IV, MBV, MBVI Befund 351	
Horizont- bezeichnung	archäologische u. bodenkundliche Schichtnummer
M <sub>1</sub>	28
M <sub>2</sub>	28b
M <sub>3</sub>	45a
M <sub>4</sub>	45b
M <sub>5</sub>	45c/46
Cv <sub>1</sub>	MB1
Cv <sub>2</sub>	MB2
Cv <sub>3</sub>	MB3

