



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der wissenschaftlichen Arbeit

Sedimentologische und elementaranalytische
Untersuchungen an
Löss-/Paläobodensequenzen in der Umgebung von
Krems/Niederösterreich

Verfasser

Ingo Hofer

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im April 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 453

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Theoretische und angewandte Geographie

Betreuerin:

Univ.- Prof. Dr. Birgit Terhorst

Meinen Großeltern

Danksagung

Eine Vielzahl von Personen, denen ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte, hat die Entstehung dieser Diplomarbeit erst ermöglicht. Prof. Dr. BIRGIT TERHORST danke ich ganz besonders herzlich für die zeitaufwändige fachliche Betreuung der Diplomarbeit, des Studiums und der vielen gemeinsam verbrachten Geländetage sowie die viele Geduld. HR Dr. REINHARD ROETZEL (Geologische Bundesanstalt, GBA) sei vielmals für seine Unterstützung mit fachkundigem Rat im Gelände wie im Büro und Literaturhinweisen in der Konzeptions- und Durchführungsphase der Diplomarbeit gedankt. DI Dr. EDITH HASLINGER (GBA) und den gesamten Mitarbeitern der chemischen Analytik der GBA danke ich für die Geduld und die Unterstützung bei der Kohlenstoff- und Schwefelanalyse in der GBA. Ass.-Prof. Dr. ROBERT PETICZKA, Leiter des physiogeographischen Labors der Universität Wien, hat mich über viele Studienjahre hinweg betreut und gefördert. Vielen Dank. Ass.-Prof. Dr. FRANZ HOLAWA verdanke ich viele fachspezifische Erkenntnisse, die sich im Laufe des Studiums angereichert haben. Auch Ihnen sei recht herzlich gedankt. Für viele auf freiwilliger Basis freundschaftlich verbrachte Stunden im Gelände danke ich unserem Gerätetechniker Herrn Ing. BERNHARD GROISS. Dr. CHRISTINE NEUGEBAUER-MARESCH (Österreichische Akademie der Wissenschaften, Prähistorische Kommission) danke ich für die Unterstützung in Stratzing. Mag. THOMAS EINWÖGERER und Dipl. Ing. Mag. MARC HÄNDEL (Österreichische Akademie der Wissenschaften, Prähistorische Kommission) danke ich für ihre Hilfestellung in archäologischen Belangen und für das Dulden der Klappspaten auf akribisch geputzten Profilstellen. Ao. Prof. Dr. ROBERT SCHOLGER (Universität Leoben, Department für angewandte Geowissenschaften und Geophysik) danke ich für alle seine Anstrengungen und Betreuung im Bereiche der Paläomagnetik. Prof. Dr. BODO DAMM danke ich für die engagierte Begleitung und Beratung sowie die tatkräftige Unterstützung bei den Geländearbeiten. Dipl. Geogr. CHRISTINE THIEL war mit ihrer Erfahrung eine große Hilfe und profilierte sich im Gelände als Power-Frau in jederlei Hinsicht. Vielen Dank! Unserer Laborantin CHRISTA HERMANN danke ich für die gemeinsam verbrachte Zeit im Labor. Der Familie SURBÖCK, die die Schießstätte in Krems betreut, möchte ich meinen Dank aussprechen für die Geduld und Erlaubnis, auf dem Areal der Schießstätte Geländeaufnahmen durchzuführen. DI Mag. IVA JABUROVÁ gilt mein besonderer Dank. Ohne sie wäre das Verfassen dieser Diplomarbeit nicht möglich gewesen.

Schließlich sei allen Freunden gedankt, die über die Jahre zu mir gestanden sind. Vor allem ist mir Mag. MARKUS MRÁZ immer Inspiration und große Hilfe gewesen!

Meiner Freundin Mag. (FH) NINA PUTZENLECHNER danke ich für ihre großartige moralische sowie tatkräftige Unterstützung auf Herzlichste! Ich möchte an dieser Stelle ganz speziell und herzlichst meinen Großeltern, ohne die ich wohl nie studiert hätte, meiner Familie und der meiner Tante danken. Sie haben mich im Laufe der Studienzeit mit Rat und finanziellen Zuwendungen unterstützt, sehr viel Kraft gegeben und Beistand geleistet.

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	IX
KURZFASSUNG UND ABSTRACT	1
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	2
2 QUARTÄR	3
2.1 DEFINITION UND ZEITLICHE EINORDNUNG	3
2.2 UNTERTEILUNG UND VERLAUF	6
2.2.1 <i>Oberpliozän, Ältest- und Altpleistozän</i>	7
2.2.2 <i>Mittel- und jungpleistozäne Glaziale</i>	7
2.3 THEORIEN ZUR ENTSTEHUNG VON KALTZEITEN	10
2.4 QUARTÄRE PERIGLAZIALE SEDIMENTE	12
2.4.1 <i>Äolische Sedimente: Löss</i>	12
2.4.1.1 Entstehungsgeschichte	14
2.4.1.2 Charakteristika	17
2.4.1.2.1 Korngröße	17
2.4.1.2.2 Physikalische Parameter (Farbe, Textur, Schichtungseigenschaften) ..	17
2.4.1.2.3 Chemische Parameter (Karbonatgehalt)	18
2.4.1.2.4 Mineralogie	19
2.4.1.3 Verbreitung von Löss in Niederösterreich	20
2.4.2 <i>Aquatische Sedimente: Schotter</i>	21
2.4.3 <i>Methoden zur Datierung quartärer Sedimente</i>	23
2.4.3.1 Optisch stimulierte Lumineszenz (OSL) und Thermolumineszenz (TL)	27
2.4.3.2 Paläomagnetik	27
2.5 QUARTÄRE PALÄOBÖDEN	29
2.5.1 <i>Definition und Klassifikation</i>	29
2.5.2 <i>Mitteleuropäische fossile Böden und ihre Eigenschaften</i>	31
2.5.3 <i>Korrelationen und paläoökologische Interpretationen</i>	34
2.5.3.1 Der „Kremser Komplex“	36
3 BISHERIGE FORSCHUNGSTÄTIGKEITEN IN DEN UNTERSUCHUNGSGEBIETEN	40
3.1 SEDIMENTOLOGISCH-PALÄOPEDOLOGISCHE STUDIEN	40
3.2 ARCHÄOLOGISCHE AUSGRABUNGEN	42
4 METHODEN	43
4.1 SEDIMENTOLOGISCH-STRATIGRAPHISCHE GELÄNDEMETHODEN	43
4.2 LABORMETHODEN	44
4.2.1 <i>Sedimentologische Analyseverfahren</i>	44
4.2.1.1 Korngrößenverteilung	44
4.2.1.2 Karbonatgehalt	45
4.2.1.3 pH-Wert	46
4.2.2 <i>Elementaranalysen</i>	46
4.2.2.1 Gesamtkohlenstoff und Schwefelgehalt	46
4.2.2.2 Organischer Kohlenstoff	46
4.3 DATIERUNGSMETHODEN	47

4.3.1	<i>Paläomagnetische Methoden</i>	47
4.3.2	<i>Optisch stimulierte Lumineszenz</i>	48
5	UNTERSUCHUNGSGEBIET	49
5.1	GEOGRAPHISCHE LAGE	49
5.2	GEOLOGIE	52
5.2.1	<i>Das Paläozoikum der Böhmisches Masse</i>	52
5.2.1.1	Moravikum.....	53
5.2.1.2	Moldanubikum	54
5.2.1.3	Die Diendorfer Störung.....	55
5.2.2	<i>Das Perm von Zöbing</i>	56
5.2.3	<i>Das Tertiär der Molasse</i>	56
5.2.3.1	Sedimente des Pannoniums.....	57
5.2.3.2	Sedimente des Badeniums.....	58
5.2.3.3	Sedimente des Ottnangiums	58
5.2.3.4	Pliozäne Schotterlagen.....	59
5.2.4	<i>Quartäre Sedimente</i>	61
5.2.4.1	Löss	61
5.2.4.2	Pleistozäne Terrassensedimente.....	62
5.3	MORPHOLOGIE	65
5.3.1	<i>Natürliche Morphologie</i>	66
5.3.1.1	Trockentäler und Konkavitäten	68
5.3.1.2	Fluviale Terrassen.....	69
5.3.2	<i>Anthropogen geprägter morphologischer Formenschatz</i>	69
5.3.2.1	Terrassierungen	70
5.3.2.2	Hohlwege	70
5.4	HYDROLOGIE.....	71
5.4.1	<i>Fließgewässer</i>	72
5.4.2	<i>Grundwasser</i>	72
5.5	KLIMATOLOGIE.....	74
5.5.1	<i>Niederschlag</i>	75
5.5.2	<i>Temperatur</i>	77
5.5.3	<i>Wind, Windrichtung und Strahlung</i>	78
5.6	PEDOLOGIE	80
5.6.1	<i>Tschernoseme</i>	81
5.6.2	<i>Lockersediment-Braunerden und Braunerden</i>	82
5.6.3	<i>Rigolböden</i>	84
5.7	VEGETATION UND LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG	85
5.7.1	<i>Potentielle Vegetation</i>	85
5.7.2	<i>Aktuelle Vegetation und anthropogene Einflüsse nebst Nutzung</i>	87
6	ERGEBNISSE	89
6.1	PROFILE KREMS SCHIEßSTÄTTE	89
6.1.1	<i>Profil KSI 1</i>	90
6.1.1.1	Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie.....	90
6.1.1.2	Laboranalysen.....	98
6.1.1.2.1	Physikalische und chemische Analytik.....	98
6.1.1.2.2	Elementaranalysen: Kohlenstoff und Schwefel	105
6.1.1.3	Paläomagnetische Analysen	107
6.1.2	<i>Profil KSI 2</i>	109
6.1.2.1	Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie.....	109
6.1.3	<i>Profil KSI 3</i>	116

6.1.3.1	Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie.....	116
6.1.3.2	Laborergebnisse.....	120
6.1.3.2.1	Physikalische und chemische Analytik.....	120
6.1.3.2.2	Elementaranalysen: Kohlenstoff und Schwefel.....	126
6.1.4	<i>Zusammenfassung und Interpretation</i>	129
6.1.4.1	Profil KSI 1.....	129
6.1.4.2	Profil KSI 2.....	132
6.1.4.3	Profil KSI 3.....	133
6.2	PROFIL STRATZING ST 1.....	135
6.2.1	<i>Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie</i>	136
6.2.2	<i>Laborergebnisse</i>	143
6.2.2.1	Physikalische und chemische Analytik.....	143
6.2.2.2	Elementaranalysen: Kohlenstoff und Schwefel.....	150
6.2.3	<i>Ergebnisse der optisch stimulierten Lumineszenz (OSL)</i>	153
6.2.4	<i>Zusammenfassung und Interpretation</i>	154
7	DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	157
7.1	CHARAKTERISTIKA DER UNTERSUCHTEN LÖSSE.....	161
7.1.1	<i>Profile Krems Schießstätte</i>	161
7.1.2	<i>Profil Stratzing ST 1</i>	163
7.2	CHARAKTERISTIKA DER UNTERSUCHTEN PALÄOBÖDEN.....	165
7.2.1	<i>Paläoböden der Kremser Schießstätte</i>	165
7.2.2	<i>Paläoböden in Stratzing</i>	169
7.3	VERGLEICH DER UNTERSUCHTEN PROFILE.....	170
	LITERATURVERZEICHNIS.....	173
	QUELLENVERZEICHNIS.....	183
	BEILAGEN.....	I

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Klimatische Schwankungen vom Oberpliozän bis ins Holozän über MIS. Mit Paläomagnetik, Unterteilungen des Quartärs, Kaltzeiten, repräsentativen Lössprofilen sowie Schotterablagerungen. Quelle: WESSELY & DRAXLER (2002:236). Verändert, eigene Bearbeitung.....	6
Abbildung 2: Auszug aus den stratigraphischen Tabellen des Bayrischen Geologischen Landesamtes. Quelle: AD-HOC-AG GEOLOGIE DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE (SGD) UND DER BGR. Verändert, eigene Bearbeitung.	8
Abbildung 3: Die Komponenten der Schwankungen der Erdachse und –umlaufbahn. A: Exzentrizität der Erdumlaufbahn, B: Achsschiefe, C: Präzession der Umlaufbahn. Quelle: LOWE & WALKER (1997:14).	11

Abbildung 4: Die weltweite Verbreitung von Löss und lössartigen Ablagerungen. 1: Löss und lössartige Sedimente, 2: Lössderivate. Quelle: PÉCSI (1995:3).....	13
Abbildung 5: Schematische Darstellung von Voraussetzungen für Deflation von lössbildenden mineralischen Partikeln. Quelle: PYE (1995:657).....	15
Abbildung 6: Lössverbreitungskarte von Europa, Maßstab 1:2.500.000. Quelle: HAASE ET AL. (2005:1310).....	16
Abbildung 7: Verbreitung des Lösses in Niederösterreich nach FINK (1976). Untersuchungsgebiet mit rotem Kreis markiert. Quelle: LOISHANDL & PETICZKA (2005:144). Verändert, eigene Bearbeitung.....	20
Abbildung 8: Quartäre und pliozäne Schotterterrassen der Donau im Raum von Wien. Quelle: FAUPL (2003:241).....	22
Abbildung 9: Moränen und korrespondierende Schotterterrassen der Donau um Wien. Quelle: FAUPL (2003:240).....	22
Abbildung 10: Schematischer Ablauf der Sediment- und Bodenbildung in der trockenen Lösslandschaft Mitteleuropas. Quelle: PÉCSI & RICHTER (1996:85).....	24
Abbildung 11: Löss-Paläoboden-Abfolge mit paläomagnetischer Gliederung der Profile Kreams Schießstätte und Stranzendorf (nach FINK & KUKLA). Quelle: PÉCSI & RICHTER (1996:155).....	28
Abbildung 12: Sedimentprofil Wels/Aschet mit Horizontbezeichnungen. Quelle: TERHORST ET AL. (2008, <i>in press</i>).....	33
Abbildung 13: Beispiel für eine gelungene Korrelation von Löss-Paläosol-Sequenzen aus Karamaydan (Tadschikistan), Luochuan (China), Stari Slankamen, Nestin (Serbien), und Paks (Ungarn). Links: $\delta^{18}\text{O}$ -Temperaturkurve. Quelle: BRONGER (2003:14). Verändert, eigene Bearbeitung.	35
Abbildung 14: Zeichnung der von FINK und PIFFL aufgenommenen, ostexponierten, „mittleren“ Wand der Kremser Schießstätte mit 15 nummerierten Paläoböden. Quelle: FINK (1976:85).....	37
Abbildung 15: Sedimentologische Analyse der Aufschlüsse der Kremser Schießstätte - Sammelprofil nach VERGINIS/RABEDER 1987. Quelle: VERGINIS (1995:22 f.).....	38

Abbildung 16: Das Untersuchungsgebiet mit Krems und dem Kremsfeld in Niederösterreich (rote Markierung). Quelle: DIERCKE WELTATLAS ÖSTERREICH (1997:19). Verändert, eigene Bearbeitung.....	49
Abbildung 17: Das Untersuchungsgebiet im Detail (Markierung A: Profil Stratzing, Markierung B: Profile Krems Schießstätte). Quelle: BEV: Austrian Map online. Verändert, eigene Bearbeitung.	50
Abbildung 18: Geologische Großeinheiten im westlichen Niederösterreich. Die roten Flächen markieren die Böhmisches Masse, die gelben Quartär und Molasse. A: Gföhler Einheit, B: Drosendorf-Einheit, C: Ostrong-Einheit, D: Raabs-Einheit, 1: Moravikum. Quelle: GK200 von Niederösterreich (2002), Legende und Kurzerläuterungen. Verändert, eigene Bearbeitung.	53
Abbildung 19: Geologische Detailkarte von Krems Umgebung. Verlauf und Versatz der Diendorfer Störung von unten links nach oben rechts erkennbar. Rote Umrahmung: Untersuchungsgebiet, A: Granulit des Dunkelsteiner Waldes, B: Gföhler Gneis, C: Bunte Serie (Drosendorf-Einheit), D: Oncophora-Schichten (Ottningium), E: Hollenburg-Karlstettner Konglomerat (Pannonium), F: Kremsfeld (Quartäre Deckschichten). Quelle: GK200 von Niederösterreich (2002). Verändert, eigene Bearbeitung.	55
Abbildung 20: Oberpliozäne-ältestpleistozäne Schottervorkommen im Untersuchungsgebiet. Weite gelbe Flächen stehen für Lössbedeckung. A: Schotter der Rosenfeld-Terrasse, B: Schotter der Terrasse von Knocking, C: Schotterrest der Wachberg-Terrasse. Quelle: GK50 Blatt 38 Krems (1984). Verändert, eigene Bearbeitung.....	60
Abbildung 21: Terrassenniveaus um Melk (Geltungsbereich auch für Krems). Quelle: FINK (1965:316).....	64
Abbildung 22: Digitales Geländemodell des Profils Stratzing. Datenquelle: DGM des BEV. Quelle: PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2008). Verändert, Darstellung: Rainer Stummer.	65
Abbildung 23: Digitales Geländemodell der Kremser Schießstätte und Umgebung. Datenquelle: DGM des BEV. Quelle: PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2008). Verändert, Darstellung: Rainer Stummer.	65
Abbildung 24: Detaillierte Reliefkarte des Untersuchungsgebietes. Quelle: BEV: Austrian Map fly (2005). Verändert, eigene Bearbeitung	66

Abbildung 25: Blick vom Kremsfeld südlich des Gobelsberges in Richtung SO über die anthropogen terrassierte Lösslandschaft mit Vitikultur in das Tullner Feld. Quelle: Eigenes Foto, Aufnahme vom 10.05.2008	70
Abbildung 26: Auszug aus der eHYD, Gebiet Krems Umland mit Kremsfeld und Untersuchungsgebiet. Rote Schraffur: Grundwassergebiet nördliches und südliches Tullner Feld, grüne Signatur oben rechts: Grundwasserkörper Weinviertel, grüne Signatur unten Mitte: Grundwasserkörper Alpenvorland. Grüne Punkte: Grundwassermessstellen, schwarze Punkte: Pegelmessstelle, rote Punkte: Niederschlagsmesstelle. Quelle: Digitale hydrographische Karte der Republik Österreich (eHYD) des Lebensministeriums (BMLFUW).	73
Abbildung 27: Walter-Lieth – Diagramm der Klimastation Krems an der Donau. Daten von 1971-2001. Datenquelle: ZAMG. Erstellt mit GeoKlima 2.1, eigene Darstellung.	75
Abbildung 28: Durchschnittlicher Jahresniederschlag in mm um das Untersuchungsgebiet, die dünnen, schwarzen Linien geben Gemeindegrenzen wieder. Rot umrahmt: Gemeinde Krems und Stratzing. Quelle: NOELR, Homepage des Landes Niederösterreich. Verändert, eigene Bearbeitung.	76
Abbildung 29: Isothermenkarte der Zentralregion Niederösterreichs, die schwarzen Linien geben Gemeindegrenzen wieder. Rote Markierung bezeichnet Untersuchungsgebiet. Quelle: NOELR, Homepage des Landes Niederösterreich. Verändert, eigene Bearbeitung.	77
Abbildung 30: Windrichtungsdiagramme der Klimastation Krems an der Donau, links für das ganze Jahr monatlich und Gesamtjahresmittel, rechts für Jänner, Juli und Jahresmittel. Datenquelle: ZAMG. Eigene Darstellung.	78
Abbildung 31: Auszug aus der eBOD, Gebiet Krems Umland mit Kremsfeld und Untersuchungsgebiet. FB = Felsbraunerde, LC = Lockersediment-Rohboden, IU = Rigolboden, TS = Tschernosem, FS = Feuchtschwarzerde, GA = Grauer Auboden, BA = brauner Auboden, K = Bodenformkomplex. Quelle: Digitale Bodenkarte der Republik Österreich (eBOD) des Lebensministeriums (BMLFUW). Eigene Bearbeitung.	80
Abbildung 32: Profilzeichnungen für (von links nach rechts): Tschernosem (Kremsfeld), Rigolboden (Kremsfeld Westrand), Rigolboden (Kremsfeld Südrand), Lockersediment-Braunerde (nähe Langenlois). Quelle: Digitale Bodenkarte der Republik Österreich (eBOD) des Lebensministeriums (BMLFUW).	83

Abbildung 33: Lage der Kremser Schießstätte (Markierung). Quelle: BEV: Austrian Map online. Verändert, eigene Bearbeitung.	89
Abbildung 34: Topographische Skizze der Kremser Schießstätte. Rote Markierungen: 1 = KSI 1, 2 = KSI 2, 3 = KSI 3. Quelle: FINK 1976:82. Verändert, eigene Bearbeitung.	90
Abbildung 35: Detailaufnahme von links) schwach verbrauchtem fBcv-Horizont (KSI 1/1) und Löss (KSI 1/2) und rechts) rötlich-braunen fBt-Horizonten (KSI 1/15 bis KSI 1/17a). Quelle: Eigene Aufnahmen 08/2008, eigene Bearbeitung.....	92
Abbildung 36: Korngrößenverteilung in Prozent, Profil KSI 1	100
Abbildung 37: Profilzeichnung von KSI 1 mit Feldanalysedaten	103
Abbildung 38: Detailaufnahme von Lösshorizonten KSI 2/13 und KSI 2/14 sowie von lehmigem Übergangshorizont aus Löss (KSI 2/15). Im untersten Abschnitt KSI 2/16 noch als lehmiger fBt-Horizont erkennbar. Quelle: Eigene Aufnahme 01/2009, eigene Bearbeitung.	109
Abbildung 39: Profilzeichnung von KSI 2 mit Feldanalysedaten	114
Abbildung 40: Übersicht über Profil KSI 3, Nassböden KSI 3/7 und KSI 3/9 als graue Bänder ersichtlich. Quelle: Eigene Aufnahme 01/2009, eigene Bearbeitung.....	118
Abbildung 41: Korngrößenverteilung in Prozent, Profil KSI 3.....	122
Abbildung 42: Profilzeichnung von KSI 3 mit Feldanalysedaten	124
Abbildung 43: Lage des Profils ST 1 (Markierung) im Süden von Stratzing. Quelle: BEV: Austrian Map online. Verändert, eigene Bearbeitung.....	135
Abbildung 44: Detailaufnahme der Lösshorizonte links) ST 1/8 (heterogen, dreigeteilt) und rechts) ST 1/11 mit Holzkohleresten in der oberen Bildhälfte. Profil ST 1. Quelle: Eigene Aufnahmen 05/2008, eigene Bearbeitung.....	138
Abbildung 45: Detailaufnahme des Umlagerungshorizontes ST 1/16, Profil ST 1. Quelle: Eigene Aufnahme 05/2008, eigene Bearbeitung.....	140
Abbildung 46: Links) Detailaufnahme von Horizont ST 1/19d und rechts) Großaufnahme des Profils ST 1. Quelle: Eigene Aufnahmen 05/2008, eigene Bearbeitung.	142
Abbildung 47: Korngrößenverteilung in Prozent, Profil ST 1	146
Abbildung 48: Profilzeichnung von Profil ST 1 mit Feldanalysedaten.....	148

Abbildung 49: Geologisches Längsprofil der quartärbedeckten, östlichen Flanke des Wachtberg-Kuhberges mit Löss-Paläoboden-Sequenzen. Eigene Darstellung, nach: Eigenen Ergebnissen, nach der ÖK50 (1990: Blatt 38 Krems), GK50 (1984: Blatt 38 Krems), nach Ergebnissen aus dem PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2008), nach FINK (1976 und 1978) und GÖTZINGER (1936:8 ff.).....	159
Abbildung 50: Summenkurve und Häufigkeitsverteilung der Korngrößen ausgewählter Horizonte des Profils KSI 1. Eigene Darstellung.....	162
Abbildung 51: Summenkurve und Häufigkeitsverteilung der Korngrößen ausgewählter Horizonte des Profils KSI 3. Eigene Darstellung.....	162
Abbildung 52: Summenkurve und Häufigkeitsverteilung der Korngrößen ausgewählter Horizonte des Profils ST 1. Eigene Darstellung.	164
Abbildung 53: Ausschnitt aus der Detailzeichnung der Geländeaufnahme der Schießstätte mit Visualisierung des Streichens der Paläoböden. Rechter Bildteil stellt Skizze der in vorliegender Arbeit untersuchten Wand dar. Quelle: FINK (1978 Anhang: Tafel II)	167
Abbildung 54: Profilzeichnung Krems-Wachtberg, archäologische Aufnahme. Quelle: HÄNDEL ET AL. (2009:48).....	171

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Geologisch-stratigraphische Zeitskala für das Känozoikum mit Gliederung in Epochen Quartär, Neogen und Paläogen sowie Untergliederung nach Stufen. Eigene Darstellung nach PILLER ET AL. (2004), ICS (2009), OGG (2009) und WESSELY & DRAXLER (2002:236).....	5
Tabelle 2: Mineralogische Zusammensetzung von Lössvorkommen der Erde. Von links nach rechts: Quarz, Feldspat, Calcit, Dolomit, Glimmer. SD: Standardabweichungen. Quelle: PYE & SHERWIN 1999:220.	19
Tabelle 3: Übersicht über die pleistozänen und oberpliozänen Schotterkörper und –terrassen und ihre Altersbeziehungen bei Krems, Melk und Tulln. Quelle: FUCHS (1980:499), gekürzt. Eigene Darstellung.	63
Tabelle 4: Sedimentologische Ergebnisse, Profil KSI 1. fBt-Horizonte grau hinterlegt.	102
Tabelle 5: Ergebnisse der Elementaranalysen, Profil KSI 1	107
Tabelle 6: Ergebnisse der paläomagnetischen Untersuchungen. Probe 1.58 weist inverse Inklination auf. Quelle: Verändert nach SCHOLGER, schriftliche Mitteilung 01.05.2009.	108
Tabelle 7: Sedimentologische Ergebnisse, Profil KSI 3. fBt-Horizonte grau hinterlegt.	123
Tabelle 8: Ergebnisse der Elementaranalysen, Profil KSI 3.....	129
Tabelle 9: Sedimentologische Ergebnisse, Profil ST 1.....	147
Tabelle 10: Ergebnisse der Elementaranalysen, Profil ST 1	152
Tabelle 11: IRSL – Alter für ausgewählte Horizonte des Profils ST 1. Quelle: THIEL ET AL. (eingereicht), Table 3.....	153
Tabelle 12: fBt-Pedokomplexe in Profilen KSI 1 und KSI 3. Eigene Darstellung.	166
Tabelle 13: Bv-Horizonte der Profils ST 1. Eigene Darstellung.	169

KURZFASSUNG UND ABSTRACT

Die Umgebung von Krems in Niederösterreich ist für ihre quartäre Lössbedeckung bekannt, in die fossile Bodenbildungsphasen aus Interglazialen und Interstadialen eingeschlossen sind. Die Kremser Schießstätte und der Bereich südlich der Ortschaft Stratzing am Fuße des Galgenberges bei der Paläolith-Station, die zusammen das Untersuchungsgebiet darstellen, bieten zwei besonders heterogene Beispiele für diese klima- und landschaftsarchivarischen, als Profile aufgeschlossenen Sedimentabfolgen. Eines der Profile wurde in Stratzing und drei in der Schießstätte gegraben. Die aus den vier Profilen horizontweise entnommenen Proben wurden chemisch (pH, Karbonatgehalt), physikalisch (Korngrößen) und elementaranalytisch (Schwefel- und organischer Kohlenstoffgehalt) analysiert. Die Lössbedeckung und Paläoböden in Stratzing erwies sich als jung- bis mittelpleistozän, die der Kremser Schießstätte ebenso. Mehrere Paläoböden wurden gefunden und analysiert, darunter ein 3,3 m mächtiger, aus mehreren Interglazialen stammender Paläobodenkomplex (acht fossile Bt-Horizonte) mit hohem Tongehalt (35-40 %) in der Kremser Schießstätte, Profil KSI 1. Die Verlehmungszonen (alle fossilen Bt- und die Bv-Horizonte in Stratzing) konnten dem Mittelpleistozän zugeordnet werden. Die entdeckten Nassböden konnten in der Schießstätte ins Jungpleistozän, also ins Würmglazial eingeordnet werden.

Außerdem wurde die Datierung je eines Profils durch OSL (Stratzing ST 1) und Paläomagnetik (Krems Schießstätte KSI 1) durchgeführt. Die Konservierung der Paläoböden im kaltzeitlich äolisch abgelagerten, mineralischen Löss ermöglicht die Rekonstruktion der paläoökologischen Bedingungen im Quartär und erlaubt Rückschlüsse auf die Landschaftsgenese, was in dieser Arbeit schlussfolgernd gezeigt werden soll.

The surrounding area of Krems in Lower Austria is well known for its loess-palaeosol sequences. Four profiles have been excavated in the study area: one at Stratzing next to the archeological station Galgenberg and three in the shooting range of Krems, where samples have been taken from all geologic horizons (except profile KSI 2). Detailed information about the palaeoenvironmental development in the Quaternary have been obtained by chemical, physical and sulphur-carbon (organic and total) analysis of the samples. Further dating methods (luminescence dating and palaeomagnetism) have been applied to samples taken from the four profiles. The results show, that the loess covering well-developed, conserved, fossile Bt- (in Stratzing Bv-) soil horizons has been accumulated in the Tarantian Stage and the well-developed soils were formed in Ionian Stage. A 3.3 m thick pedokomplex ranging over 8 interglacial Bt-horizons with a high clay content from 35-40 % of mass was discovered in the shooting range profile KSI 1. As final result the landscape evolution is shown in this thesis.

1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Erforschung des Quartärs, des jüngsten geologischen Zeitabschnitts dient der Analyse von Paläoklima und Umwelt, In diesem System entwickelte sich im Wesentlichen der Mensch. Ein weiterer Zweck ist die Abschätzung von möglichen zukünftigen Veränderungen im Geoökosystem. Im heutigen Zeitabschnitt, welcher durch naturräumliche Veränderungen teilweise durch menschliche Eingriffe in das Ökosystem geprägt ist, kommt es oft zu problematischen ökologischen Folgeerscheinungen. Zur besseren Abschätzung dieser Folgen und zur gezielten, zukunftsorientierten Intervention zugunsten des Erhalts optimaler Lebensbedingungen, ist die Wissenschaft gefragt, Möglichkeiten aufzuzeigen. Die Debatte um rezente, anthropogen verursachte Klimaveränderungen und die Abschätzung ihrer Folgen erfordert wissenschaftlich fundierte Perspektiven. Die Kenntnis der vergangenen klimatischen Entwicklung und deren Auswirkungen auf die Ökologie eröffnet Gestaltungsspielraum und Handlungsstrategien für die Zukunft.

Während des Quartärs wechselten die klimatisch-ökologischen Bedingungen mehrmals von warmzeitlich zu kaltzeitlich. Löss-Paläoboden-Sequenzen mit ihren biogenen Einschlüssen eröffnen uns einen Einblick in die letzten 2,5 Mio. Jahre, wie sonst keine anderen terrestrischen Sedimente. Sie dokumentieren die Landschaftsgenese (vgl. PÉCSI 1996). Die vorliegende Arbeit soll der Versuch sein, durch sedimentologisch-paläopedologische Arbeits- und Analysemethoden in der Umgebung von Krems (Kremser Schießstätte und Stratzing) einen Überblick über die durch geoökologische Veränderungen bedingte Landschaftsgenese im Quartär zu gewährleisten, sie nachvollziehbar zu machen und zu interpretieren. Diese geoökologischen Veränderungen gehen primär von Klimaschwankungen aus, welche Auswirkungen auf Litho-, Hydro-, Pedo-, und Biosphäre haben. Einen Teil der genannten Veränderungen in einem räumlich begrenzten Bereich zu erfassen, indem Löss und Paläoböden analysiert und verglichen werden, soll in vorliegender Arbeit versucht werden.

Zunächst soll das Quartär thematisiert werden, eine zeitliche Abgrenzung erfolgen und dessen Charakteristika und Erscheinungen beschrieben werden. In einem nächsten Schritt soll auf bisherige wissenschaftliche Untersuchungen im Untersuchungsgebiet hingewiesen werden. Der Beschreibung der methodologischen Vorgangsweise ist ein weiteres Kapitel gewidmet. Im Anschluss daran wird das Untersuchungsgebiet vorgestellt und dessen heutige geoökologischen Merkmale beschrieben. Die Ergebnisse der Studien und Analysen im Gebiet werden anschließend thematisiert. Das letzte Kapitel soll aus den Ergebnissen schlussfolgernd eine Rekonstruktion des Paläoreliefs liefern, es soll eine Interpretation der Ergebnisse erstellt und sich daraus eventuell ergebende Fragen aufgeworfen werden. Auch soll eine vergleichende Diskussion der Ergebnisse erfolgen.

2 QUARTÄR

2.1 Definition und zeitliche Einordnung

Das Quartär ist ein geologisches System, das rezent in seiner Definition und in seinem Recht auf Existenz in der geologischen Zeitskalierung in der INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (ICS) angezweifelt wurde. Die ICS weist es nach einer umstrittenen Entscheidung 2004 nicht mehr im INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART 2004 (ICS 2004) aus. In der STRATIGRAPHISCHEN TABELLE VON ÖSTERREICH 2004 (PILLER ET AL. 2004) ist das Quartär noch als Subsystem des Neogens verzeichnet. Nach internem Widerstand gegen die Entscheidung, wurde das Quartär 2008 im INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART 2008 (ICS 2008) als System, das Holozän und Pleistozän umfasst, wieder aufgenommen. Dabei ist die Untergrenze des Quartärs mit 2,588 Mio. Jahren beziffert, die Untergrenze des Pleistozäns jedoch noch nicht endgültig geklärt (1,806 oder 2,588 Mio. Jahre BP). Im INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART 2009 (ICS 2009) fällt die Untergrenze des Quartärs mit der des Pleistozäns und der des in das Quartär aufgenommenen Gelasians mit 2,588 Mio. Jahren zusammen (vgl. PILLANS & NAISH 2004, PILLER ET AL. 2004, ICS 2004, ICS 2008, ICS 2009). Als *Global Boundary Stratotype Section and Point* (GSSP) des Calabrians (Alt- und Ältestpleistozän, vgl. WESSELY & DRAXLER 2002:236) in Abgrenzung zum Gelasian wird von der ICS die Ortschaft Vrica in Süditalien angegeben. Als GSSP des Gelasians und gleichzeitig als Demarkation zwischen den Systemen Quartär und Neogen wurde der Monte San Nicola auf Sizilien, Süditalien, festgelegt (OGG 2009).

Die Vrica-Section liegt bei Kroton in Kalabrien und wurde aufgrund ihrer geologischen Eigenschaften als einstige Untergrenze zwischen Pleistozän und Pliozän festgelegt. Die Vrica-Section ist eine vollmarine Folge (vgl. AGUIRRE & PASINI 1985:117, THOME 1998:5 f.).

In der vorliegenden Arbeit wird die Quartäruntergrenze der verwendeten Literatur, die aus der Zeit von vor 2009 stammt, angepasst und mit 1,806 Mio. Jahren angegeben. Das Gelasium wird somit als Stufe des Pliozäns, die dem alten Oberpliozän (2,6 Mio. J. bis 1,77 Mio. Jahre BP) entspricht, gehandhabt (vgl. WESSELY & DRAXLER 2002:236). Außerdem wird für die zwei Systeme Neogen und Paläogen der Begriff des Tertiärs verwendet.

Das Quartär umfasst nach THOME (1998:5) das „[...] jetzt herrschende natürliche Erdregime, die heutige Verteilung der Meere und Kontinente mit noch lebenden („modernen“) Faunen und Floren, aber auch das Neuerscheinen und Aussterben mancher Lebensformen und krasse Klimawechsel der letzten 2-3 Millionen Jahre [...]“.

Das Quartär umfasst das Holozän und das Pleistozän und inkludiert als System die letzten 2,588 Mio. Jahre (bis 2009: 1,806 Mio. Jahre) (vgl. ICS 2004, ICS 2008, ICS 2009).

Das warme Tertiär geht mit einer langsamen Klimaverschlechterung in das Quartär über. Charakteristisch für das Quartär sind die vielfachen Klimaschwankungen. Der Verlauf des gesamten Quartärs umfasst einen frühen Abschnitt mit kleineren klimatischen Schwankungen und einen späten mit großen Kaltzeiten (THOME 1998:20).

Das Quartär ist aber nicht nur durch den Wechsel von Kaltzeiten (Glazialen) und Warmzeiten (Interstadialen) gekennzeichnet, sondern durch die Kombination der hohen Amplitude und Frequenz von rhythmischen klimatischen Oszillationen zusammen mit der ausgeprägten Intensität der Glaziale (bis 15°C Fluktuation in der Jahresdurchschnittstemperatur zwischen Glazial und Interglazial) (LOWE & WALKER 1997:1). Es wird zwischen Glazialen, Interglazialen und kurzen Interstadialen während der Glaziale unterschieden (LOWE & WALKER 1997:8).

Glaziale umfassen längere Intervalle mit einer Dauer von 50.000 bis 100.000 Jahren, Interglaziale kürzere von 15.000 bis 30.000 Jahren (THOME 1998:46). Ein Glazial charakterisiert sich durch die große Anhäufung von Eismassen infolge der Absenkung der Durchschnittstemperaturen und Schneegrenzen (um 1.000-1.300 m gegenüber der heutigen) weltweit und zunehmender Aridität am Höhepunkt der Kälteperiode (Inlandeis, Gletscher, Eisschilde) (THOME 1998:47). Ein Interglazial zeichnet sich durch ein warmes Temperaturregime aus, welches dem des Hölözäns gleicht bzw. noch wärmer temperiert ist. In den mittleren Breiten entstehen typischerweise Waldgebiete (LOWE & WALKER 1997:8). Die Eismassen und Gletscher zogen sich während der kurzen Interglaziale in kürzester Zeit zurück (FAUPL 2003:242).

Ein Interstadial ist hingegen ein kurzlebiges Intermezzo innerhalb eines Glaziales, dessen mittlere Temperatur leicht anstieg, ohne das heutige Niveau zu erreichen. Boreale Wälder breiteten sich während Interstadialen in den Ebenen der mittleren Breiten aus (LOWE & WALKER 1997:8).

Während der Höhepunkte der quartären Glaziale entwickelten sich drei große Inlandeismassen auf der Nordhemisphäre: Nordeuropa mit nördlichem Asien, Grönland und nördliches Nordamerika. Auf der Südhemisphäre vereiste die Antarktis. In Europa gab es zwei Hauptvereisungsbereiche: Das Nordeuropäische Inlandeis und die Alpen mit Alpenvorland. Zwischen den Alpen und dem Nordeuropäischen Inlandeis erstreckten sich eisfreie, periglaziale Bereiche (FAUPL 236 f. und vgl. LOWE & WALKER 1997:5).

Die Gliederung der känozoischen Systeme Quartär, Neogen und Paläogen in Serien und Stufen (nur Quartär und Neogen in Stufen aufgeteilt) nach der ÖSK (Österreichische Stratigraphische Kommission) und nach der ICS (International Commission on Stratigraphy) wird in Tabelle 1 dargestellt. Während der Glaziale wurde in den Weltmeeren der $\delta^{18}\text{O}$ -Wert von 4,6 ‰ überschritten (WESSELY & DRAXLER 2002:241).

Abbildung 10 zeigt den Ablauf von Kaltzeit-Warmzeit-Zyklen mit allen klimatisch-ökologischen Veränderungen, die sich abspielten.

Tabelle 1: Geologisch-stratigraphische Zeitskala für das Känozoikum mit Gliederung in Epochen Quartär, Neogen und Paläogen sowie Untergliederung nach Stufen. Eigene Darstellung nach PILLER ET AL. (2004), ICS (2009), Ogg (2009) und WESSELY & DRAXLER (2002:236).

Äonothem - Äon	Ärathem - Ära	System - Periode	Serie - Epoche	Stufe - Alter der ÖSK (in vorliegender Arbeit verwendet)	Untergrenze [Mio. J.]	Stufe - Alter ICS 2009	Untergrenze [Mio. J.]		
Phanerozoikum (542 Mio. J.)	Känozoikum (65,5 Mio. J.)	Quartär (2,588 Mio. J.)	Holozän (0,0117 Mio. J.)						
			Pleistozän (2,588 Mio. J.)	Jungpleistozän	0,126	Upper (Tarantian Stage)	0,126		
				Mittelpleistozän	0,781	"Ionian" Stage	0,781		
				Alt- und Ältestpleistozän	1,806	Calabrian Stage	1,806		
		Gelasium (Romanium)*		2,588	Gelasian Stage	2,588			
		Pliozän (5,332 Mio. J.)	Unterpliozän (Romanium)*	3,600	Piacentian Stage	3,600			
			Oberpliozän (Dacium)	5,332	Zanclean Stage	5,332			
		Neogen (23,03 Mio. J.)	Miozän (23,03 Mio. J.)	Pontium (Pont)	7,246	Messinian Stage	7,246		
				Pannonium (Pannon)	11,608	Tortonian Stage	11,608		
				Sarmatium (Sarmat)	12,7	Serravallian Stage	13,82		
				Badenium (Baden)	15,97				
				Karpatium (Karpát)	16,9	Burdigalian Stage	20,43		
				Ottnangium (Ottnang)	18,4				
				Eggenburgium (Eggenburg)	20,43				
				Egerium (Eger)	25,9	Aquitanian Stage	23,03		
		Paläogen (65,5 Mio. J.)	Oligozän (33,9 Mio. J.)						
			Eozän (55,8 Mio. J.)						
			Paläozän (65,5 Mio. J.)						

*Romanium = Gelasium + Unterpliozän

2.2 Unterteilung und Verlauf

Abbildung 1 veranschaulicht den Verlauf des Quartärs mit seinen häufigen Wechseln zwischen Kälte- und Wärmeperioden, die hier durch die $\delta^{18}\text{O}$ – Methode bestimmt wurden. Nummerierte Isotopenstadien mit Rahmen bezeichnen Warmzeiten, ohne Rahmen Kaltzeit.

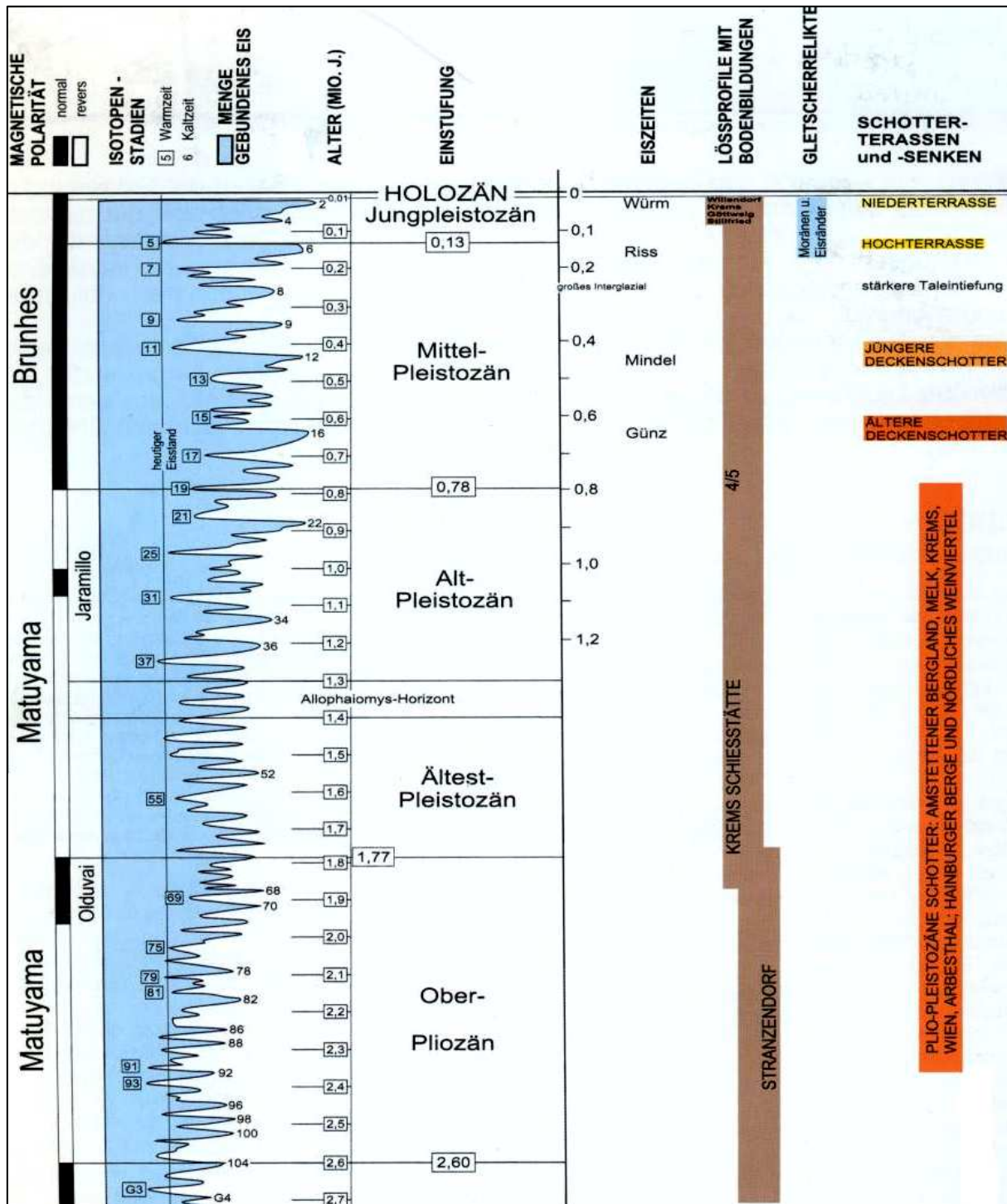


Abbildung 1: Klimatische Schwankungen vom Oberpliozän bis ins Holozän über MIS. Mit Paläomagnetik, Unterteilungen des Quartärs, Kaltzeiten, repräsentativen Lössprofilen sowie Schotterablagerungen. Quelle: WESSELY & DRAXLER (2002:236). Verändert, eigene Bearbeitung.

Eine bis an den Beginn des Pleistozäns reichende Quartärstratigraphie wurde durch Lössprofile wie das der Schießstätte in Krems (vgl. Abbildung 1) erstellt. Durch Anwendung verschiedener Datierungsverfahren wurden 17 quartäre Warm-Kaltzeitzyklen identifiziert (DRAXLER 1980:65). In der Kremser Schießstätte wurden Löss und Paläoböden seit dem Ältestpleistozän konserviert. Sie ziehen sich über die Brunhes-Matuyama-Grenze durch das gesamte Pleistozän. Es handelt sich um das einzige bekannte Lössprofil in Mitteleuropa, welches auch die älteren Abschnitte des Pleistozäns umfasst. Mindestens neun volle Eiszeitzyklen sind zwischen dem Ende des Olduvai-Events und der Brunhes-Matuyama-Grenze nachvollziehbar (vgl. Abbildung 1) (WESSELY & DRAXLER 2002:239, DRAXLER 1980:66).

2.2.1 Oberpliozän, Ältest- und Altpleistozän

Im Unterpliozän war das Klima gemäßigt warm, feucht und ohne Anzeichen von glazialen Konditionen. Im Oberpliozän (vor 2,7 bis 1,8 Mio. J.; Gelasian nach ICS 2009) zeigen sich bereits Anzeichen einer Abkühlung, wie das Profil Stranzendorf beweist, das pliozänen und ältestpleistozänen Löss und Paläoböden beinhaltet. Zu Beginn des Alt- und Ältestpleistozäns vor 1,81 Mio. Jahren (vgl. PILLER ET AL. 2004) wurde das Klima zunehmend kälter (WESSELY & DRAXLER 2002:238 ff.).

Der Beginn des Ältestpleistozäns vor ca. 1,8 Mio. Jahren ist mit der Immigration der kälteliebenden planktonischen Foraminifere *Globorotalia truncatulinoides* ins Mittelmeer festgesetzt. Nach dem Forschungsstand des Jahres 2002 gab es im Ältest- und dem größten Teil des Altpleistozäns bis vor ca. 0,9 Mio. Jahren keine ausgesprochen glazialen Bedingungen. Es gab aber verstärkte und sich weiter verstärkende Klimaschwankungen nebst leichter Abkühlung (WESSELY & DRAXLER 2002:239). Die Abkühlung ist auf Abbildung 1 durch die marinen Isotopenstadien (MIS) nachvollziehbar. Es ist auch ersichtlich, dass die klimatischen Schwankungen stärker werden.

2.2.2 Mittel- und jungpleistozäne Glaziale

Das Mittelpleistozän begann vor ca. 0,78 Mio. Jahren mit dem Wechsel des reversen Matuyama-Chrons zum normal gepolten Brunhes-Chron. Das Jungpleistozän schließt vor ca. 0,13 Mio. Jahren daran an. Die Sauerstoffisotopenkurven auf Abbildung 1 zeigen die extremen Vereisungen auf der Nordhemisphäre (WESSELY & DRAXLER 2002:239).

Glaziale wurden von PENCK und BRÜCKNER 1909 erstmals beschrieben und benannt (chronologisch aufsteigend: Günz, Mindel, Riß und Würm). Während jeder Vereisung lagerte Schmelzwasser der vereisten Gebiete Schotter in den periglazialen Bereichen ab, die sich terrassenförmig anordneten (siehe Kap. 2.4.2) und zeitlich fortschreitend durch fluviale

Nach der Adhémar-Croll-Milankovich–Theorie fanden die zwei Phasen des Günz-Hochglazials vor ca. 0,55 und 0,59 Mio. Jahren statt (CATT 1986:19).

- *Mindel*: Die Extremvereisungsphase des mittelpleistozänen Mindel korreliert mit MIS 12. (WESSELY & DRAXLER & 241). Die besonders lang andauernde interglaziale Phase Mindel/Riß zwischen MIS 12 und MIS 6 wird als „Großes Interglazial“ (veraltet) bezeichnet. Die Schotter der Mindel-Eiszeit sind nach der Studie von PENCK und BRÜCKNER VON 1909 besonders stark verwittert, was auf die lange Dauer des Interglazials Mindel/Riß schließen lässt oder aber auch auf Verwitterung während unterschiedlicher Interglaziale (WESSELY & DRAXLER 2002:241, DRAXLER 1980:65). Die Stratigraphischen Tabellen des Bayerischen Geologischen Landesamtes (AD-HOC-AG GEOLOGIE DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE (SGD) UND DER BGR) weisen dem Mindel-Komplex mit Interglazialen und Interstadialen hingegen den Zeitraum zwischen MIS 15 und 12 zu, also eine Dauer von ca. 200.000 Jahren.
- *Riß*: Das MIS 6 entspricht dem Stadium der Extremvereisung des mittelpleistozänen Riß (WESSELY & DRAXLER 2002:241). Nach der Adhémar-Croll-Milankovich–Theorie fanden die zwei Phasen des Riß-Hochglazials vor ca. 0,23 und 0,19 Mio. Jahren statt (CATT 1986:19). Nach den Stratigraphischen Tabellen des Bayerischen Geologischen Landesamtes (AD-HOC-AG GEOLOGIE DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE (SGD) UND DER BGR) beträgt die Dauer des Riß-Komplexes von MIS 11 bis 6 ca. 260.000 Jahre.
- *Würm*: Das Stadium der Extremvereisung des Würm-Glaziales (in Deutschland: Weichsel-Glazial) wird mit dem MIS 2 korreliert. Es umfasst das gesamte Jungpleistozän (vgl. WESSELY & DRAXLER 2002:241) und ist das wohl am besten erforschte Glazial. Die Riß/Würm-Warmzeit (Eem-Interglazial in Deutschland, entspricht MIS 5, ca. 130.000–120.000 J. BP; Temperaturmittel nach DRAXLER [1980:66] von 2-3 C über dem heutigen) markiert den Beginn des ca. 120.000 Jahre und MIS 5 bis 2 umspannenden Würm-Glaziales.

Die erste Phase des Würm umfasst das Frühwürm (drei Kaltzeiten, zwei Interstadiale), die zweite das Mittelwürm und die dritte eine glaziale Spätphase (Hoch- oder Spätwürm). Das Frühwürm dauerte ca. von 120.000 bis 65.000 J. BP und das Mittelwürm von 65.000 bis 34.000 Jahren BP (WESSELY & DRAXLER 2002:244 f.), nach FAUPL (2003:242) bis 31.000 BP, was als aktuelleres Datum in dieser Arbeit verwendet wird.

Das Spätwürm, in welches das MIS 2 fällt (WESSELY & DRAXLER 2002:241), dauerte nach WEGMÜLLER (2006:147) von ca. 28.000 bis 10.000 J. BP. Der Höchststand der alpinen Vergletscherung fällt nach FAUPL (2003:242) in den sehr breiten Zeitraum von 31.000 bis 21.000 J. BP. Der Höhepunkt der Vereisung (Hochglazial) wird in der

Literatur aber häufiger mit einem Zeitintervall von 22.000 bis 18.000 J. BP angegeben; es herrschte eine Steppenvegetation vor (DRAXLER 1980:67, KOHL 1998:212). Es ist umstritten, ob es während des Mittelwürms klimatisch so warm war wie das heutige Klima. Nach DRAXLER (1980:67) belegen das Nadelhölzer- und Torffunde in Schottern bei Schwarzach (Salzburg), die über ^{14}C mit 36.000 J. BP und älter datiert wurden, was auf mittelwürmzeitliche Klimaverbesserung schließen lässt. Knochenfunde der jeweiligen Fauna aus verschiedenen Höhlen Niederösterreichs belegen die klimatischen Verhältnisse der genannten Würmabschnitte (WESSELY & DRAXLER 2002:244 f.). Es gilt als gesichert [...], dass im Jung-Würm die extremsten kalt-kontinentalen Klimabedingungen herrschten [...]" (BRANDTNER, 1956:157).

Im Alpenraum finden sich kaum frühwürmzeitliche Sedimente wie Moränenschutt, nur im periglazialen Raum wurden Lössprofile wie Stillfried/March gefunden, die das Frühwürm belegen (DRAXLER 1980:66 f.). Im Inntal bei Baumkirchen wurden Bändertonablagerungen mit Pollen einer Tundravegetation analysiert, die mit 30.000 bis 26.000 J. BP datiert wurden. Im Anschluss setzte die maximale Würmvereisung mit einem Eisstromnetz von bis zu 1.500 m Mächtigkeit im Ostalpenraum ein.

Das Spätglazial dauerte von 17.000 bis 11.700 J. BP (vgl. KOHL [1998:202] und Tabelle 1) und war von schnellen, periodischen Gletschervorstößen und-rückzügen geprägt (FAUPL 2003:242). Binnen weniger hundert Jahre zogen sich die Gletscher mit Unterbrechungen (Gletschervorstöße mit Höhepunkt: Bühl 17.000 J. BP, Gschnitz 13.500 J. BP, Daun 12.000 J. BP, Egesen 11.000 J. BP) aus den Alpentälern zurück (FAUPL 2003:242). Die Jüngere Dryas (Dauer von 12.700 bis 11.600 J. BP) stellt die letzte kalte Phase mit periglazialen Bedingungen in Mitteleuropa dar (DAMM & TERHORST 2009:7, eingereicht). Das Holozän beginnt mit dem Jahr 11.784 BP mit einem GSSP im NorthGRIP-Eiskern in Grönland in 1492,45 m Tiefe (OGG 2009).

2.3 Theorien zur Entstehung von Kaltzeiten

Seit den letzten zwei bis drei Milliarden Jahren kam es auf der Erde periodisch zu Kaltzeiten. Im Verhältnis zu den wärmeren, zum Teil komplett eisfreien Zeitabschnitten, die 200-300 Mio. Jahre andauerten, waren sie eher von kurzer Dauer, die Vereisungsperiode des Permokarbons (vor ca. 320-260 Mio. Jahren, Vereisung von Gondwana) dauerte 20-30 Mio. Jahre (THOME 1998:11 f.).

Die Verteilung der Landmassen über die Erde ist eine Voraussetzung für die Entstehung von Eismassen an den Polen. Die *Polarkoinzidenz-Theorie* von FAIRBRIDGE besagt, dass größere Landmassen in den Polbereichen vorhanden sein müssen, damit sich Inlandeismassen, die im Gegensatz zum Meerespackeis (maximal wenige Meter dick) mehrere tausend Meter

mächtig werden können. Die Theorie erklärt jedoch nur einen Voraussetzungs-komplex für die Entstehung von Glazialen (FAUPL 2003:243).

Besonders wesentlich zur Erklärung der glazialen Phänomene ist die *Adhémar-Croll-Milankovich-Theorie*. Sie besagt, dass durch die Änderung von Erdbahnelementen Klimaschwankungen verursacht werden. Nach LOWE & WALKER (1997:14) ändert sich die Präzession der Erde in Zyklen von 21.000 Jahren, die Schiefe der Erdachse in Zyklen von 42.000 Jahren ($24,5^\circ$ bis $21,5^\circ$ Achsneigung) und die Erdumlaufbahn um die Sonne in ihrer Exzentrizität alle 96.000 Jahre. Diese Schwankungen der Erdachse, die auf Abbildung 3 dargestellt werden, bewirken nach den Sonneneinstrahlungskurven von MILANKOVICH eine Veränderung in der Sonneneinstrahlung, was eine Abkühlung zur Folge hat. Die Theorie, die von 1842 (Adhémar) über 1867 (Croll) bis zu den Berechnungen der Strahlungskurven für verschiedene Breitenzonen von Milankovich 1930 entwickelt wurde, gilt für das Pleistozän als bestätigt (FAUPL 2003:232 und 244, CATT 1986:19 f., LOWE & WALKER 1997:12 ff.).

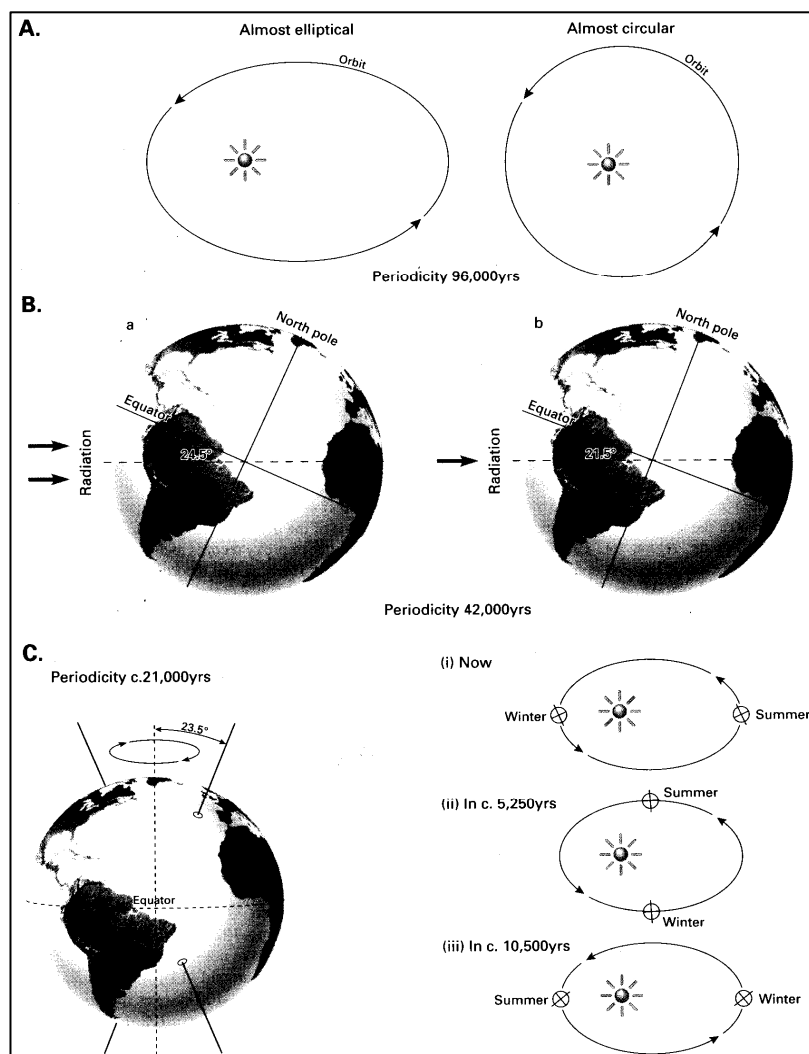


Abbildung 3: Die Komponenten der Schwankungen der Erdachse und -umlaufbahn. A: Exzentrizität der Erdumlaufbahn, B: Achsschiefe, C: Präzession der Umlaufbahn. Quelle: LOWE & WALKER (1997:14).

Weitere Ansätze zur Erklärung der Entstehung von Glazialen wurden in den *Meeresströmungen* gefunden: Bestimmte Kontinentalkonfigurationen mit entsprechenden Meeresströmungen mit dem Zusammenspiel der Variation der Erdbahnelemente könnte das Weltklima entsprechend beeinflussen. Durch Änderungen der Salzkonzentration der Weltmeere und die dadurch bewirkten Störungen im marinen Energietransfer kann die thermohaline Zirkulation einen der größeren kausalen Komplexe für die Entstehung von Kaltzeiten darstellen (FAUPL 2003:244, LOWE & WALKER 1997:15). Auch kann die Adhémar-Croll-Milankovich-Theorie besonders langfristige Glazialperioden (Dauer eines Zyklus über komplette Ära und länger) nicht erklären. Die 1975 von MCCREA wiederaufgegriffene *Theorie von HOYLE & LITTLETON* (1939) besagt, dass von Eiszeiten durchsetzte Zeitabschnitte ca. alle 250 Mio. Jahre stattfinden, nachdem unser Sonnensystem kosmische Staubbahnen, die an einen Spiralarm unserer Galaxie angrenzen, passiert hat. Diese Gas- und Staubwolken bewirken eine Minderung der Sonneneinstrahlung (CATT 1986:20 f., FAUPL 2003:244).

2.4 Quartäre periglaziale Sedimente

Unter quartären, periglazialen Sedimenten versteht man Ablagerungen, die im Quartär im Umkreis von eiszeitlichen Gletschern, also auf gletscherfreiem, kaltem Gebiet abgelagert wurden. Die Sedimente sind zum Teil im Kontext mit glaziogenen, abrasiven Prozessen im vereisten Gebiet zu sehen, aus dem sie stammen und aus dem sie verlagert werden (vgl. THOME 1998:142). Für die Forschung werden häufig Löss und Schotter herangezogen.

Im Untersuchungsgebiet wurden Löss und Schotter gefunden, während weitere quartäre Sedimente praktisch nicht vorkamen. Schotter und Löss werden als repräsentative Sedimente im untersuchten Bereich betrachtet und die Sedimenttheoriekapitel beschäftigen sich daher primär mit ihnen.

2.4.1 Äolische Sedimente: Löss

Löss ist nach CATT (1986:36) das weltweit am weitesten verbreitete periglaziale, äolische Sediment. Es bedeckt sehr weite Flächen Osteuropas und Zentralasiens, Nordamerikas, Nordafrikas und Argentinien. Er erstreckt sich also auf die gemäßigten Breiten und erreicht Mächtigkeiten von mehr als 100 m, im Normalfall >30 m.

Löss bedeckt ca. 10 % der Erdoberfläche. Die größten dokumentierten Mächtigkeiten von Lössauflagen befinden sich in Nordchina am Lössplateau, das ca. 276.000 km² bedeckt. In Zentraleuropa erstreckt sich ein diskontinuierlicher Lössgürtel von Nordfrankreich bis in die Ukraine (vgl. LOWE & WALKER 1997:121). Abbildung 4 stellt die weltweite Lössverbreitung dar. Löss ist im Gegensatz zu sandbedeckten Gebieten ausgesprochen fruchtbar: Über 80 %

des weltweit produzierten Getreides wächst auf Lössböden. Lössgebiete sind daher die Kornkammern der Erde (THOME 1998:169).

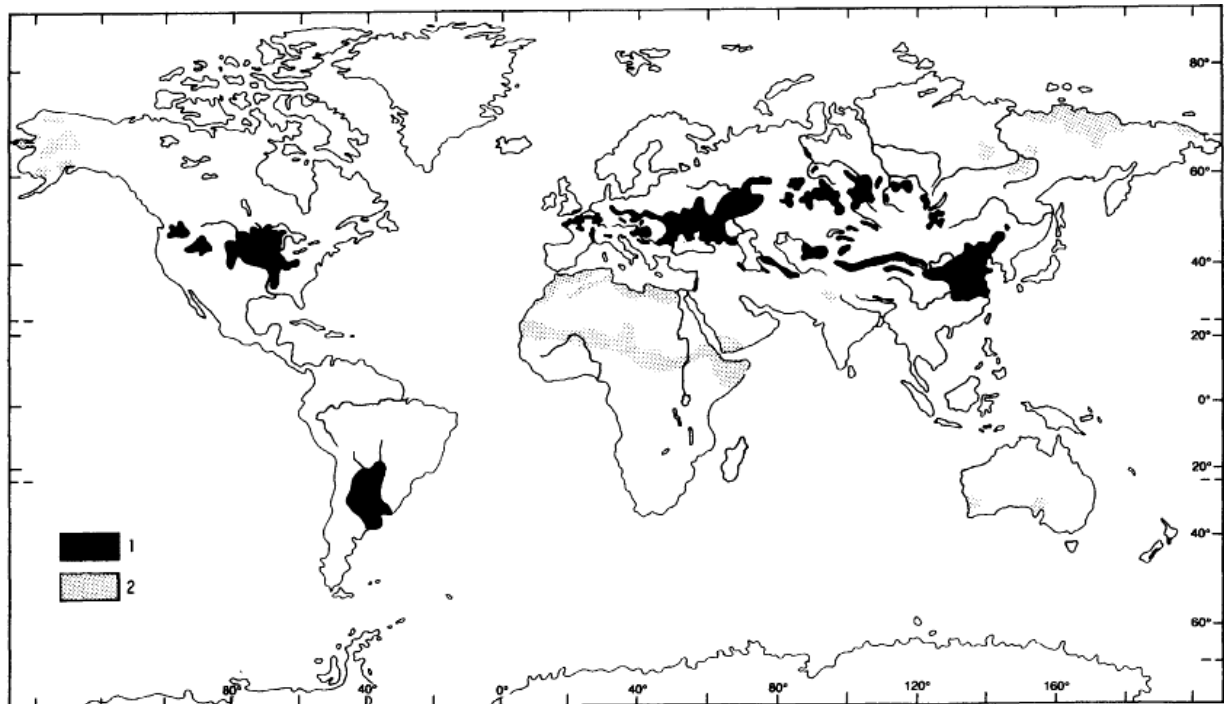


Abbildung 4: Die weltweite Verbreitung von Löss und lössartigen Ablagerungen. 1: Löss und lössartige Sedimente, 2: Lössderivate. Quelle: PÉCSI (1995:3).

„Löss ist nicht bloß die Akkumulation von Staub“ (PÉCSI 1990:1), lautet der Titel einer Publikation von Marton Pécsi. Was genau damit gemeint ist, wird klar, wenn man sich den nicht einheitlichen, komplexen Definitionen von Löss zuwendet. Nach PÉCSI (1990:2) kann Löss als „[...] unsortiertes, poröses, wasserdurchlässiges, wandbildendes, durch Wasser leicht erodierbares, leicht diagenetisiertes Lockersediment (strukturierter, leichter Lehm) mit Grobschluff (20-63 μm) als Hauptkorngrößenfraktion, mit blassgelber Farbe, welche durch Limonit (Eisenhydroxide) entsteht, mit Quarz als Hauptmineralanteil (40-80 %) und untergeordnetem Feldspatgehalt, mit einem variablen Tonmineral- (5-20 %) und Karbonatgehalt (1-20 %) [...]“ definiert werden.

Nach PYE (1995:653) ist Löss ein „[...] terrestrisches, klastisches Sediment, aus hauptsächlich schluffigen Partikeln bestehend, das vor allem durch von Wind herangetragenen Staub gebildet wird.“

Die Definitionen weisen einen unterschiedlichen Fokus auf und sind oft mineralogisch geprägt. Im Vordergrund steht aber meist ein Sediment, das von der Genese her von Wind abgetragen, transportiert, an windschattigen Stellen in einer bestimmten geographischen Zone akkumuliert wird und für einen diagenetisch relevanten Zeitraum abgelagert wird. Die geographische Position der Ablagerung muss außerdem eher zentral auf kontinentalem

Schild gelegen sein. Alternativ dazu kann die Ablagerung auch an der Grenze zu hohen Gebirgszügen oder im semiariden Umland von Wüsten erfolgen (vgl. PYE 1995:653 f.).

Der Begriff Löss kommt vom deutschen Wort „lose“ und wurde erstmals durch von LEONHARD 1823-24 für schluffige Ablagerungen im deutschen Rheintal bei Heidelberg verwendet und geprägt (PYE 1996:653).

2.4.1.1 Entstehungsgeschichte

Im periglazialen Vorfeld von eiszeitlichen Gletschern kam es aufgrund der Bindung des Wassers, das einst Täler, Seen oder Meere füllte, zur Ausblasung von mineralischem Staub aus den trockengefallenen, sedimentbedeckten Flächen (vgl. FAUPL 2003:243).

Riesige Mengen von zu Schluff zerriebenen Gesteinsfragmenten wurden als Mahlgut der Gletscher und des Inlandeises sowie durch das Aneinanderschlagen von Geröllsteinen während deren Transport in fließenden Gewässern generiert. Sie wurden zum Teil nach Trockenfallen der Bach- und Flussbetten äolisch von der Oberfläche der Permafrostgebiete abgetragen und abgelagert. Es können auch in Wüsten oder in vulkanisch aktiven Gebieten schluffgroße Gesteinspartikel entstehen, die durch Deflation abgetragen und schließlich abgelagert werden (THOME 1998:169).

Die Bildung von Löss erfolgte maßgeblich in den ariden Kaltzeiten. Die Deflation, also die Auswehung von Teilchen durch Wind, erfolgte im perialpinen Raum aus ausgedehnten trockengefallenen Schüttungsflächen der Flüsse und zum Teil ebenso aus freiliegenden tertiären Meeresablagerungen (vgl. WESSELY ET AL. 2006:245). Diese klimatischen Bedingungen waren laut PÉCSI (1990:10) im Oberpliozän (siehe Profile von Stranzendorf) und im Pleistozän gegeben.

Abbildung 5 gibt schematisch die Prozesse wieder, die zu Lössbildung führen können. Benötigt wird eine ausreichend große Quelle von deflationsfähigen Teilchen über mehrere hundert bis tausend Jahre hinweg, sowie das Vorhandensein einer geeigneten Akkumulationsfläche. Schutt und durch Frostsprengung entstandene klastische Sedimente aus dem Gletschervorfeld werden in fluviatilen Systemen chemisch verwittert, transportiert und schließlich abgelagert. Die vorwiegend chemische Verwitterung in Seebecken, Fluss- und Bachbetten ist dabei für die Bildung feiner Teilchen von großer Bedeutung (vgl. PYE 1995:663).

Die wichtigsten Voraussetzungen für die Bildung von Löss sind nach PÉCSI & RICHTER (1996:117) und PYE (1995:653):

- Sedimentquellen mit lösstypischen Korngrößen
- Äolische Deflationsprozesse
- Äolische Transportprozesse

- Akkumulationsflächen („Staubfallen“, vgl. PYE (1995:663))
- Diagenetische Verfestigung
- Für den Ablauf aller Prozesse ausreichender Zeitraum unter gleichbleibenden klimatischen Bedingungen

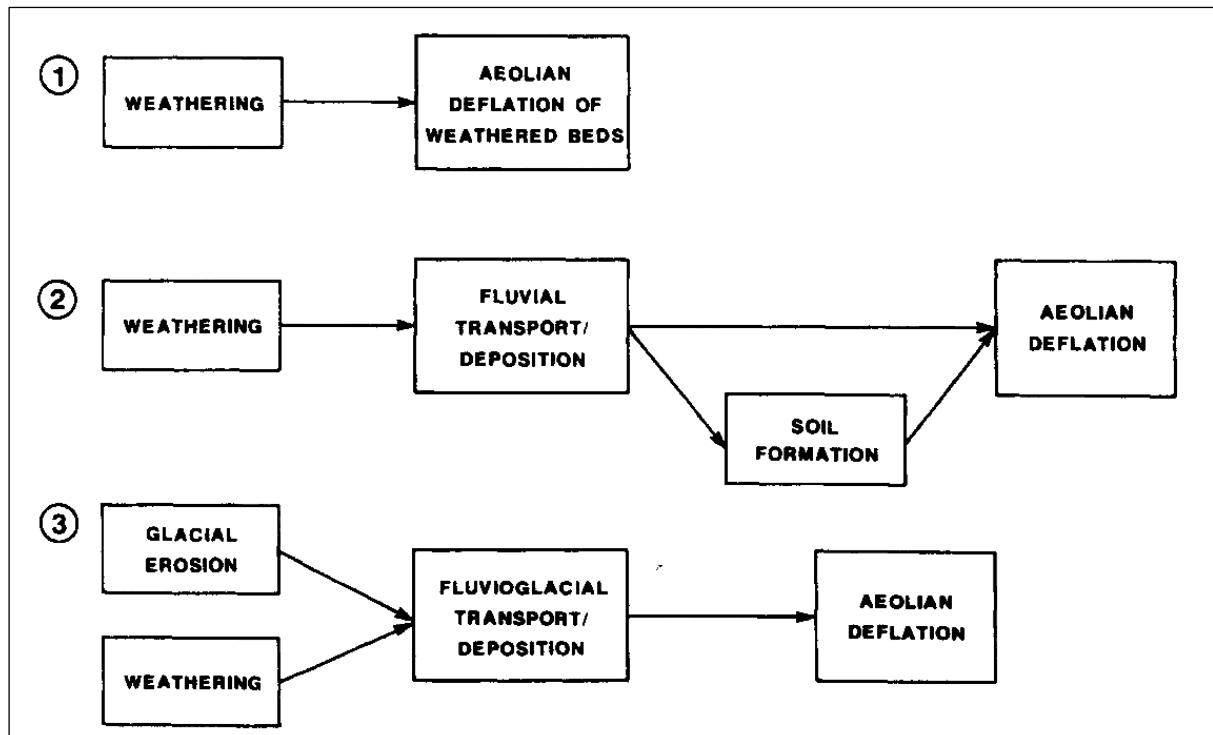


Abbildung 5: Schematische Darstellung von Voraussetzungen für Deflation von lössbildenden mineralischen Partikeln. Quelle: PYE (1995:657).

Lössablagerungen lassen auf die Windrichtung während der Zeit seiner Entstehung schließen. Der äolische Transport des Lösses in Wolken wurde durch dem Wind entgegenstehende Anhöhen gestoppt, nachdem die Windgeschwindigkeit abgebremst worden war. Die Ablagerung erfolgt an der Lee-Seite der Anhöhe, die hindernisartig wirkt (PENCK 1937:6).

Abbildung 6 gibt die 2005 veröffentlichte, aktuelle Lössverbreitungskarte von Europa wieder, auf der die Niederösterreichische Lössregion aller Wahrscheinlichkeit nach wegen der dortigen großen kleinräumigen Unterschiede mit der Signatur „nicht näher differenzierte Mächtigkeit der Lössbedeckung“ versehen ist. Die kleinmaßstäbige Karte (Maßstab 1:2.500.000) reicht für eine nähere Differenzierung von regionalen Unterschieden der Lössmächtigkeiten nicht aus.

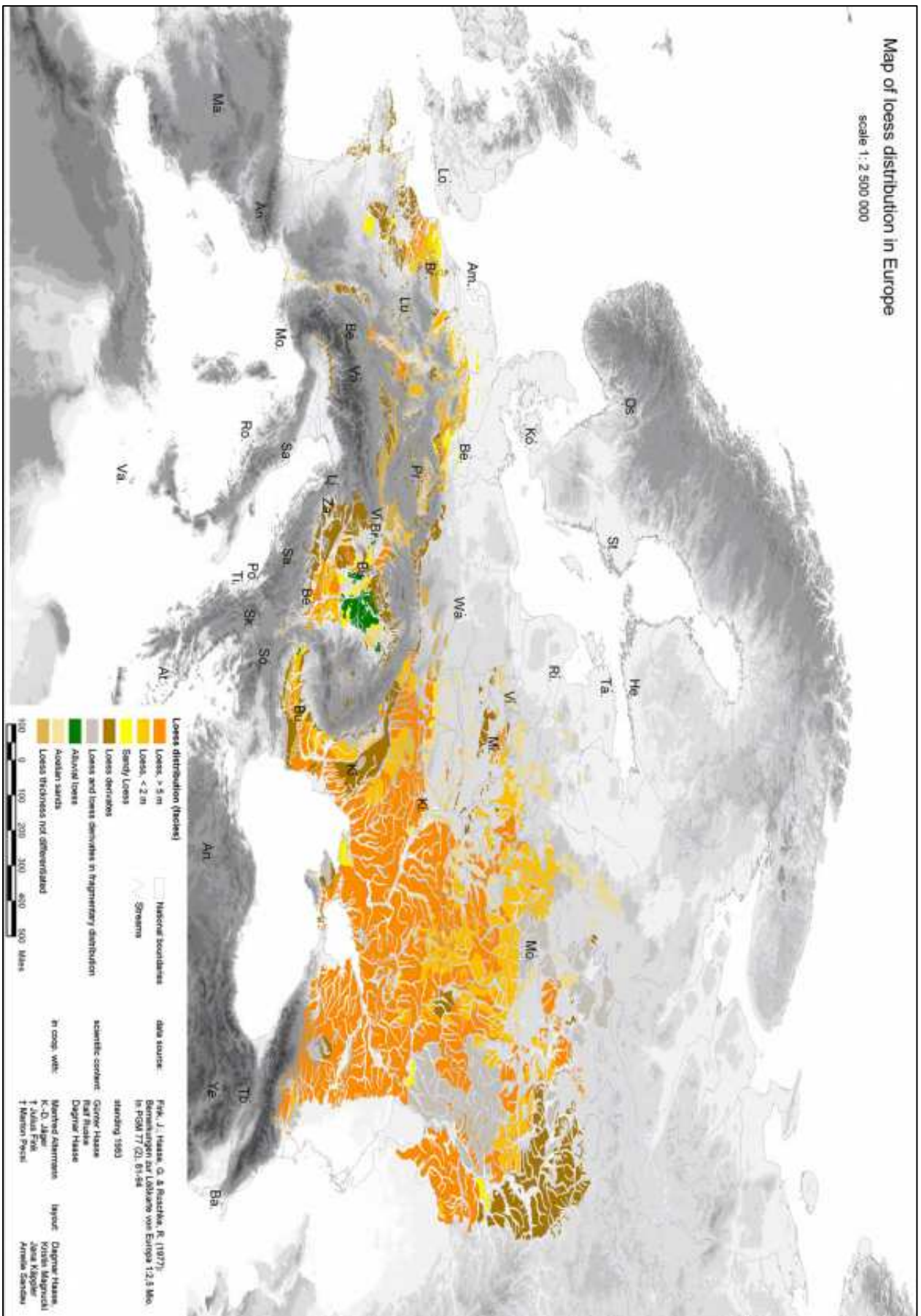


Abbildung 6: Lössverbreitungskarte von Europa, Maßstab 1:2.500.000. Quelle: HAASE ET AL. (2005:1310).

2.4.1.2 Charakteristika

Die mineralogischen, geochemischen, morphologischen, farblichen und physikalischen Charakteristika von Löss unterscheiden sich, global betrachtet, stark voneinander.

2.4.1.2.1 Korngröße

Im Normalfall erreicht der Modalwert der Korngrößen ca. 30 µm und der Schluffanteil > 50 %. Aber es erreicht die durchschnittliche Korngröße von Lössen an der östlichen und südöstlichen Grenze des chinesischen Lössplateaus 8-16 µm, während Löss in Nebraska im Durchschnitt 50-65 µm messen. Löss in Teilen von Neuseeland, Alaska und Argentinien haben einen hohen Anteil an vulkanischem Glas und Feldspat, während im Normalfall der Quarzanteil dominiert (vgl. PYE 1995:654 ff.).

2.4.1.2.2 Physikalische Parameter (*Farbe, Textur, Schichtungseigenschaften*)

Physikalische Parameter sind Farbe, Textur, Schichtaufbau und –grenzen.

Die *Farbe* von typischem Löss bewegt sich auf der MUNSELL-Skala zwischen 2,5 Y 5/4, -6/4, -7/4 und -8/3, was gelben, hellgelben und graugelben Farbtönen entspricht. Die Farbe verschiedener Lössdepositionen kann auch bräunlich, leicht rötlich bis hellrosa sein. Mangan-, Eisen- und Kalkkonkretionen können lokale oder schichtweise Verfärbungen hervorrufen. Stärker verwitterter Löss und Lösslehm haben meist eine dunklere Farbe als junger Löss. Trockener Löss ist meist heller als feuchter. Vor allem an der Sonnenstrahlung stark ausgesetzten, ausgetrockneten Lösswänden kommt es zur Ausscheidung von Salzen, vor allem von Karbonaten, was optisch aufhellend wirkt. Weiters können lokale Faktoren wie Ausgangsmaterial, Kalkanreicherungen, Humus- und Eisenoxidbeimengungen sowie Vergleungsprozesse die Farbe von Löss beeinflussen (PÉCSI & RICHTER 1996:90). Nach PYE (1999:214 f.) sind für Löss Farben wie gelb, grau, blassbraun, dunkelgrau, orange, rot und sogar leicht schwarz typisch. Quantitative Messungen der Lössfarbe können sehr nützliche Indikatoren für eine stratigraphische Korrelation und ein Maß für die relative Verwitterungsintensität sein (PYE 1999:215).

Die *Textur* von Lössablagerungen zeichnet sich theoretisch durch das Fehlen einer Schichtung aus. In vertikalen Lössprofilen können jedoch nach PÉCSI & RICHTER (1996:90) verschiedene Schichtserien (Horizonte) anhand unterschiedlicher Färbung, Korngröße oder zwischengeschalteter Paläoböden unterschieden werden. Diese Horizonte müssen nicht scharf voneinander abgegrenzt sein. Die Lösspartikel weisen keine Einregelung auf, die makroskopisch oder mikroskopisch erkennbar wäre. Das kann an verschiedenen Faktoren liegen: Der stets verschiedenartig ablaufende Sedimentationsprozess ist für die Partikeleinlagerung relevant. Außerdem werden die einzelnen Körner während der

Diagenese durch Kalkanteile zementiert (PÉCSI & RICHTER 1996:95). Durch Zementierung und adhäsive Bindung der feinsten Partikel gebildete Aggregate erreichen in der Lösstextur einen Durchmesser von 10 bis 50 µm. Die Zementierung erfolgt durch Ton und Karbonate (PÉCSI & RICHTER 1996:96 f.).

Die *Schichtungseigenschaften des Lösses* sind, wie bereits erwähnt, nicht von ausgeprägten Schichtstrukturen gekennzeichnet. Primärer äolischer Löss ist schichtungslos. Solifluidal verlagertes oder abgeschwemmter Löss kann leicht geschichtet gelagert sein (THOME 1998:171 f.).

Die mögliche, kapillare Wassersteighöhe beträgt ca. 1,5 m, was die Wasserversorgung durch Haftwasser aus dem Grundwasser von auf bis zu 3 m mächtigen Lössdecken (einjährige Pflanzen wurzeln ca. 1,5 m tief) wachsenden Pflanzen gewährleistet (THOME 1998:171 f.).

2.4.1.2.3 Chemische Parameter (Karbonatgehalt)

Der Karbonatgehalt ist eine der prägendsten Eigenschaften des Lösses. Außer CaCO_3 können im Löss andere Karbonate wie Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) und Natriumkarbonat (Na_2CO_3) enthalten sein. Kalkfreier Löss existiert nicht, daher ist er einer der Kriterien zur Abgrenzung dieses Sediments (PÉCSI & RICHTER 1996:61).

Nach BRUNNACKER (1957:107) wird der Karbonatgehalt wesentlich von der Zusammensetzung des Ausblasungsgesteins, von regionalklimatischen und standörtlichen Gegebenheiten, der Körnung des Lösses und klimatischen (je trockener desto höher) Gegebenheiten bestimmt. In Mainfranken liegt der Kalkgehalt beispielsweise bei 20 %, in Südbayern bei 30-35 % und in Mittelfranken nur bei 7 %. In Mittelfranken ist das Substrat kalkarmer Sandsteinkeuper, in Bayern hingegen kalkhaltiges Ausgangsgestein. Ab 900 mm Jahresniederschlag sinkt der Kalkgehalt sehr stark ab. Je höher der Anteil an feinen Korngrößen, desto höher der Kalkgehalt (BRUNNACKER 1957:111 ff.). WESSELY & DRAXLER (2002:246) geben den durchschnittlichen Kalkgehalt des Lösses mit ca. 20 % an.

Wesentliche Eigenschaften, wie die Struktur des Lösses, sind kalkabhängig. Der primäre Kalk im Löss ist von der Herkunft der akkumulierten Teilchen abhängig. Als sekundären Kalk bezeichnet man den, der durch Grundwasser, Mollusken oder auch durch mit CO_2 im Boden reagierenden Calciumionen, welche durch Feldspatverwitterung freigesetzt werden, dem Löss zugeführt wird (PÉCSI & RICHTER 1996:61 f.).

Die vertikale Verteilung des Kalkgehaltes im Löss ist unregelmäßig. In älteren Lössen ist der Kalkgehalt niedriger als in rezenten, während er in fossilen Böden meist sehr gering ist. In den darunter liegenden Akkumulationshorizonten und Lössen steigt er meist stark an.

Klimatische Veränderungen kann man horizontweise festmachen (feuchteres Klima=weniger Kalk) (PÉCSI & RICHTER 1996:63).

Die im Löss häufig vorkommenden Konkretionen (Lösskindl, Kalkbänke, Lösspuppen) bestehen meist nicht aus reinem Kalk, sondern nur zu 30-40 Gewichtsprozent. Der Rest besteht aus nicht in Salzsäure löslichen Bestandteilen, um die herum sich sekundärer Kalk verfestigt (PÉCSI & RICHTER 1996:65).

2.4.1.2.4 Mineralogie

Die mineralische Zusammensetzung des Lösses ist in horizontalen Profilen sowie in regionaler Verbreitung wechselnd. Der Hauptbestandteil der groben und mittleren Sandfraktion ist Quarz. Die Schlufffraktion wird vom Quarz (30-50 Gewichtsprozent), Feldspat (5-20 %) und Karbonaten (Dolomit, Calcit 2-25 %), Glimmer und Chlorit (4-10 %) sowie Schwermineralen (1-6 %) gebildet. Die Tonfraktion setzt sich zu 10-30 % aus Illiten, zu 5-15 % aus Montmorillonit, zu 2-10 % aus Chlorit und zu nur 1-2 % aus Vermikulit zusammen (PÉCSI & RICHTER 1996:47 ff.).

Die häufigsten Minerale in typischem, also durchschnittlichem Löss (alle Korngrößen) sind nach PYE & SHERWIN (1999:219) Quarz (50-70 %), Feldspat (5-30 %), Glimmer (5-10 %), Karbonatminerale (> 0-30 %), Tonminerale (10-15 %) und Schwerminerale (< 5 %). In manchen Fällen ist auch Gips (z. B. Tunesien, bis zu 57 %) oder Eisenhydroxid in der mineralogischen Zusammensetzung präsent. Der Quarzgehalt reicht in Extremfällen von 30 Gewichtsprozent in Argentinien bis zu 89 % in Belgien (PYE & SHERWIN 1999:219).

Tabelle 2 zeigt die mineralogische Zusammensetzung mehrerer Lössvorkommen der Erde.

Tabelle 2: Mineralogische Zusammensetzung von Lössvorkommen der Erde. Von links nach rechts: Quarz, Feldspat, Calcit, Dolomit, Glimmer. SD: Standardabweichungen. Quelle: PYE & SHERWIN 1999:220.

Table 10.2 Ranges, average values (Av.) and standard deviations (SD) of the major mineral abundances in unworked, late Pleistocene loess samples from different parts of the world (determined by X-ray powder diffraction)																
Locality	n	Quartz (%)			Feldspar (%)			Calcite (%)			Dolomite (%)			Mica (%)		
		Range	Av.	SD	Range	Av.	SD	Range	Av.	SD	Range	Av.	SD	Range	Av.	SD
Vicksburg	10	39–87	66	13.72	8–21	14	4.18	0–5	2	2.02	0–40	18	15.78	0–1	Trace	0.31
Nebraska	2	56–65	61	4.50	34–41	38	3.50	0	0	0.00	0	0	0.00	1–3	2	1.00
Uzbekistan	5	33–52	43	6.05	18–29	21	4.10	12–29	20	6.89	1–10	5	4.07	0–12	7	4.12
Tajikistan	3	58–63	61	2.05	15–17	16	5.25	13–17	15	1.70	0	0	0.00	7–11	9	1.63
Khatif	1	66	66	0.00	23	23	0.00	8	8	0.00	4	4	0.00	0	0	0.00
Netivot	4	54–57	55	1.30	13–18	16	2.50	21–31	26	3.61	0–7	3	3.27	0	0	0.00
Argentina	2	30–45	38	7.50	55–57	56	1.00	0–8	4	4.00	0–5	3	2.50	Trace	Trace	–
Belgium	1	89	89	0.00	11	11	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
New Zealand	1	74	74	0.00	26	26	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	Trace	Trace	–
China	7	48–54	51	1.84	18–23	21	1.60	11–13	12	0.90	6–8	7	0.72	9–11	10	0.70
Pegwell (UK)	4	65–86	72	8.44	9–16	13	3.27	4–15	11	4.18	0–7	4	2.59	0–4	1	2.00
Tunisia	7	32–86	63	17.02	4–11	8	2.55	2–21	11	6.99	0–2	1	0.99	0	0	0.00
France	11	54–84	70	11.08	12–30	21	6.24	0–10	3	4.07	0–8	2	3.17	0–6	4	0.74
All samples	58	30–89	61	14.87	4–57	19	10.14	0–31	9	8.54	0–40	5	9.14	0–12	4	4.09

2.4.1.3 Verbreitung von Löss in Niederösterreich

In Niederösterreich befinden sich 90 % der Lössvorkommen Gesamtösterreichs (WESSELY ET AL. 2006:245 ff.).

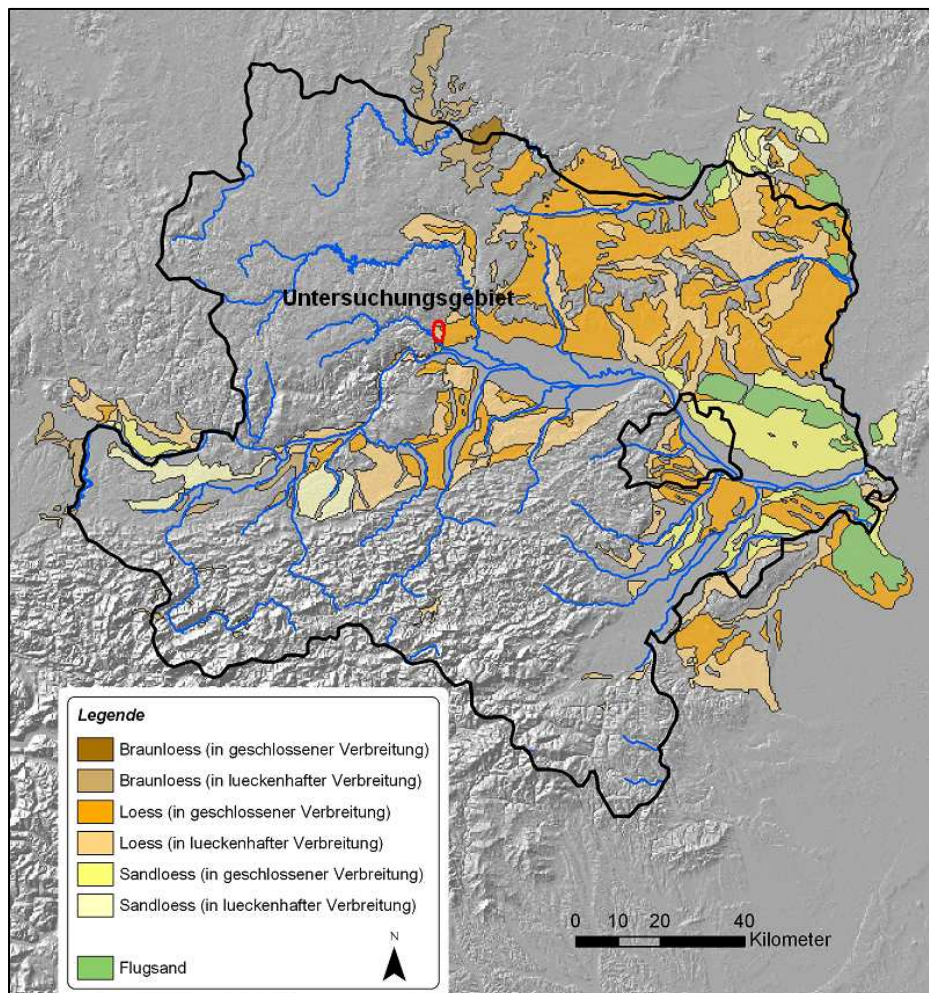


Abbildung 7: Verbreitung des Lösses in Niederösterreich nach FINK (1976). Untersuchungsgebiet mit rotem Kreis markiert. Quelle: LOISHANDL & PETICZKA (2005:144). Verändert, eigene Bearbeitung.

Abbildung 7 zeigt drei verschiedene Lössarten in jeweils lückenhafter oder geschlossener Verbreitung sowie Flugsanddecken. Man unterscheidet zwischen Braunlöss, typischem Löss und Sandlöss, tonigem Löss und Lössderivaten. Typischer Löss ist ein klastisches, äolisch verfrachtetes Sediment, das vor allem aus Schluff besteht (Modalwert in der Grobschluffteifraktion) und ungeschichtet sowie stark karbonathaltig ist. Sandlöss hat einen höheren Sandgehalt, toniger Löss einen erhöhten Tongehalt. Braunlöss und Lössderivate sind Lösssedimente, die während oder nach der Sedimentation z. B. durch Bodenbildung, Solifluktion oder Kryoturbation überprägt wurden. Lössderivate sind oft entkalkt und besonders untypische Löss. Sie sind oft stratifiziert gelagert (vgl. HAASE ET AL. 2007:1304).

Flugsanddecken haben sich vorwiegend im Osten von Niederösterreich (Marchfeld) und im Burgenland auf der Parndorfer Platte abgelagert. Vor allem das Weinviertel zeigt sich als relativ hügeliges Gebiet stark von typischem Löss bedeckt. Die Lössen ziehen sich bis nach Oberösterreich und ins Burgenland, kommen dort jedoch spärlicher und mit deutlich diskontinuierlicherem Bedeckungsgrad vor als in Niederösterreich (vgl. Abbildung 7).

Flugsand unterscheidet sich durch seine größeren Korngrößen und bessere Rundung der Körner im Vergleich zum Löss (WESSELY ET AL. 2006:246 f.).

Die Lösslandschaften Niederösterreichs lassen sich nach BRANDTNER (1956:132 f.) nach klimatologischen Kriterien gliedern: Die trockene, aride, kontinentale Lösslandschaft unterscheidet sich von der feuchten, humideren Lösslandschaft durch geringere Niederschlagsmengen. Die Lössen der vorwiegend im Westen Niederösterreichs und in Oberösterreich anzutreffenden feuchten Lössfazies zeichnen sich durch dichtere Lagerung, leichte Verbraunungserscheinungen, kräftiger entwickelte und artenreichere Molluskenfauna, konkretionär entwickelte Karbonathorizonte mit bis kindskopfgroßen, festen Konkretionen und weichere Konsistenz aus.

Die Lössen der kontinentalen, trockenen Lössfazies liegen im Osten Niederösterreichs und ziehen sich bis in das Burgenland. Sie sind durch lockere Lagerung, hohe Porosität, ziemlich starke Verfestigung, durch die Ausbildung eines „Schwammgefüges“, durch relative Schneckenarmut und durch ein Fehlen von Karbonatkonkretionen und Lösskindln charakterisiert (vgl. BRANDTNER 1956:132).

2.4.2 Aquatische Sedimente: Schotter

Schotter ist ein kaltzeitliches, durch Fließgewässer generiertes Lockersediment. Die Flussablagerungen in Tälern bestehen meist aus einem mehrere Meter (kleine Flüsse bis 10 m, Ströme 20-40 m) mächtigen Schotterpaket (THOME 1998:185).

Die Ablagerung der Schotter auf verschiedenen Terrassenniveaus ist auf eiszeitliche Prozesse zurückzuführen. Schotterterrassen entstehen, indem einem Fluss so viel Schutt zugeführt wird, dass der Abtransport desselben unmöglich wurde. Dieser Schutt wird nach einem gewissen Transportweg im Talboden verteilt, was das Flussbett erhöht, weshalb sich der Fluss in seinem Lauf verbreitert. Der Schutt rührt aus der Gletscheraktivität direkt (Moränenschutt) und aus eingetragenen Frostschutt indirekt her. Somit ist auch im unvergletscherten Alpenvorland Schotterakkumulation möglich. Durch den Transportweg zugerundet, lagern sich die Grobkiese im Flussbett ab (VAN HUSEN 1987:17).

Hohe Ablagerungsraten bedeuten geringere Transportkraft bei steigendem Transportvolumen. Die Durchflussmenge ging während der Kaltzeiten zurück (Aridität, Bindung des Wassers im Eis) und Schotter wurde abgelagert, weshalb der Fluss sein Bett

erhöhte. In Warmzeiten geschieht das Gegenteil, die Durchflussmenge und Transportenergie der Gerinne stiegen an und trugen den abgelagerten Schotter ab, weshalb der Fluss sich stark eintieft. Durch diese Eintiefungsprozesse kommt es zu einer Zerschneidung der Schottermassen, die nun terrassiert auf einem höheren Niveau als das Gerinnebett liegen (CATT 1986:49, FAUPL 2003:240 f.).

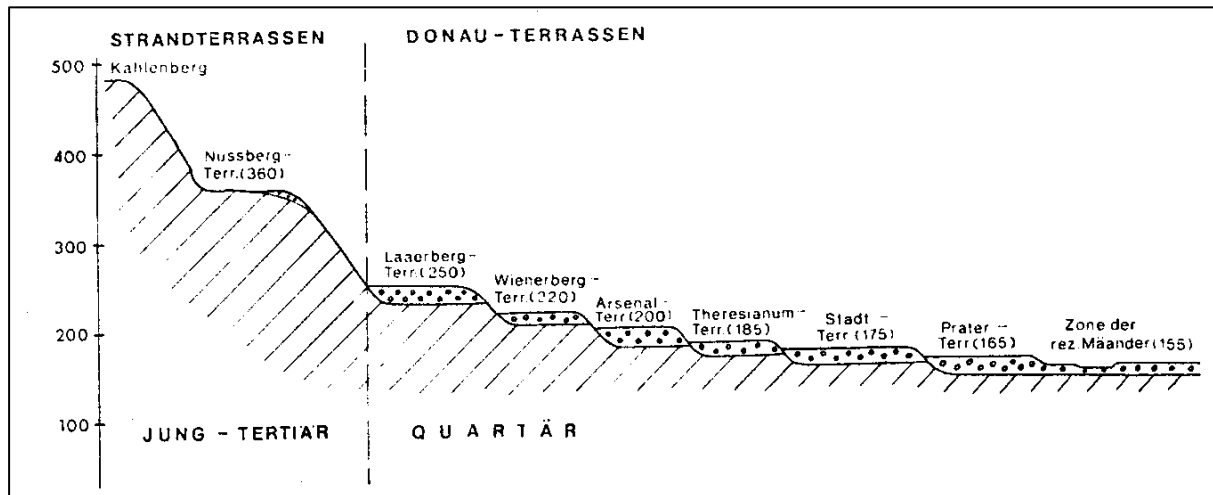


Abbildung 8: Quartäre und pliozäne Schotterterrassen der Donau im Raum von Wien. Quelle: FAUPL (2003:241).

MORÄNEN	FLUSSTERRASSEN	TERRASSEN DER DONAU
		Zone der rezenten Mäander
Würm-Moränen	Niederterrasse	Prater-Terrasse (165 m)
Riss-Moränen	Hochterrasse	Innere Stadt-Terrasse (175 m) Theresianum-Terrasse (185 m)
Mindel-Moränen	Jüngere Deckenschotter	Arsenal-Terrasse (200 m)
Günz-Moränen	Ältere Deckenschotter	Wienerberg-Terrasse (220)
(Donau-Kaltzeit)		Laaerberg-Terrasse (250 m)

Abbildung 9: Moränen und korrespondierende Schotterterrassen der Donau um Wien. Quelle: FAUPL (2003:240).

Im Laufe des Pliozäns schnitt sich die Donau bei den Hainburger Bergen von 320 m ü. d. Adria um 180 m bis auf 140 m ü. d. Adria ein. Dabei müssen jedoch tektonische Hebungsvorgänge mit einbezogen werden. Die kaltzeitlichen Terrassen der Donau werden in Ältere Deckenschotter (günzzeitlich), Jüngere Deckenschotter (mindelzeitlich), Hochterrasse (rißzeitlich) und Niederterrasse (würmzeitlich) gegliedert (WESSELY & DRAXLER 2002:241).

Die Alterseinstufung der angrenzenden höheren Terrassen erfolgt also in etwa nach der Reihenfolge der vorhergehenden Glaziale. An Talhängen tiefer gelegene Terrassen sind

genetisch jünger als die höher liegenden. Dies trifft meistens zu, außer, wenn Flüsse aus Senkungsgebieten in Hebungsgebiete fließen. In diesen liegen die älteren Terrassen tiefer als die jüngeren (THOME 1998:198).

Hauptursachen der Terrassenbildung können, wie bereits erwähnt, Vermehrung der Wasserführung sein, oder aber tektonische Hebungsprozesse und Absenkung des Meeresspiegels (WILHELMY 2002:100).

Abbildung 8 zeigt schematisch die Schotterterrassentreppe mit den genannten Schotterterrassen der Donau bei Wien. Abbildung 9 beschreibt die Terrassen in Zusammenhang mit den dazugehörigen kaltzeitlichen Moränen.

In Österreich gibt es Schottervorkommen vor allem entlang der Donau von Amstetten über Wien bis Hainburg. Im Gegensatz zum Wiener Becken sind der Südrand der Böhmisches Masse und die Molasse als tektonisch weitgehend stabil anzusehen, hier kommt es kaum zu Hebungs- oder Senkungsprozessen (WESSELY & DRAXLER 2002:241).

Das mineralogische Spektrum der Donauschotter im Bereich des westlichen Tullner Feldes bis zum Kamp umfasst Kristallin und Kalk zu praktisch gleichen Teilen. Die Bestandteile sind über weite Strecken transportiert, daher gut zugerundet, grobkiesig bis blockartig und weisen eine mittelsandige Matrix auf (HOFER & JABUROVÁ 2008:4 f.).

2.4.3 Methoden zur Datierung quartärer Sedimente

Verschiedene wissenschaftliche Disziplinen und ihre jeweiligen Forschungsmethoden ermöglichen die Erforschung des Quartärs (WESSELY & DRAXLER 2006:235).

Es werden absolute (Ergebnis ist Jahreszahl/Alter in Jahren BP/v./n. Chr.) und relative (älter als – jünger als) Datierungsverfahren unterschieden (THOME 1998:31). Eine Auswahl von Verfahren, deren Beitrag zur Quartärforschung und zur Rekonstruktion quartärer ökologischer Verhältnisse im Untersuchungsgebiet von Bedeutung ist, soll Erwähnung finden und kurz erläutert werden:

A)¹ Datierungen durch Jahresschichten:

- Die *Dendrochronologie* beschäftigt sich mit der Stärke der Jahresringe gleicher Baumarten. Das Ergebnis sind Klimakurven mit regionaler Brauchbarkeit (THOME 1998:33).
- Die *Warvenchronologie* (Seesedimentanalyse) basiert auf der nach Korngrößen differenzierbaren Ablagerung von Winter- (Ton) und Sommersedimenten (Sand und Schluff) in Seen. Die Datierungen reichen bis ins Würm-Spätglazial zurück (THOME 1998:32).

B) Sedimentinhalte erfassende Datierungsmethoden:

¹ Einteilung von A) bis E) nach THOME (1998:31-42).

- Die *Paläopedologie* beschäftigt sich mit der Alterseinstufung von Bodenbildungshorizonten, welche quartären Sedimentabfolgen zwischengeschaltet sind (THOME 1998:34 f.).



Abbildung 10: Schematischer Ablauf der Sediment- und Bodenbildung in der trockenen Lösslandschaft Mitteleuropas. Quelle: PÉCSI & RICHTER (1996:85).

Altersäquivalenz zwischen an verschiedenen Orten vorkommenden Horizonten wird durch bestimmte Horizontabfolgen, die besonders charakteristisch sind („marker horizons“) vergleichend und laboranalytisch (Proben) hergestellt. Wenn Landschaften zyklischen klimatischen Änderungen unterworfen sind, wurden in den Warmzeiten gebildete Böden in ihrer Genese unterbrochen. Daraus resultieren Paläoböden die in stratigraphischen Sequenzen erhalten sind. Bodenstratigraphische Einheiten wie z. B. der „Kremser Komplex“ mit Paläoböden 7 bis 9 (FINK 1976:83) sind zur Korrelation von Profilen geeignet. Vor allem lössbedeckte Regionen der Erde haben eine Vielzahl von Paläoböden als Klimaarchiv in ihrer Schichtabfolge gespeichert (WALKER 2005:228). Bodenbildungen erfolgten vor allem in humiden Warmzeiten sowie Interstadialen, Löss wurde in ariden Kaltzeiten abgelagert.

Eine Ausnahme bilden die Nassböden, die auch während glazialen Phasen gebildet wurden (vgl. WEIDENBACH 1956). Den in quartären Sedimenten gespeicherten Zyklus veranschaulicht Abbildung 10 mit Früh-, Spät- und Hauptphasen der Glaziale/Interglaziale.

Methodische Probleme großräumiger Korrelation bodenstratigraphischer Einheiten sind die Rahmenbedingungen dazu: Zwei oder mehrere Einheiten können konvergieren, weil die sie trennenden Sedimente auskeilen. Begrabene Böden können an die Oberfläche treten und ein Erkennen unmöglich machen, da rezente Bodenbildungen ihre Eigenschaften vertuschen. Durch Änderung der Geologie, der Morphologie oder des Grundwasserniveaus kann ein Paläoboden seine Charakteristika stark verändern (CATT 1986:109).

Ein weiteres Problem können Erosionslücken in der Paläobodenabfolge eines Profils sein, die die Korrelierbarkeit von Profilen erschweren (PÉCSI & RICHTER 1996:114).

- Die *Paläobotanik* (v. a. die Palynologie) liefert Antworten auf Fragen zur Verteilung der Pflanzenarten. Die Antworten liefern indirekt Rückschlüsse auf das Klima und die Paläoumweltbedingungen. Die Pollenanalyse dient der Gliederung pollenführender Sedimente der Interglaziale, Interstadiale und Glaziale (THOME 1998:34). Verschiedene Sporen und Pollen in terrestrischen Sedimenten sind als Leitformen verwendbar, wenn sie charakteristisch sind, und werden in Pollenspektren gegliedert auf Pollenbildern in Prozentwerten wiedergegeben (THENIUS 1976:83).
- Die *Paläozoologie* (Wirbeltier-Paläontologie, vor allem Kleinsäuger; Malakologie) ist als Teilgebiet der Paläontologie zu sehen. Sie liefert über ihre Arbeit mit in quartären Sedimenten gefundenen Mollusken- und Wirbeltierresten wichtige Informationen über Stratigraphie, Klima und Paläoökologie. Die Quartärmalakologie beschäftigt sich mit den Molluskenfaunen (WESSELY & DRAXLER 2006:235, FRANK 2006).

C) Datierungsmethoden mittels Messung von Beeinträchtigungen (Störungen) des Kristallgitters von Mineralen:

- Paläomagnetik (siehe Kap. 2.4.3.2)
- Optisch stimulierte Lumineszenz (OSL) und Thermolumineszenz (TL) (siehe Kap. 2.4.3.1)

D) Datierung durch Zerfall radioaktiver Isotope:

- Mittels der *Radiokarbonmethode* (^{14}C) werden absolute Altersangaben erzielt. Das Prinzip dabei ist der Zerfall des radioaktiven Isotops ^{14}C mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren. Dieses Kohlenstoffisotop kommt natürlich vor und reichert sich in pflanzlichem (durch Photosynthese) und tierischem Gewebe (Ernährung durch Pflanzen) im Laufe des Lebenszyklus an. Nach dem Tode des Organismus erweitert

sich das Verhältnis zwischen dem stabilen (^{12}C , ^{13}C) und instabilen (^{14}C) Kohlenstoff, das ^{14}C baut sich durch radioaktiven Zerfall ab. Aus dem messbaren Verhältnis zwischen den stabilen und instabilen Isotopen wird das Alter der Probe berechnet. Die Datierungsgrenze beträgt ca. 45.000 Jahre (WALKER 2005:18 f.).

- Die Datierung durch *Kalium/Argon* erfolgt vom Prinzip her ähnlich wie die der Radiokarbonmethode. Das radioaktive Isotop ^{40}K (Halbwertszeit nach THOME (1998:39) bei 1,131 Mio. Jahren) zerfällt u. a. zu ^{40}Ar . Argon ist ein stabiles Edelgas, welches von kaliumhaltiger Gesteinsschmelze in die Atmosphäre entweicht, bis das Gestein fest wird. Im Laufe der Zeit erfolgt eine Anreicherung des ^{40}Ar , welches über eine Massenspektrometrie gemessen werden kann (WALKER 2005:58).
- Die Datierung durch *Uran/Thorium* erfolgt durch die Messung des Zerfalls der radioaktiven Isotope ^{235}U , ^{238}U und ^{232}Th zum stabilen Bleisotop ^{207}Pb . Korallen, Höhlensinter und Manganknollen können datiert werden, indem der mit der Zeit steigende Grad der Anreicherung des ^{207}Pb gemessen wird (THOME 1998:38).

E) Weitere Datierungsmethoden:

Über die Messung des *Verhältnisses zwischen den Sauerstoff-Isotopen* ^{16}O und ^{18}O wurde durch Proben aus polaren Eisbohrkernen und durch erbohrte Tiefseesedimente eine Paläotemperaturkurve erstellt. ^{18}O reichert sich im Wasser der Ozeane an, wenn die globale Temperatur abkühlt, da das leichtere ^{16}O überproportional häufig in den wachsenden Eismassen gebunden wird (WESSELY & DRAXLER 2006:235).

^{16}O verdunstet leichter, weshalb der Gehalt an ^{18}O in den Ozeanen ansteigt, wenn ^{16}O im Inlandeis gebunden wird. Über Foraminiferen in den Ozeanen, die das jeweilige $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ – Verhältnis in ihre Schale einbauen, lassen sich die Schwankungen des irdischen Eisvolumens berechnen (THOME 1998:41). *„Der Gehalt des schweren Sauerstoffisotops ^{18}O korrespondiert mit den an den Polen und in den Gebirgen gespeicherten Eismengen. Je höher der Anteil von ^{18}O im Wasser der Ozeane, desto mehr Eismengen waren gebunden. [...] Die Sauerstoffisotopenkurven weisen eine ausgesprochene Zyklizität auf und gliedern sich in „Isotopenstadien“. [...]“* (MIS = Marines Isotopenstadium) (WESSELY & DRAXLER 2006:235).

Die $\delta^{18}\text{O}$ –Temperaturkurve korreliert mit der nach astronomischen Kriterien erstellten Milankovichkurve. Beide Kurven zeigen eine periodische Wiederkehr von Warm- und Kaltzeiten in einer Hauptperiode von 100.000 Jahren (WESSELY & DRAXLER 2006:235). Die Isotopenstadien sind nummeriert: Gerade Zahlen eines MIS stehen für eine Kaltzeit, ungerade für eine Warmzeit (LOWE & WALKER 1997:9).

Zwei Datierungsmethoden wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit angewandt: Die der optisch stimulierten Lumineszenz und die der Paläomagnetik.

2.4.3.1 Optisch stimulierte Lumineszenz (OSL) und Thermolumineszenz (TL)

Die optisch stimulierte Lumineszenz ist ein Datierungsverfahren, welches absolute Alterswerte liefert. Man unterscheidet zwischen blauer optisch stimulierter Lumineszenz (BOSL), welche zur Datierung von Quarz verwendet wird, und infrarot stimulierter Lumineszenz (IRSL), welche für die Feldspatdatierung angewandt wird. Es gibt auch die Thermolumineszenz (TL), die Wärmeenergie verwendet, um die vom zu analysierenden Sediment absorbierte Strahlung zu messen.

Vom Prinzip her misst die optisch stimulierte Lumineszenz (OSL) die natürliche, aus der Umgebungsstrahlung aufgenommene Energie: Das Lumineszenzsignal von Sedimenten, die an der Erdoberfläche akkumuliert werden, wird durch die Strahlung des Sonnenlichtes auf Null bzw. nahe Null gesetzt (bleaching oder zeroing genannt). Wird das Sediment nun vom Sonnenlicht abgedeckt, so akkumuliert sich im Sediment erneut radioaktive Umgebungsstrahlung und kosmische Strahlung in jedem einzelnen Mineral. Es entsteht ein messbares Lumineszenzsignal, das umso stärker ausfällt, je länger das Sediment von Sonnenlicht und Wärmequellen getrennt ist (i. e. desto älter das Sediment ist). Gerät das Sediment nun wieder an die Sonne bzw. an eine Wärmequelle, so erfolgt zu diesem Zeitpunkt eine erneute Nullstellung. Das Lumineszenzsignal, also die als Paläodoses oder Äquivalenzdosis (D_e) bezeichnete und durch Umgebungsstrahlung absorbierte Energie pro Masse, wird durch Hitze (TL) oder optische Stimulation (OSL) ermittelt (THIEL, CH., Schriftliche Mitteilung vom 16.11.2009).

Einheit der D_e ist $1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Gy}$. Folgende Gleichung wird zur Berechnung herangezogen:

$$\text{Alter [ka]} = \text{Paläodoses [Gy]} / \text{Dosisleistung [Gy/ka]}$$

Die mit OSL datierbare Altersspanne liegt theoretisch gesehen bei wenigen Jahren bis hin zu mehreren hunderttausend Jahren, je nach Dosisleistung (z. B. AITKEN 1995).

Die Dosisleistung von Löss ist relativ hoch ($3 - 4 \text{ Gy/ka}$), weshalb sich auch weniger alte Löss datieren lassen (max. $\sim 50 \text{ ka}$ für Quarz und max. $\sim 500 \text{ ka}$ für Feldspat) (vgl. FRECHEN ET AL. 1997).

2.4.3.2 Paläomagnetik

Die Paläomagnetik, welche zwecks Datierung Altersäquivalenz herstellt, untersucht die Remanenz natürlicher, geologischer Materialien wie z. B. Gesteine, Böden oder Sedimente. Die mögliche zeitliche Datierungsspanne erstreckt sich von wenigen hundert Jahren bis in die Urzeit der Erde (SOFFEL 1991:1).

Mittels paläomagnetischer Analyse können Aussagen über Altersäquivalenz getroffen werden, die die Einordnung in ein magnetisches Chron ermöglichen. In der Paläomagnetik wird die Abfolge von Polsprüngen herangezogen. Unter Polsprung versteht man Umpolungen des Erdmagnetfeldes vom magnetischen Nord- zum Südpol und umgekehrt. Diese Umpolungen erfolgen in bestimmten Zeitintervallen, die bekannt sind. Es lassen sich echte Zeiteinheiten (Chron) definieren (WESSELY & ET. AL. 2006:235).

Innerhalb des aktuellen, normal gepolten Brunhes-Chrons finden sich mehrere kurzfristige Exkursionen. Exkursionen sind kurzfristige Umkehrungen des Erdmagnetfeldes. Die Grenze zwischen dem Brunhes-Cron und dem Matuyama-Chron wurde mit einem Alter von 780.000 BP festgelegt (WESSELY ET AL. 2006:236). Das entspricht dem MIS 20.

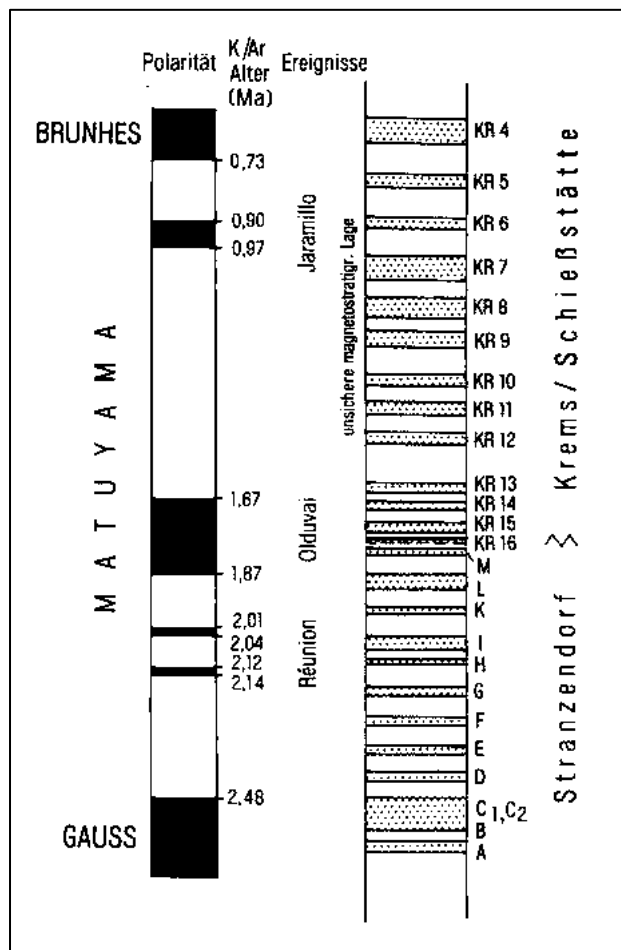


Abbildung 11: Löss-Paläoboden-Abfolge mit paläomagnetischer Gliederung der Profile Kreams Schießstätte und Stranzendorf (nach FINK & KUKLA). Quelle: PÉCSI & RICHTER (1996:155)

Abbildung 11 zeigt ein Beispiel für zwei durch Paläomagnetik und Kalium-Argon – Verfahren (absolute Alter) datierte Sedimentprofile, die korreliert wurden. Kreams Schießstätte und Stranzendorf ergeben zusammengesetzt ein Lössprofil, das bis ins Oberpliozän reicht und zeitlich mehrere normale (schwarze Signatur) und reverse (weiße Signatur) Polaritäten und Chrons durchlaufen hat.

Das Prinzip der Paläomagnetik beruht darauf, dass magnetische Mineralkörner bei ihrer Ablagerung im Sedimentkörper oder Gesteinsschmelze beim Erstarren sich nach dem gerade herrschenden Magnetfeld der Erde ausrichten (THOME 1998:36). Minerale benötigen ferromagnetische Eigenschaften, um sich nach dem Magnetfeld auszurichten. Dazu gehören etwa die eisenhaltigen Minerale Hämatit und Magnetit. Sie erlangen in Sedimenten oder erstarrter Lava eine natürliche remanente Magnetisierung (NRM) (WALKER 2005:215). Chrons (oder Polaritätsepochen) dauern zwischen 100.000 und 10 Mio. Jahren, Exkursionen dauern 1.000 bis 100.000 Jahre an. Sie haben ein globales Ausmaß (WALKER 2005:216).

In den Geowissenschaften reicht die Datierungsobergrenze für die Paläomagnetik bis > 100 Mio. Jahren BP (WALKER 2005:221).

Sekundäre Umlagerungen von Sedimente verursachen eine neuerliche Ausrichtung der ferromagnetischen Partikel, die dadurch verjüngt werden, weshalb eine ungestörte Lagerung für eine korrekte Datierung der Primärsedimentation notwendig ist (THOME 1998:37).

Die Grenze zwischen dem aktuellen, normal gepolten Brunhes-Chron und dem reversen Matuyama-Chron bei 780.000 Jahren BP wurde in der Kremser Schießstätte im Löss zwischen den Böden 4 und 5² bestimmt (vgl. DRAXLER 1980:61).

2.5 Quartäre Paläoböden

In Mitteleuropa entwickelten sich während der quartären Interglaziale und der kürzeren Interstadiale Böden, die im darauffolgenden Glazial durch Löss überweht oder durch Frost und Solifluktion in ihrer Genese gestoppt wurden, die heute als Paläoböden konserviert sind. In Lössabfolgen treten diese Paläoböden oft stockwerkartig auf und können zur Erforschung des Quartärs verwendet werden (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:472). Lössschichten können durch Eigenschaften des Lösses während der humid-warmen Interglaziale schnell verwittern und Böden bilden (PÉCSI & RICHTER 1996:104).

2.5.1 Definition und Klassifikation

BRONGER & CATT (1998:5 f.) liefern eine umfassende Definition für Paläoböden:

- Begrabene, fossile oder reliktsche Paläoböden, deren Genese mit anderen Grundvoraussetzungen begann, als sie heute der Fall sind, sich aber aufgrund der Nähe zur Geländeoberfläche noch entwickeln.
- Boden erstreckt sich über eine komplette Landschaft und gilt erst, sobald begraben, als „Landschaft der Vergangenheit“ und als Paläoboden.

² Paläoböden nach FINK (1976:85), Abb. 36, Schießstätte Mittlere Wand (ostexponiert): Höhenlage der Brunhes Matuyama-Grenze auf ca. 275 m. ü. d. Adria.

REUTER (2000) schließt sich der Klassifikation in *fossile* (Kürzel „f“, nach Paläopedogenese bereits während des Quartärs mit Sedimenten überdeckt), *begrabene* (Kürzel „b“, unter rezenten klimatischen Bedingungen mit Sedimenten überdeckt) und *reliktische* (Kürzel „r“ oder „f“) Paläoböden an.

Die Unterschiede in den genetischen Voraussetzungen zwischen aktuellen Böden und fossilen Horizonten können Schlüsse über die Umweltveränderungen (vor allem in Klima und Vegetation) seither sowie eine Datierung von morphologischen Formen und Sedimenten ermöglichen. Die Rekonstruktion der paläoökologischen Entstehungsbedingungen ist nach PÉCSI & RICHTER (1996:116) möglich. Diese sowie auch Korrelationen von Paläoböden bedürfen eines weiten Wissens über lokale Geologie, Paläobotanik, Geomorphologie, Paläoklimatologie und Archäologie. Vor allem in Löss eingebettet existieren Schlüsselpaläohorizonte für die Korrelation lokaler bis regionaler fossiler Horizonte (LOWE & WALKER 1997:109 f., CATT 1986:169).

Probleme mit der Abgrenzung zwischen rezent begrabenen Böden und Paläoböden ergeben sich des Öfteren, weshalb viele Autoren ein Minimalalter für letztere setzen. Als schwer gilt auch die Unterscheidung zwischen Boden und Bodensedimenten, also umgelagerten Böden. Die Klassifikation ist nicht immer einheitlich (BRONGER & CATT 1998:5 f.).

Die deutsche Bodensystematik (in der vorliegenden Arbeit angewandt) verwendet ein der Horizontbezeichnung vorangestelltes „r“ (reliktisch) oder „f“ (fossil) (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2003:475).

Die österreichische Bodensystematik verwendet ein der Horizontbezeichnung nachgestelltes „beg“ (für „begraben“, Diskontinuitätenmarker) und ein „rel“ (für reliktisch, altes Bodenmaterial/Verwitterungsdecke ohne anthropogene Überprägung entstanden) zur Kennzeichnung (NESTROY ET AL. 2000:12).

Der Begriff „Geosol“ wurde für die Bezeichnung einer formalen pedostratigraphischen Einheit in den North American Stratigraphic Code aufgenommen (MORRISON 1998:81).

Begriffe wie „Geosol“, „Pedoderm“ und „Pedolith“ sind im angloamerikanischen Raum unterteilende Bezeichnungen für „pedostratigraphische Einheiten“ („*soil stratigraphic unit*“) (CATT 1986:171 f.).

Diese Einheiten werden als begrabene, dreidimensionale, aus mehreren differenzierbaren pedologischen Horizonten bestehende Gesteinskörper definiert (WALKER 2006:228).

Manche begrabene Böden sind gute lokale chronostratigraphische und klimastratigraphische Einheiten, eine Korrelation über eine lange Distanz ist jedoch schwer, weshalb Paläoböden nach dem typischen Fundort benannt werden (CATT 1986:109).

2.5.2 Mitteleuropäische fossile Böden und ihre Eigenschaften

Eine Auswahl der in Mitteleuropa am häufigsten vorkommenden Formen von Paläoböden auf Löss ist hier kurz zusammengefasst:³

- *Skelettböden* und *embryonale Böden*: Bildung vor allem im Jungpleistozän, schwache Humusanreicherung, Mächtigkeit von einigen Dezimetern bis zu einem Meter, treten als Humuskarbonatböden bzw. als humose Lössse auf. Initialstadium der Pedogenese, oft solifluidal geprägt.
- *Tschernoseme* und *Schwarzerden*: Aus trocken-kontinentalem Steppenklima entstanden, nach LAIS (1951:156) Vegetation mit typischer bis trockener Steppenvegetation gleichzusetzen.
- *Tschernosem-Braunerden*: Waldsteppenfazies ehemaliger Steppenböden.
- *Braunerden*: B-Horizonte von Waldböden, besonders charakteristisch als Reste von Braunerden im Löss, oft Bildung von Bodenkomplexen durch Überlagerung durch jüngeren Tschernosem. Oft brauner Waldboden, Genese durch warmes, niederschlagsreiches Klima gekennzeichnet.
- *Parabraunerden*: B-Horizonte von Waldböden in ozeanisch geprägten Gebieten, oft Bildung von Bodenkomplexen durch Überlagerung durch jüngeren Tschernosem. Brauner Waldboden, Genese durch warmes niederschlagsreiches Klima gekennzeichnet. Nach SEMMEL (2000:132) ein typischer Waldboden, bei zunehmender Trockenheit Entwicklung zu Schwarzerde.
- *Roterden* und *rötliche Braunlehme*: Seltenerer Paläoboden, in Altlössen. Roter, oxidierter, lehmiger Boden, Bildung während Interglazialen durch ausgeprägt mediterranes Klima. Hoher Tonmineralgehalt, starke Kalkausscheidungen, in den darunterliegenden Cca-Horizonten große Konkretionen.
- *Hydromorphe Böden*: Stauwasserbedingte Genese meist von kurzer Dauer, intrazonaler Charakter der Böden erschwert klimatische Deutung, entsprechen Sedimentationsunterbrechung und Reaktivierung der Bodenbildung.
- *Tundraböden/Nassböden*: Nach WEIDENBACH (1956:113 f.): Wird durch die durch Frost in feuchten Lössen entstehende blättrige Bodenstruktur charakterisiert, Eisblätter zwischen Lössschichten tauen weg und hinterlassen blättrige Parallelstruktur. Genese durch Frostwechselprozesse.

Die Eigenschaften aktueller wie auch fossiler Böden werden durch chemische, physikalische und biologische Prozesse bestimmt (LOWE & WALKER 1997:110 f.). Begrabene Böden in

³ Zusammenstellung nach PÉCSI & RICHTER (1996:111 ff.).

Mitteleuropa werden durch verschiedene Eigenschaften und Prozesse identifizierbar und korrelierbar:⁴

- *Dekalzifizierung*: In feuchten Klimaten kommt es zur Auswaschung von Karbonaten durch Niederschlagswasser und damit zur Absenkung des pH. In ariden Klimaten kann aber auch eine Karbonatanreicherung erfolgen.
- *Mikromorphologie*: Die Anordnung der einzelnen Partikel eines Paläobodens können über Dünnschliffe unter dem Mikroskop analysiert werden. Informationen über mineralogische Zusammensetzung können visualisiert werden. Sie ist eine der wichtigsten Methoden, um Pedogenese nachvollziehbar zu machen und die genetischen Prozesse und einstigen Umweltbedingungen zu erforschen. Nach BRONGER (2003:12) kann durch die mineralogische Zusammensetzung des Bodens Rückschluss auf die Art und Intensität der Verwitterung gewonnen werden.
- *Magnetische Eigenschaften der Minerale*: Primär gibt die magnetische Suszeptibilität Auskunft über pedogenetische Prozesse, vor allem die Anreicherung/Bildung magnetischer, hauptsächlich eisenhaltiger Minerale im Boden unter warmen klimatischen Bedingungen. Die magnetische Suszeptibilität ist somit ein guter Indikator für die Entwicklung von Paläoböden in Löss-Sequenzen. Hydromorphe Merkmale können ebenfalls identifiziert werden (WALKER 2006:228, TERHORST 2001:238).
- *Zementierung*: Nach NETTLETON ET AL. (2000:63) können durch Grundwassereinfluss oder schwache Metamorphose, die wohl als diagenetischer Prozess zu verstehen ist, fossile Böden lithifiziert werden. Vorhandensein oder Fehlen von löslichen Salzen, amorphen Silikaten, Gips oder Karbonaten hat Einfluss auf die Zementierung.

Weitere Prozesse wie die Rubefizierung lassen auf mediterrane klimatische Bedingungen bei der Pedogenese schließen (LOWE & WALKER 1997:113).

Verbraunung und Lessivierung sind ebenfalls in Paläosolen identifiziert worden und weisen auf humide Bedingungen hin (vgl. BRONGER 2003:21).

Der A-Horizont von älteren quartären Paläoböden ist selten erhalten, da der Humusabbau nach der Zusedimentierung des Bodens durch Organismen weitergeführt wird bzw. da Erosion die lockeren A-Horizonte leicht angreifen kann. Die Erforschung der pedogenetischen Prozesse und der Paläoökologie erfolgt meist mit dem B-Horizont. Wichtige Eigenschaften sind dabei Farbe, Veränderungen der Textur, verwitterte Minerale und Anreicherung oder das Auswaschen von Karbonaten (WALKER 2006:227 f.).

Begrabene Böden können auch diagenetisch verändert werden. Die Diagenese beinhaltet physikalische Einwirkungen wie Störungen durch periglaziale Prozesse, Kompression oder

⁴ Zusammenstellung bis auf *Zementierung* nach WALKER (2006:228).

auch Einwirkung durch Grundwasserspiegelschwankungen. Chemische und physikalische Parameter wie Eisenoxid- und Karbonatgehalt sowie die organische Substanz können dadurch verändert werden. Wenn sich ein Paläoboden über eine Zone oder Region erstreckt, kann, um Änderungen in den paläogenetischen Bedingungen im Raum zu bestimmen, eine Paläokatena erstellt werden (LOWE & WALKER 1997:111).

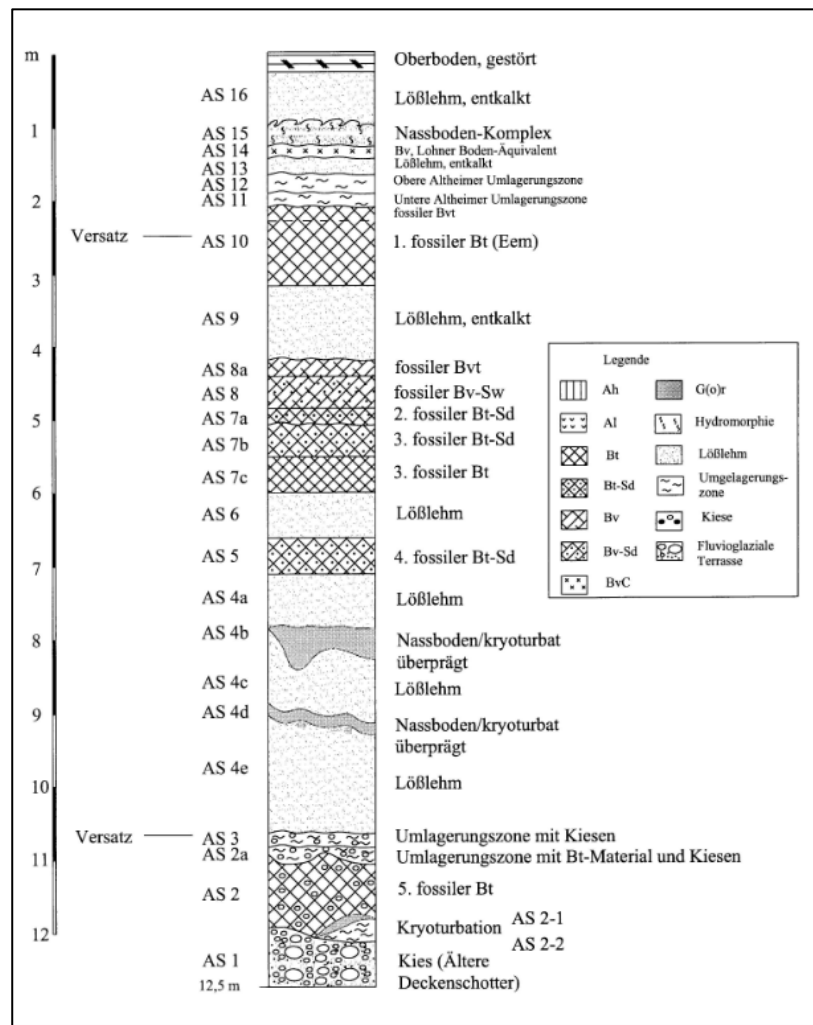


Abbildung 12: Sedimentprofil Wels/Aschet mit Horizontbezeichnungen. Quelle: TERHORST ET AL. (2008, *in press*).

NETTLETON ET AL. (2000:64 ff.) stellte 2000 eine Bodenklassifikation für Paläoböden vor, welche der WRB folgt und demgemäß umfangreich ist. Als Beispiel für eine Löss-Paläoboden-Sequenz mit mehreren Paläoböden sei hier das Profil Wels/Aschet (TERHORST ET AL. 2008 *in press*) angeführt. Das Profil wird auf Abbildung 12 dargestellt.

Das 12,5 m mächtige jung- und mittelpleistozäne Profil liegt auf einer günzzeitlichen Terrasse, auf welcher sich lösshaltige Deckschichten ablagerten. In diesen wurden durch die angewandte Methodik vier Paläoböden identifiziert. Zusätzlich wurde ein überdurchschnittlich verwitterter Paläoboden im Kieskörper der die Basis bildenden Älteren Deckenschotter entdeckt. Die vier Paläoböden sind fossile fBt-(Sd)-Horizonte (AS 10, AS 7a, AS 7b, AS 5), die einen hohen Tongehalt (AS 5 bis zu 54 %) aufweisen. Horizont AS 10 ist Eem-zeitlich,

Horizonte AS 4b und AS 4d sind kryoturbat überprägte Nassböden. Sand kommt nur zu geringen Anteilen vor (0,9–14,9 %). Die fBt-(Sd)-Horizonte sind früheren Parabraunerden zuzuordnen. Die Würmsequenz im Profil ist verkürzt (vgl. TERHORST ET AL. 2008, *in press*).

2.5.3 Korrelationen und paläoökologische Interpretationen

Die Interpretation von quartärer Umwelt auf dem Prinzip der Paläosolevidenz beruht auf dem Prinzip, bekannte Beziehungen zwischen heutigen Böden und Umwelt bzw. Ökologie auf Paläoböden zu übertragen. Die Ähnlichkeit von Paläoböden in physikalischen und chemischen Eigenschaften macht es häufig schwer, Profile zu korrelieren. Dennoch ist es in den mitteleuropäischen Lössregionen gelungen, Paläoböden zu identifizieren (z. B. Tschernoseme, Braunerde-Tschernoseme), die die aktuellen Böden der jeweiligen Region widerspiegeln. Daher kommt z. B. der Schluss, das Klima des Eem-Interglazials ähnele dem aktuellen Klima. Solche Schlüsse ermöglichen die Rekonstruktion der paläoökologischen Situation und deren Interpretation.

Durch eine Kombination von verschiedenen Methoden (Paläopedologie, Palynologie, ¹⁴C-Datierung) konnte z. B. in Nordkanada die während des Holozäns wandernde Wald-Tundra-Grenze rekonstruiert werden: Podsole werden Fichtenbewuchs zugeordnet, arktische, braune, geringmächtige Böden der Tundravegetation. Arktische Paläoböden können podsoliert werden, die polygonale Froststruktur bleibt dennoch erhalten. Paläoböden sind somit erkennbar wichtige stratigraphische Marker, die für relative Datierungen durch Korrelation verwendet werden können, wodurch paläoökologische Informationen gewonnen werden (LOWE & WALKER 1997:113 f.).

Das Konzept der Pedokomplexe (PK's) ist für die Korrelation von Bedeutung. Ein solcher inkludiert zwei oder mehrere Paläoböden, die über größere Abschnitte durch geringmächtige, praktisch unveränderte Ablagerungen oder durch eine Lage von Karbonatkonkretionen (Lösskindl) voneinander getrennt werden, aber von mächtigen Sedimentpaketen über- und unterlagert werden (BRONGER 2003:19).

Ein Beispiel für die Korrelation von verschiedenen Löss-Paläosol-Sequenzen aus verschiedenen Regionen der nördlichen Hemisphäre zeigt Abbildung 13. Pedokomplexe aus dem Profil Karamaydan (Tadschikistan), die mit Interglazialen/Interstadialen (vgl. $\delta^{18}\text{O}$ -Temperaturkurve links) korrelieren, werden in China, Serbien und Ungarn wiedergefunden (vgl. BRONGER 2003). Pedokomplexe wurden auch von SMOLIKOVA & HAVLICEK (2007:628) definiert: „[...] *das sind Schichtenfolgen mit gesetzmäßigem Aufbau, in denen Böden und Bodensedimente über-wiegen.*“

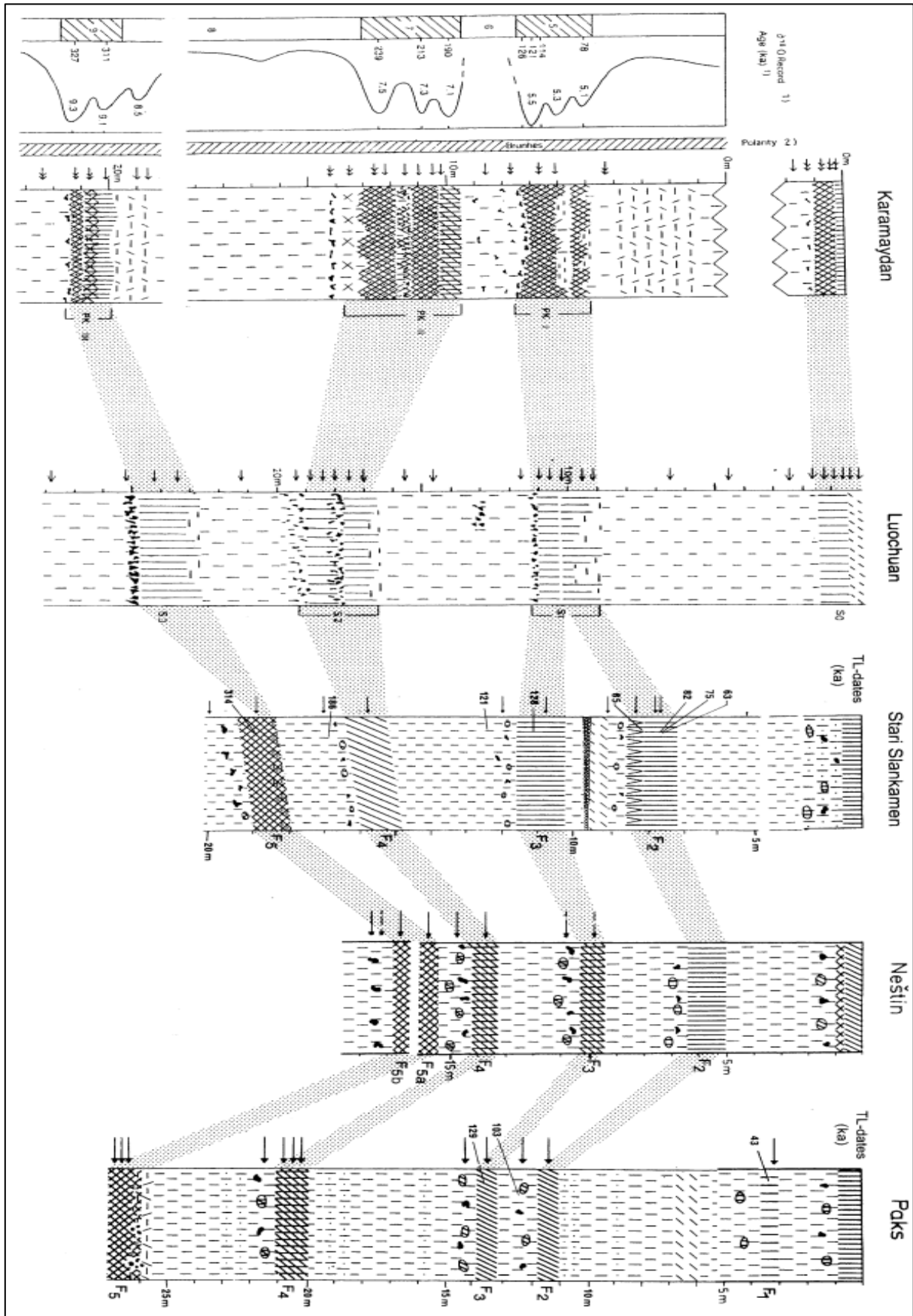


Abbildung 13: Beispiel für eine gelungene Korrelation von Löss-Paläosol-Sequenzen aus Karamaydan (Tadschikistan), Luochuan (China), Stari Slankamen, Neštin (Serbien), und Paks (Ungarn). Links: $\delta^{18}\text{O}$ -Temperaturkurve. Quelle: BRONGER (2003:14). Verändert, eigene Bearbeitung.

Ein wesentliches Merkmal von Böden und Paläoböden, das durch die Farbe optisch erfasst werden kann, ist der Prozess der Bildung sekundärer Minerale. Vor allem Eisenminerale wie Goethit und Hämatit werden unter eher warm-humiden klimatischen Bedingungen gebildet und geben dem Boden braun-rötliche Farbtöne. Der Wassergehalt ist ein weiterer wichtiger Einflussfaktor für die Bodenfarbe. Die klimaabhängige Verwitterung lässt sich folgendermaßen charakterisieren: Im gemäßigt-humiden Klima wird aus primären Mineralen wie Biotit, Olivin oder Magnetit freigesetztes zweiwertiges Eisen in braun-rot erscheinende Eisen(III)-Oxide umgewandelt, welche nach wiederholtem Austrocknen und Wiederbefeuchten zum braun bis rötlichbraunen Goethit (FeOOH) altern. In tropischen und subtropischen Gebieten entsteht hingegen der den Boden intensiv rot färbende Hämatit (Fe₂O₃) (VERGINIS 1995:16, vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:24, GISI 1997).

2.5.3.1 Der „Kremser Komplex“

Als für diese Arbeit besonders interessante paläopedologisch-ökologische Studie soll die der Paläoböden der Kremser Schießstätte von J. FINK beschrieben werden. Der „Kremser Komplex“ wurde von GÖTZINGER 1936 als „Kremser Verlehmungszone“ bezeichnet (FINK 1976:83), von BRANDTNER 1956 (FINK 1961:7) als „Kremser Bodenbildung“ bezeichnet.

BRANDTNER (1956:127) beschreibt den Kremser Komplex als tiefgründigen, intensiv gefärbten, fossilen Verwitterungshorizont, in welchem eine ausgesprochen warme Molluskenfauna nachgewiesen ist.

Die Kremser Schießstätte weist von Paläoböden KR 7 bis 9 (siehe Abbildung 14) einen intensiv gefärbten, dem „Großen Interglazial“ zwischen Mindel und Riß zuzuordnenden Pedokomplex auf. Paläoboden KR 4 (siehe Abbildung 14) wurde nach GÖTZINGER als Abschnitt der „Göttweiger Verlehmungszone“ angesehen, was FINK jedoch aufgrund neuer Ergebnisse als „wissenschaftshistorischen Begriff“ wertet. Die Brunhes-Matuyama-Grenze liegt zwischen Paläoböden KR 4 und 5 (siehe Abbildung 14) (FINK 1976:83).

Die Rotfärbung ist intensiv (feucht und trocken: ziegelrot, hoher Eisenoxidgehalt), das ursprüngliche Lössgefüge komplett vernichtet, das Material komplett entkalkt, der Tongehalt und der Verwitterungsgrad hoch, was auf eine längere Periode der Bodenbildung schließen lässt. Auch wird eine Art Tonkutan („speckig glänzende Spaltflächen“) in der bis zu zwei Meter mächtigen Verlehmung sichtbar. Nach oben hin erfährt der Pedokomplex einen Übergang in eine sepiabraune, etwas humushaltigere Schicht mit geringem Kalkgehalt; der Kalk ist aber sekundär eingewaschen. Der Humusgehalt ist gering, weshalb es sich nicht um eine fossile Schwarzerde handelt. Der Komplex wird als sehr homogen und ohne lokale Verschiedenheiten beschrieben. Während der Pedogenese waren somit die klimatischen Bedingungen in ganz Niederösterreich homogen. Der Komplex wird von einem weißen,

kreidigen, zerreibbaren Ca-Horizont mit wenigen Lösskindln unterlagert (BRANDTNER 1954:68).

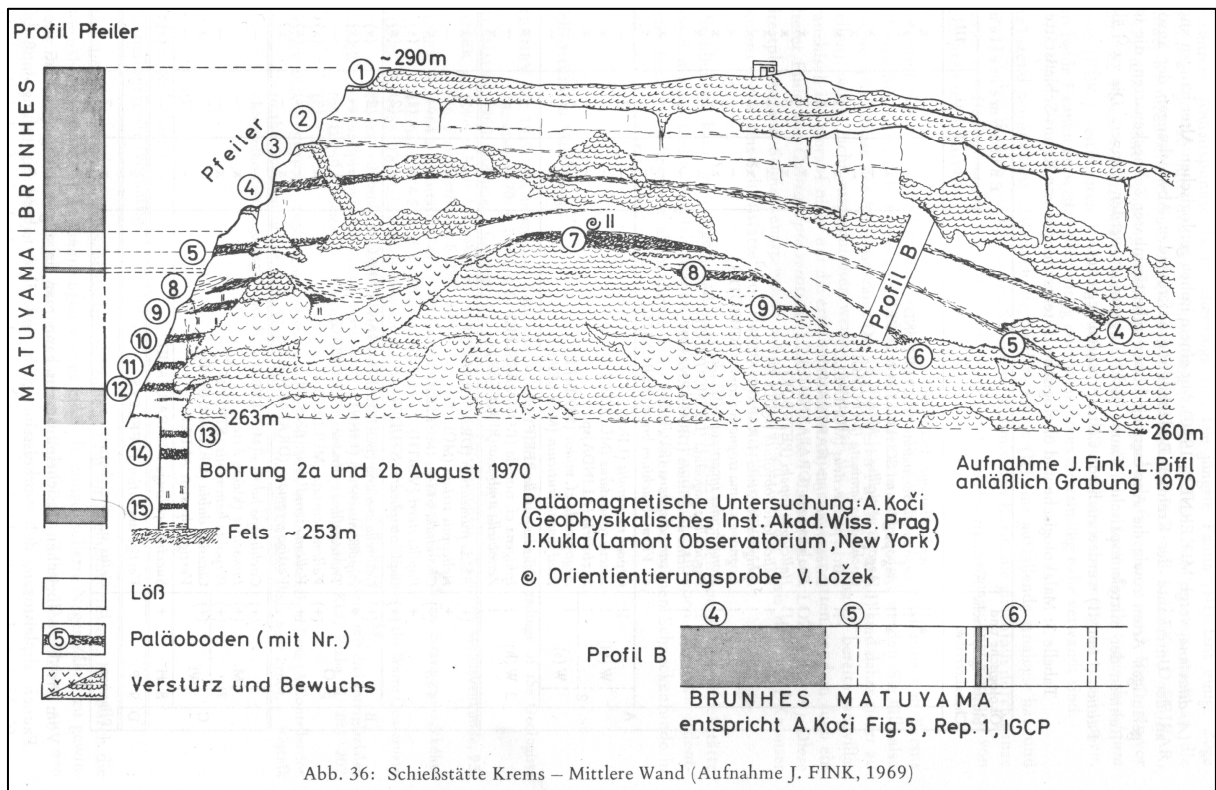


Abb. 36: Schießstätte Krems – Mittlere Wand (Aufnahme J. FINK, 1969)

Abbildung 14: Zeichnung der von FINK und PIFFL aufgenommenen, ostexponierten, „mittleren“ Wand der Kremser Schießstätte mit 15 nummerierten Paläoböden. Quelle: FINK (1976:85).

Der Kremser Komplex ist Ausdruck einer Waldzeit, es gab eine lange Warmzeit mit einem Klimaoptimum (BRANDTNER 1954:73).

Es handelt sich paläopedologisch um einen fossilen Bt-Horizont eines Waldbodens, also einer Braunerde („Braunlehm“). Der Farbwert des hangenden, sepiabraunen Horizontes auf der MUNSELL-Skala beträgt 5 bis 7,5 YR (BRANDTNER 1956:135). Der liegende, rotgefärbte Horizont wird als „Rotlehm“ bezeichnet (FINK 1961:7).

Die ganze Mittlere Wand der Schießstätte umfasst 15 Paläoböden, davon sind fünf Böden (KR, 4, KR 5, KR 7, KR 8, KR 12) gesicherte und weitere vier Böden (KR 6, KR 9, KR 13, GG-KR 15) vermutete Interglazialböden (FINK 1978:28 ff.). Die Horizonte des Kremser Komplexes KR 7, KR 8 und KR 9 erstrecken sich in einer Höhe von 269–273 m ü. d. Adria (FINK 1978, Anhang, Tafel III). Fossile humose Böden fehlen in der Schießstätte, erhalten sind tonreiche und farbintensive Bt-Horizonte, die durch einen Cca-Horizont aus sekundärem Karbonat unterlagert werden (FINK 1976:90).

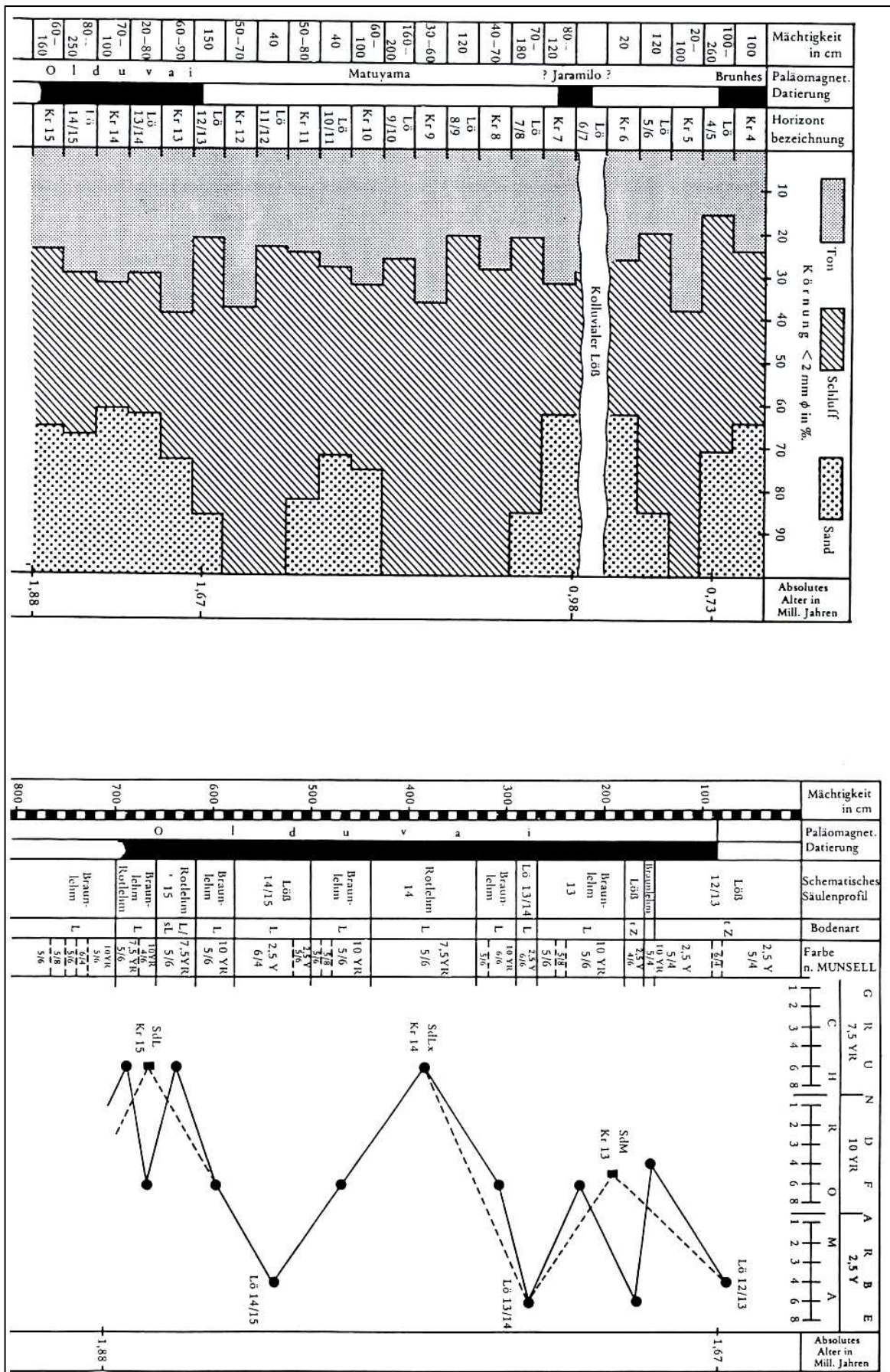


Abbildung 15: Sedimentologische Analyse der Aufschlüsse der Kremser Schießstätte - Sammelpprofil nach VERGINIS/RABEDER 1987. Quelle: VERGINIS (1995:22 f.)

Horizont KR 7b ist nach FINK & KUKLA (1977:369 f.) ein Horizont mit konzentrierten Karbonatkonkretionen, es ist der ausgeprägteste Karbonathorizont im gesamten Profil. Daher wird geschlossen, dass Horizont KR 7 durch temperierte Hartlaubgehölze geprägt wurde, die später in Wald-Savanne-Vegetation übergingen. Die Böden in den Horizonten KR 10 bis KR 15 sind bis auf KR 14 rubefiziert und rekalkifiziert.

Besonders hervorzuheben sind die Paläoböden KR 7 bis KR 9, also die des Kremser Komplexes (GÖTZINGER [1936] bezeichnete ihn als „Kremser Boden“), die als extrem lessivierte Böden bezeichnet werden (FINK 1976:90). Besonders deutlich wird die Anreicherung von meist basal zum Paläoboden ausgefälltem CaCO_3 in verschiedener Form:⁵

- Als basaler Illuvialhorizont
- Als „petrocalcic horizon“, also als steinartig verhärtet und plattig strukturierter Horizont
- Als „Lehmstangen“, also als senkrecht stehender, stangenförmiger Körper mit ca. 5 cm Durchmesser. Diese Stangen wechseln sich mit ebensolchen Formen aus Bt-Horizontmaterial ab und bilden Horizonte mit verschiedenem Anteil am jeweiligen Material. Als Ursache für die Bildung wird extrem wechselfeuchtes Klima bei hohen Temperaturen angeführt. Die Lehmstangen sind erst unter dem Horizont KR 7 zu finden.

Abgesehen von den Horizonten des Kremser Komplexes treten diese Lehmstangen als isolierte Formen unterhalb von Bt-Horizonten mit ca. 2 cm Durchmesser auf (FINK 1976:90). Die obersten Paläoböden (KR 1 bis 4) sind schwach ausgeprägt, erst Horizont KR 5 entspricht einer „Leimzone“ (Bezeichnung nach GÖTZINGER [1936:8]), die als tonreicher Bt-Horizont eingestuft wird. Auch KR 6, KR 10 und KR 15 sind kräftige Bt-Horizonte von Braunerden bis hin zu Parabraunerden (FINK 1976:90).

Es kann von neun glazialen Zyklen (Löss-Böden) in der Löss-Paläoboden-Abfolge der Kremser Schießstätte ausgegangen werden (FINK & KUKLA 1977:370).

PÉCSI & RICHTER (1996:156) führen aus, dass der obere Teil des Sedimentpaketes lückenhaft ist und dass das Jaramillo-Event (ca. 0,9 Mio. J. BP) im Paläobodenhorizont KR 7 festgestellt wurde. Außerdem zählen sie 16 Paläoböden und nicht 15 im Profil der Schießstätte nach FINK.

VERGINIS (1995:22 f.) liefert eine detaillierte Neubearbeitung des Profils der Schießstätte (Korngrößenanalyse, Paläomagnetik, Farbe, Textur und Bodentyp) aus dem Jahr 1987 in Zusammenarbeit mit G. RABEDER. Die Analyseergebnisse sind auf Abbildung 15 dargestellt. Rotlehme und Braunlehme mit Farbwerten (MUNSELL-Skala) von 7,5 und 10 YR sind im ältesten Bereich des Profils (1,67–1,88 Mio. J. BP) hervorgehoben (VERGINIS 1995:23).

⁵ Zusammenstellung nach FINK (1976:90 f.)

3 BISHERIGE FORSCHUNGSTÄTIGKEITEN IN DEN UNTERSUCHUNGSGEBIETEN

Das Gebiet um Krems wird aufgrund seiner Heterogenität bereits seit über 100 Jahren sedimentologisch, ökologisch, paläopedologisch und archäologisch erforscht. In diesem Kapitel soll eine Zusammenstellung bisheriger Forschungstätigkeiten aus dem sedimentologischen-paläopedologischen und dem archäologischen Wirkungs- und Forschungsfeld präsentiert werden.

3.1 Sedimentologisch-paläopedologische Studien

Einer der ersten Forscher im gesamten periglazialen Raum und u. a. in der Kremser Schießstätte war ALBRECHT PENCK, der zusammen mit EDUARD BRÜCKNER zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Glaziale Serie im dreibändigen Werk *„Die Alpen im Eiszeitalter“* erstmals beschrieb. PENCK war wegweisend in der Quartärgeologie und -ökologie (vgl. PENCK & BRÜCKNER 1909, auch PENCK & BRÜCKNER 1909:102). Erstmals wurde die Kremser Schießstätte 1903 bei einer Exkursion unter Leitung von PENCK anlässlich des 9. Internationalen Geologischen Kongresses erwähnt. Die damals erst kürzlich aufgelassene Ziegelei, die zur Schießstätte umfunktioniert wurde, barg in ihren teilweise abgetragenen, bis 25 m hohen Lösswänden kräftige Verlehmungshorizonte, die PENCK als Zwischenperiode der Lössbildung erkannte (FINK 1976:81).

HUGO HASSINGER (1905) forschte ebenfalls zu Beginn des 20. Jahrhunderts im Tertiär und Quartär des Wiener Beckens und Tullner Feldes (letzteres bezeichnet er auch als „Kremser Becken“). Er beschäftigte sich vor allem mit den Terrassenniveaus und deren Gliederung. Sein Werk *„Geomorphologische Studien aus dem Inneralpinen Wiener Becken und seinem Randgebirge“* von 1905 umfasst sedimentologisch auch das Tertiär und Quartär des Kremser Raumes. HASSINGER prägte den terrassensedimentologischen Begriff „Kremsfeldniveau“, welches das Aufschotterungsniveau aus Quarzschottern auf der Plateaufläche des Kremsfeldes zwischen 310 und 320 m ü. d. Adria bezeichnete, jedoch heute weniger gebräuchlich ist (HASSINGER 1905:50 f.).

GUSTAV GÖTZINGER führte 1936 eine Quartär-Exkursion durch Österreich durch, bei der auch das Gebiet um Krems besucht wurde. Er berichtet in seinem zweibändigen „Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich“ im Bericht *„Das Lössgebiet um Göttweig und Krems an der Donau, S. 1-12“* von einer „braunen Leimzone“ in der Schießstattgasse. Eine Handzeichnung der Schießstattwände mit mehreren Verlehmungen findet sich auf Tafel 2b (GÖTZINGER 1936:8 ff.).

FRIEDRICH BRANDTNER forschte in den 1950er Jahren in den Lössgebieten des Alpenvorlands und beschrieb den Kremser Komplex, der für die Schießstätte typisch ist (vgl. BRANDTNER 1956:134 ff.). Er erwähnt die Kremser Bodenbildung in seiner Publikation „*Jungpleistozäner Löss und fossile Böden in Niederösterreich*“ 1954 und stellt die Ergebnisse von Untersuchungen im Fachartikel „*Lößstratigraphie und paläolithische Kulturabfolge in Niederösterreich und in den angrenzenden Gebieten*“ von 1956 dar (BRANDTNER 1954:73 f., BRANDTNER 1956:134 ff.).

LUDWIG PIFFL berichtet 1955 in der „*Exkursion von Krems bis Absberg*“ von den mächtigen Lössdecken, die das Kremsfeld bedecken und den Schottern im Hangenden (PIFFL 1955:70). Seine Forschungen im Tullner Feld erstrecken sich bis in die 1970er Jahre mit der Publikation „*Zur Gliederung des Tullner Feldes*“. Die landschaftsgenetische Fragestellung im Aufsatz zur Unterteilung des Tullner Feldes wird vor allem durch verschiedene Terrassenniveaus bearbeitet (vgl. PIFFL 1971).

JULIUS FINK forschte seit den 1950er Jahren im Großraum Krems bzw. im nördlichen Alpenvorland. „*Die Gliederung des Jungpleistozäns in Oesterreich*“ ist ein Werk, in dem auf die Kremser Bodenbildung („Kremser Komplex“) eingegangen wird (FINK 1961:7 ff.).

FINKS „*Exkursion am 13. Juni 1965: Quartär und Tertiär der Umgebung von Krems und Melk*“ mit der Route Melk-Krems-Gneixendorf-Langenlois-Hadersdorf-Stockerau-Wien passierte den Hollabrunner Schotter und mehrere Terrassenniveaus am Kremsfeld und beschäftigte sich mit den dort vorkommenden Paläoböden (FINK 1965:308 ff.).

FINKS Führer zur „*Exkursion durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donaauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. Band. 1.*“ von 1976 (Bd. 1) und 1978 (Ergänzungen zu Bd. 1) in zwei Bänden enthält die komplette Aufnahme des Profils der Kremser Schießstätte zusammen mit malakologischen Analysen von VOJEN LOZEK (FINK 1976:84 ff.), der paläomagnetischen Analyse von KOCI und KUKLA und der Analyse der Kleinsäugetierfauna von GERNOT RABEDER (FINK 1976:87 ff.). FINK selber beschreibt die Paläopedologie und die Landschaftsmorphologie der Schießstätte (FINK 1976:90 f.). Die Profilzeichnung ist auf Tafel III, im Ergänzungsband zu Band 1 (FINK 1976, Anhang) zu finden. JULIUS FINK & GEORGE J. KUKLA verfassten zusammen den 1977 im Fachjournal „*Quaternary Research*“ veröffentlichten Artikel „*Pleistocene Climates in Central Europe: At Least 17 Interglacials after the Olduvai Event*“ (FINK & KUKLA 1977:365). Sie gehen dabei auf den Kremser Komplex und dessen paläomagnetische Datierung ein.

SPYRIDON VERGINIS veröffentlichte 1995 den Artikel „*Lößakkumulation und Paläoböden als Indikatoren für Klimaschwankungen während des Paläolithikums (Pleistozän). Mit ausgewählten Beispielen aus Niederösterreich*“. In diesem Artikel sind u. a. die Forschungsergebnisse von VERGINIS und RABEDER aus dem Jahr 1987 zur Korngrößenanalyse, MUNSELL-Farbbestimmung, Horizontierung und paläomagnetischen

Analyse der neuerlich beprobten und laboranalytisch ausgewerteten Kremser Schießstätte zu finden (VERGINIS 1995:22 ff.).

LUDWIG ZÖLLER verfasste 1995 seine Dissertation „*Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten*“. Er untersuchte das auch in der vorliegenden Arbeit analysierte Profil Krems Stratzing in Zusammenarbeit mit dem Archäologenteam um CHRISTINE NEUGEBAUER-MARESCH. Seine Analyse umfasst in erster Linie Thermolumineszenzdatierungen und paläopedologisch-sedimentologische Korrelation (ZÖLLER 1995:64 und 152).

3.2 Archäologische Ausgrabungen

Über die Stratigraphie von archäologischen Fundschichten, die sich im Löss gut erhalten, werden auch erdwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen.

JOSEF BAYER forschte seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts in der niederösterreichischen Lössregion um Krems und war bei der Auffindung der Venus von Willendorf zur Stelle (vgl. NEUGEBAUER-MARESCH 1995:6). Er verfasste „*Jüngster Löss und paläolithische Kultur in Niederösterreich*“ (1909) und „*Der Mensch im Eiszeitalter*“ (1927). Das Titelblatt des zweiten Werkes ziert eine Fotografie des Hohlweges mit der Göttweiger Verlehmungszone bei Furth (GÖTZINGER 1936:6), was die enge Verbindung der Archäologie mit der Paläopedologie wohl hervorhebt. In den Werken GÖTZINGERS wird häufig auf die Ausgrabungen BAYERS Bezug genommen.

GUSTAV GÖTZINGER führte, wie bereits erwähnt, 1936 eine Quartär-Exkursion durch Österreich durch und berichtete über aurignaciézeitliche Funde in der Kremser Schießstätte. Um 1900 wurde der Inundationsdamm der Donau verstärkt, weshalb in der Kremser Schießstätte Erdreich und Löss abgetragen wurden. Dabei gelangten in 8 m Tiefe 20.000 Steinwerkzeuge aus dem Aurignacién ans Tageslicht, die im städtischen Museum von Krems aufbewahrt werden (GÖTZINGER 1936:8).

FRIEDRICH BRANDTNER forschte neben dem Bereich der quartären Sedimente auch im Bereich der paläolithischen Kulturabfolge (BRANDTNER 1956).

CHRISTINE NEUGEBAUER-MARESCH leitete zahlreiche paläolithische Ausgrabungen in Niederösterreich, u. a. auch in Stratzing (Aurignacién), am Kremser Wachtberg (Gravettién, z. Zeit laufend) und am Kremser Hundssteig bis 2008 (Aurignacién). Der Wachtberg und der Hundssteig befinden sich in unmittelbarer Nähe der Schießstätte (NEUGEBAUER-MARESCH 1995:78 f., HÄNDEL ET AL. 2009). Bei einem interdisziplinären Projekt im Areal der Ausgrabungen am Kremser Wachtberg wurde im oberen Bereich des Profils ein doppeltes graues, organisches Ascheband (siehe Kap. 6.2.1, Profil ST 1, Horizont ST 4a, ca. 1,5 m) gefunden, das zur Korrelation mit anderen Profilen dienen kann (HÄNDEL ET AL. 2009:46 f.).

4 METHODEN

4.1 Sedimentologisch-stratigraphische Geländemethoden

Im Mai 2008 wurde im Rahmen einer paläopedologisch-stratigraphischen Geländeansprache das Profil ST 1 in Stratzing aufgenommen. Im August, September 2008 und Jänner 2009 wurde anschließend an den Profilen KSI 1, 2 und 3 der Schießstätte in Krems gearbeitet. Die Beprobung der Horizonte für die Laboranalytik und die Fotodokumentation wurden innerhalb des genannten Zeitrahmens durchgeführt.

Die OSL-Proben für das Profil ST 1 in Stratzing und KSI 3 der Schießstätte datierte Dipl. Geogr. Christine Thiel, Leibniz Institut für Angewandte Geophysik in Hannover.

Die paläomagnetische Analyse wurde von ao. Prof. Dr. Robert Scholger, Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik der Montanuniversität Leoben durchgeführt. Das Profil ST 1 hinter dem Sportplatz liegt am Standort der archäologischen Ausgrabungen von Stratzing (vgl. NEUGEBAUER-MARESCH 1995:26). Bei der Horizontierung wurden die Horizontbezeichnungen der archäologischen Untersuchungen übernommen bzw. erweitert. Die Aufnahme erfolgte im Maßstab 1:25.

In der Kremser Schießstätte wurden an einer bis zu 20 m hohen, senkrechten Sedimentwand an drei Stellen Profile zugänglich gemacht, freigelegt, und nach erfolgter Horizontierung im Maßstab 1:20 gezeichnet. Die Lage der Stellen der Profile in der Schießstätte in Krems wurde so bestimmt, dass die aus Bäumen bestehende Vegetation am Fuße der Wand die Profile möglichst wenig verdeckte.

Die Abgrenzung der Horizonte erfolgte an beiden Standorten nach prägenden, genetischen Merkmalen.

Die Bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) wurde zur Beschreibung der Horizonte herangezogen. Es erfolgte die Dokumentation von Basischarakteristika wie Profiltiefe, Horizontmächtigkeit, Horizontgrenzen, Texturmerkmale des Materials, dessen Grob- und Feingefüge, Lagerungsdichte und besondere Merkmale des Horizontes. Zu den besonderen Merkmalen wurden Manganausfällungen, Karbonatkonkretionen, Sand- und Kieslagen, Mollusken sowie redoximorphe Fleckung gezählt.

Die Bodenart wurde im Sinne der AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005 durch die Fingerprobe anhand von Bindigkeit, Formbarkeit und Sandgehalt des Materials bestimmt.

Der Karbonatgehalt wurde nach optischer und akustischer Wahrnehmung der Reaktion des Materials mit 10%iger Salzsäure auf einer fünfstufigen Skala eingestuft.

Die Ermittlung der Farbwerte des Materials unter Verwendung der MUNSELL SOIL COLOR CHARTS erfolgte horizontweise jeweils in naturtrockenem und angefeuchtetem Zustand.

Die Klassifizierung der Bodenhorizonte erfolgte mittels der deutschen Bodensystematik. Auf eine Besonderheit in der Klassifikation soll hingewiesen werden: In der vorliegenden Arbeit werden Nassböden und Tundragleye in Ermangelung eigener Horizontsymbolik mit dem Horizontsymbol „Gor“, also dem für grundwasserbeeinflusste Unterböden mit redoximorphen Merkmalen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:474 f.) bezeichnet. Die Profile KSI 3 und ST 1 sind von dieser Terminologie betroffen.

4.2 Labormethoden

Für die Durchführung von Laboranalysen zur genaueren Bestimmung der sedimentologisch-physikalischen, chemischen und elementaren Eigenschaften der aufgenommenen Profile wurden im Ganzen 61 Horizonte beprobt. Davon stammen 23 Proben aus Stratzing (ST 1) und 38 aus der Kremser Schießstätte (davon 23 vom Profil KSI 1 und 15 vom Profil KSI 3). Bei den einzelnen Proben handelt es sich um Mischproben aus jeweils einem homogenen Horizont bzw. Teilhorizont.

Die sedimentologischen Analyseverfahren wurden im Physiogeographischen Labor des Institutes für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien durchgeführt, die elementaren Analysen im geochemischen Labor der Geologischen Bundesanstalt, Fachabteilung Geochemie, in Wien.

4.2.1 Sedimentologische Analyseverfahren

Es wurden im Physiogeographischen Labor des Institutes für Geographie und Regionalforschung folgende Analysen durchgeführt: Bestimmung der Korngrößenverteilung (physikalisches Verfahren), des Karbonatgehaltes und des pH-Wertes (beide chemische Verfahren).

4.2.1.1 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung der einzelnen Horizonte wurde unter Verwendung der ÖNORM L 1061-1 (2002) für den Grobboden (Nasssiebung) und ÖNORM L 1061-2 (2002) für den Feinboden (Pipettierung) ermittelt.

Für die Nasssiebung wurden je nach Höhe des abgeschätzten Sandgehaltes je 100 g oder 200 g der absolut trockenen (atro) Probe eingewogen. Nach dem Versetzen der Probe mit Wasser erfolgte die Siebung mittels der Schüttelapparatur Marke Retsch, Typ AS 200 basic für 45 Minuten. Die Maschenweite der verwendeten Siebe wurde so gewählt, dass Kies/Grus, Grobsand, Mittelsand und Feinsand voneinander getrennt wurden: 2 mm für Kies/Grus, 630 µm für Grobsand, 200 µm für Mittelsand und 63 µm für die Feinsandfraktion.

Die einzelnen Siebrückstände wurden in abgewogene Behälter gefüllt, im Trockenschrank bei 105° C absolut getrocknet und ausgewogen.

Die Abtrennung der Schluffteilfraktionen und der Tonfraktion erfolgt mittels Anwendung der Pipettiermethode, die auf dem Gesetz von STOKE (vgl. ÖNORM L 1061-2 von 2002) basiert. Das Gesetz beschreibt die Absinkgeschwindigkeit von als Kugel angesehenen Teilchen in Suspensionen. Demgemäß sinken große Teilchen schneller ab als Teilchen mit kleinem Durchmesser. Dieses Prinzip findet Anwendung in der Pipettierung, die in genau definierten zeitlichen, temperaturabhängigen Intervallen erfolgt. Dafür wurden 12 g atro Feinerde mit 25 ml Natriumpyrophosphat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) versetzt und für sechs Stunden stehen gelassen. Nach Beimengung von entionisiertem Wasser, wurde die Probe mittels Überkopfschüttler acht Stunden lang durchmischt bzw. in Bewegung gehalten. Danach wurde mittels eines Siebes mit der Maschenweite von 63 μm der Sand abgetrennt und die Schluff-Tonsuspension in einen Standzylinder mit 1000 ml Fassungsvermögen und einem Meter Höhe überführt. Die Suspension im Standzylinder wurde mit entionisiertem Wasser auf 1000 ml aufgefüllt. Der Siebrückstand wurde bei 105° C absolut getrocknet und ausgewogen, was zur Prüfung der Genauigkeit der Pipettierungen benötigt wird. Nach einmaligem Aufschütteln des Standzylinders erfolgt nach festgesetzten, zeitlichen Intervallen mittels einer Pipette nach Köhn die Entnahme von je 20 ml der Suspension in 10 cm Tiefe. Es erfolgen 4 Entnahmen durch die Pipette: Die erste für die Grobschluffteilfraktion (20 – 63 μm), die zweite für die Mittelschluffteilfraktion (6,3 – 20 μm), die dritte für die Feinschluffteilfraktion (2 – 6,3 μm) und die vierte für die Tonfraktion (< 2 μm).

Die überführte Suspension wurde im Trockenschrank bei 105° C absolut getrocknet und ausgewogen. Schließlich wurde der Anteil der jeweiligen Korngrößenfraktion ermittelt.

Nach der Zusammenführung der Daten der Nasssiegung und Pipettierung und einer Rückrechenoperation konnte die Bodenart und Korngrößenverteilung im österreichischen Texturdreieck festgestellt werden.

4.2.1.2 Karbonatgehalt

Der Gehalt an mineralischem Karbonat (CaCO_3 und $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) wurde nach der ÖNORM L 1084 (2006) ermittelt. Dazu wurde 1 g lufttrockene Feinerde eingewogen und in einer Scheibler-Apparatur mit 10 ml 10%-iger HCl beträufelt. Das aus der Reaktion mit dem Karbonat gebildete Kohlendioxid (CO_2) wurde aufgefangen und gasvolumetrisch gemessen. Neben dem gemessenen Wert in mm Wassersäule wurde in die Berechnung auch der Luftdruck und die Lufttemperatur miteinbezogen. Die Errechnung des Karbonatgehaltes in Prozent erfolgt über die in der ÖNORM L 1084 angeführte Formel. Dabei wird aus dem

Millimeterwert des entwichenen CO₂ der massenbezogene Anteil des Karbonats in g/kg Probe und schließlich der prozentuelle Anteil des Karbonates errechnet.

4.2.1.3 pH-Wert

Der pH-Wert wurde mittels des pH-Messgerätes WTW pH-315i ermittelt. Dafür wurden 20 g lufttrockener Probe mit 50 ml einer 0,01 molaren Calciumchloridlösung (CaCl₂) dispergiert. Die Suspension wurde für zwei Stunden mit dem Überkopfschüttler homogenisiert und danach für eine halbe Stunde stehen gelassen. Unmittelbar vor der Messung erfolgte mittels Glasstab ein Aufrühren. Die Messung mit der Elektrode des pH-Messgerätes wurde so lange vorgenommen, bis sich der angezeigte Wert stabilisierte.

4.2.2 Elementaranalysen

Die Analysen wurden im geochemischen Labor der Geologischen Bundesanstalt (GBA), Fachabteilung Geochemie in Wien mittels des Spektralanalysators „200 IS – Kohlenstoff-/Schwefelanalysator“ des Erzeugers LECO Instrumente GmbH durchgeführt. Das Gerät erreicht laut Herstellerangaben einen Messbereich für Schwefel- und Kohlenstoffgehalt von 1-2 ppm bis hin zu 100 % des Probengewichts zuverlässig, die Hochfrequenzverbrennung der Probe erfolgt bei 2300°C. (LECO-Homepage, Zugriff am 30.10.2010) Die Analysen erfolgten mit absolut trockenen Proben.

4.2.2.1 Gesamtkohlenstoff und Schwefelgehalt

Der Gesamtkohlenstoff setzt sich aus organischem und mineralischem (anorganischem) Kohlenstoff zusammen. Die Messung erfolgt zusammen mit der des Schwefelgehaltes im Spektralanalysator LECO 200 IS. Die Analyse wurde mit absolut trockenem, analysefein gemörsertem Pulver der Probe durchgeführt. Davon wurden ca. 200 mg (das genaue Gewicht wurde dem Analysator zugeführt) in feuerfeste, ausgeglühte LECO-Probetiegel eingewogen. Nach Zugabe von katalytisch wirkendem Eisengranulat wurde die Probe in den Analysator eingeführt und bei 2300°C verbrannt und analysiert. Der Analysator ermittelt vollautomatisch den Wert und speichert ihn in einem Excel-Dokument ab. Die Analyse wurde für jede Probe zweimal durchgeführt und der Mittelwert berechnet.

4.2.2.2 Organischer Kohlenstoff

Auch hier wurde analysefeines Pulver der Probe für die Analyse verwendet. Davon werden zwecks Doppelbestimmung 2 mal 500 mg in ausgeglühte, leicht poröse LECO-Filtertiegel eingewogen und zur Zerstörung des mineralischen Karbonates drei Mal mit zweimolarer HCl

durchgespült. Es hinterbleibt in der Probe nur noch organischer Kohlenstoff, der mit HCl nicht reagiert. Zur Ausspülung der in der Probe verbleibenden und die Analyse behindernden Cl⁻ - Ionen wurden die Tiegel 10 Mal innerhalb von zwei Tagen mit entionisiertem Wasser gespült. Das mit den Ionen angereicherte Wasser tritt durch die Poren der Tiegel aus. Im Anschluss erfolgt nach Zugabe von katalytisch wirkendem Eisengranulat die Messung mit dem LECO 200 IS.

Zur Ermittlung des mineralischen Kohlenstoffgehaltes wurden die Mittelwerte des organischen Kohlenstoffgehaltes von denen des Gesamtkohlenstoffgehaltes subtrahiert.

4.3 Datierungsmethoden

Datierungsmethoden werden in der Quartärforschung angewandt, um das Alter von Sedimenten absolut oder relativ zu bestimmen. In der vorliegenden Arbeit wurden zwei Methoden angewandt: Die Paläomagnetik und die optisch stimulierte Lumineszenz.

4.3.1 Paläomagnetische Methoden

Die Probenahme für die paläomagnetische Laboranalyse fand in der Kremser Schießstätte am Profil KSI 1 freundlicherweise mit Unterstützung von ao. Prof. Dr. Robert Scholger statt. Die Beprobung erfolgte am geputzten Profil in Abständen von 10-30 cm mittels würfelförmiger Kunststoffhülsen (2 cm Kantenlänge), die durch eine Führungsschiene in ihrer Lage stabilisiert und durch einen Hammer in das zu beprobende Sediment gedrückt wurden. Das gesamte Profil wurde beprobt, wobei die unregelmäßigen Abstände der Proben auf die ungleiche Mächtigkeit der Horizonte zurückzuführen ist.

Es wurden 63 Proben entnommen, deren Exposition mittels geologischen Kompasses festgehalten wurde. An der Montanuniversität Leoben im Paläomagnetiklabor wurden die Proben schließlich von ao. Prof. Dr. Robert Scholger auf natürliche remanente Magnetisierung (NRM) und die magnetische Volumenssuszeptibilität gemessen. Die remanente Magnetisierung wurde an einem 2G-Cryogen-Magnetometer mit integrierter Wechselfeld-Abmagnetisierung und die Suszeptibilität an einer Kappabridge Geofyzika KLY-2 gemessen. (SCHOLGER, R., Schriftliche Mitteilung am 13.11.2009).

Anschließend wurden „die orientierten Proben (...) schrittweise bei zunehmend stärkeren magnetischen Wechselfeldern (2 bis 140 mT) abmagnetisiert, wobei nach jedem Reinigungsschritt die verbleibende NRM [natürliche remanente Magnetisierung, Anm.] gemessen wird. Entsprechende magnetische Abschirmungen verhindern die Entstehung von Remanenzkomponenten unter dem Einfluss des Laborfeldes während der Abmagnetisierung. Das Abmagnetisierungsverhalten gibt Hinweise auf die magnetischen Trägerminerale und ermöglicht gegebenenfalls die Trennung primärer fossiler

Magnetisierungsrichtungen von sekundären Magnetisierungen, die durch magnetische Überprägung und Verwitterung entstehen.“ (SCHOLGER, R., Schriftliche Mitteilung am 13.11.2009).

4.3.2 Optisch stimulierte Lumineszenz

Das Datierungsverfahren der optisch stimulierten Lumineszenz (OSL) wurde für das Profil Stratzing ST 1 angewandt. Dabei wurde ausgewählten Horizonten Proben entnommen, die freundlicherweise von Dipl. Geogr. Christine Thiel im Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG) im Geozentrum Hannover unter der Laborleitung von Prof. Dr. Manfred Frechen analysiert wurden. Prof. Frechen stellte die Geräte der Forschungseinrichtung zur Verfügung. Beprobte und analysiert wurden die Horizonte ST 1/4b, ST 1/5, ST 1/10, ST 1/11, ST 1/14, ST 1/15, ST 1/17b, ST 1/19c und ST 1/19d, also insgesamt neun Horizonte. Diese Horizonte ließen aufgrund ihrer Färbung, Lagerung und Struktur darauf schließen, dass sie seit ihrer Ablagerung nicht mehr umgelagert wurden und sinnvoll datierbar sind.

Der Probenahme erfolgte aufgrund der Lichtempfindlichkeit der Proben in undurchsichtigen Metallzylindern, die mit Hilfe eines Hammers und eines Schlagaufsatzes in das Profil geschlagen und nach der Entnahme mit lichtdichten Deckeln versehen wurden. Die Aufbewahrung bis zur Analyse erfolgte in lichtdichten Säcken. Aus der unmittelbaren Umgebung der Proben (in den jeweiligen Horizonten) wurde zwecks Bestimmung der Dosisleistung mittels Gammaskpektrometrie weiteres Material entnommen, das dem Tageslicht ausgesetzt war (THIEL, CH., Schriftliche Mitteilung vom 16.11.2009).

Für die Proben wurde die Feldspatäquivalenzdosis gemessen, wobei die Messungen aufgrund ihrer Eigenschaft des anomalen Fadings (Signalverlust, der die Datierungsergebnisse beeinträchtigt und die Proben jünger erscheinen lässt) methodisch verbessert wurden. Es wurde die infrarot stimulierte Lumineszenz (IRSL) für die Messungen angewandt.

5 UNTERSUCHUNGSGEBIET

5.1 Geographische Lage

Die Lage des Untersuchungsgebietes im westlichen Kremfeld bzw. in der Nähe von Krems im Zentralraum Niederösterreichs ist von Übergängen in geologischer, klimatischer und ökologischer Hinsicht geprägt. In geographischer Hinsicht prägt die Grenzlage das Untersuchungsgebiet: Es befindet sich an der Grenze zwischen Weinviertel und Waldviertel. Im Südosten von Krems und Stratzing erstreckt sich das holozäne Tullner Feld längs der Donau auf einer Höhenlage zwischen 203 m ü. d. Adria (Krems) und 168 m ü. d. Adria (Korneuburg). Die Donau liegt auf der geographischen Breite von Krems und Stratzing zurzeit auf 199 m ü. d. Adria (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

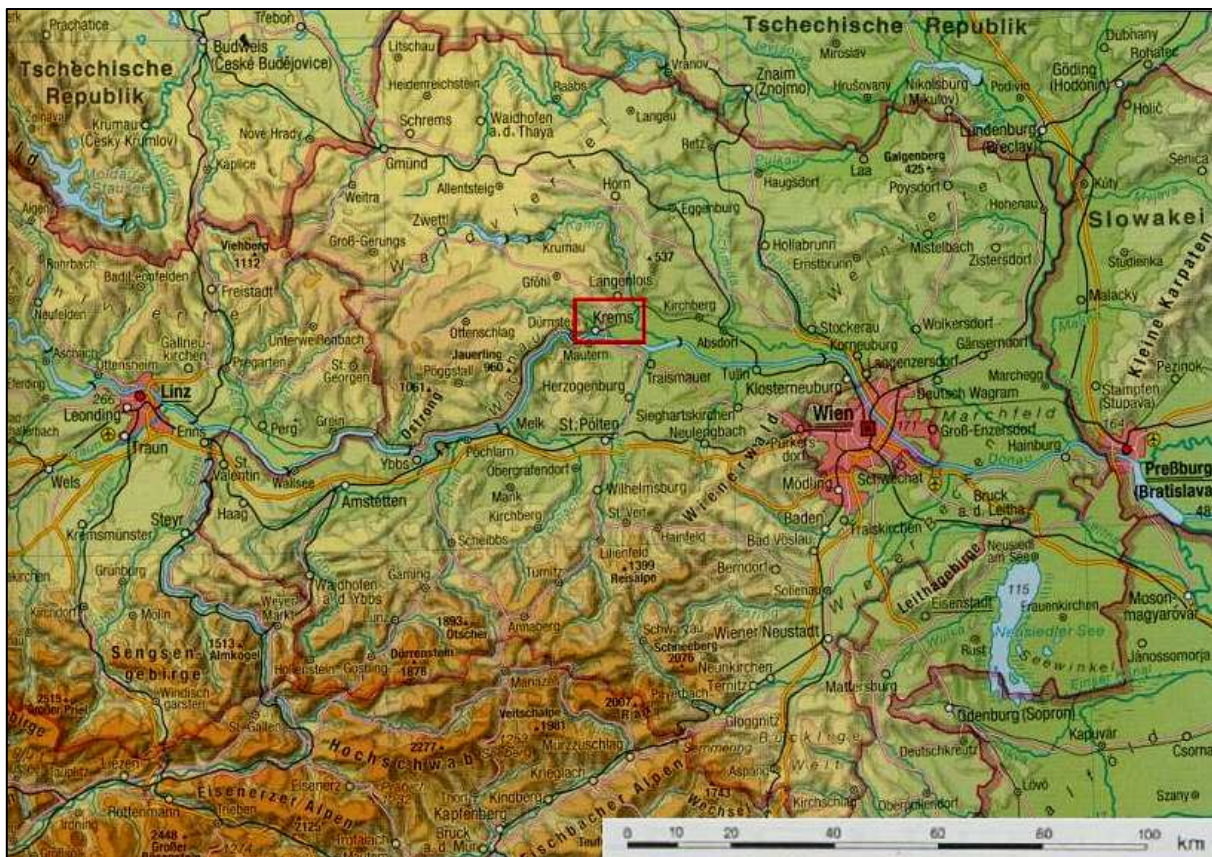


Abbildung 16: Das Untersuchungsgebiet mit Krems und dem Kremfeld in Niederösterreich (rote Markierung). Quelle: DIERCKE WELTATLAS ÖSTERREICH (1997:19). Verändert, eigene Bearbeitung.

Abbildung 16 zeigt das Untersuchungsgebiet in Niederösterreich. Das Grundgebirge der Böhmisches Masse nordwestlich von Krems (Waldviertel) ist erkennbar.

Abbildung 17 markiert, etwas detaillierter, die zwei Stellen der aufgenommenen Profile.

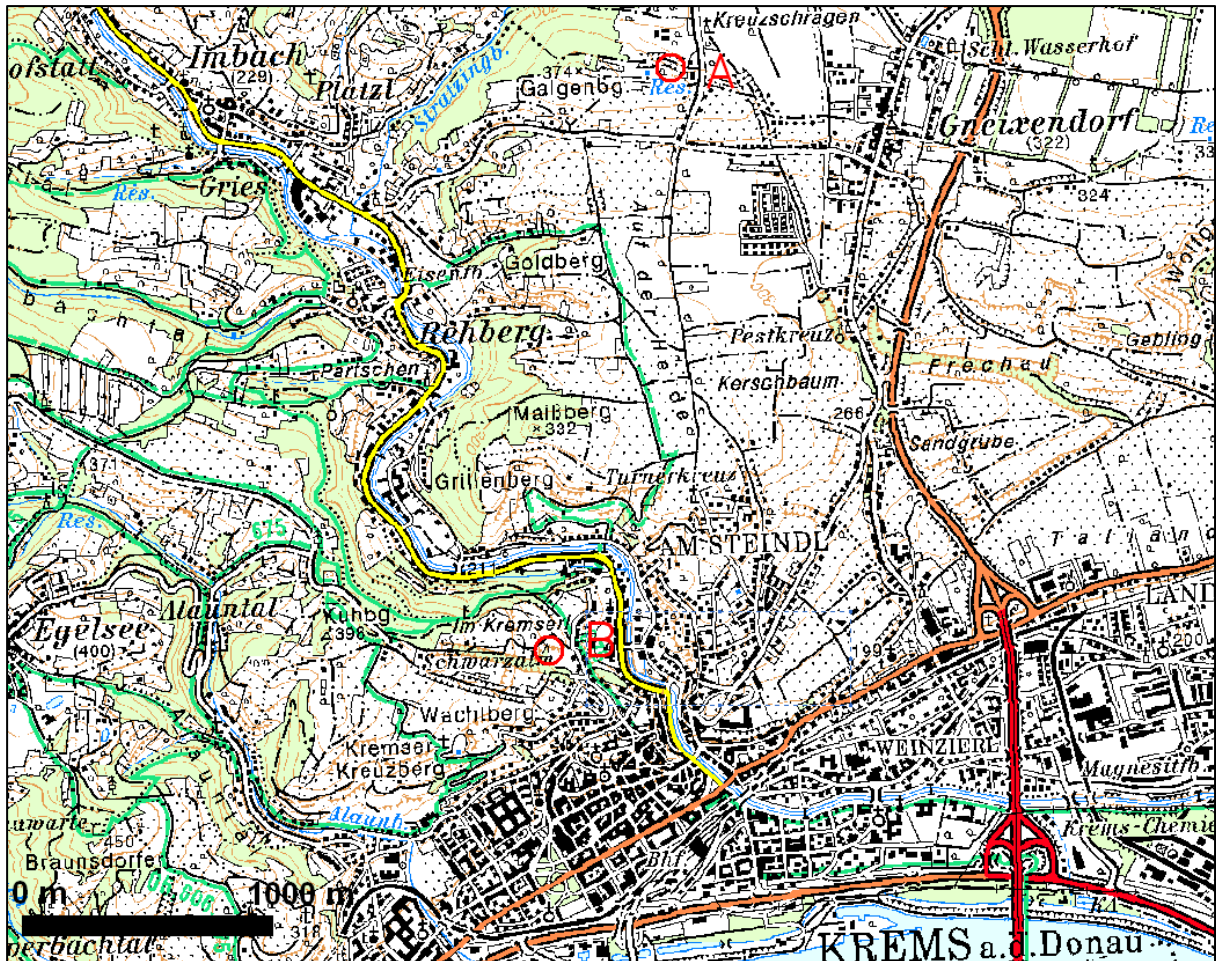


Abbildung 17: Das Untersuchungsgebiet im Detail (Markierung A: Profil Stratzing, Markierung B: Profile Kremser Schießstätte). Quelle: BEV: Austrian Map online. Verändert, eigene Bearbeitung.

Im unmittelbaren Osten von Stratzing liegt das lössbedeckte Kremserfeld (siehe Abbildung 19), das 5 km von Norden nach Süden und 8 km von Westen nach Osten misst und auf ~250-370 m ü. d. Adria liegt. Im Norden des Untersuchungsgebietes erstreckt sich das auf dem paläokristallinen Sockel der Böhmisches Masse liegende Waldviertel, das von 500 bis über 1000 m ü. d. Adria liegt (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

Im Gegensatz zum flachen Tullner Feld im Osten erstreckt sich im Westen die stark reliefierte, tief in die Böhmisches Masse eingeschnittene Wachau, die bis Melk reicht.

Der Fluss Krems, der sich in kristalline Gesteine eingeschnitten hat, fließt nur 2 km westlich vom Profil bei Stratzing und unter 500 m östlich von den drei Profilen in der Kremser Schießstätte vorbei. Er mündet in Krems in die Donau (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

Die zwei Teilgebiete des Untersuchungsgebietes, das nördlichere Stratzing (Nähe Galgenberg) und das südlichere Kremser Schießstätte, liegen auf einer Nord-Süd-Achse ca. 2 km voneinander entfernt (siehe Abbildung 17). Das Erscheinungsbild der Landschaft im Untersuchungsgebiet kann daher als heterogen beschrieben werden. In geologischer

Hinsicht wird Paläozoikum von Tertiär und Quartär überlagert, was die Morphologie des Gebietes vielfältig erscheinen lässt, in klimatischer Hinsicht befindet sich das Gebiet in einem Übergangsklima zwischen dem pannonischen Klima des Weinviertels und deutlich feuchterem Hochlandklima des Waldviertels.

Im Bezug auf die Landschafts-genese sind die hier zu findenden Sedimente mit ihren eingeschlossenen Paläoböden besonders aufschlussreich.

Die nur wenige Kilometer von der Schießstätte und 5 km vom Profil Stratzing entfernte Donau ist als landschaftsprägendes Element zentral. Sie bedingte die Ablagerung von Schottern und in den Kaltzeiten bot ihr ausgetrocknetes Flussbett Angriffsfläche für Wind, der Löss auswehte (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

PENCK und BRÜCKNER haben zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit der Aufnahme des Gebietes begonnen. Die geographisch-geologische Beschreibung des Untersuchungsgebietes (Krems und Kremsfeld) wird gekürzt wiedergegeben:

„Dies Kremsfeld überragt der Strom [die Donau, Anm.] (bei Krems 181 m) um 110 – 140 m und ist seinerseits 60 – 100 m in die angrenzenden Erhebungen eingesenkt. Auf dieser Hochfläche finden wir auf dem archaischen Gesteine lediglich Neogenschotter, der in mehreren Gruben zwischen Krems und Gneixendorf ausgebeutet wird. Seine unteren, in 290 m Höhe einsetzenden Lagen bestehen aus Alpenkalkgeröllen, die gelegentlich verfestigt sind. [...] Darnach müssen wir die Hochfläche [...] gleichsam als Neogen erachten und die Quartärschotter weiter tiefer erwarten.“ (PENCK & BRÜCKNER 1909:102).

5.2 Geologie

Die Geologie des Untersuchungsgebietes ist durch eine stark untergliederte Übergangslage charakterisiert: Autochtones Paläozoikum, Tertiär und Quartär sind teilweise überlagert. Die Großeinheiten der Böhmisches Masse, der Molasse und der quartären Lösslandschaft von Niederösterreich treffen sich bei den untersuchten Standorten (vgl. GK200 2002: Niederösterreich Nord).

An der Basis liegt das Paläozoikum der Böhmisches Masse, ein kristallines Rumpf- und Grundgebirge (vgl. MATURA, 2006:26). Die Böhmisches Masse wird stellenweise nordöstlich von Stratzing und Krems vom Perm von Zöbing überlagert. Die Überlagerung durch tertiäre Schichten wird im Norden und Osten von Stratzing erkennbar. Die Bedeckung durch oberpliozäne und pleistozäne Schotterlagen und Löss ist relativ flächendeckend, vor allem östlich des Untersuchungsgebietes. Postglaziale lehmig-sandige und schottrige Sedimente der Donau, des Traisen und Kamp finden sich im Tullner Feld im Osten des Untersuchungsgebietes (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems). Das aktive Störungssystem der Diendorfer Störung verläuft durch den Großraum von Krems.

5.2.1 *Das Paläozoikum der Böhmisches Masse*

Die Böhmisches Masse ist eine geologische Großeinheit, die während der variszischen Orogenese gebildet wurde und somit Teil des alten europäischen Grundgebirges ist. Die variszische Orogenese begann im Devon, das Hauptfaltungsstadium ereignete sich im Karbon im Übergangszeitraum von Unter- zu Oberkarbon (vgl. FAUPL 2003:97).

Vor ca. 300 Mio. Jahren war ihre Bildung als kristalline Einheit abgeschlossen. Einst ein Hochgebirge, ist sie gegen Ende des Paläozoikums sukzessive zu einem Rumpfgebirge erodiert, das noch 1.000 m ü. d. Adria erreicht und von Kamp, Thaya und Krems und im Süden von der Donau zerschnitten wird. Sie ist weiter südlich von der Molasse, der Flyschzone und den nördlichen Kalkalpen überlagert (Nachweise von über 6.000 m Überlagerung). Das Gesteinsspektrum umfasst metamorphisierte klastische Sedimente (Paragneise), Magmatite (basische Amphibolite und saure Granite und Orthogneise) und metamorphisierte Kalke und Mergel (Marmor und Kalksilikatgneise). Der Westen wird vom riesigen, granitischen südböhmischen Pluton eingenommen (vgl. ROETZEL & SCHARBERT 2002:43).

In Österreich erstreckt sich die Böhmisches Masse über das oberösterreichische Mühlviertel und das niederösterreichische Waldviertel, beide nördlich der Donau gelegen (vgl. GK200 2002: Niederösterreich Nord). Südlich der Donau gehört nur der Dunkelsteiner Wald zur Böhmisches Masse (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems).

Die Böhmisches Masse wird in die Großeinheiten Moravikum und Moldanubikum unterteilt.

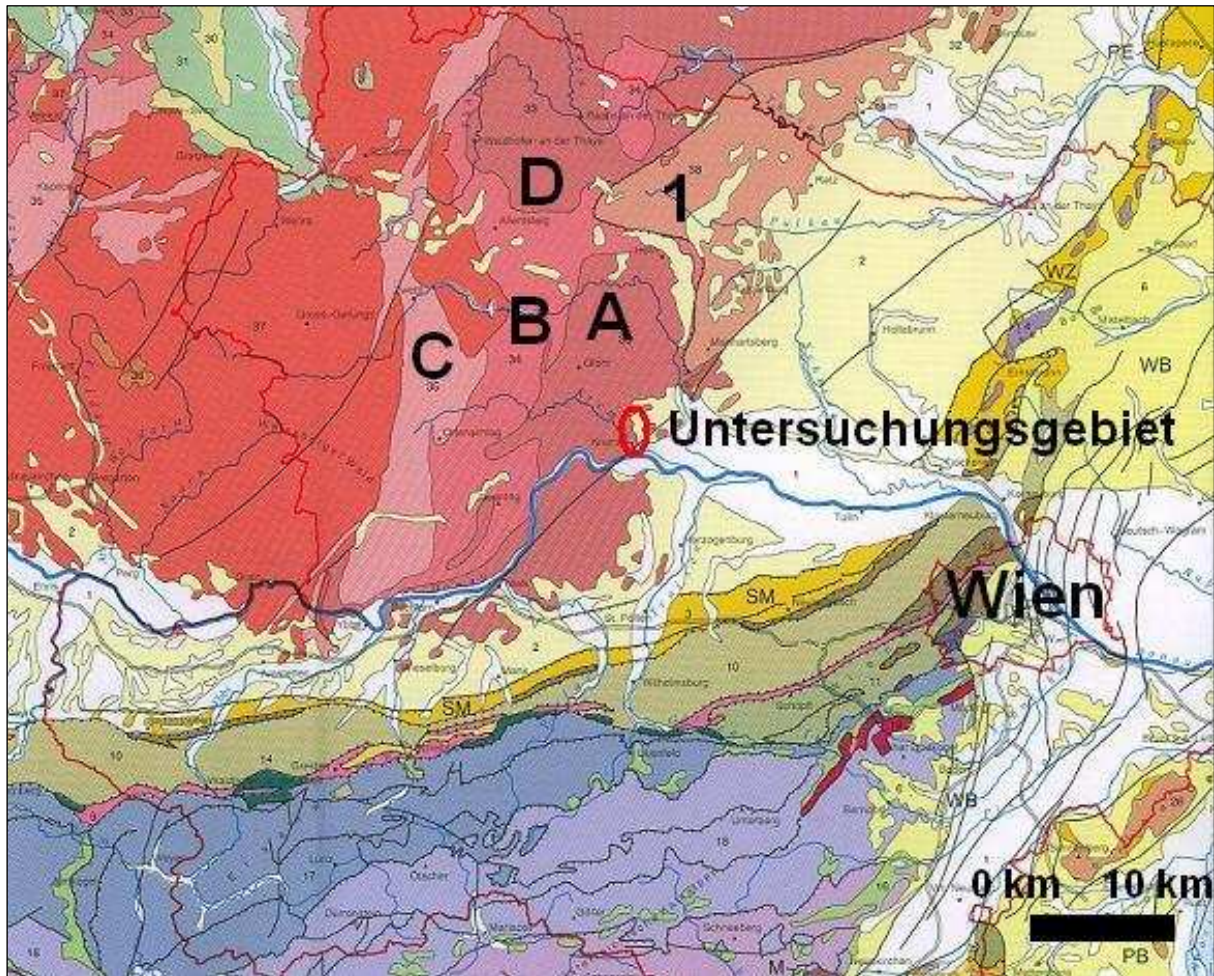


Abbildung 18: Geologische Großeinheiten im westlichen Niederösterreich. Die roten Flächen markieren die Böhmisches Masse, die gelben Quartär und Molasse. A: Gföhler Einheit, B: Drosendorf-Einheit, C: Ostrong-Einheit, D: Raabs-Einheit, 1: Moravikum. Quelle: GK200 von Niederösterreich (2002), Legende und Kurzerläuterungen. Verändert, eigene Bearbeitung.

5.2.1.1 Moravikum

Das Moravikum befindet sich im Osten der Böhmisches Masse und bildet u. a. mit dem 537 m hohen Manhartsberg die Grenze zur Molasse des Weinviertels. Das Moravikum ist zum Teil ein Überschiebungsbereich, der vom Moldanubikum überlagert wird (vgl. Abbildung 18). Im Osten wird er von der Diendorfer Störung beschnitten und abschnittsweise begrenzt (SCHARBERT 2002:47).

Es ist Teil eines alten, vorvariszisch geprägten Kristallinmassivs, welches, teilweise von Molassesedimenten begraben, unterirdisch bis nach Znojmo (CZ) reicht. Der südliche, österreichische Teil des Moravikums umfasst den Thaya-Pluton (Batholit), der vor 550 – 620 Mio. Jahren während der cadomischen Orogenese entstand und variszisch leicht metamorphisiert und überlagert wurde. Er liegt im östlichsten Bereich vom Moravikum, bildet den Manhartsberg und das Gestein unter Maissau, Eggenburg und Znojmo. Weitere wichtige lithogene Einheiten sind die Biteš-Einheit im westlichsten Bereich an der

Überschiebungszone mit dem Moldanubikum und die Pleißing-Einheit, die von der Pernegg-Formation überlagert wird (Zentrum des Moravikums) (MATURA 2006:28).

Die moravischen Gesteine zeichnen sich im Vergleich zum aufgeschobenen Moldanubikum durch einen geringeren Metamorphosegrad aus. Außerdem weisen sie ein höheres Alter auf (SCHARBERT 2002:47). Das Gesteinsspektrum umfasst vor allem den dominanten Hauptgranit (mittelkörniger Meta-Granit) sowie Granodiorit; begleitend kommen Paragneise, Quarzite und Amphibolite vor (vgl. GK200 2002: Niederösterreich Nord).

Das mineralische Spektrum der Granite und Granodiorite umfasst auch basische Minerale wie Hornblende, Augit und Plagioklas (MATURA 2006:29).

5.2.1.2 Moldanubikum

Das Moldanubikum ist ein dem Moravikum überlagerter Teil eines Massivs aus der variszischen Orogenese. Während der variszischen Orogenese bildeten sich unter der Oberfläche zahlreiche Granitplutone in verschiedenen Generationen, die im heutigen Mühl- und Waldviertel im Zeitraum von vor 330 bis vor 300 Mio. Jahren intrudierten und metamorphisiert wurden (vgl. FAUPL 2003:98). Es umfasst vier stark metamorphisierte Gesteinskomplexe: Die Gföhler Einheit, die Drosendorf-Einheit (auch Bunte Serie genannt), die Raabs-Einheit und die Ostrong-Einheit (Monotone Serie) (MATURA 2006:30).

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im östlichsten Ausläufer der Gföhler Einheit im Übergang zur tertiären Molasse (vgl. Abbildung 18). Die Gföhler Einheit nimmt die höchstgelegene, von keiner anderen Einheit überlagerte Position im Waldviertel ein. Die primär vorkommenden Gesteine sind der Gföhler Gneis (in Abbildung 19 mit B bezeichnet) und Granulit (in Abbildung 19 mit A gekennzeichnet). Der Gföhler Gneis kann mineralologisch als migmatischer, einförmiger Orthogneis mit Anteilen von Granat beschrieben werden. Das Ausgangsgestein des Gneises hat ein Alter von ca. 480 Mio. Jahren (MATURA 2006:32).

Die kristallinen Gesteine der Böhmisches Masse in unmittelbarer Nähe des Untersuchungsgebietes gehören zum Moldanubikum und umfassen migmatithaltigen Paragneis, Rehberger Amphibolit, Granitgneis und Syenitgneis. Die Gesteine treten in Gängen auf und sind nicht flächig verteilt. Der Gföhler Gneis, der wenige Kilometer westlich anschließt, kommt großflächig vor. Südlich der Donau findet sich im Dunkelsteiner Wald ein ebenso großflächiges Granulitmassiv (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems).

Die Drosendorf-Einheit, in Abbildung 19 mit einem C bezeichnet, schließt im Westen an und wird aufgrund der hohen Gesteinsvielfalt auf engem Raum Bunte Serie genannt. Von SSW von Melk nach NNO bis Raabs streichen Marmor-, Silikatmarmor-, Graphitgneis- und Serpentinbänder sowie Orthogneise und Amphibolite. Viele Gesteine sind deutlich älter (Dobra-Gneise, bis 1380 Mio. Jahre). Die westlich der Bunten Serie liegende Ostrong-Einheit

ist homogener gestaltet und wird Monotone Serie genannt. Sie besteht beinahe zur Gänze aus Cordierit-Sillimanit-Gneis, vereinzelt kommen Orthogneise vor (vgl. SCHARBERT 2002:45). Die Raabs-Einheit ist nach MATURA (2006:31) schließlich eine nördlich der vorher genannten Einheiten gelegene Serie aus Plagioklasgneis und Amphibolit.

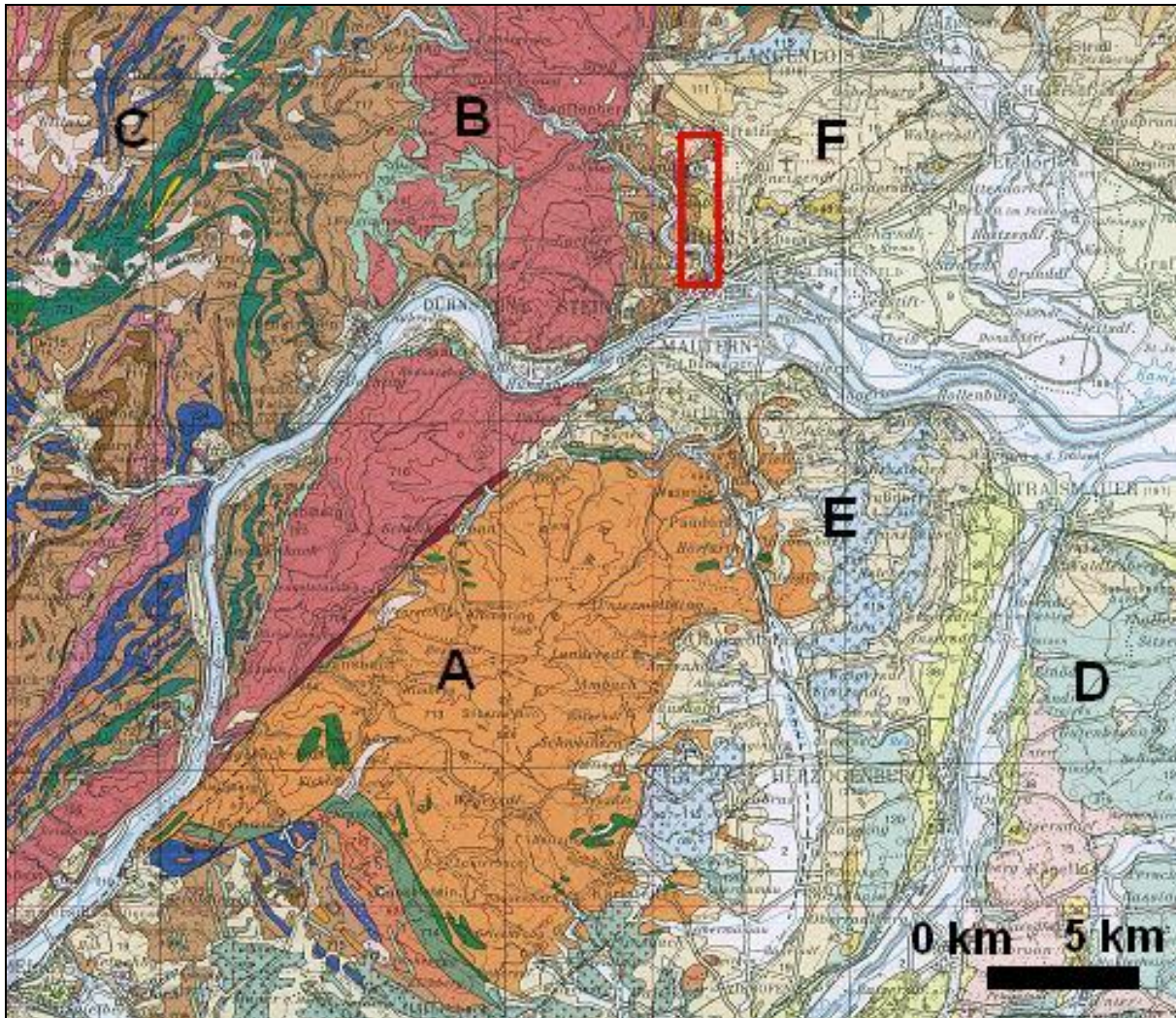


Abbildung 19: Geologische Detailkarte von Krems Umgebung. Verlauf und Versatz der Diendorfer Störung von unten links nach oben rechts erkennbar. Rote Umrahmung: Untersuchungsgebiet, A: Granulit des Dunkelsteiner Waldes, B: Gföhler Gneis, C: Bunte Serie (Drosendorf-Einheit), D: Oncophora-Schichten (Ottangium), E: Hollenburg-Karlstettner Konglomerat (Pannonium), F: Kremsfeld (Quartäre Deckschichten). Quelle: GK200 von Niederösterreich (2002). Verändert, eigene Bearbeitung.

5.2.1.3 Die Diendorfer Störung

Die Diendorfer Störungszone, die die Böhmisches Masse zerschneidet, ist eine der ausgeprägtesten Störungen in Niederösterreich. Ihr Verlauf in nordöstlich-südwestlicher Richtung durch den Dunkelsteiner Wald, das Moravikum und das westliche Weinviertel bis an die tschechische Grenze in Niederösterreich ist abschnittsweise (Kremsfeld, vgl. Abbildung 19) nicht gesichert: Die Störung streicht von in der Nähe von Wieselburg bis in die Gegend von Retz (MATURA 2006:37).

Das System ist laut MATURA (2006:35) in der Spätzeit der variszischen Gebirgsbildung bzw. danach auf einen von Süden nach Norden drängenden Krustenblock zurückzuführen. Für den Abschnitt Melk – Maissau ist eine Blattverschiebung von 25 km durch die Position des Granulitmassivs des Dunkelsteiner Waldes gesichert, der einst an das Granulitmassiv von Wieselburg – Pöchlarn angeschlossen war (MATURA 2006:35). Die Störung ist jedoch nur vereinzelt seismisch aktiv: Im Untersuchungsgebiet ist sie nicht aktiv, weshalb ihr Verlauf im Bereich des Kremfeldes auch nicht gesichert ist (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems). Ihre Aktivität wurde vor allem südlich der Donau im Dunkelsteiner Wald registriert (vgl. LENHARDT, 2006:259). Petrologisch lässt sich die Störung durch das Auftreten von Myloniten nachweisen. Das ursprüngliche Gestein wurde durch tektonische Aktivität aufgelockert, zerrieben oder gar völlig zermahlen, es verblieben Mylonite, Zerriebgesteine (vgl. SCHARBERT 2002:44). Die Mylonite lassen sich auf Abbildung 19 entlang der Diendorfer Störung südlich der Donau an ihrer bordeauxroten Signaturfarbe ausfindig machen.

5.2.2 Das Perm von Zöbing

Die Zöbing-Formation stellt den Rest einer flächigen, terrestrischen Akkumulationsphase von Sedimenten im ausgehenden Paläozoikum dar. Das Perm zeichnete sich durch aridere klimatische Bedingungen als im Karbon aus, was zur Bildung von Trockenlandschaften und zur oxidativen Rotfärbung der Sedimente dieser Periode führte (FAUPL 2003:103). Im Perm wurde in unmittelbarer Nähe der heutigen Ortschaft Zöbing durch die Aktivität der Diendorfer Störung ein kleines Becken frei, in welches terrestrische und limnische Sedimente eingebettet wurden (MATURA 2006:35).

Die Ausmaße des Vorkommens umfassen in nordöstlich-südwestlicher Richtung 6 km, die breiteste Stelle misst nur 2 km. Die dreigliederte Abfolge der Schichten umfasst Silt- und Sandstein im Liegenden (200 m mächtig), Arkose (ca. 500 m mächtig) in der Mitte und im Hangenden eine 300 m mächtige Wechselfolge von rotem Siltstein, Arkose und grau-grünlichem Ton. Im liegenden Abschnitt wurden zahlreiche Pflanzenfossilien gefunden, was den Schluss auf eine üppige Vegetation (Farne, Schachtelhalme, Koniferen) im frühen Perm zulässt (MATURA 2006:38).

5.2.3 Das Tertiär der Molasse

Die Böhmisches Masse wird im Süden von der Molasse, die sich bogenförmig ausbreitet, überdeckt. Die Molasse ist eine geologische Großeinheit, die zum Alpenvorland gezählt wird. Geographisch nimmt sie in Niederösterreich das noch quartär überprägte Tullnerfeld und das Weinviertel ein. Sie wird gegen Westen wie Osten breiter. Ihr Sedimentbestand umfasst vor allem klastische Sedimente (vgl. ROETZEL et al. 2002:24). Sie stellt nach WESSELY (2006:41)

die Sedimentfüllung des einstigen Meeresbereiches der Parathetys zwischen Alpen (Sedimente der Flyschzone im Süden) und dem Kristallin der Böhmisches Masse im Norden dar. Sie bildet eine laut ROETZEL et al. (2002:24) im Süden und Osten tektonisch geprägte und im Norden und Nordwesten transgressiv auf die Böhmisches Masse übergreifende perialpine Senke für den Abtragungsschutt der neu gebildeten Alpen und zum Teil auch für den der Böhmisches Masse. Das Untersuchungsgebiet tangiert die externe Randfazies des östlichen Abschnittes der alpinen Molasse. Die Molassesedimentation begann im Obereozän vor ca. 40 Mio. Jahren und dauerte über die fortschreitende Orogenese der Alpen und weiter bis ins Ober-Miozän (Pannonium, bis vor ca. 7 Mio. Jahren) an (vgl. FAUPL 2003:215). Das Molassebecken ist asymmetrisch geformt und die Molassesedimente, im nördlichen Voralpenraum auf der Böhmisches Masse abgelagert, sind von geringerer Mächtigkeit, als im Süden an der Grenze zu den Alpen. Die Sedimentdecke in Niederösterreich erreicht Mächtigkeiten von bis zu 7100 m (WESSELY 2006:44).

Man unterscheidet zwischen autochtoner Molasse, die ungestört im Verband auf ihrem Sockel liegt, und der allochtonen Molasse, die durch tektonische Aktivitäten gestört und verfaltet wurde und vor und unter alpinen Decken liegt. Außerdem existiert eine Inneralpine Molasse, die in den alpidischen Deckenbau eingebaut wurde. Es finden sich marine Seicht- (nördlicher Rand) und Tiefwasserablagerungen (südlicher Bereich an Alpen und Karpaten grenzend) sowie auch limnisch-fluviatile Ablagerungen (vgl. WESSELY 2006:41 f.). Die Sedimente umfassen Tegel (Pielacher, Hernalser), Schlier, Sande, Mergel und Tonmergel, konglomerierte Schotter (Konglomerate), Schotter und Brekzien (vgl. FAUPL 2003:217).

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der autochtonen Molasse im tertiären Seichtwasserbereich. In unmittelbarer Nähe des Untersuchungsgebietes finden sich an der Oberfläche mittel- bis großflächige miozäne Sedimentpakete wie das Hollenburg-Karlstettner Konglomerat (Pannonium), der Hollabrunner Schotterkegel (Badenium) und die Oncophora-Schichten (Ottningium) (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems).

5.2.3.1 Sedimente des Pannoniums

Die Hollabrunn-Mistelbach – Formation (auch als Hollabrunner Schotterkegel bekannt) besteht vor allem aus grobklastischen Sedimenten der Urdonau. Man findet sie nordöstlich von Krems im Osten des Kamps, also ca. 15 km nordöstlich des Untersuchungsgebiets (vgl. GK200 2002: Niederösterreich Nord). Die Sedimente sind meist sandige Kiese bzw. Sande mit lokal schluffig-tonigen Lagen und zeigen alle Merkmale von fluviatilen Ablagerungen. Eine Reliefumkehr bewirkte, dass sie laut GK50 (1984: Blatt 38 Krems) auf einer Höhe von 280 – 400 m ü. d. Adria liegen und einen Höhenzug darstellen (ROETZEL et al. 2002:24).

Diese Schotter und Sande ziehen praktisch ohne Unterbrechung vom Ausgang der Wachau nahe Krems über Hollabrunn und Mistelbach bis ins Wiener Becken. Die Ablagerungen nehmen in der Breite konstant ca. 7 km ein und erreichen abschnittsweise bis zu 50 m Mächtigkeit (vgl. WESSELY 2006:58).

5.2.3.2 Sedimente des Badeniums

Das Hollenburg-Karlstettner Konglomerat (Locus typicus: Hollenburg, ca. 7 km östlich von Krems am Südufer der Donau gelegen) findet sich südlich der Donau in großflächiger Ausbreitung südlich der Ortschaft Hollenburg entlang des Höhenzuges zwischen Traisental und Fladnitztal auf einer Höhe von 260 – 440 m. ü. d. Adria (vgl. Abbildung 19, Bezeichnung E). Kleinräumig finden sich Inseln des Konglomerates am Kremfeld (Auf der Haid und Gobelsberg, 200 – 300 m ü. d. Adria). In unmittelbarer Nähe von Stratzing und dem Galgenberg finden sich Heiligenstein-Schotter, die ebenso aus dem Unterbaden stammen (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems).

Bei der Hollenburg-Karlstettner – Formation handelt es sich um mächtige Konglomerate, die in Wechsellagerung mit Mergelschichten und Sandlagen stehen. Die kalkreichen Sedimente werden als submarine Deltaablagerungen eines Traisenvorläufers gesehen. Die in den tonigen Mergeln feststellbare Foraminiferenfauna ließ eine Datierung ins untere Badanium (ca. 16 – 14 Mio. Jahre BP) zu (vgl. ROETZEL et al. 2002:24 f.).

5.2.3.3 Sedimente des Ottnangiums

Die Oncophora-Schichten wurden im Gebiet südlich von Traismauer am Traisen in einer Meereshöhe von 220 – 350 m ü. d. Adria festgestellt (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems). Ihre kontinuierliche Ausbreitung reicht bis Murstetten südlich der Perschling. Östlich von Herzogenburg am linksseitigen Ufer des Traisen findet sich eine weitere Oncophora-Lage (vgl. GK200 2002: Niederösterreich Nord).

Ihren Namen trägt die Sedimentationslage nach der Muschel *Oncophora* (heute mit dem Speziesnamen *Rzehakia* bezeichnet), einer kleinen Brackwassermuschel, die ihren Lebensraum in Flussdeltas findet. Diese Muschel kommt als Leitfossil in den Ablagerungen gehäuft vor. Trotz der Vorliebe der Muschel für Brackwasser deuten die Sedimente auf vollmarines, turbiditdominiertes Sedimentationsmilieu in größerer Tiefe hin. Bohrkern zeigen eine intensive Wechsellagerung von geringmächtigen Sandstein- und schluffigen Tonsteinschichten.

Außerdem weisen Foraminiferen und andere Faunenelemente auf Süßwasser und Salzwasser während der Sedimentation hin, weshalb man auf einen küstennahen, vollmarinen Trog als Sedimentfalle schließt, in den Einschwemmungen aus Küstenbereichen

erfolgten, die Oncophorareste enthielten. Der Trog senkte sich durch das vorrückende Orogen der Alpen. Als Zeitraum der Ablagerung wurde das Ottnangium (ca. 18 – 17 Mio. Jahre BP) im oberen Untermiozän ermittelt (vgl. WESSELY 2006:54).

Die Sedimente sind leicht diagenetisierte, sandsteinartig verhärtete Mittel- bis Feinsande mit schluffigen Zwischenlagen und selteneren Kieslagen. Sie zeichnen sich durch ihren Glimmerreichtum aus (vgl. ROETZEL et al. 2002:25).

5.2.3.4 Pliozäne Schotterlagen

Im Pliozän kühlte das Klima ab, ab dem Mittelpliozän (neuere Terminologie: Piacenzian, vgl. ICS 2009) seit 3,6 Mio. Jahren BP kommt es zu einer Zunahme der gebundenen Eismassen (vgl. WESSELY ET. AL. 2002:236). Es kam u. a. auch im Wiener Becken zu einer Ablagerung von nunmehr nur noch fluviatilen und äolischen Sedimenten, nachdem die Parathetys sich im Laufe des Miozäns geschlossen hatte und bis zum Beginn des Pliozäns vollständig evaporiert war (vgl. FAUPL 2003:212). Das Klima blieb gemäßigt warm und feucht mit trockeneren und kühleren Abschnitten. In das Unterpliozän (ca. 5,5 – 3,6 Mio. Jahre BP, neuere Terminologie: Zanclean, vgl. ICS 2009) wurden Sedimente eingestuft, die sich im nördlichen Wiener Becken befinden und als Bunte Lehme bezeichnet werden. Es finden sich Schotterreste und Löss aus dem Unterpliozän in der Nähe von Stranzendorf bei Stockerau, ca. 50 km östlich des Untersuchungsgebietes (datiertes Alter ca. 2,5 – 1,67 Mio Jahre BP). Die Datierung erfolgte mittels kleinsäugerführenden Horizonten und paläomagnetischen Analysen. Das Profil gilt aufgrund seiner Vollständigkeit zu den Standardprofilen des Ältestpleistozäns/Oberpliozäns (VERGINIS 1995:20 f.). Charakteristische Ablagerungen für den Zeitraum vom Mittelpliozän (Piacenzian, vgl. ICS 2009) bis zum Mittelpleistozän sind die Spalten- und Höhlenfüllungen auf einer Höhe von heute 210 – 320 m ü. d. Adria. Es kann auf ein einstmalig höher gelegenes Niveau des Donaubettes geschlossen werden (vgl. WESSELY ET. AL. 2002:238 f.). Im Untersuchungsgebiet finden sich oberpliozäne Schotter, die sich vor allem über das Kremsfeld erstrecken, also östlich liegen. In unmittelbarer Nähe des Galgenbergs nur 500 m südlich des Profils ST 1 finden sich Schotter der Terrasse von Knocking mit einem 130 m über der Donau gelegenen Terrassensockel (vgl. Abbildung 20, Markierung B). Diese ist die höchstgelegene und demgemäß die älteste, die im Großraum von Krems identifiziert wurde (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems). Es handelt sich hierbei um 1 m mächtige, ferretisierte, fein- bis mittelkörnige Quarzrestschotter (MATURA 1989:37).

Teilweise verfestigte quartäre Schotter bedecken mehrere kleinere Plateaus aus dem Unteren Badenium. Sie bestehen aus Hollenburg-Karlstettner – Konglomerat und um Stratzing und den Galgenberg aus tertiären Heiligenstein-Schottern (auf Abbildung 20 blaue Signatur für beide, da beide aus dem Unteren Badenium stammen). Sie haben sich als

kleine Schollen inselartig auf dem Kremsfeld erhalten. Diese Erhebungen reichen bis auf eine Höhe von 313 m ü. d. Adria (Saubüchel, Auf der Heide, vgl. Abbildung 20, Markierung A). Auch der Gobelsberg weiter östlich mit 303 m ü. d. Adria ist von oberpliozänen bis ältestpleistozänen Schottern bedeckt. Diese Schotterflächen werden der Rosenfeld-Terrasse mit einem Terrassensockel von 105 m über der Donau zugeordnet. Das nächsttiefere bestimmte Terrassenniveau, dessen Schotter sich jedoch im Untersuchungsgebiet nicht finden lassen, ist das der Schneiderberg-Terrasse, 90 m über der Donau.

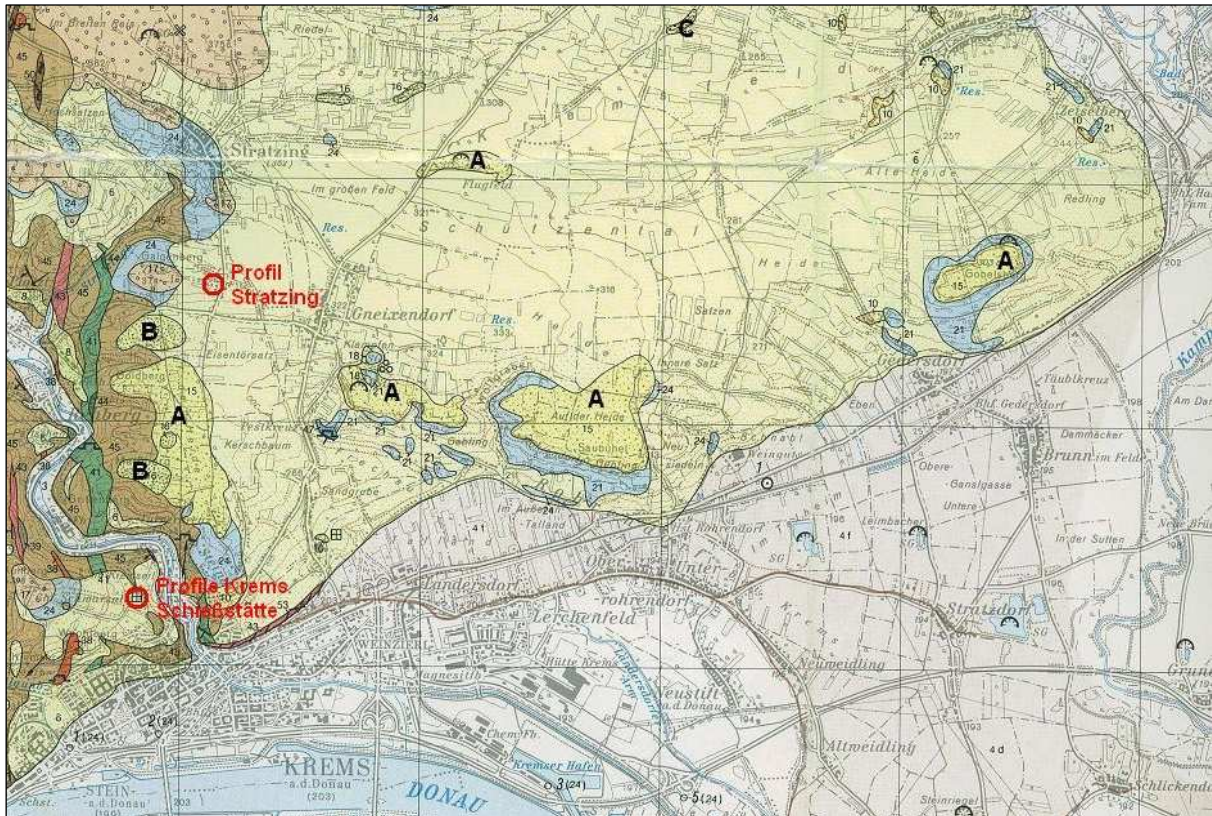


Abbildung 20: Oberpliozäne-ältestpleistozäne Schottervorkommen im Untersuchungsgebiet. Weite gelbe Flächen stehen für Lössbedeckung. A: Schotter der Rosenfeld-Terrasse, B: Schotter der Terrasse von Knocking, C: Schotterrest der Wachberg-Terrasse. Quelle: GK50 Blatt 38 Krems (1984). Verändert, eigene Bearbeitung.

Das folgende oberpliozäne bis ältestpleistozäne Schotterstockwerk ist die Wachberg-Terrasse, deren Schotter sporadisch am Kremsfeld und somit in der Nähe des Untersuchungsgebietes auf 270 m ü. d. Adria vorkommen. Der Terrassensockel liegt 75-80 m über der Donau. Ihre Schotterlagen sind bis zu 5 m mächtig und fein- bis mittelkörnig. Ihre teilweise ferretisierten Quarzkomponenten werden häufig durch kräftig rotbraunen, sandigen Lehm gebunden (MATURA 1989:37). Eine weitere bekannte, oberpliozäne bis ältestpleistozäne Terrasse ist die Terrasse von Traismauer mit einer Sockelhöhe von 65 m über der Donau. Dokumentierte Schottervorkommen finden sich im Fladnitztal, südlich der Donau, ca. 15 km südlich des Untersuchungsgebietes (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems). Ihre bis zu 3 m mächtige Schotterdecke ist grobkörnig (Blöcke mit teilweise bis zu 50 cm

Durchmesser, wird gegen das Hangende feinkörniger), gerundet und besteht vorwiegend aus ferretisiertem Quarz und wenig Kristallin (MATURA 1989:37). Eine schematische Übersicht über die einzelnen Terrassenniveaus gibt Tabelle 3.

5.2.4 Quartäre Sedimente

Die quartären Sedimente im Untersuchungsgebiet und dessen naher Umgebung umfassen fluviatile Sedimente in Gestalt von Schotter sowie äolische Sedimente in Gestalt von Löss. Das Quartär bedeckt dabei das Paläozoikum der Böhmisches Masse bzw. dessen nicht flächendeckende, tertiäre Bedeckung. In den folgenden Kapiteln soll spezifisch auf die quartären Sedimente, die im Untersuchungsgebiet und in dessen direkter Umgebung aufgefunden und analysiert wurden, eingegangen werden.

5.2.4.1 Löss

Der im Untersuchungsgebiet und der näheren Umgebung oberflächlich anzutreffende Löss wird primär dem Würm-Glazial zugeschrieben. Er befindet sich am Rande des Kremfeldes, das am westlichen Rand der kontinuierlichen niederösterreichischen Lössbedeckungszone liegt (vgl. Abbildung 7). Vor allem das nahe Kremfeld ist beinahe durchgehend durch würmzeitlichen Löss bedeckt (vgl. Abbildung 20 und GK50 1984 Blatt 38 Krems). Das konstant in Richtung Waldviertel ansteigende Relief stand Sedimente transportierenden Winden entgegen und ermöglichte die Lössablagerung an leeseitigen Positionen. In Niederösterreich liegen 90 % der Lössvorkommen Gesamtösterreichs. In der Kremser Schießstätte wurden Lössprofile dokumentiert, die zahlreiche Paläoböden zwischengeschaltet haben und das gesamte Quartär vom Ältestpleistozän bis ins Würm überspannen (WESSELY ET AL. 2006:245 ff.). Durch die starke, nischenförmige Reliefierung des östlichen Ausläufers des Wachtberges mit ostseitiger Exposition im Bereich der Schießstätte konnte sich mittel-, alt- und ältestpleistozäner Löss, Lösssedimente und Paläoböden ablagern bzw. entwickeln und umgelagert werden, ohne von erosiven Kräften vollständig abgetragen zu werden (vgl. Abbildung 23). Auch das Profil Stratzing ist sehr geschützt gelegen (vgl. Abbildung 22) und konnte sich am Fuße des Galgenberges mit ebenfalls ostseitiger Exposition in einer Vertiefung im Gelände entwickeln.

In der Umgebung von Krems steigt die Lössbedeckung bis auf eine Höhe von ca. 400 m ü. d. Adria an (GÖTZINGER 1936:9). Das gilt jedoch nicht für die Kuppen im Süden des Kremfeldes, die ca. 300 m ü. d. A. liegen, jedoch als isolierte, den erosiven Kräften des Windes ausgesetzte Erhebungen nicht dauerhaft sedimentbedeckt blieben (vgl. Abbildung 20).

Die Untersuchungen zur Kremser Schießstätte und ihren Lössen und Paläoböden begannen unter ALBRECHT PENCK im Jahr 1903, als er auf die Verlehmungshorizonte der dort 25 m hohen Lösswand hinwies (FINK 1976:81 ff.). GUSTAV GÖTZINGER führte 1936 die Untersuchungen weiter und beschrieb die aurignaciézeitlichen Funde des Wachtberges und betonte, dass die ostexponierten Hänge in der Umgebung von Krems die Hänge mit der mächtigsten Lössbedeckung sind; die Lössummantelung der Osthänge übersteigt 20 m Mächtigkeit. GÖTZINGER beschrieb außerdem den intensiv rot gefärbten Kremser Komplex als „Kremser Verlehmungszone“ (GÖTZINGER 1936:10 und FINK 1976:83). JULIUS FINK forschte ab 1968 in der Schießstätte und beschrieb und analysierte die 25 – 30 m hohe „Mittlere Wand“ (Ostwand). Er wies erstmals das hohe Alter der Lössen und der Paläobodensequenzen paläomagnetisch nach. Die Lössen bezeichnet er als die ältesten bis dahin bekannten mitteleuropäischen Lössen (FINK 1976:81 ff.).

SPYRIDON VERGINIS beschreibt 1995 mit dem als das älteste bekannte Lössprofil geltende Stranzendorf (2,5 Mio. – 1,67 Mio. Jahre BP) eine geglückte stratigraphische Übereinstimmung der Paläoböden. Die Schießstätte weist nachweislich Lössen im Alter von 1,67 Mio. Jahren BP bis 730.000 Jahren BP auf (VERGINIS 1995:20 f.).

Das Profil Stratzing ST 1 wurde bereits archäologisch beprobt und ausgewertet. Der Fundort ist aurignaciézeitlich und wurde ab 1986 ausgegraben (NEUGEBAUER-MARESCH 1995:79). Die Datierungen durch IRSL ergaben ein Alter der Lössen in tieferen Horizonten von mindestens 350.000 Jahren, also einer mittelpleistozänen Lössablagerung (THIEL ET AL., eingereicht).

5.2.4.2 Pleistozäne Terrassensedimente

Im und um das Untersuchungsgebiet kommen mehrere pleistozäne Terrassenniveaus vor, die vielfach die Basis für darüber liegende Lössablagerungen bilden und nur zum Teil in Aufschlüssen vorkommen. Sie werden, wie auch die oberpliozänen Schotterterrassen, durch Terrassenniveaus (Bezeichnung nach „locus typicus“) mit Sockelhöhe über dem heutigen Normalwasserniveau der Donau angegeben, was die Parallelisierung räumlich getrennter Aufschlüsse mit gleicher Höhenlage im Großraum zulässt. Dieses Klassifikationssystem für Psephite hat sich vor allem im Kremser Raum bewährt, da hier tertiäre und quartäre psephitische Sedimente auf engem Raume in zahlreichen, klein- bis mittelräumigen Aufschlüssen an die Oberfläche treten (FUCHS 1980:500).

Tabelle 3 listet alle bekannten Terrassenniveaus im Umfeld des Untersuchungsgebietes auf.

Tabelle 3: Übersicht über die pleistozänen und oberpliozänen Schotterkörper und –terrassen und ihre Altersbeziehungen bei Krems, Melk und Tulln. Quelle: FUCHS (1980:499), gekürzt. Eigene Darstellung.

	relative Höhen der Tertiärsockel	GLAZIFLUVIATILER RAUM	KREMS	MELK	WIEN
(SPÄT- und) POSTGLAZIAL		"tiefere Niederterrassenstufen"	*	*	"Prater-Terrasse"
JUNGPLEIST. "Würm"		Niederterrasse	*	*(Ordnung)	
MITTELPLEIST. "Riß"		Hochterrasse	*(Straß, lokal)	*(Erlauf-terrasse)	Gänsersdorfer Terrasse
ALTPLEISTOZÄN "Günz" „Mindel“	17 m	Jüngerer Deckenschotter	*(Silberbühel, Kremser Altstadt)	S Ordnung	Schloßhofer Platte Flughafen-Terrasse
	25-30 m		*(Brunnkirchen)	Lehen	*(Haidfeld-Terrasse)
	45 m	Älterer Deckenschotter	Gobelsburg (=Langenlois)	N Hochstraßberg	*
ÄLTESTPLEISTOZÄN OBERPLIOZÄN	65 m		*		*(Wartberg)
	75-80 m			Wachberg	*(Mitterwald)
	90 m			Schneiderberg	*(Königs- und Kugelberg)
	105 m		Kremsfeld	Rosenfeld	*(Altenberg)
	130 m		Maisberg	Knocking	*(Schüttenberg)
	180 m	* = Terrassenniveau vorhanden		N Mauer	

In der direkten Umgebung des Untersuchungsgebietes auf der der Kremser Schießstätte gegenüberliegenden Talseite des Kremflusses findet sich ein Schotteraufschluss der günzzeitlichen Terrasse von Hochstraßberg (Terrassensockel 45 m über der heutigen Donau). Weitere kleinere Aufschlüsse dieses Terrassenniveaus finden sich über das Kremsfeld verstreut. Dabei handelt es sich um fein- bis grobkörnige, aus Quarz, aber auch aus kristallinen Komponenten und Kalkalpengeröllen bestehende Schotter in Blocklage, bis hin zu feinkörnigen Schottern aus den Kalkalpen und dem Kristallin. Die Terrasse wird zum Teil von Löss überlagert (MATURA 1989:37 f. und GK50 1984: Blatt 38 Krems).

Im Kremstal bei Rehberg finden sich am orographisch linken Ufer der Krems mehrere Aufschlüsse der mindelzeitlichen Terrasse von Ordnung (Terrassensockel 17 m über der Donau). Es handelt sich um fein- bis mittelkörnige, oft ferretisierte Quarz- und vereinzelt Kristallin- und Kalkalpengerölle (MATURA 1989:38). Weitere Terrassenniveaus wie die Terrasse von Lehen (25-30 m über der Donau, Mindel) und die würmzeitliche Niederterrasse finden sich nicht in der direkten Umgebung des Untersuchungsgebietes, wohl aber östlich des Kamps am Wagram, der einen Wall aus Lehen-Schotter aufweist (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems und MATURA 1989:38). Abbildung 21 gibt die erwähnten Terrassenniveaus für die Umgebung von Melk, zu der auch Krems mit leichten Abweichungen in der Höhenlage gezählt werden kann, schematisch wieder.

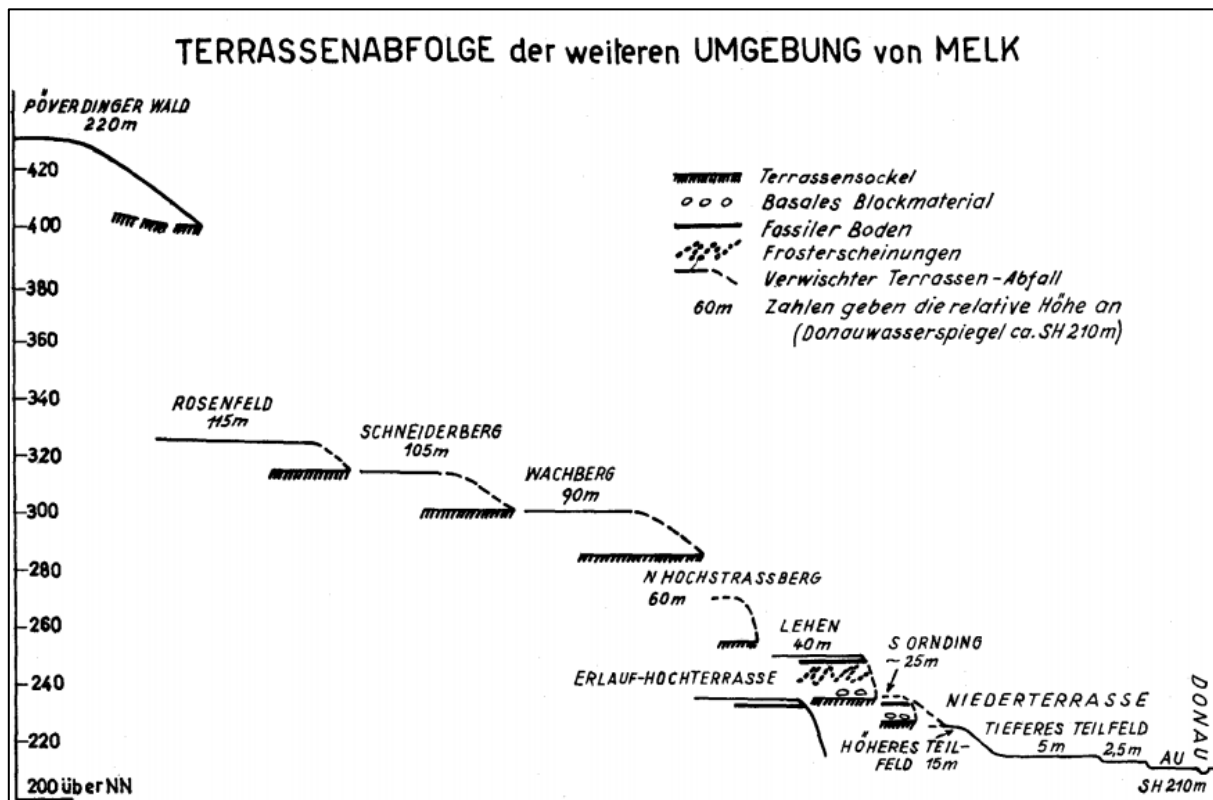


Abbildung 21: Terrassenniveaus um Melk (Geltungsbereich auch für Krems). Quelle: FINK (1965:316)

5.3 Morphologie

Die Lage der 2 Profilstellen ist auf Abbildung 22 und Abbildung 23 in roter Farbe vermerkt.

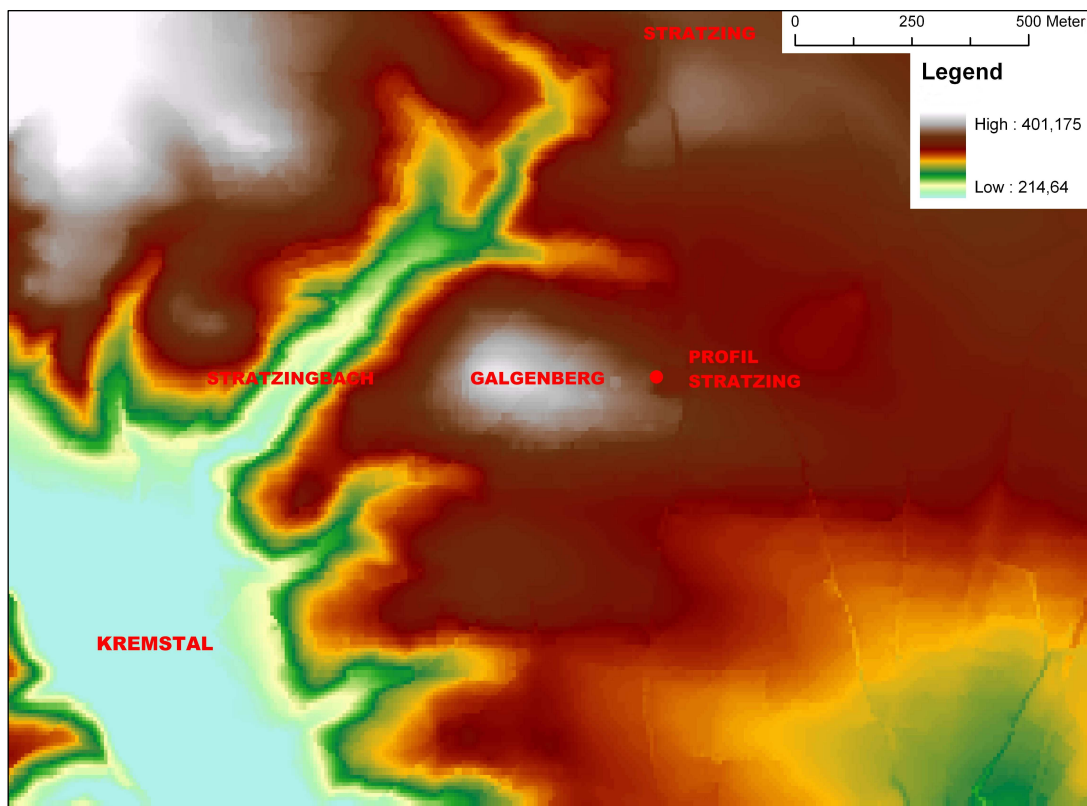


Abbildung 22: Digitales Geländemodell des Profils Stratzing. Datenquelle: DGM des BEV. Quelle: PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2008). Verändert, Darstellung: Rainer Stummer.

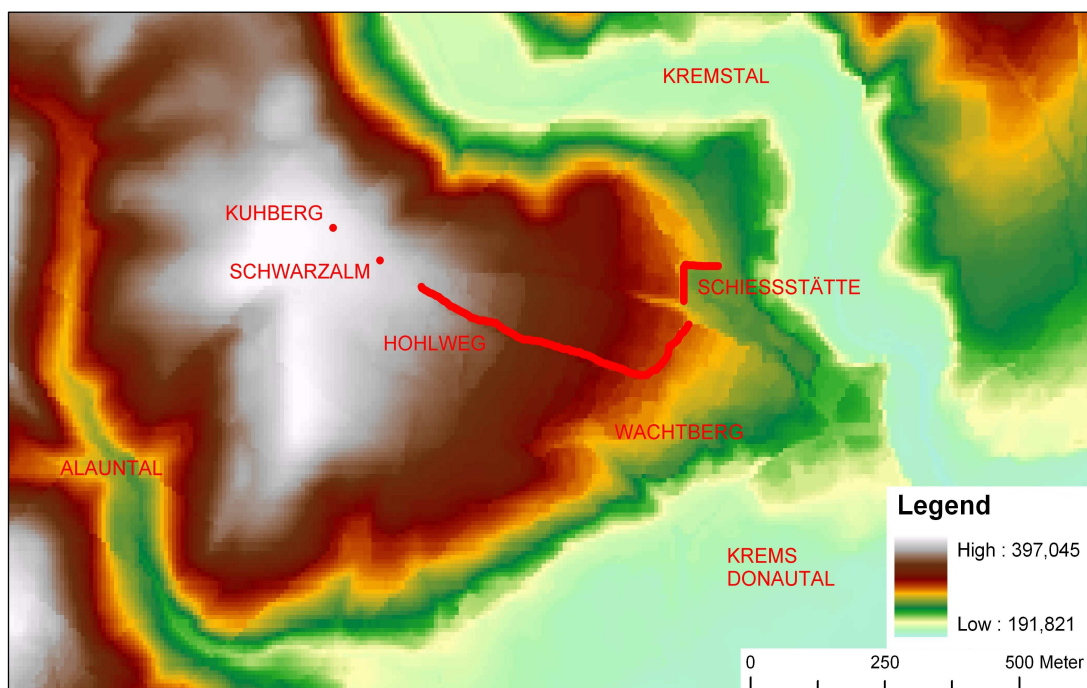


Abbildung 23: Digitales Geländemodell der Kremser Schießstätte und Umgebung. Datenquelle: DGM des BEV. Quelle: PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2008). Verändert, Darstellung: Rainer Stummer.

Zur Morphogenese des periglazialen Donauraumes, in dem sich das Untersuchungsgebiet und das quartär überprägte Kremsfeld befinden, kann gesagt werden, dass die quartäre Entwicklung stark von den klimatisch bedingten Gestaltungskräften abhängig war. Eine morphogenetisch eigenständige, also von dem Wechsel zwischen Glazialen und Interglazialen unabhängige Entwicklung in diesem Großraum ist auszuschließen (vgl. FUCHS 1980:497).

Bei Abbildung 22 und Abbildung 23 handelt es sich um Ausschnitte aus dem digitalen Geländemodell von Krems-Umgebung. Die geschützte Lage der gen Osten gewandten Lössakkumulationen am Fuß von Erhebungen in deren Windschatten wird erkennbar.

5.3.1 Natürliche Morphologie

Die natürliche Lage der Profilgruppe Kremser Schießstätte und des Profils Stratzing in einer Konkavität mit ostwärtiger Exposition ist auf Abbildung 24 gut erkennbar.

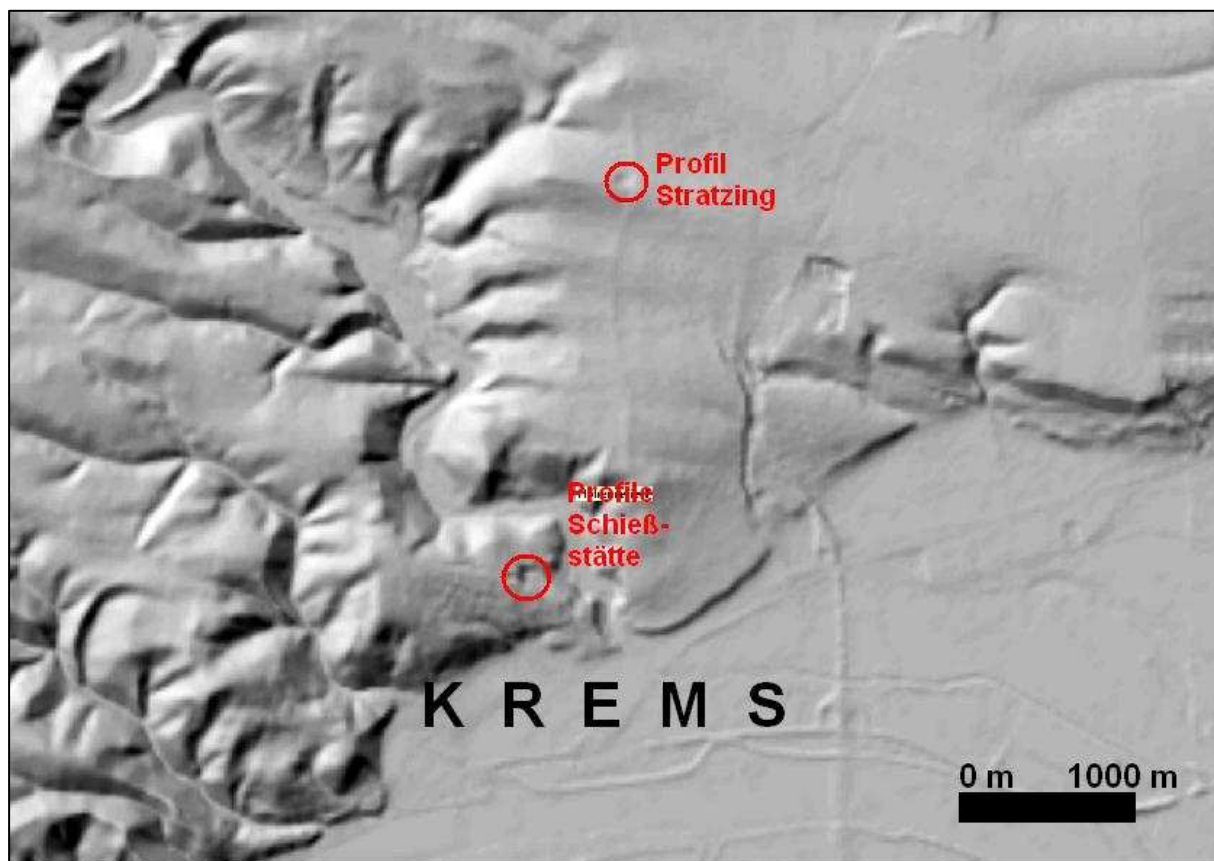


Abbildung 24: Detaillierte Reliefkarte des Untersuchungsgebietes. Quelle: BEV: Austrian Map fly (2005). Verändert, eigene Bearbeitung

Abbildung 24 zeigt den südwestlichen Bereich der Kremser Buche, die eine geologische Übergangszone darstellt. Nachdem die natürliche Morphologie entscheidend von der Geologie geprägt wird, ist der Formenschatz heterogen. Die Böhmisches Masse, die im

Westen des Kremfeldes eine Begrenzung darstellt, zeichnet sich durch eine starke Reliefierung z. B. im Kremstal und am Kuhberg aus und ist durch Fluss- und Bachläufe zerschnitten und untergliedert.

Die Höhenspanne des hier beginnenden kristallinen Waldviertels reicht von ca. 350 bis 400 m ü. d. Adria (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23) und bildet die am höchsten liegende Niveaufläche im Untersuchungsgebiet. Es handelt sich hierbei um eine Hochfläche; die Oberflächenformen umfassen tief eingeschnittene, teilweise mäandrierende (Kremstal) Täler mit einer hohen Hangneigung und ausgeprägtem relativen Relief. Das Kremstal ist als Sohlenkerbtal zu klassifizieren, also als tief eingesenktes Erosionstal mit einem ausgeprägten Talboden, der an beiden Seiten durch übergangslos anschließende, gleichmäßig ansteigende Steilhänge begrenzt ist (WILHELMY 2002:93 f.).

Das relative Relief vom Kremstal auf die Hochfläche des kristallinen westlichen Abfalls des Kremfeldes beträgt 110 m (Rehberg Ort bis auf den Maißberg, die Hangneigung erreicht ca. 11 %) bis 150 m (Rehberg Ort bis auf den Galgenberg, die Hangneigung erreicht ca. 12 %).

Der Böschungswinkel der orographisch am linken Ufer der Krems befindlichen Steilhänge ist etwas niedriger als der der rechtsufrigen Steilhänge, die Werte von bis zu 30 % erreichen (z. B. Kremstalsohle – Kuhberg: 28 %) und auch ein ausgeprägteres relatives Relief aufweisen (Kremstalsohle – Kuhberg: 180 m). Das Tal ist leicht asymmetrisch und weist abschnittsweise, vor allem beim Mäander bei Senftenberg (Abbildung 24 links oben) gut erkennbar, laterale Erosionsprozesse auf, die sich als Prallhang und Gleithang manifestieren (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

Nach oben hin kuppenartig zulaufende Mittelgebirgszüge sind ebenso typisch für diese morphologische Einheit. Das Gebiet ist durch langanhaltende Tiefenerosion stark untergliedert, weshalb ebene Flächen in diesem Morphotop selten zu finden sind. Kleinere Zuflüsse der wie z. B. der Stratzingbach haben sich tief in die kristallinen Paragneise eingeschnitten, hier wird bei einem relativen Relief von 110 m von der 200-300 m breiten Talsohle auf den Galgenberg eine Hangneigung von rund 22 % erreicht (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems). Der Kuhberg (398 m ü. d. Adria) mit angrenzendem Wachtberg bzw. der Galgenberg (374 m ü. d. Adria) im Westen der jeweiligen Sedimentfalle erzeugt durch die Hauptwindrichtung bedingt (Westwinde) eine Lage im Lee, in der sich Lösspartikel fangen konnten (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

Von 350 bis 205 m ü. d. Adria finden sich Bereiche der Böhmisches Masse, die von tertiärer und quartärer Bedeckung geprägt sind. Der tertiär bedeckte Bereich beschränkt sich auf den Übergang vom lössbedeckten Kremfeld zum kristallinen Kremstal. Die Oberflächenformen dieser Geländestufe sind deutlich milder und erreichen geringere Hangneigungen als das Kristallin (5 – 10 %). Es bilden sich sanfte Kuppen, die weniger stark zerschnitten sind (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

Der quartär bedeckte Bereich der Niveaulfläche ist vor allem von sehr sanften Formen wie leichten Dellen in der Landschaft, von Trockentälern mit 2 – 3 % Gefälle und einigen anthropogenen morphologischen Formen wie Trockentälern und Terrassierungen geprägt.

Quartäre Ablagerungen nehmen den größten Teil des Kremfeldes ein, erreichen allerdings maximal eine Höhe von 350 m ü. d. Adria und bedecken tendenziell tiefere Lagen als die tertiäre Molasse. Das Kremfeld ist relativ eben, die Hangneigungen erreichen 1,5 – 2 %, in den Trockentälern abschnittsweise mehr. Die ausgeprägte Böschung in Richtung Süden und Osten hin ist allerdings von Hangneigungen von 5 – 10 % charakterisiert und stark durch Gräben und Hohlwege zerschnitten, was auf das Tertiär im Liegenden zurückzuführen ist. Nach GÖTZINGER (1936:9) wurden hier die mächtigen Lössablagerungen aus dem Niederterrassenfeld des Donaubeckens von Osten her zur Zeit der Bildung der Niederterrassenschotter angeweht. Sie verdecken den tertiären Sockel.

Der Stratzingbach durchfließt von seiner Quelle bis zum Fuße des Galgenbergs eine Sedimentabfolge aus Tonmergel aus dem Badenium im Liegenden und aus Löss und Lössderivaten im Hangenden, in die er sich nur leicht eingetieft hat. Eine stärkere erosionsbedingte Eintiefung in sein Tal und in Folge dessen eine deutlich erhöhte Hangneigung bis zur Einmündung in die Krens wird erst nach dem Übergang des Bachbettes in das Kristallin erkennbar (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krens).

Die am tiefsten liegende Niveaulfläche des Untersuchungsgebietes liegt von ca. 190 m bis 205 m ü. d. Adria und ist vollständig von holozänen Sedimenten überlagert. Zum Teil gehören die Niederungen nach wie vor zum Überschwemmungs- und Auengebiet der Donau und Krens. Es handelt sich von der Terrassenstufe her um Talauen und höhere bis ältere Fluren des jüngeren Anteils der heutigen Talböden an der Donau. Die Ablagerungen sind lehmig-sandig-schotterig und bilden eine ebene Fläche mit wenigen Konkavitäten. Da Siedlungen in diesem Bereich besonders häufig sind, bestimmt die menschliche Nutzung maßgeblich die Reliefierung (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krens).

5.3.1.1 Trockentäler und Konkavitäten

Trockentäler und kleine Konkavitäten, die man als Dellen beschreiben kann, sind die auffälligsten Ausprägungen des Kleinformenschatzes der Lösslandschaft. Diese Formen sind Zeugen einer kaltzeitlichen Materialumlagerung, die der Gravitation folgend durch Solifluktion und Abspülung in tiefere Bereiche umgelagert wurden (PÉCSI & RICHTER 1996:284).

Am großteils lössbedeckten Kremfeld befindet sich ein weitverzweigtes System aus Trockentälern, die das Lössplateau gliedern. Dessen Entstehung führt WILHELMY (2002:75) darauf zurück, dass die während des Glazials gefrorene, lössbedeckte Oberfläche wasserundurchlässig war, weshalb Niederschlagswasser oberirdisch abfließen konnte. Nach

dem Auftauen im Interglazial fiel das Talsystem trocken, da Löss wasserdurchlässig ist und kaum oberflächlichen Abfluss zulässt.

Das Trockentalsystem folgt dem leichten Gefälle des Kremfeldes in Richtung Osten, der einstige Abfluss liegt bei Gobelsburg, wo heute noch ein kleines Rinnsal in den Kamp fließt (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

5.3.1.2 Fluviale Terrassen

Schotterterrassen finden sich im Untersuchungsgebiet wie in Kap. 5.2.4.2 beschrieben, sind aber meist von Löss überlagert und daher als oberflächengestaltendes Element nur kleinräumig von Bedeutung. Sie zeichnen sich morphologisch durch Verflachungen, die gleichmäßige Böschungen unterbrechen, aus. BAUER (1972:62) hebt das „Kremfeldniveau“ hervor, welches von 310 – 320 m ü. d. Adria am Kremfeld zu finden ist und wohl an der Grenze Oberpliozän-Ältestpleistozän abgelagert wurde. Dieses Terrassenniveau ist am Kremfeld morphologisch besonders relevant, da es den Saubüchel (313 m ü. d. Adria), den Gobelsberg (303 m ü. d. Adria) und Auf der Heide nahe Stratzing (ca. 310 m ü. d. Adria) sowie am Flugfeld in Gneixendorf (ca. 310 m ü. d. Adria) zu finden ist. Alle Schotterkuppen, die aus dem Kremfeld auf über 300 m ü. d. Adria herausragen, stammen von dieser Terrasse, welche in der vorliegenden Arbeit als Rosenfeld-Terrasse mit Terrassensockel 105 m ü. d. Adria bezeichnet wird (vgl. Tabelle 3 und GK50 1984: Blatt 38 Krems).

Bei Krems und Stratzing haben sich aufgrund des ausgeprägten Reliefs „gemischte Terrassen“ herausgebildet, die aus einem Felssockel und einer darüber liegenden Schotterlage bestehen (vgl. WILHELMY 2002:97 f.). So kann man die mindelzeitlichen Schotter der Ordnung-Terrasse im Kremstal bei Rehberg als Schotterablagerung auf einem Felssockel erkennen (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems).

5.3.2 Anthropogen geprägter morphologischer Formenschatz

Da lössreiche Böden leicht kultivierbar und fruchtbar sind, wurde das Kremfeld landwirtschaftlich genutzt. Spuren der Agrikultur finden sich auch in der Nähe des Untersuchungsgebietes am Kremfeld und in der Kremser Bucht. Zum anthropogen geprägten oder auch quasinatürlichen Formenschatz in Lössgebieten gehören Terrassierungen und Hohlwege, aber auch Dämme, Einschnitte und Böschungen. Alle diese Kleinformen entstehen ohne Einwirkung natürlicher geomorphologischer Prozesse (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:315 f.).

5.3.2.1 Terrassierungen

Terrassierungen werden vom Menschen an Hängen mit starker Neigung zum Zwecke der leichteren Kultivierung und zum Vermeiden von Bodenerosion auf kultivierbarem Grund vorgenommen. Dabei wird ein Hangabschnitt meist mit schwerem Gerät planiert, was im Löss besonders leicht fällt. Außerdem fühlt sich vor allem Wein auf rohen Lössböden wohl, weshalb auf den kleinen Terrassenflächen meist Rebstöcke kultiviert werden. Ackerterrassen finden sich daher gehäuft an Lösshängen von Westeuropa bis Ostasien (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:316). Im und um das Untersuchungsgebiet kommen Terrassen primär an den Süd- und Osthängen des Kremfeldes von Gobelsburg bis Krems vor. Abbildung 25 zeigt einen Ausschnitt aus der Terrassenlandschaft am Kremfeld.



Abbildung 25: Blick vom Kremfeld südlich des Gobelsberges in Richtung SO über die anthropogen terrassierte Lösslandschaft mit Vitikultur in das Tullner Feld. Quelle: Eigenes Foto, Aufnahme vom 10.05.2008

5.3.2.2 Hohlwege

Hohlwege sind als Oberflächenformen mit geringer Breite, geringer bis mittlerer Tiefe und großer Länge zu charakterisieren. Sie müssen als eine zwischen anthropogener und quasinatürlicher Genese stehende Form betrachtet werden, da das Eintiefen der Hohlwege

ein quasinatürlicher Vorgang ist, die Anlage derselben aber anthropogen abläuft. Durch die anthropogene Initialisierung der Hohlweggenese rechnet man sie zu den anthropogenen Hohlformen im Löss (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:318).

Nach PÉCSI & RICHTER (1996:317) gehen Hohlwege auf „[...] direkte anthropogene Einwirkung der Nutzung unbefestigter Trassen als Verkehrswege“ zurück. Durch Vertritt und durch Radspuren wird zunächst die Vegetation an der Oberfläche zerstört und der oberflächliche Löss in seiner Struktur gestört. Das so aufgelockerte Material kann durch Regenwasser abgespült werden, Spülrillen können sich in der Fahrspur einschneiden und legen diese bei kontinuierlicher Befahrung immer tiefer. Die lineare Eintiefung des so entstehenden unbefestigten Weges führt dazu, dass die Befahrbarkeit sich verschlechtert, sodass oft parallel dazu neue Wege angelegt wurden (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:317). Hohlwege als Produkte der Nutzung sind in Niederösterreich besonders häufig in den Lössgebieten im Raum von Krems bis Fels am Wagram anzutreffen. Je nach Mächtigkeit des Lösses können sich im Großraum des Untersuchungsgebietes Hohlwege von wenigen Metern bis zu 20 m eintiefen. Hohlwege sind Lebensraum für eine Vielzahl von Insekten und Vögeln (WIESBAUER 2001:1).

Im und um das Untersuchungsgebiet sind die Hohlwege auf der ÖK50 (1994: Blatt 38 Krems) nachvollziehbar. Sie finden sich vor allem im Süden des Kremfeldes. Auch um Stratzing finden sich mehrere Hohlwege, die parallel zur Neigung des Trockentales von Ost nach West verlaufen.

5.4 Hydrologie

Durch die Heterogenität des Untersuchungsgebietes ist es notwendig, auf verschiedene hydrogeologische Bedingungen einzugehen, die sich im und in der Nähe des Untersuchungsgebietes finden. Es finden sich im Untersuchungsgebiet einige wenige Fließgewässer (Donau, Kremsfluss mit Zufluss Stratzingbach, im Osten des Kremfeldes der Kamp), die hauptsächlich durch das wasserstauende Kristallin der Böhmisches Masse fließen, wo nur in geringem Ausmaße Grundwasser vorkommt. Oberflächenabfluss auf lössbedeckten Flächen wie dem Kremfeld tritt selten auf, da die Porosität von Löss hoch ist, was hohe Infiltrationsraten zur Folge haben kann. Das Gesamtporenvolumen von Löss kann 45 – 60 % erreichen (PÉCSI & RICHTER 1996:95 f.). Niederschlagswasser infiltriert daher am lössbedeckten Kremfeld ins Grundwasser. Schottervorkommen sowie verschiedene lockere Molassesedimente sind wie Löss porenreich und somit Grundwasserspeicher. Vielfach sind locker gelagerte tertiäre Sande wichtige Aquifere im Weinviertel (vgl. GATTINGER 1980:581). Porengrundwasser findet sich in den mächtigen Schotterkörpern der Donau am Tullner Feld.

Am Kremsfeld sind die Grundwasservorkommen spärlich, die im Kristallin vorkommenden Kluffgrundwasserreserven ebenso.

5.4.1 Fließgewässer

Der Vorfluter im Untersuchungsgebiet ist die Donau, deren Normalwasserniveau bei der hydrographischen Messstelle Stein-Krems (HZB-Nr. 207142) auf 188,96 m ü. d. Adria liegt (BMLFUW: eHYD). Der Strom fließt an die Wachau anschließend durchs Tullner Feld weiter in Richtung Osten.

In der Nähe der Schießstätte verläuft der Fluss Krems, der bei Theiß, ca. 5 km östlich der Stadt Krems, in die Donau mündet. Der Fluss Krems durchfließt die 3 südlichen Einheiten des Moldanubikums der Böhmisches Masse: Er entspringt in der Ostrong-Einheit, durchfließt die „Bunte Serie“ (Drosendorf-Einheit) und danach die Gföhl-Einheit mit einem von Westen nach Osten gerichteten Gefälle.

Der Stratzingbach, ein kleines Rinnsal, entspringt westlich von Stratzing, tangiert die Ortschaft und fließt nördlich des 374 m hohen Galgenberges in das Kremstal, wo er 1,5 km vom Profil ST 1 bei Rehberg in die Krems mündet (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems).

Erwähnenswert ist noch, dass im Untersuchungsgebiet und auch in seiner Umgebung keine nennenswerten Mineralquellen oder andere geothermale Erscheinungen zutage treten (vgl. TOLLMANN 1986:285).

5.4.2 Grundwasser

Das Kristallin der Böhmisches Masse bildet einen für die Nutzung durch den Menschen wenig interessanten Kluffgrundwasserkörper. Kluffgrundwasser ist meist wenig ergiebig, da die eher mit geringem Volumen ausgestatteten Klüfte maximal 20 – 30 m in die Tiefe reichen. Granite und Gneise sind kaum durch Wasser löslich, verkarsten also nicht, sondern bilden wenig voluminöse Klüfte. Die Grundwässer der Böhmisches Masse sind mit einer Härte von 2° – 5° dH meist sehr weich und vom Chemismus her sauer (pH unter 7) (vgl. GATTINGER 1980:581).

Am Tullner Feld findet sich eine junge Schotterbedeckung mit großer Ausdehnung und begrenzter Mächtigkeit (vgl. WESSELY 2002:301). Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters erreicht bei Hadersdorf am Kamp rund 18 m, am Südufer der Donau hingegen nur wenige Meter (vgl. TOLLMANN 1986:298). Das Tullner Feld ist das bedeutendste Grundwasservorkommen des quartären Alpenvorlandes in Niederösterreich. Die Sohle des Aquifers besteht aus den Oncophora-Schichten des Ottnangiums, die Tonmergel und Feinsand enthalten. Die durchschnittliche Mächtigkeit des Grundwasserleiters liegt zwischen 7 und 10 m. Die Härte des von der Molasse und vom quartär bedeckten Wagram

zuströmenden Grundwassers liegt zwischen 20° und 25° dH, also im sehr harten Bereich. Die Stadt Krems wird zu 95 % aus Grundwasservorkommen versorgt (GATTINGER 1980:585). Niederschlagswasser versickert, oft nach Durchfließen von Spülrippen, auf Lössplateaus als Interflow und tritt, der Hangneigung folgend, entlang von Hängen an einem Quellhorizont, der meist am Niveau des anstehenden Festgesteins bzw. einer Aquiklude liegt, aus (PÉCSI & RICHTER 1996:306).

Am Kremfeld wird durch den Austritt des Stratzingbaches im Westen und eines unbenannten Rinnals bei Gobelsburg im Osten das Quellniveau, das durch das lateral hervortretende Grundwasser entsteht, ersichtlich (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems). Als Grundwasserkörper kann es nicht genutzt werden, nach GATTINGER (1980:591) ist die Grundwasserführung mit weniger als 4 l/sec als sehr gering einzustufen.

Es befinden sich 4 Wasserreservoir bei Stratzing, Gneixendorf, Zeiselberg und Gobelsburg (vgl. GK50 1984: Blatt 38 Krems).

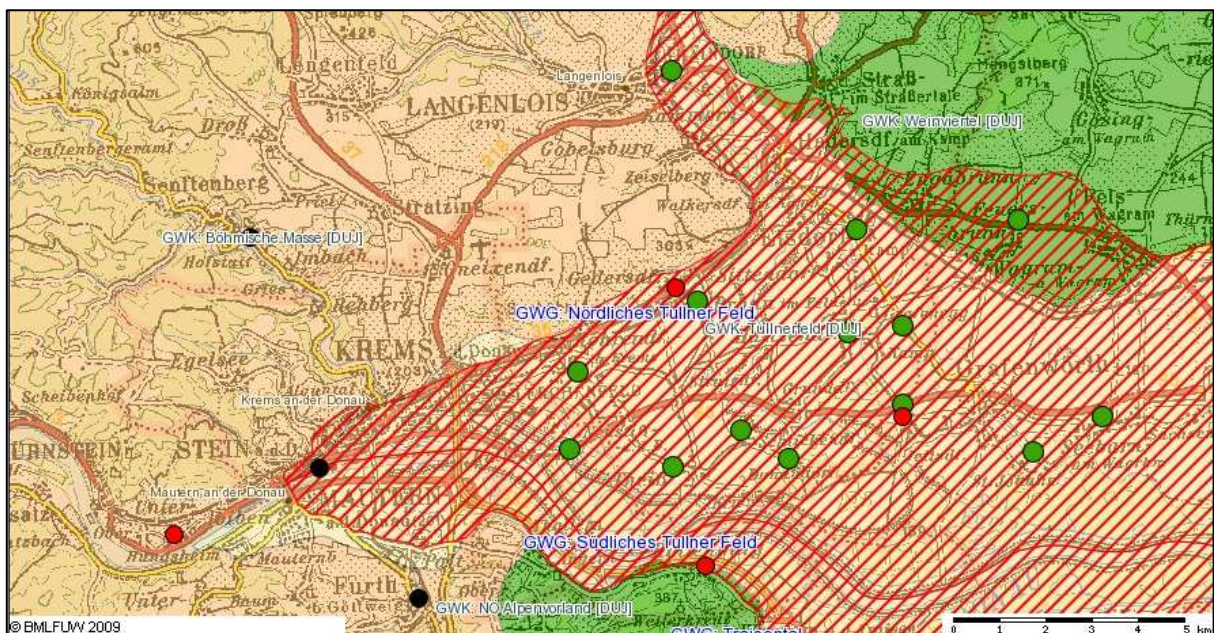


Abbildung 26: Ausschnitt aus der eHYD, Gebiet Krems Umland mit Kremfeld und Untersuchungsgebiet. Rote Schraffur: Grundwassergebiet nördliches und südliches Tullner Feld, grüne Signatur oben rechts: Grundwasserkörper Weinviertel, grüne Signatur unten rechts: Grundwasserkörper Alpenvorland. Grüne Punkte: Grundwassermessstellen, schwarze Punkte: Pegelmessstelle, rote Punkte: Niederschlagsmessstelle. Quelle: Digitale hydrographische Karte der Republik Österreich (eHYD) des Lebensministeriums (BMLFUW).

Abbildung 26 zeigt einen Ausschnitt aus der digitalen hydrologischen Karte. Das rot schraffierte Grundwassergebiet des Tullner Feldes ist von anthropogener Nutzung geprägt und in der Gegend besonders ergiebig.

Die Gemeinde Stratzing nutzt den Stratzingbach als Trinkwasserquelle und verfügt über eine Vielzahl von Wasserrechten zur diesbezüglichen Nutzung. Am Kremfeld befinden sich keine Wassernutzungsrechte (Hausbrunnen, Quellnutzung, Grundwassermessstellen, Wasserversorgungsanlagen usw.), was auf die Wasserarmut des Plateaus schließen lässt.

Die Wasserversorgungsanlagen der Gemeinde Rohrendorf und weitere bei Gedersdorf sowie Quellschutzgebiete liegen am Südabfall des Kremfeldes, wo Wasser hervortritt. Im Wasserbuch ist allerdings die Nutzung von mehreren Bereichen bei Gneixendorf als Deponie verbrieft (vgl. NIEDERÖSTERREICH ATLAS ONLINE: WASSERBUCH).

5.5 Klimatologie

Das Klima im Untersuchungsgebiet kann als Übergangsklima zwischen pannonischem Klima und pannonischem Hochlandklima bezeichnet werden (NAGL 1983:61 f.). Im Nordwesten des Untersuchungsgebietes im westlichen Waldviertel beginnen die ozeanisch geprägten, atlantischen oder oberdeutschen Klimatypen (vgl. NIEDERÖSTERREICH-ATLAS: Klimatypen Österreichs, 1971). Es ist somit auf die Schnittstellenlage des Untersuchungsgebietes zwischen kontinental und ozeanisch geprägten klimatischen Bedingungen hinzuweisen.

Das pannonische Klima ist ein thermisch kontinentaler Klimatyp, der große Jahresamplituden aufweist und durch warme Sommer und kalte Winter bestimmt ist (ZWITTKOVITS 1983:28 f.).

Das Jännermittel liegt $< -1^{\circ}\text{C}$, das Julimitel $> 19^{\circ}\text{C}$. Die Jahresniederschläge liegen zwischen 600 und 800 mm, sinken aber am Rande der Böhmisches Masse (also auch im Untersuchungsgebiet) auf unter 500 mm. Das Klima ist außerdem strahlungsreich, was Weinbau ermöglicht (HUBER 2003:74).

In Niederösterreich spielt der hypsometrische Lagefaktor für die jeweilige lokale klimatische Situation eine große Rolle: Je höher, desto kälter wird es (ZWITTKOVITS 1983:5).

Nach der Klimaeinteilung Köppens gehören die Niederungen Niederösterreichs $< 460\text{ m ü. d. Adria}$ zum Klimatyp Cfb (Buchenklima = warmgemäßigtes Regenklima mit Jännermittel $> -3^{\circ}\text{C}$ und mindestens 4 Monate lang Temperaturmittel $> 10^{\circ}\text{C}$ sowie Niederschlag in jedem Monat) und $> 460\text{ m ü. d. Adria}$ zum Klimatyp Dfb (Eichenklima = winterkaltes Klima mit Temperaturmittel im Jänner $< -3^{\circ}\text{C}$ und mindestens 4 Monate lang Temperaturmittel $> 10^{\circ}\text{C}$ sowie Niederschlag in jedem Monat) (MACHALEK 1986:7).

Die Amplitude zwischen den Mittelwerten der Extremmonate liegt bei $20 - 22^{\circ}\text{C}$. Die Niederschläge fallen an weniger als 110 Tagen, teilweise sogar unter 100 Tagen. Das Niederschlagsmaximum fällt im späten Frühling-frühen Sommer (Mai-August), was auf fröhsommerliche Starkregenereignisse zurückzuführen ist. Gleichzeitig ergibt sich häufig eine Trockenklemme, die in Krems nicht zu tragen kommt. Im Normalfall hat die Trockenperiode Einfluss auf die Nutzbarkeit des Bodens sowie auf die natürliche Pedogenese (ZWITTKOVITS 1983:29).

Das pannonische Hochlandklima findet sich vor allem im östlichen Bereich des Waldviertels, welches durch seine plateauartige Höhenlage zwischen 600 und 1000 m ü. d. Adria charakterisiert ist. Es zeichnet sich durch ausgeprägte Kontinentalität aus, die

Tagesamplituden sind höher, was an Früh- und Spätfrösten feststellbar ist. Die Temperaturmittel sind durch die Höhenlage bedingt niedriger, die Winter sind sehr kalt (Jännermittel -6°C). Die sommerliche Erwärmung ist sehr stark, die Häufigkeit der heißen Tage (Tagesmaximum > 30°C) ist hoch. Die Trockenklima im Sommer ist ausgeprägt. Bis auf Tallagen und Becken mit Inversionsanfälligkeit ist das Klima strahlungsreich. Es wurde früher als baltisches Klima bezeichnet (HUBER 2003:74).

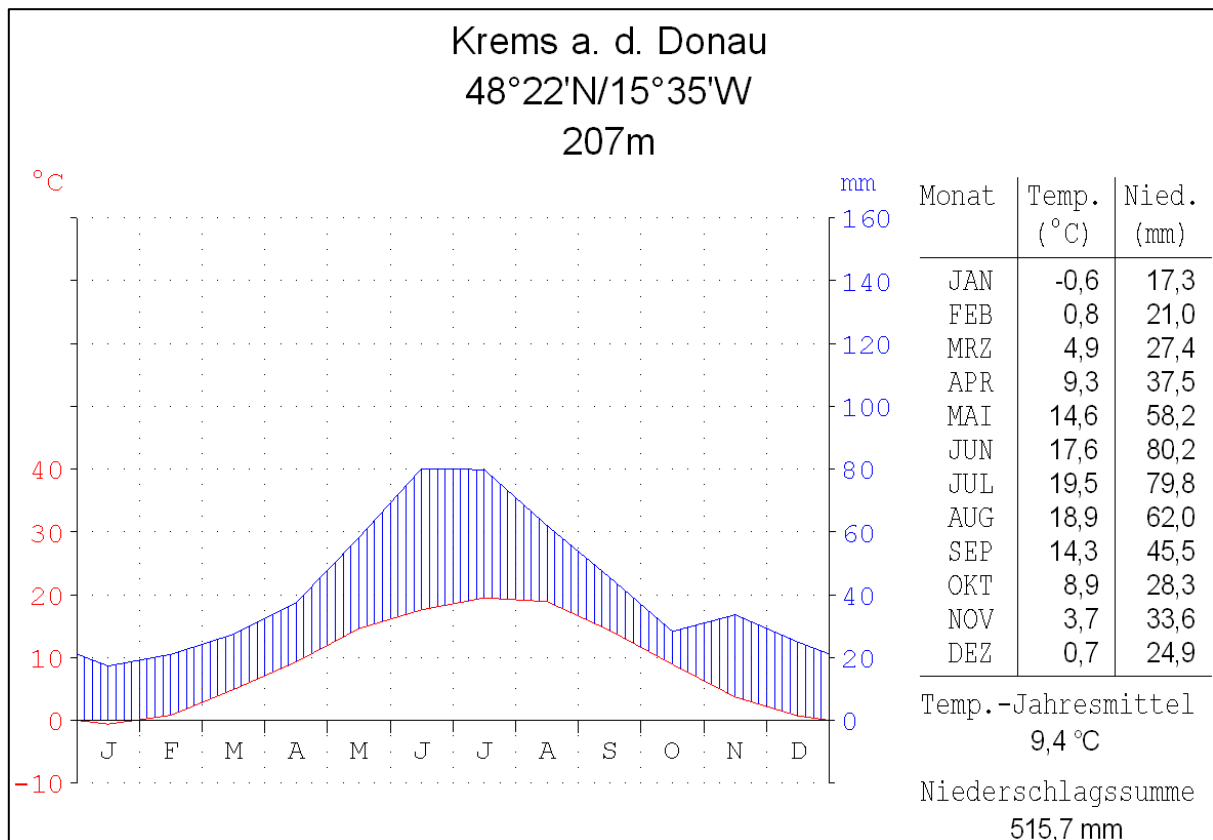


Abbildung 27: Walter-Lieth – Diagramm der Klimastation Krems an der Donau. Daten von 1971-2001. Datenquelle: ZAMG. Erstellt mit GeoKlima 2.1, eigene Darstellung.

Die Klimastation Krems (Datengrundlage für das Diagramm auf Abbildung 27) befindet sich auf 207 m ü. d. Adria. In diesem Bereich des Donautales am Übergang vom Waldviertel ins Weinviertel bzw. Tullnerfeld herrscht trockenes und sonniges Klima, das im Sommer durch zahlreiche Hitzeperioden charakterisiert ist. In den durch die geringe Höhenlage mäßig kalten Wintern bildet und hält sich oft Hochnebel (ZAMG: Klimadaten von Österreich 1971 – 2000).

5.5.1 Niederschlag

Der Niederschlag im pannonischen Raum ist relativ gering, typisch sind Jahresniederschlagswerte von < 600 mm. Die Wasserbilanz ist im Regelfall negativ und Trockenperioden kommen vor (WEIHS 2004:36). In Krems ist Aridität zu keiner Jahreszeit

feststellbar, das Klima ist durchgehend humid, wobei der Jahresniederschlag mit 515,7 mm als gering zu bezeichnen ist, was auf den pannonischen Klimaraum hindeutet. Die Verteilung des Niederschlags ist bimodal mit einem Peak im Juni (80,2 mm) und Juli (79,8 mm) und einem kleineren im November (33,6 mm). Ein Knick im Oktober mit 28,3 mm führt in diesem Monat beinahe zur ariden Verhältnissen (siehe Abbildung 27). Der niederschlagsärmste Monat ist der Jänner mit 17,3 mm.

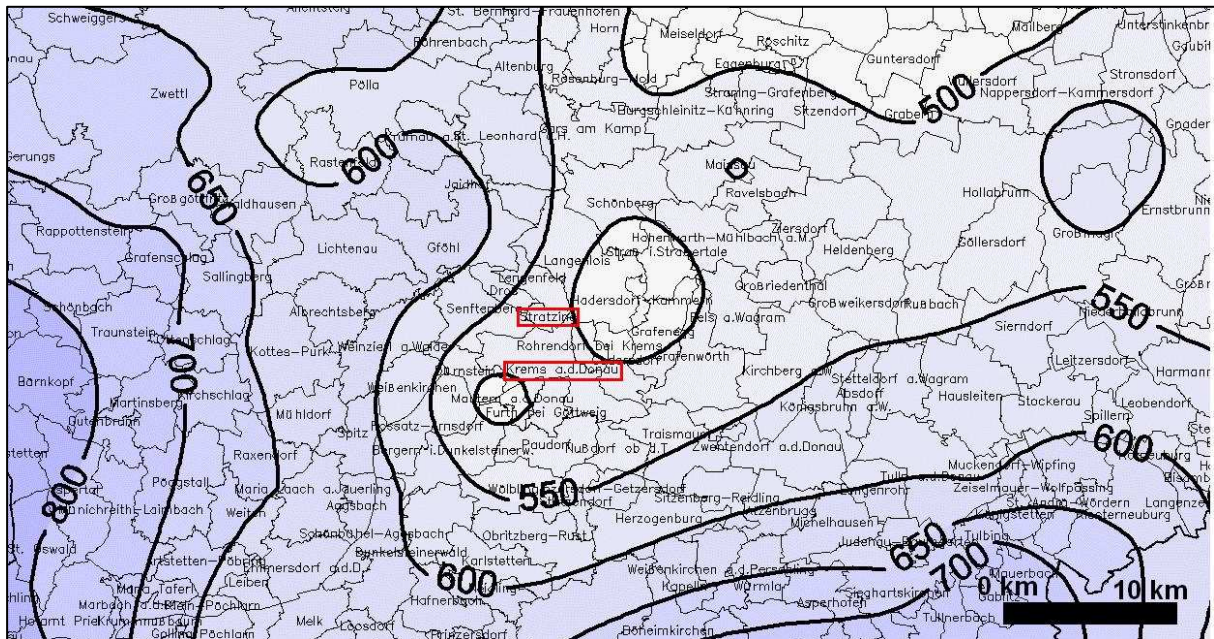


Abbildung 28: Durchschnittlicher Jahresniederschlag in mm um das Untersuchungsgebiet, die dünnen, schwarzen Linien geben Gemeindegrenzen wieder. Rot umrahmt: Gemeinde Krems und Stratzing. Quelle: NOELR, Homepage des Landes Niederösterreich. Verändert, eigene Bearbeitung.

Aus Abbildung 28 geht hervor, dass der jährliche Niederschlag im Untersuchungsgebiet 500 – 550 mm beträgt und um das Untersuchungsgebiet im Westen und Süden herum ansteigt. Im Nordosten wird das Klima zunehmend niederschlagsärmer. Das kann auf die starke Abhängigkeit der regionalen Niederschläge von Südwestwetterlagen zurückgeführt werden (ZWITTKOVITS 1983:29).

Die Klimastation Krems verzeichnete 84 Tage, an denen 1 – 10 mm und 14 Tage, an denen > 10 mm Niederschlag fiel. Das ergibt durchschnittlich von 1971 bis 2000 98 Tage mit Niederschlag im Jahr. Davon fiel an 1,3 Tagen Hagel; an 22 Tagen gab es Gewitterregen. Der Monat mit den meisten Regentagen ist der Juni (10 Tage mit 1 – 10 mm und 2,7 Tage mit > 10 mm). Die Schneedecke maß maximal 33 cm. Schnee fällt von November bis April (im April nur mehr sehr wenig) und erreicht ein Maximum im Jänner. Die höchste Tagesniederschlagssumme wurde im August mit 73 mm gemessen. Die relative Luftfeuchtigkeit lag im 30-jährigen Mittel um 14 Uhr bei 56,8 % und um 7 Uhr bei 81,1 %. Die Zahl der heiteren Tage (Bewölkungsmittel < 20 %) beträgt jährlich ca. 39, die der trüben (Bewölkungsmittel > 80 %) 133 Tage (ZAMG: Klimadaten von Österreich 1971 – 2000). Die

Tage mit Nebel schlagen mit 45 zu Buche (Messdaten Bestand Station Krems 1951 – 1980) (NEUWIRTH 1989:32).

5.5.2 Temperatur

Die Lufttemperatur beträgt an der Station Krems im Jahresmittel $9,4^{\circ}\text{C}$ (siehe Abbildung 27). Die Isothermenkarte (Abbildung 29) gibt für das Untersuchungsgebiet eine Jahresdurchschnittstemperatur von $9 - 10^{\circ}\text{C}$ an. Im Osten gegen Wien nimmt sie noch leicht zu, gegen Westen hingegen deutlich ab (7°C und weniger im westlichen Waldviertel).

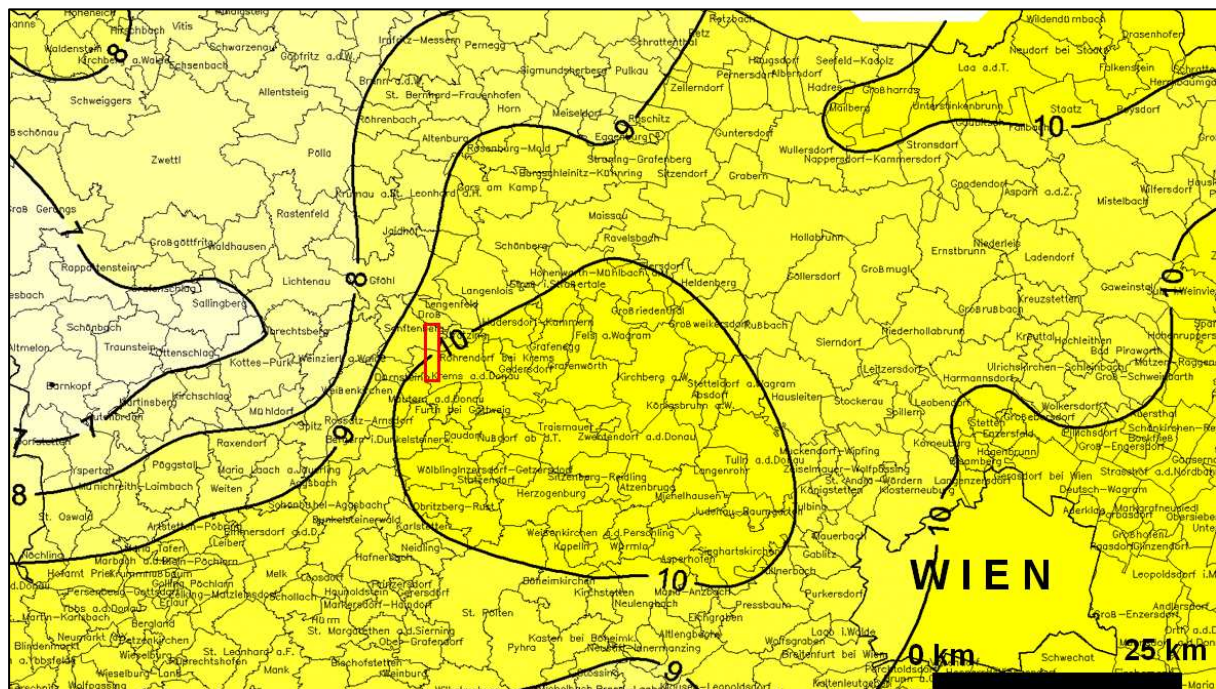


Abbildung 29: Isothermenkarte der Zentralregion Niederösterreichs, die schwarzen Linien geben Gemeindegrenzen wieder. Rote Markierung bezeichnet Untersuchungsgebiet. Quelle: NOELR, Homepage des Landes Niederösterreich. Verändert, eigene Bearbeitung.

Die an der Station Krems ermittelte Jännerdurchschnittstemperatur ist der niedrigste Monatswert mit $-0,6^{\circ}\text{C}$, während der höchste im Juli gemessen wird und $19,5^{\circ}\text{C}$ beträgt. Die Durchschnittstemperatur in den fünf Monaten Mai – September liegt über 10°C (alle 5 Monate liegen sogar $> 14^{\circ}\text{C}$), die der drei Monate Dezember – Februar unter 1°C . Das Mittel aller täglichen Maxima im Juli beträgt $25,8^{\circ}\text{C}$, das im Jänner $3,1^{\circ}\text{C}$, während das Mittel aller täglichen Minima im Juli $13,8^{\circ}\text{C}$ und im Jänner $-3,2^{\circ}\text{C}$ beträgt. Die absoluten Maxima in den drei Monaten Juni – August liegen alle bei $> 36^{\circ}\text{C}$ (Maximum im Juni mit $36,8^{\circ}\text{C}$). Die absoluten Tagesmaxima in den Monaten Dezember ($16,1^{\circ}\text{C}$) und Jänner ($16,8^{\circ}\text{C}$) sind relativ hoch. Die absoluten Tagesminima der wärmsten Monate Juli und August erreichen $5,7^{\circ}\text{C}$ und $4,8^{\circ}\text{C}$, die der kältesten Monate Dezember und Jänner $-22,7^{\circ}\text{C}$ bzw. $-22,8^{\circ}\text{C}$.

Insgesamt sank die tiefste Tagestemperatur in den drei Monaten Dezember – Februar auf $< -20^{\circ}\text{C}$ (ZAMG: Klimadaten von Österreich 1971 – 2000).

Da Frost vor allem in den Niederungen auftritt, sind diese Bereiche vor allem für den Weinbau ungeeignet. Dazu zählen das Kremstal, die Donauauen und das Tullner Feld sowie zentrale Bereiche des Kremfeldes um Gneixendorf, das sich in einer leichten Senke mit Abfluss in Richtung Gobelsburg befindet (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krets).

Zu den „besonderen Tagen“: Jährlich treten in Krets 93,5 Frost- und 21,6 Eistage auf. Es gab 57,8 Sommertage (Temperaturmaximum $> 25^{\circ}\text{C}$) und 12,9 heiße Tage (Temperaturmaximum $> 30^{\circ}\text{C}$). Die meisten Frosttage kamen im Dezember und Jänner vor (jeweils > 20 , im Jänner 23,4), die meisten Eistage ebenso (Dezember 6,5, Jänner 8,2). In den drei Monaten Juni – August wurden > 10 Sommertage/Monat ermittelt (Maximum im Juli mit 18,7) und 5,4 bzw. 5,3 heiße Tage/Monat in den Monaten Juli und August (ZAMG: Klimadaten von Österreich 1971 – 2000).

5.5.3 Wind, Windrichtung und Strahlung

Ein Charakteristikum im pannonischen Klimaraum ist die ständige Windbewegung.

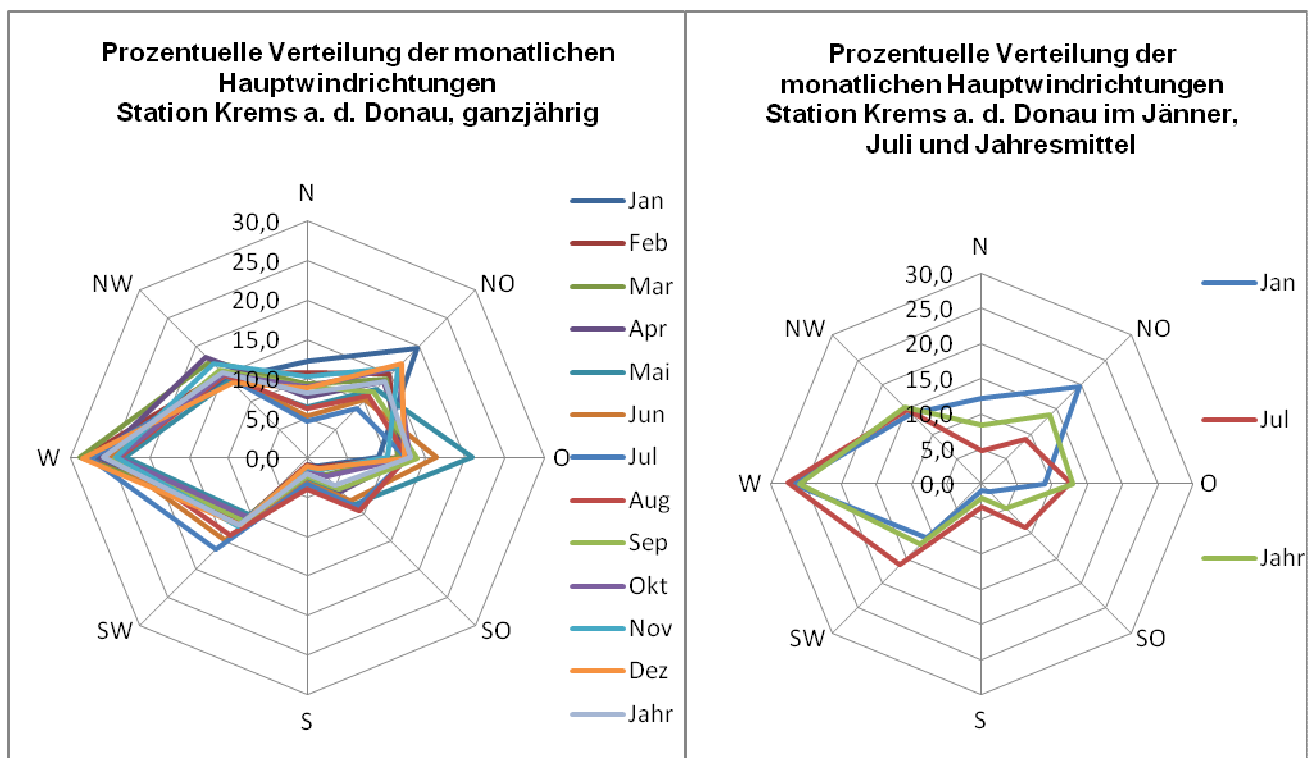


Abbildung 30: Windrichtungsdiagramme der Klimastation Krets an der Donau, links für das ganze Jahr monatlich und Gesamtjahresmittel, rechts für Jänner, Juli und Jahresmittel. Datenquelle: ZAMG. Eigene Darstellung.

Das geht aus den Klimadaten von Österreich 1971 – 2000 der ZAMG hervor. Im Jahresdurchschnitt beträgt die Windgeschwindigkeit 2,8 m/sec, an 20,6 Tagen im Jahr

übertrifft die Windgeschwindigkeit die Stärke 6 der Beaufort-Skala und an nur 1,94 Tagen die Windstärke 8 derselben Skala. Besonders windige Monate sind die Frühjahrsmonate April, Mai und Juni, in denen die durchschnittliche Windgeschwindigkeit 3,1 m/sec (April und Juni) bzw. 3 m/sec (Mai) erreicht. Die niedrigste Windgeschwindigkeit wird im September und Oktober mit 2,4 m/sec erreicht. Die besonders starken Winde über Beaufort-Stärke 8 wehen aber vor allem im Winter (Jänner – März). Der Monat mit den meisten Windtagen der Beaufort-Stärke > 6 ist mit Abstand der Jänner mit 3 Tagen. Eindeutig ist auch der September als windärmster Monat festzumachen (0,6 Tage > 6 Beaufort und kein Tag > 8 Beaufort). In den drei Monaten Jänner – März wehen die meisten Starkwinde > 6 und > 8 Beaufort (ZAMG: Klimadaten von Österreich 1971 – 2000).

Die in ganz Niederösterreich vorherrschenden Westwinde prägen die Windrichtungsverteilung in Niederösterreich. Als zweite Hauptwindrichtung erscheint hier die Gegenwindrichtung, also Ostwinde, die vor allem im Winter in Niederösterreich wehen (MACHALEK 1986:12).

Abbildung 30 gibt diese von MACHALEK für Niederösterreich generalisierten Daten für die Station Krems a. d. Donau wieder und bestätigt sie. Es dominieren eindeutig Westwinde, am zweithäufigsten kommen Ostwinde und Nordostwinde vor. Am häufigsten wehen die Westwinde im Dezember, aber sie treten ganzjährig sehr häufig auf. Im Jänner ist die Windbewegung von Nordosten am häufigsten, aber in allen Wintermonaten treten Luftbewegungen aus dieser Himmelrichtung auf. Nordwest- und Südwestwinde sind Abwandlungen der Westwinde, die alle durch das Donautal kanalisiert werden und durch die vorherrschenden Großwetterlagen bedingt sind (ZAMG: Klimadaten von Österreich 1971 – 2000).

Die Summe der jährlichen Sonneneinstrahlung beträgt 1724,2 Stunden. Das bedeutet, dass die Sonne zu 39,8 % der maximal in Krems möglichen Sonnenscheindauer tatsächlich scheint. An 77,2 Tagen/Jahr beträgt die Sonnenscheindauer gleich Null und an 160,2 Tagen scheint die Sonne für längere Zeit als 5 Stunden. Besonders wenig Sonne gibt es in den drei Monaten November – Jänner: 15,3 sonnenfreie Tage im Dezember und 13,6 bzw. 13,7 sonnenfreie Tage im Jänner und November. Im Juli und August gibt es besonders viele Tage mit einer Sonnenscheindauer von über 5 Stunden (21,9 Tage), während es im Dezember mit 3,3 Tagen besonders wenige davon gibt (ZAMG: Klimadaten von Österreich 1971 – 2000).

5.6 Pedologie

Böden sind Umweltfaktoren, die von bodenbildenden Faktoren geprägt werden (SEMMELE 2000:130). Als natürliche, genetische Faktoren für den Boden (B) werden Ausgangsgestein (G), Klima (K), Organismen (O), Relief (R) und Zeit (Z) angesehen. Zusätzlich hat der Mensch (M) seit ca. 5.000 Jahren einen Einfluss durch Bodennutzung. Der Boden ist somit eine Funktion der genannten Faktoren: $B = f(G, K, O, R, M) * Z$ (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:1).

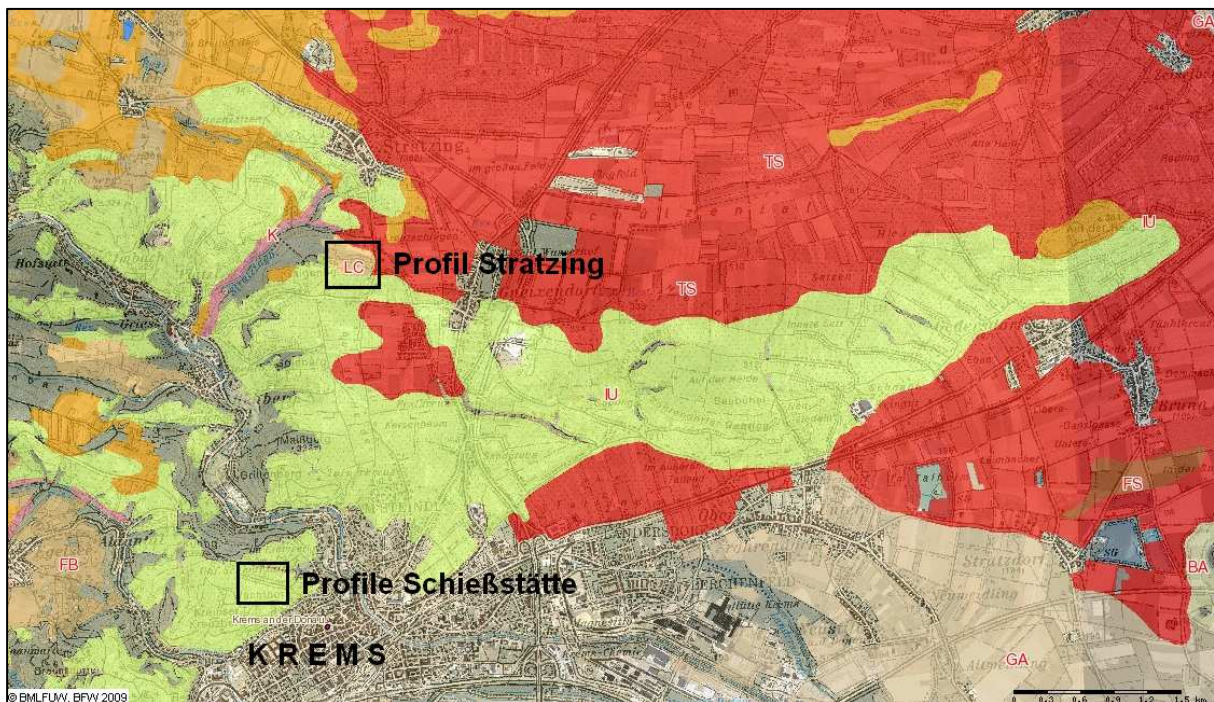


Abbildung 31: Auszug aus der eBOD, Gebiet KREMS Umland mit Kremserfeld und Untersuchungsgebiet. FB = Felsbraunerde, LC = Lockersediment-Rohboden, IU = Rigolboden, TS = Tschernosem, FS = Feuchtschwarzerde, GA = Grauer Auboden, BA = brauner Auboden, K = Bodenformkomplex. Quelle: Digitale Bodenkarte der Republik Österreich (eBOD) des Lebensministeriums (BMLFUW). Eigene Bearbeitung.

Die Prozesse zur Genese der heutigen Böden begannen nach dem letzten Glazial vor ca. 10.000 Jahren. Auf Löss gewachsene Schwarz- und Braunerden sowie Parabraunerden zeichnen sich durch eine gute Kultivierbarkeit aus (LOISHANDL & PETICZKA 2005:143).

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in den mittleren Breiten, das Klima ist, wie bereits erwähnt, pannonisch-kontinental mit relativ geringen Niederschlägen. Der Zusammenhang der Bodenbildung mit dem Klima ist zentral, da aus gleichem Ausgangsgestein in verschiedenen Klimazonen verschiedene Bodentypen gebildet werden. In den kontinentalen, lössbedeckten, mittleren Breiten ist die Tendenz der Abwärtsverlagerung von Bodenlösung und Tonkolloiden (Lessivierung) geringer. Stattdessen dominieren periodisch unterbrochene Prozesse der Bioturbation und Tschernosemierung. Die Verwitterung wird durch winterliches Frieren und sommerliche Trockenheit eingeschränkt (PÉCSI & RICHTER 1996:250).

Ersichtlich ist, dass das Relief die Bodenbildung im Untersuchungsgebiet beeinflusst. Vor allem die Mächtigkeit der humusreichen A-Horizonte kann dadurch verringert werden. Besonders erwähnenswert ist im Untersuchungsgebiet jedoch die Nutzung durch den Menschen, der den Boden hauptsächlich für Acker- und Weinbau nutzt. Der Löss als Substrat bewirkt im Untersuchungsgebiet und weiter am Kremsfeld relativ einheitliche Bedingungen für die Bodenbildung. Dominierender Bodentyp ist der Tschernosem (vgl. Abbildung 31, rote Signatur).

Die tertiäre Molasse wird vor allem von Braunerden geprägt. So haben sich am tertiär bedeckten Gobelsberg und im Tal in Richtung Gobelsburg Lockersediment-Braunerden gebildet (BMLFUW: eBOD).

Im Kristallin der Böhmisches Masse, das relativ stark durch das Relief zerteilt ist, bilden sich eher geringmächtige Böden wie Ranker, Pseudogleye und Gleye aus. Im Westen der Schießstätte befindet sich ein Gebiet im Kristallin, auf dem Felsbraunerde gewachsen ist. Auf der holozän überprägten Ebene des Tullner Feldes bei Stratzdorf finden sich vermehrt semiterrestrische Böden wie Graue und Braune Auböden sowie Feuchtschwarzerden. Im Tal des Stratzingbaches hat sich ein Bodenformkomplex ausgebildet (BMLFUW: eBOD).

Im Süden und Westen des Kremfeldes herrscht laut ÖK50 (1990: Blatt 38 Krems) intensiver Weinanbau auf Terrassen vor, auf denen die Böden tiefgepflügt werden, bevor die Rebstöcke gepflanzt werden. Auf diese Art und Weise bildeten sich in diesem Gebiet flächendeckend Rigolböden aus (BMLFUW: eBOD).

Die Nutzung der Böden im Untersuchungsgebiet ist von Ackerbau und Vitikultur geprägt: Hänge mit geeigneter Exposition mit möglichst hoher Sonnenausbeute (Ost- und Südhänge) werden für den Weinanbau genutzt. Hier werden nutzungsoptimierend und bodenschonend Terrassen angelegt und die Böden rigolt. Weniger günstig gelegene Hänge, Konkavitäten und Ebenen mit möglicher Akkumulation von Kaltluft werden als Ackerland bewirtschaftet. Braunerden und Tschernoseme sind terrestrische Böden, die gut ackerbaulich bewirtschaftbar und nutzbar sind (vgl. ZECH & HINTERMAIER-ERHARD).

5.6.1 Tschernoseme

Die Richtung der Stoffverlagerung im Boden ist im ozeanischen Klimaraum der Gravitation folgend gerichtet (z. B. Podsolierung, Lessivierung, Auswaschen von Kalk und Erdalkalien), im stark kontinentalen hingegen finden Anreicherungsprozesse von unten aufsteigend statt (z. B. von alkalischen Salzen, nach ZECH & HINTERMAIER-ERHARD [2002:43] Aszendenz genannt). Im Grenzraum zwischen beiden Stoffverlagerungssystemen erfolgt die Tschernosemierung, ein Prozess, bei dem sich Auswaschungs- und Anreicherungsprozesse im Boden die Waage halten. Außerdem ist die Humusanreicherung bei Tschernosemen die

mächtigste aller Bodentypen: Die geringen Niederschläge im Sommer (Sommertrocknis verhindert den Humusabbau) und der Frost im Winter bewirken für Bodenmikroorganismen zweimal jährlich eine Arbeitsunterbrechung beim Zersetzen von organischem Material und verursachen eine Akkumulation von Humus im obersten Horizont (PÉCSI & RICHTER 1996:250).

Tschernoseme sind folglich dunkle, humusreiche A-C – Böden mit einem mächtigen Ah-Horizont (nach WRB: mollic horizon) mit hoher Aggregatstabilität, hohem Porenvolumen von 50-60 %, günstiger Porengrößenverteilung und hoher nutzbarer Wasserspeicherkapazität. Chemische Parameter sind weiters ein enges C/N – Verhältnis von 10-14, eine hohe Kationenaustauschkapazität und hohe Nährstoffvorräte und -verfügbarkeit (ZECH & HINTERMAIER-ERHARD 2002:42). Der durchschnittliche pH-Wert einer als Acker genutzten Schwarzerde auf Löss liegt bei 7,2 (GISI 1997:118).

Als natürlicher Vegetationstyp auf Tschernosemen auf Löss kann die Langgrassteppe angegeben werden. Als Kulturboden (Ackerbau, Weinbau) sind Tschernoseme zu den fruchtbarsten und produktivsten Ackerböden zu rechnen. Oft begrenzt Wassermangel über die Spätsommermonate die Erträge (ZECH & HINTERMAIER-ERHARD 2002:42).

Die Tschernoseme am Kremfeld werden als Tschernoseme aus Löss mit mäßiger Speicherkraft und Durchlässigkeit bezeichnet. Die Horizontierung gestaltet sich folgendermaßen: A1p (20 cm) – A2 (40-60 cm) – C (100 cm). Die Bodenart ist lehmiger Schluff und Schluff, die Humusform Mull. Der Karbonatgehalt wird als hoch eingestuft (30 – 35 %), die Bodenreaktion als alkalisch und die Erosionsgefahr als mäßig abschwemmungsgefährdet angegeben. Da der A2-Horizont oft verbraunt ist, handelt es sich meist um verbrauchten Tschernosem. Das Ackerland wird als hochwertig und die Bearbeitbarkeit als gut eingestuft (vgl. BMLFUW: eBOD). Abbildung 32 links gibt eine Profilzeichnung eines Tschernosems aus dem zentralen Kremfeld wieder.

5.6.2 Lockersediment-Braunerden und Braunerden

Lockersediment-Braunerde ist ein terrestrischer, aus Lockersedimenten wie Löss, Sanden oder Schottern gewachsener Boden der Klasse Braunerden. Charakteristisch für Braunerden ist der braun gefärbte B-Horizont mit mindestens 10 cm Mächtigkeit. Dieser entsteht durch Verwitterung von Eisenverbindungen und Anreicherung von Eisenoxiden. Die Pedogenese erfolgt unter gemäßigt humiden Klimabedingungen und beinhaltet mehr oder weniger intensive Verwitterungsprozesse. Vergesellschaftungen mit Tschernosemen und Parabraunerden sind häufig (NESTROY ET AL. 2000:47).

Der Bodentyp um das Profil Stratzing ST 1 wird von der eBOD als kalkhaltiger Lockersediment-Rohboden aus Löß bezeichnet, der geringe Wasserspeicherkraft aufweist.

Die Horizontierung wird mit A-Bv-C wiedergegeben (vgl. NESTROY ET AL. 2000:47), Bodenart ist sandiger bis lehmiger Schluff. Der Boden ist stark kalkhaltig und aufgrund der Hangneigung und dem hohen Schluffgehalt stark abschwemmungsgefährdet. Er wird als mittelwertiges, gut zu bearbeitendes Ackerland klassifiziert. An den tertiären Galgenberg schließt im Osten unmittelbar das lössbedeckte Kremsfeld an, welches sich vor allem durch Tschernoseme auszeichnet (BMLFUW: eBOD).

Die Lockersediment-Braunerde um Stratzing ist gut zu bearbeiten, leicht sauer bis alkalisch, wird als geringwertiges Ackerland klassifiziert und ist folgendermaßen horizontiert: A (25-30 cm Untergrenze) – Bv (40-50 cm) – C (50-60 cm) – D (100 cm) (vgl. BMLFUW: eBOD).

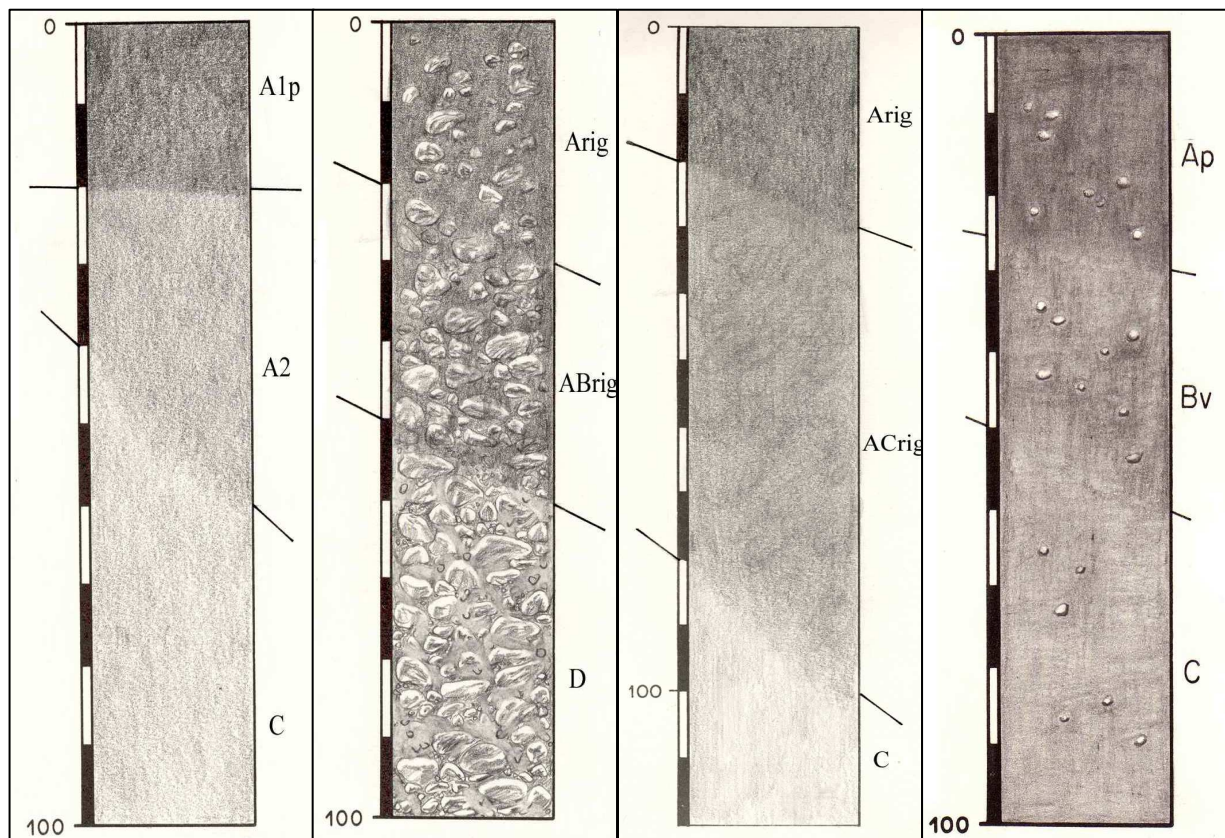


Abbildung 32: Profilzeichnungen für (von links nach rechts): Tschernosem (Kremsfeld), Rigolboden (Kremsfeld Westrand), Rigolboden (Kremsfeld Südrand), Lockersediment-Braunerde (nahe Langenlois). Quelle: Digitale Bodenkarte der Republik Österreich (eBOD) des Lebensministeriums (BMLFUW).

Ein Problem in der Ansprache von landwirtschaftlich genutzten Braunerden in Mitteleuropa ergibt sich oft darin, dass das typische Ah-Bv-C – Profil der Braunerde durch Pflügung aus einer Parabraunerde (Horizontabfolge Ah-AI-Bt-Bv-C) entstehen kann. Die ersten drei Horizonte der Parabraunerde werden dabei durch die Pflugeinwirkung gestört und es entsteht gleichsam als „Bodenruine“ ein Ap-Bv-C – Profil, das als Braunerde interpretiert werden kann (PÉCSI & RICHTER 1996:254). Abbildung 32 ganz rechts zeigt eine Profilzeichnung einer Lockersedimentbraunerde aus der Nähe von Langenlois.

5.6.3 Rigolböden

Rigolböden gehören zur Ordnung der terrestrischen Böden und zur Klasse der Anthrosole. (NESTROY ET AL. 2000:57). Rigolböden oder Rigosole sind Böden, die durch tiefgründige, wiederholte Bodenumschichtung entstanden sind. Die Böden werden heute alle 20 bis 40 Jahre rigolt. Vor allem in Weinbergen wird diese Technik der Bodenbearbeitung angewandt, um die Eigenschaften des humosen Oberbodens zu verbessern. Der Rigolhorizont ist zwischen 50 und 80 cm mächtig, selten auch bis 120 cm (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:519). Als Rigolen bezeichnet man die Durcharbeitung des Bodens, die bis über 1 m Tiefe reichen kann. Das diagnostische Merkmal eines Rigosols ist der über 40 cm mächtige rigolte Horizont. Eine typische Schichtabfolge ist A_{rig} -C oder A_{rig} - B_{rig} -C. Meist ist Lockermaterial als Ausgangsgestein notwendig, um das Rigolen ohne Schwierigkeiten zu vollziehen. Üblicherweise werden Tschernoseme, Braunerden oder Kultur-Rohböden rigolt (NESTROY ET AL. 2000:60 f.).

Die Rigolböden im Süden des Kremfeldes befinden sich vor allem auf lössigen Standorten und werden daher als „*kalkhaltige Rigolböden auf Löss*“ bezeichnet. Die an der westlichen Grenze zum Kremstal hin befinden sich zum Teil auf sandig-lehmigen Sedimenten und wurden auch auf Schotterterrassen angelegt, weshalb sie als „*kalkhaltiger Rigolboden aus lehmig- sandigem Feinmaterial vermengt mit Schotter und Kies*“ bezeichnet werden (BMLFUW: eBOD). Eine Profilzeichnung für Rigolböden im westlichen Kremfeld und eine für diese im südlichen Kremfeld zeigt Abbildung 32. Die Rigolböden auf Löss zeichnen sich in den zwei genannten Abschnitten des Kremfeldsaumes durch weitgehend homogene Eigenschaften aus. Ihre Wasserspeicherkraft und -durchlässigkeit sind mäßig, die Horizontierung wird folgendermaßen wiedergegeben: A_{rig} (20-30 cm) – AC_{rig} (80-100 cm) – C (120 cm). Die Bodenart ist im Oberboden sandiger Lehm bzw. lehmiger Schluff, im C-Horizont Schluff. A_{rig} ist mittel humos, AC_{rig} schwach humos, die Humusart ist Mull. Der Kalkgehalt beträgt oft > 30 %. Die Bearbeitbarkeit ist gut, die Erosionsanfälligkeit jedoch meist hoch. Der Boden wird als hochwertiger Acker- und Weinbauboden gekennzeichnet.

Die Rigolböden im Westen des Kremfeldes sind in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften etwas heterogener: Oft ist der Skelettanteil schotterbedingt höher, sind die Böden hier substratbedingt weniger kalkhaltig und die Wasserverhältnisse anders (geringe Speicherkraft, hohe Durchlässigkeit). Der Humusgehalt ist geringer, die Bearbeitung wird durch den hohen Schottergehalt erschwert, die Wertigkeit des Bodens geringer (geringwertiges Ackerland, mittelwertiger Weingartenboden) (BMLFUW: eBOD).

5.7 Vegetation und landwirtschaftliche Nutzung

Das untersuchte Gebiet im Südosten der Böhmisches Masse befindet sich im Übergangsbereich zwischen Zonobiom VI (nemorales Zonobiom, winterkalte Gebiete mit laubwerfenden Wäldern) und Zonobiom VII (winterkalte Steppen, Halbwüsten und Wüsten) (vgl. GRABHERR 1997:253 f. & 1997:284 f.).

Floristisch gesehen befindet sich das Untersuchungsgebiet in der Übergangszone von der südsibirisch-pontischen zur mitteleuropäischen Florenregion. Durch die klimatisch bevorteilte Lage können sogar Ausläufer der submediterranen Florenregion in den Kremser Raum vordringen. Diese Komposition aus verschiedenen Florenregionen Europas kam durch klimatische Veränderungen und insbesondere durch das Vorstoßen und Zurückweichen der eiszeitlichen Gletschermassen zustande (SCHEUCH 2003:20).

Im Wesentlichen befindet sich das Untersuchungsgebiet im Randbereich des pannonischen Raumes auf der kollinen Stufe zwischen 200 und 400 m ü. d. Adria. Die Höhenstufenlage ist für die Ausbildung der Vegetation stets von Bedeutung, wie auch die geographische Breitenlage (vgl. WAGNER 1985:6 f.). Die Landwirtschaft hat die Vegetation des Untersuchungsgebietes stark verändert und vielfach Wald, Gebüsche und Hecken sowie Trockenrasenstandorte zu Ackerland umgewandelt (WAGNER 1985:10 f.).

Der relativ geringe Niederschlag einhergehend mit Trockenklemme im Sommer führt im pannonischen Raum zu einer Sommerruhe der Pflanzen. Auch im Winter ruht das Wachstum, weshalb die Vegetationsphase mit einem Höhepunkt im Vollfrühling und einem im Frühherbst zweigeteilt ist. Die Vegetationsdauer beträgt ca. 9 Monate. Der pannonische Raum gilt als die Kornkammer Niederösterreichs, vor allem Weizen, Roggen und Mais werden angebaut (vgl. ROSENKRANZ 1956:5 f.).

5.7.1 Potentielle Vegetation

Das Untersuchungsgebiet befindet sich an der Westgrenze des pannonischen Raumes (vgl. WAGNER 1985:53). Pflanzengeographisch klingt hier die Vegetation des kontinentalen ungarischen Tieflandes aus, für viele Arten findet sich hier die Westgrenze. Die potentielle Vegetation im Untersuchungsgebiet ist ein thermophiler, artenreicher Eichen-Mischwald, der jedoch nur mehr in sehr kleinräumigen, deutlich anthropogen beeinflussten Resten zu finden ist. Die potentielle Vegetation ist im Untersuchungsgebiet aufgrund der jahrhundertelangen landwirtschaftlichen Nutzung durch den Menschen nur mehr reliktsch vorhanden, so wie auch die Böden größtenteils anthropogen überprägt sind (WAGNER 1985:51 f.).

Im Untersuchungsgebiet und dessen näheren Umgebung werden als zonale (großklimatisch und hypsometrisch bedingte) Vegetationstypen die Vegetation der pannonischen Niederung, die der Eichenwälder der pannonischen Hügelstufe und die der submontanen Eichen-

Buchenwälder im Nordwesten beschrieben. Als azonale (boden-, grundwasser-, und lokalklimatisch bedingte) Vegetation wird Flaumeichengebüsch der pannonischen Hügelstufe im südlichen Kremstal angeführt (ÖSTERREICH – ATLAS: Natürliche Vegetation, 1971).

Die Vegetation der pannonischen Niederung, also dem planaren Bereich, der maximal 200 m ü. d. Adria liegt, wird folgendermaßen charakterisiert: Aufgrund der Sommertrocknis ist in diesem Bereich xerotherme Vegetation wie Eichenwald und über Löss steppenartige Trockenrasen mit *Salvia nemorosa* (Steppensalbei) und *Astragalus onobrychis* (Langblatt-Tragant) sowie Auwald in Donaunähe als potentielle Vegetation anzunehmen. Der Eichenwald kann einem *Aceri tatarici-Quercetum* oder *Potentillo-Quercetum* entsprechen. Da die Vegetationsformen nicht mehr vorhanden sind, kann man nur über Rückschlüsse durch die besser erhaltenen ungarischen Wälder annehmen, dass die potentielle Vegetation hier der beschriebenen entspricht. Der größte Teil des pannonischen Tieflandes ist kultiviert. Die pannonische Niederung reicht bis Krems, nicht aber auf das Kremsfeld und touchiert das Untersuchungsgebiet nur im südlichsten Bereich (WAGNER 1985:8 f., ÖSTERREICH – ATLAS: Natürliche Vegetation, 1971).

Die Eichenwälder der pannonischen Hügelstufe (Höhenlage 200-400 m ü. d. Adria) zeichnen sich durch die Wärmegebundenheit ihrer Standortwahl aus (FISCHER 1976:249). Der ökologische und pflanzengeographische Charakter dieser Vegetationsform ist dem der pannonischen Niederung (planare Stufe) eng verwandt. Die Reliefenergie schafft hier mehrere Kleinstandorte, die Kuppen-, Hang- und Muldenlagen beinhalten. In der Vegetationszone finden sich Restwälder noch auf Kuppen (WAGNER 1985:10).

Diese Eichenwälder wurden bereits in vorgeschichtlicher Zeit der Landwirtschaft willen gerodet. Standortfremde Holzarten wie Robinien verwässern den sehr spärlichen Restbestand. Es dominieren Wärmezeiger wie Zerr-Eiche (*Quercus cerris*), Trauben-Eiche (*Quercus petraea*), und in besonders warmen Lagen die Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*). Diese Eichen kommen auch in Mischwaldform vor. Die Eichenmistel (*Loranthus europaeus*) ist in den Kronen der Eichen verbreitet, zu den Eichen gesellen sich gerne verschiedene Ahornarten (*Acer*) und die Winter-Linde (*Tilia cordata*) (FISCHER 1976:249 f.). Auf nährstoffreichen Böden konnte sich das *Quercion petrae-cerris*, an besonders warmen Standorten das *Quercion petraeae-pubescentis* entwickeln. Der xerotherme Eichenwald ist durch die Lössdecke am Kremsfeld bedingt, da die Böden nährstoffreich waren. Nährstoffarme, eventuell saure Böden auf Schottern sind eher ein guter Standort für das *Potentillo-Quercetum* (WAGNER 1985:10). Sekundäre Trockenrasen sind noch erwähnenswert, da sie vor allem an den steileren Abschnitten am Südfall des Kremsfeldes vorkamen (WAGNER 1985:11).

Auf dem Kremfeld, das fast zur Gänze auf der kollinen Stufe liegt, ist diese potentielle Vegetationsform als vorherrschend anzunehmen (vgl. ÖSTERREICH – ATLAS: Natürliche Vegetation, 1971 und ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

Submontane Eichen-Buchenwälder finden sich als potentielle Vegetation vor allem im nördöstlichsten Randbereich des Kremfeldes in etwas höherer (300-600 m ü. d. Adria), hochkollin-submontaner Lage (ÖSTERREICH – ATLAS: Natürliche Vegetation, 1971). Die Zusammensetzung der Arten in den Wäldern ist vielfältig und umfasst Eiche, Linde, Ahorn, Esche, Ulme, Hainbuche und Rotbuche (WAGNER 1985:14).

Flaumeichengebüsche bzw. -buschwälder der pannonischen Hügelstufe sind als azonale Vegetationsform anzusprechen. Sie sind als potentielle Vegetation am Westrand (Abfallen gegen Kremstal) und am Südrand des Kremfeldes, also in Bereichen größerer Hangneigungen und Böschungen, verzeichnet. Hier ist die Sonnenscheindauer besonders hoch und wenig Wasser verfügbar (vgl. ÖSTERREICH – ATLAS: Natürliche Vegetation, 1971 und ÖK50 1990: Blatt 38 Krems). Das *Cotino-Quercetum* (Flaumeichengebüsch) bildet sich häufig an steileren, flachgründigen Südhängen aus. Es ist heute ebenfalls durch anthropogene Nutzung beinahe verschwunden. *Quercus pubescens* ist die bestimmende Spezies (WAGNER 1985:37 f.).

Mit der Flaum-Eiche ist z. B. die Badner Weichsel (*Prunus mahaleb*) vergesellschaftet. Auf Lichtungen und am Gebüschrand findet sich eine artenreiche, blühende Steppenflora. Stauden wie der Diptam (*Dictamnus albus*) oder der Blutrote Storchenschnabel (*Geranium sanguineum*) finden sich windgeschützt direkt am Rand des Flaumeichenbewuchses (FISCHER 1976:252). Auch Ligustergebüsch (*Ligustrum vulgare*) und weitere submediterranean-subkontinentale Florenelemente wie *Cotinus coggygria* (Perückenstrauch) kommen in diesem azonalen Bereich vor (WAGNER 1985:38).

5.7.2 Aktuelle Vegetation und anthropogene Einflüsse nebst Nutzung

Die aktuelle Vegetation ist im Untersuchungsgebiet stark von anthropogener Nutzung geprägt, wobei Ackerbau und Vitikultur überwiegen. Das seltene Grünland wird insbesondere auf bodenfeuchte, periodisch überschwemmte Auegebiete im Tullner Feld nahe der Donau beschränkt (WAGNER 1985:51 f., ÖK50 1990: Blatt 38 Krems). Die Forstwirtschaft spielt eine untergeordnete Rolle, in den Niederungsauen der Donau finden sich des öfteren Plantagen von Kanada-Pappeln (WAGNER 1985:51). Im hier untersuchten Hügelland finden sich an den geeigneten Hängen vor allem Weingärten wieder (WAGNER 1985:52, ÖK50 1990: Blatt 38 Krems).

Da das untersuchte Gebiet uraltes Siedlungsgebiet ist, hat der Mensch früh begonnen, zu roden und Weideland zu schaffen, das der Ausbreitung der natürlichen pannonischen

Steppenrasen dienlich war. So bildeten sich unter Weidewirtschaft sekundäre Steppenrasen aus, die sich durch vermehrtes Auftreten von Weidezeigern (z. B. Hunds-Rose, *Rosa canina*) und durch Verschwinden von weniger vertritt- und verbissresistenten Arten auszeichnen. Die Steppenrasen wurden in Ackerland umgewandelt (FISCHER 1976:257 f.).

Stark im Baumbestand des Untersuchungsgebietes vertreten ist die in Nordamerika heimische um 1600 in Europa eingeführte, sehr konkurrenzstarke, einheimische Spezies verdrängende Robinie (*Robinia pseudoacacia*). Sie ist unter Symbiose mit Bakterien in ihren Wurzeln fähig, Stickstoff zu fixieren und reichert den sie umgebenden Boden mit Stickstoffverbindungen an. Den hohen Nitratgehalt vertragen Exponenten der endemischen Steppenvegetation nicht und machen Nitratzeigern Platz. „Die Robinie ist deshalb Feind Nummer eins der pannonischen Vegetation.“ (FISCHER 1976:260).

Weitere gerne auch am Kremsfeld angepflanzte bzw. wild wachsende Bäume sind Götterbaum (*Ailanthus altissima*), Eschen-Ahorn (*Acer negundo*) und als Windschutzgürtel Pappelhybride (*Populus*) (FISCHER 1976:261).

Der Weinanbau hat eine große Tradition im Untersuchungsgebiet. Vor allem die terrassierten Hänge am Rande des Kremsfeldes mit südlicher Exposition eignen sich gut für die wärmeliebende Rebe (vgl. ÖK50 1990: Blatt 38 Krems). Auf den Terrassen werden außerdem im pannonischen Hügelland kultivierbare Obstarten wie Marille, Kirsche, Pfirsich und Walnuss angebaut. Ackerbaulich sind die hohen Erträge auf den fruchtbaren Tschernosemen des Kremsfeldes von Belang. Vor allem Getreide (Weizen) wie auch andere Feldfrüchte (Zuckerrübe) werden häufig kultiviert (WAGNER 1985:9).

6 ERGEBNISSE

6.1 Profile Kreams Schießstätte

Die Schießstätte in Kreams liegt nördlich der Donau in einer Nische eines südostexponierten Hanges des Wachtberges bzw. Kuhberges (vgl. Abbildung 33).

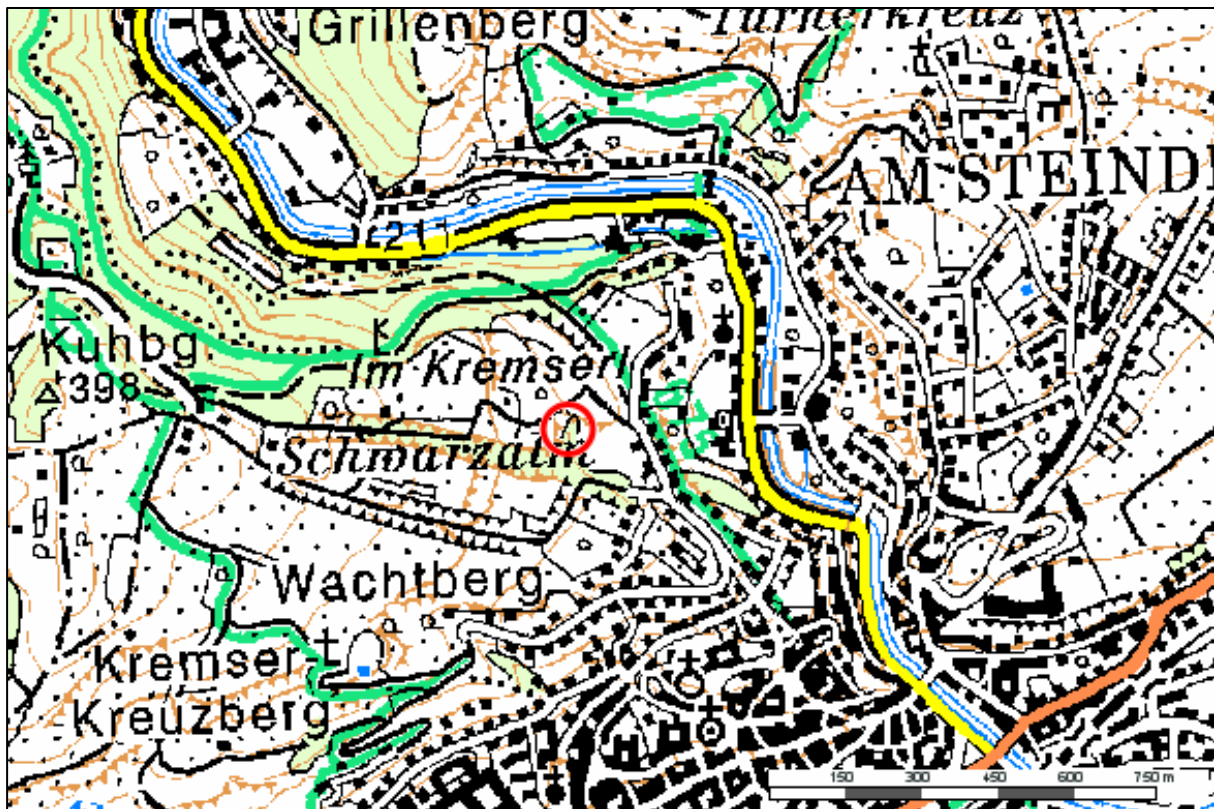


Abbildung 33: Lage der Kremser Schießstätte (Markierung). Quelle: BEV: Austrian Map online. Verändert, eigene Bearbeitung.

Die drei Profile KSI 1, KSI 2 und KSI 3 im Areal der Schießstätte liegen auf $15^{\circ}35'46''$ (KSI 1) bis $48''$ (KSI 3) östlicher Länge und $48^{\circ}25'02''$ nördlicher Breite. Das Areal der Schießstätte liegt auf 260 m ü. d. Adria an der planierten und genutzten Basis. Alle drei Profile wurden zunächst an geeigneten Stellen angelegt, horizontiert und aufgenommen. Die Profile KSI 1 und KSI 3 wurden horizontweise beprobt und die Proben analysiert.

Abbildung 34 gibt die topographischen Verhältnisse und Hänge der Schießstätte detailliert wieder. Die drei analysierten Profile KSI 1, KSI 2 und KSI 3 sind hier verortet. Der bearbeitete Hangabschnitt ist ein Südhang, dessen Sedimentschichten gegen Osten hin an Mächtigkeit verlieren und auskeilen. Außerhalb des Arels der Schießstätte wurde die Sedimentdecke allmählich bei steigender Hangneigung des kristallinen Untergrundes in Richtung Kremstal hin abgetragen.

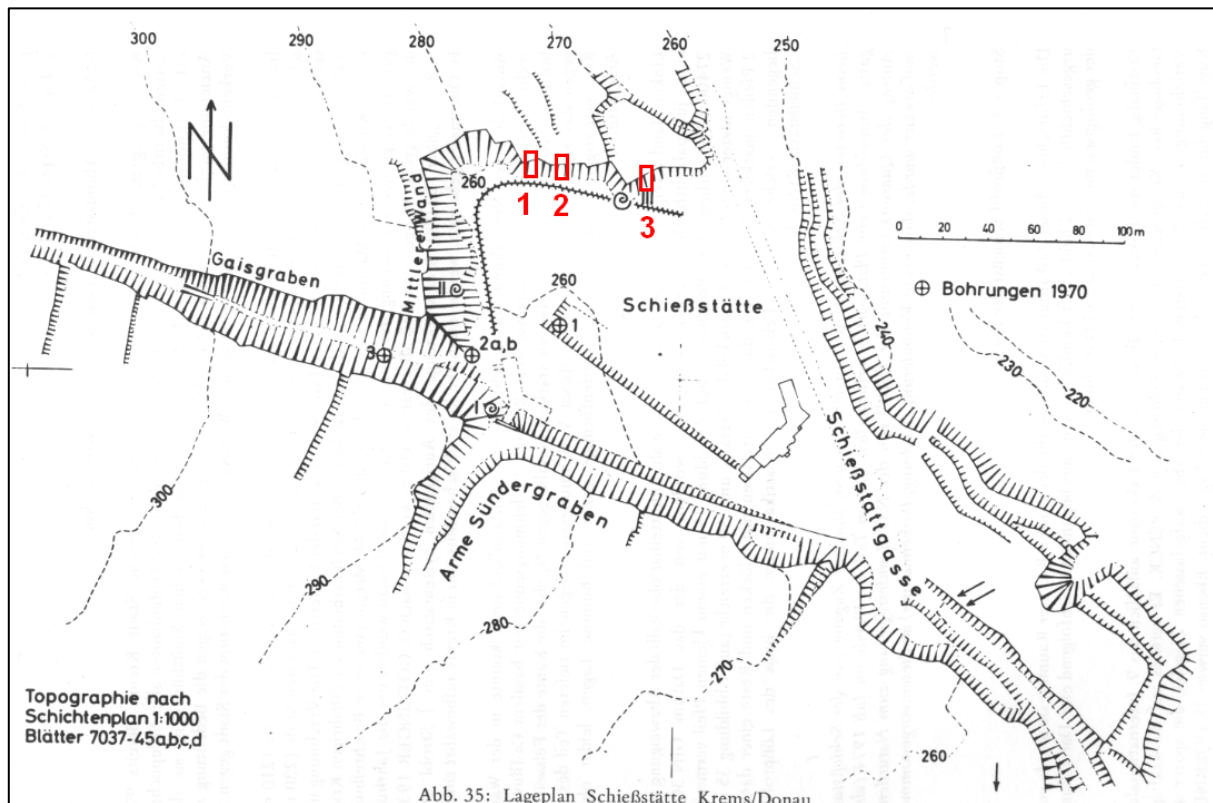


Abbildung 34: Topographische Skizze der Kremser Schießstätte. Rote Markierungen: 1 = KSI 1, 2 = KSI 2, 3 = KSI 3. Quelle: FINK 1976:82. Verändert, eigene Bearbeitung.

FINK erstellte die in Abbildung 34 wiedergegebene Zeichnung mit den topographischen Verhältnissen in der Kremser Schießstätte in den 1970er Jahren, in denen er intensiv im östlichen Alpenvorland forschte.

6.1.1 Profil KSI 1

6.1.1.1 Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie

Die Profilbeschreibung erfolgt vom höchstgelegenen Horizont (gegebenenfalls von der Geländeoberkante) bis zum am tiefsten gelegenen Horizont an der Basis. Das Profil KSI 1 ist 1030 cm mächtig und wurde in einer senkrecht aufragenden Sedimentwand erschlossen, die ca. 15 m mächtig ist. Die hier angegebene Gesamthöhe der Wand von 1730 cm wurde durch ein Tieferlegen des Profils durch Grabungsarbeiten erzielt.

Die Sedimentwand, in welche das Profil KSI 1 eingebettet ist, wurde aufgrund ihrer Mächtigkeit von über 17 m nicht von der Geländeoberkante ausgehend, sondern ab 7 m unterhalb der Geländeoberkante erschlossen, stratigraphisch-paläopedologisch aufgenommen und beprobt. Da die Geländeoberkante unbekannt ist, wird auf eine durchlaufende Nummerierung der Paläoböden verzichtet. Es konnte ein Pedokomplex nachgewiesen werden, der vom Horizont KSI 1/14 bis einschließlich KSI 1/19 reicht und eine Mächtigkeit von ca. 3,3 m ohne jegliche Spur von Einschlüssen kaltzeitlicher Sedimente aufweist. Die fBt-Horizonte innerhalb des Pedokomplexes wurden von oben nach unten durchnummeriert.

Es wurden 23 ungestörte Sediment- und Teilhorizonte erkannt, die ohne Ausnahme beprobt und im Labor analysiert wurden.

Anzumerken ist, dass der Sandgehalt in den Horizonten von KSI 1/1 bis KSI 1/11 mittels der Fingerprobe fühlbar und auch sichtbar war. Ein hoher Anteil an Muskovit- und Biotitpartikeln wurde optisch festgestellt.

In der Vertikalen wurden am Profil folgende Merkmale dokumentiert: Die Abbildung 35 links zeigt den Horizont KSI 1/1, bei dem es sich um einen 40 cm mächtigen (Tiefe 7 – 7,4 m) fBcv-Horizont aus schwach verbrauntem, leicht sandigem Löss handelt, der aus lehmig-sandigem Schluff (Uls) besteht, dicht gelagert ist und einen mäßig bis hohen Karbonatgehalt aufweist. Das Grobgefüge kann als polyedrisch bis subpolyedrisch, das Feingefüge als Krümelgefüge bezeichnet werden, es finden sich vereinzelt Pseudomycelien und auf ca. 7,4 m Tiefe finden sich Molluskenreste. Die Horizontgrenze nach unten ist geradlinig, die Bindigkeit ist mäßig und die Formbarkeit mäßig bis gut. Als Farben wurde 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht) ermittelt.

Horizont KSI 1/2 ist 30 cm mächtig (740-770 cm Tiefe), besteht aus reinem Löss, ist mäßig bindig und mäßig bis gut formbar, die Horizontgrenze nach unten hin ist geradlinig. Als Bodenart wurde lehmig-sandiger Schluff bestimmt, dessen Lagerungsdichte die von KSI 1 noch übertrifft. Das Grobgefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, das Feingefüge krümelig. Der Karbonatgehalt wurde mit mäßig bis hoch charakterisiert, das Farbspektrum erreicht 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown in trockenem Zustand und 2,5 Y 5/4 - light olive brown in feuchtem Zustand. Der Löss ist homogen, weist Molluskenreste auf und enthält vereinzelt gut zugerundete, vorwiegend silikatische Kiese mit einem Durchmesser bis 2 cm.

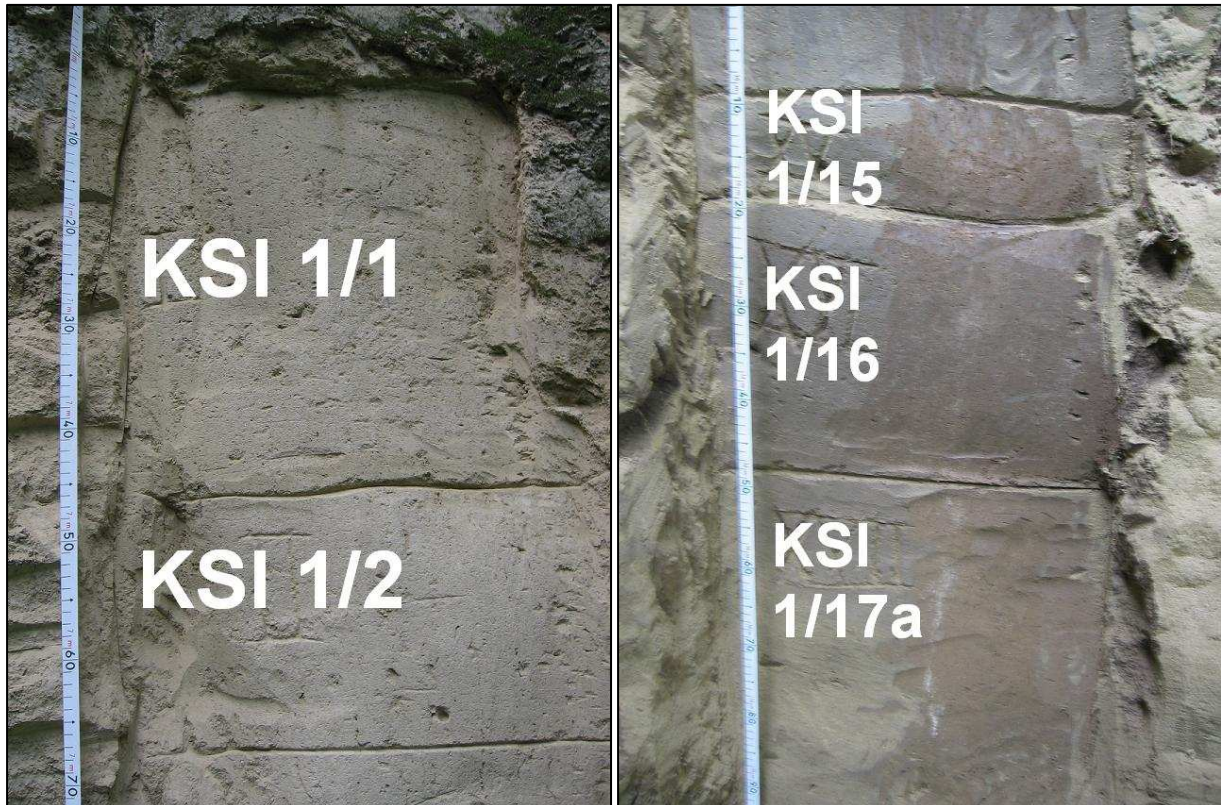


Abbildung 35: Detailaufnahme von links) schwach verbrauchtem fBcv-Horizont (KSI 1/1) und Löss (KSI 1/2) und rechts) rötlich-braunen fBt-Horizonten (KSI 1/15 bis KSI 1/17a). Quelle: Eigene Aufnahmen 08/2008, eigene Bearbeitung.

Darauf folgt der etwas hellere Lösshorizont KSI 1/3, der einen Meter mächtig ist (770-870 cm), nach oben und unten geradlinige Horizontgrenzen aufweist und dichter als KSI 1/2 gelagert ist. Die Lagerung ist somit als sehr dicht zu beschreiben. Die Bodenart wurde mit lehmig-sandigem Schluff (Uls) beschrieben, das Gefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch und der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch. Die Bindigkeit ist mäßig, die Formbarkeit mäßig bis gut ausgeprägt. Das ermittelte Farbspektrum umfasst 2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (feucht). Dazu ist anzumerken, dass der Sandanteil als relativ hoch bewertet wurde und vor allem Schichtsilikatpartikel wie Muskovit und Biotit mit freiem Auge deutlich erkennbar sind.

Mit KSI 1/4 folgt ein weiterer homogener, leicht verbrauchter Lösshorizont (fBcv) mit einer Mächtigkeit von 30 cm (870-900 cm). Die Bodenart bleibt lehmig-sandiger Schluff (Uls), welcher mäßig bindig und mäßig bis gut formbar ist. Das Farbspektrum umfasst 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht). Der Karbonatgehalt nimmt zu und kann als hoch bezeichnet werden, die Lagerung ist etwas lockerer als die von KSI 1/3. Das Grobgefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, das Feingefüge mehlig. Die Horizontgrenze ist nach oben und unten hin geradlinig.

Mit einer Mächtigkeit von 90 cm und einer Höhe unterhalb der Geländeoberkante von 900 bis 990 cm wurde der Lösshorizont KSI 1/5 abgegrenzt. Die Bindigkeit bleibt mäßig und die Formbarkeit mäßig-gut, Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), der Karbonatgehalt ist

mäßig hoch, die Lagerungsdichte nimmt im Vergleich mit KSI 1/4 ab und ist als dicht zu beschreiben. Grob- und Feingefüge sind subpolyedrisch bis polyedrisch, die Horizontgrenze nach unten zu KSI 1/6 ist übergehend und nicht scharf abgrenzbar. Die Farben des Horizontes unterscheiden sich nicht von denen von KSI 1/4: 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht). Der Horizont ist leicht bioturbat, es finden sich vereinzelt Molluskenreste in einer Tiefe von 910 cm.

Es folgt mit KSI 1/6 ein in Relation zu KSI 1/5 etwas dichter gelagerter, 80 cm mächtiger (990-1070 cm) Lösshorizont mit mäßig-hohem Karbonatgehalt, einer mäßigen Bindigkeit und mäßig-guter Formbarkeit. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), die Horizontgrenze nach unten ist geradlinig. Grob- und Feingefüge sind polyedrisch bis subpolyedrisch strukturiert. Das gemessene Farbspektrum erreicht nach Munsell 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht). Vereinzelt finden sich schlecht zugerundete Kiese auf 1060 cm Höhe, die einen Durchmesser von 5 mm haben.

Die Lagerungsdichte nimmt mit dem 20 cm mächtigen fBcv-Horizont aus Löss (1070-1090 cm) KSI 1/7 ab, genauso wie Bindigkeit und Formbarkeit, die beide als schlecht beschrieben werden können. Die Dichte ist nunmehr mäßig, die Bodenart wird gröber (sandiger Schluff, Us). Das Grob- und Feingefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, die Horizontgrenze nach unten geradlinig. Der Karbonatgehalt bleibt mäßig bis hoch. Farblich wurde der Horizont als 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht) eingestuft. Es finden sich Manganausfällungen über den gesamten Horizont mit einem variierenden Durchmesser von 1-3 mm über ca. 5 % der Fläche.

Der 20 cm mächtige, etwas verbraunt wirkende fBcv-Horizont KSI 1/8 ist gleich dicht gelagert, wie KSI 1/7. Er liegt in einer Tiefe von 1090-1110 cm. Die Bindigkeit ist mäßig, die Formbarkeit mäßig bis gut. Bodenart ist sandig-lehmiger Schluff, Grob- und Feingefüge sind subpolyedrisch bis polyedrisch und der Karbonatgehalt mäßig bis hoch. Die Horizontgrenzen sind nach oben und unten geradlinig. Es wurden die Farben 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht) ermittelt. Es finden sich über das gesamte Profil Manganausfällungen, die 1-3 mm im Durchmesser messen und ca. 5 % der Fläche bedecken. Es wurden einzelne schlecht zugerundete, horizontal gelagerte Kiese mit 1 cm Durchmesser gefunden, sowie einige Mollusken.

Etwas dichter gelagert ist der Lösshorizont KSI 1/9, welcher in einer Höhe von 1110-1150 cm liegt, also 40 cm Mächtigkeit aufweist. Die Bindigkeit ist mäßig, die Formbarkeit mäßig bis gut, Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff. Der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch, die Horizontgrenze nach unten wie nach oben ist geradlinig. Die Gefügeprüfung zeigt im Feinen wie im Groben Subpolyeder bzw. Polyeder. Als Farbe wurde 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht) definiert. Der Horizont ist mit Manganausfällungen besetzt, Kies findet sich auf 1135 cm Höhe.

KSI 1/10 ist ein 60 cm mächtiger (1150-1210 cm) Lösshorizont, der dicht gelagert ist (gleich wie KSI 1/9). Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff, Fein- und Grobgefüge sind polyedrisch bis subpolyedrisch, die Horizontgrenze zu tieferen und höheren Horizonten ist geradlinig. Der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch, die Bindigkeit mäßig und die Formbarkeit mäßig bis gut. Die Trockenfarbe ist 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown und die Feuchtfarbe 2,5 Y 5/4 - light olive brown. Die Manganausfällungen nehmen deutlich zu, werden größer (bis cm Durchmesser) und bedecken eine Fläche von ca. 10 % der Horizontfläche.

Der Lösshorizont KSI 1/11 ist einen Meter mächtig, er reicht im Profil von 1210-1310 cm. Die Abgrenzung zum höher gelegenen Horizont erfolgte über die dichtere Lagerung, welche als dicht bezeichnet werden kann, und durch eine Zunahme der Manganfleckung, die bis 10 % der Horizontfläche erreicht. Ansonsten ändert sich nur wenig: Die am Feld festgestellte Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff, die Farbe bleibt 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht), die Bindigkeit ist mäßig und die Formbarkeit mäßig-gut, der Karbonatgehalt bleibt mäßig bis hoch, das Gefüge polyedrisch bis subpolyedrisch und die Horizontgrenze nach oben und unten geradlinig. Es finden sich Molluskenreste in 1250-1260 cm Profiltiefe.

Im Horizont KSI 1/12 (Mächtigkeit 30 cm, Tiefe 1310-1340 cm) konnte optisch eine leichte Verbraunung im Löss festgestellt werden. Der sehr dicht (dichter als KSI 1/12) gelagerte Horizont besteht aus Löss wie die bisher beschriebenen Horizonte, gestaltet sich aber interessant heterogen: Er ist stark verkittet, es finden sich Holzkohlereste mit einem Durchmesser von bis zu 3 cm und einige leicht zugerundete, horizontal gelagerte Kiese mit einem Durchmesser von bis zu 10 mm in einer Tiefe von 1325 cm. Auch wurden Mollusken in 1330 cm Tiefe gefunden. Der Karbonatgehalt ist geringer als bisher beschrieben, er kann als gering-mäßig eingestuft werden. Die Bindigkeit ist mäßig bis gut, die Formbarkeit gut bis sehr gut. Demgemäß ändert sich auch die Bodenart: Im Gelände wurde sie als schluffiger Lehm (Lu) bestimmt. Die Farbe liegt bei 2,5 Y 6/4 - light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/4 - light olive brown (feucht), die Horizontgrenze ist nach unten und oben hin geradlinig und das Gefüge grob wie fein polyedrisch bis subpolyedrisch.

Ein leichtes Fortschreiten des Verwitterungsgrades und der Bodenbildung im Vergleich zu KSI 1/12 konnte im Horizont KSI 1/13 (20 cm mächtig, 1340-1360 cm Tiefe) festgestellt werden. Das Material ist verbräunter, lehmiger, dunkler Löss, der Humusgehalt nimmt nach unten hin zu, die Lagerungsdichte bleibt sehr dicht, wie auch die Bodenart als schluffiger Lehm (Lu) bestimmt wurde. Die Horizontgrenzen nach unten und oben sind geradlinig, der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch und das Fein- und Grobgefüge polyedrisch bis subpolyedrisch. Die Bindigkeit ist mäßig bis gut, die Formbarkeit gut bis sehr gut. Die Farbe ändert sich nun erstmalig im Profil: 2,5 Y 5/4 - light olive brown in trockenem und in feuchtem Zustand.

Ab Horizont KSI 1/14 wurde eine Abfolge mächtiger Bodenbildungsphasen dokumentiert. Dieser Pedokomplex ist ca. 3,3 m mächtig und dessen Paläoböden gehen unterbrechungsfrei (kein kaltzeitlicher Löss zwischengelagert) ineinander über. Er reicht vom Horizont KSI 1/14 bis zum Horizont KSI 1/19 und zählt 8 begrabene (fBt-) Horizonte.

KSI 1/14 ist ein humushaltiger fBt-Horizont, der 40 cm mächtig ist und von 1360 bis 1400 cm unterhalb der Geländeoberkante abgegrenzt wurde. In diesem Horizont wurden in 1390 cm Tiefe Knochenreste gefunden, weshalb er als Fundhorizont bezeichnet wird. Die Farbe nimmt nun deutlich dunklere Nuancen an; sie wurde mit 10 YR 4/4 – dark yellowish brown in trockenem und mit 10 YR 4/3 - brown in feuchtem Zustand ermittelt. Die Bindigkeit ist nun gut-sehr gut ausgeprägt und die Formbarkeit erreicht den Maximalwert sehr gut. Bodenart ist schwach toniger Lehm (Lt_2), das Grobgefüge ist polyedrisch-subpolyedrisch und das Feingefüge krümelig. Trotz des Tongehaltes finden sich viele Mittel- und Feinporen im Horizont, was die Lagerungsdichte erklärt: Die Lagerung des Horizontes ist etwas weniger dicht als im sehr dichten Horizont KSI 1/13. Die Horizontgrenzen verlaufen nach unten wie nach oben geradlinig. Neben den Knochenresten finden sich noch Karbonatausfällungen und Koprolithe im Material. Der Karbonatgehalt nimmt innerhalb des Horizontes nach unten hin leicht ab und ist mäßig bis hoch.

Der 15 cm mächtige Horizont KSI 1/15 ist ein etwas rotstichig wirkender, brauner fBt-Horizont (vgl. Abbildung 35 rechts), der einen etwas höheren Tongehalt aufweist als KSI 1/14. Er liegt zwischen 1400 und 1415 cm unter der Geländeoberkante. Der Karbonatgehalt nimmt leicht ab und ist gering bis mäßig. Die Manganausfällungen werden weniger, der Wert der Trockenfarbe liegt bei 10 YR 4/4 – dark yellowish brown und der der Feuchtfarbe bei 10 YR 4/3 – brown. Die Bindigkeit ist nun gut bis sehr gut und die Formbarkeit sehr gut. Das Grobgefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, das Feingefüge ist ein Krümelgefüge. Bodenart ist schwach toniger Lehm (Lt_2). Die Horizontgrenze ist nach oben und unten geradlinig.

Der 35 cm mächtige fBt-Horizont KSI 1/16 liegt zwischen 1415 und 1450 cm unter der Geländeoberkante und ist der dunkelste, am stärksten verbraunte Horizont des Profils. Die Bestimmung nach Munsell ergab 10 YR 4/3 – brown in trockenem Zustand und 10 YR 3/3 – dark brown in feuchtem Zustand. Bindigkeit und Formbarkeit sind sehr gut (beide Höchstwert 5), der gestiegene Tongehalt schlägt sich in der Bodenart nieder: mittel toniger Lehm (Lt_3). Fein- und Grobgefüge sind krümelig, der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch, die Lagerungsdichte entspricht der von KSI 1/15. Die Horizontgrenzen nach unten wie nach oben sind geradlinig. Es finden sich Ausfällungen sekundärer Karbonate, Manganausfällungen in Nadelstichform und Holzkohlereste in 1490 cm Tiefe.

KSI 1/17 ist aufgrund seiner Eigenschaften zweigeteilt: In 1450 bis 1530 cm Tiefe liegend (80 cm mächtig) nimmt KSI 1/17a eine etwas hellere Färbung an und erreicht trocken Farbwerte

von 10 YR 5/4 – yellowish brown und feucht von 10 YR 4/4 – dark yellowish brown. Die Bindigkeit ist gut, die Formbarkeit gut bis sehr gut. Die Reibflächen glänzen leicht. Bodenart ist schwach toniger Lehm (Lt₂). Das Gefüge ist grob subpolyedrisch bis polyedrisch und fein krümelig. Der Karbonatgehalt ist gering bis mäßig. Die Horizontgrenze ist nach oben hin geradlinig, nach unten hin aber findet sich ein Übergangsbereich zu Teilhorizont ST 1/17b. Es handelt sich um einen stark humosen fBt-Horizont, der gleich dicht gelagert ist wie KSI 1/16. Es findet sich außerdem als besonderes Merkmal ein rekalkifizierter Wurzelgang und Holzkohlereste in 1490 cm Tiefe.

Teilhorizont KSI 1/17b ist 50 cm mächtig (1530-1580 cm), erscheint mit einem rötlichen Dunkelbraun dunkler als KSI 1/17a. Die untere Horizontgrenze dieses fBt-Horizontes ist geradlinig, die obere im Übergang zu KSI 1/17a. Die Farbe äußert sich trocken wie feucht mit dem Munsell-Wert 10 YR 4/4 – dark yellowish brown. Die Bindigkeit ist sehr gut und Formbarkeit gut-sehr gut, was der Bodenart lehmiger Ton (TI) entspricht. Der Teilhorizont ist beinahe entkalkt, der Karbonatgehalt liegt an der Untergrenze des feldmethodologisch ermittelbaren Wertes, er ist also sehr schwach karbonathaltig. Das Gefüge ist grob als polyedrisch-subpolyedrisch und fein als krümelig zu beschreiben, die Horizontgrenze zu KSI 1/18 ist geradlinig und die Lagerung gleich wie bei KSI1/17a, also dicht. Besondere Merkmale im Teilhorizont sind unregelmäßig über den gesamten Horizont verteilte Lösskindl, Manganausfällungen in Nadelstichform und Holzkohlereste in 1560 cm Tiefe.

Der fBt-Horizont KSI 1/18 wurde auch zweigeteilt, da die Teilbereiche ähnlich (gleiche Lagerungsdichte, geringer Kalkgehalt, wellige Abgrenzung, Gefügeart) erschienen, dennoch aber nicht als homogen erfassbar sind. Er ist etwas heller als KSI 1/17.

fBt-Horizont KSI 1/18a liegt 50 cm mächtig zwischen 1580 und 1630 cm unterhalb der Geländeoberkante. Die Bindigkeit ist sehr gut und Formbarkeit gut bis sehr gut, was der Bodenart lehmiger Ton (TI) entspricht. Trocken- und Feuchtfarbe entsprechen 10 YR 5/4 yellowish brown. Die Abgrenzung nach unten ist sehr wellig, die Mächtigkeit des Horizonts variiert dadurch sehr stark von rechts nach links. Der Horizont ist dichter gelagert als KSI 1/17 und beinahe karbonatfrei. Das Grobgefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, das Feingefüge ist ein Krümelgefüge, die Lagerung kann mit sehr dicht beschrieben werden. Auffällig ist außerdem das Vorhandensein von Toncutanen, von festen Ausfällungen sekundärer Karbonate (Lösskindl), von Mangan in Nadelstichform und von bis zu 3 mm langen Holzkohleresten.

Teilhorizont KSI 1/18b ist ein dunkelbrauner, 40 cm mächtiger (1630-1670 cm Tiefe) fBt-Teilhorizont mit orangefarbenem Stich. Der Skelettanteil ist etwas höher als der von KSI 1/18a. Die Farbe manifestiert sich trocken wie feucht mit 10 YR 4/6 – dark yellowish brown. Bindigkeit und Formbarkeit sind gut bis sehr gut ausgeprägt, daher wurde als Bodenart schwach toniger Lehm (Lt₂) bestimmt. Der Horizont ist völlig entkalkt, es konnten im Gelände

keine Karbonate nachgewiesen werden. Die Horizontgrenze nach unten hin ist wellig, so wie die nach oben. Das Grob- und Feingefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch. Charakteristisch sind zusätzlich Toncutane und einige gut zugerundete Quarz- und Schieferkiese in einer Höhe von 1650 cm.

Es folgt KSI 1/19, ein karbonatfreier, skeletthaltiger 25 cm mächtiger (1670-1695 cm) fBt-Horizont, der etwas heller erscheint und durch einen uneinheitlichen Farbverlauf gekennzeichnet ist. Die Farbe erreicht in trockenem Zustand des Bodenmaterials einen Wert von 10 YR 5/4 – yellowish brown und in feuchtem 10 YR 4/6 – dark yellowish brown. Formbarkeit und Bindigkeit sind beide gut bis sehr gut, weshalb die Bodenart schwach toniger Lehm (Lt₂) ermittelt wurde. Das Grobgefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, das Feingefüge wurde nicht bestimmt. Die Horizontgrenze zu KSI 1/20 verläuft wellig, ebenso die zu KSI 1/18b. Schlecht zugerundete, silikatische Kiese mit einem Durchmesser von bis zu 7 mm finden sich über den gesamten Horizont verteilt.

KSI 1/20 ist ein gelblicher Übergangshorizont von den mächtigen Bodenbildungsphasen hin zu einer tiefer liegenden Lösslage. Er befindet sich in einer Tiefe von 1695 bis 1710 cm unter der Geländeoberkante, er misst also nur 15 cm. Die Bindigkeit ist mäßig-gut und damit besser ausgeprägt als die Formbarkeit (sie ist mäßig), die Reibflächen sind matt und leicht aufschuppend. Die Bodenart ist stark toniger Schluff (Ut₄). Farblich liegen die Werte des Horizonts bei 10 YR 6/6 – brownish yellow (trocken) und 10 YR 5/4 – yellowish brown (feucht). Das Grob- und Feingefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch. Die Horizontgrenze verläuft zum tiefer liegenden Löss hin wellig. Die Lagerungsdichte nimmt ab, sie ist deutlich geringer, als in KSI 1/19 und kann als dicht beschrieben werden. Der Karbonatgehalt ist innerhalb des Horizontes nicht homogen; von 1695 bis 1705 cm ist der Horizont karbonatfrei, von 1705 bis 1710 cm hingegen wurde ein gering-mäßiger Karbonatgehalt bestimmt. Es finden sich vereinzelt Kiese in dem sehr fleckigen Horizont.

An der Basis des Profils wurde von 1710 bis 1730 cm unter der Geländeoberkante der Cv-Horizont KSI 1/21 definiert und analysiert. Ausgangsmaterial für die Bildung des Horizontes ist leicht verbräunter Löss, der Karbonatgehalt nimmt zu und ist nun wiederum mäßig bis hoch. Auch finden sich Lösskindl aus eingespülten Karbonaten mit einem Durchmesser von 4 cm in einer Tiefe von 1720 cm. Die Horizontgrenze nach oben hin verläuft, wie beschrieben, wellig, die Lagerungsdichte ist wie im Horizont KSI 1/20 dicht. Die Trockenfarbe wurde mit 10 YR 6/6 – brownish yellow bestimmt, die Feuchtfarbe mit 10 YR 5/4 – yellowish brown. Bindigkeit und Formbarkeit sind mäßig-gut, die Bodenart wurde mit lehmig-sandiger Schluff (Uls) aufgenommen.

Im Profil fehlen zur Gänze Nassböden und Tundragleye, die sich durch die Graustichigkeit des Lösses, Kryoturbationen sowie durch Reduktions- und Oxidationsflecken bemerkbar machen. Der Karbonatgehalt ist mäßig hoch, teilweise sind ganze Horizonte karbonatfrei.

6.1.1.2 Laboranalysen

6.1.1.2.1 Physikalische und chemische Analytik

Zunächst kann angemerkt werden, dass der pH-Wert konstant im alkalischen Milieu liegt und im Profil KSI 1 zwischen 7,6 und 8,0 schwankt. Er tendiert dazu, von oben nach unten hin zuzunehmen, außer im stark verwitterten Pedokomplex-Abschnitt von KSI 1/15 bis KSI 1/19. Hier sinkt er leicht von zuvor 8,0 auf 7,9, um in den Lösshorizonten KSI 1/20 und 1/21 wieder auf 8,0 zu steigen.

Die Analyse der Proben des Profils KSI 1 ergab folgende Ergebnisse, wie sie aus der Tabelle 4 und Abbildung 36 ersichtlich sind.

Für den fBcv-Horizont aus Löss KSI 1/1 konnte die Bodenart lehmiger Schluff (IU) ermittelt werden. Der Tongehalt liegt bei 23,6 %, der Schluffgehalt bei 63,4 % und der Sandgehalt bei 12,8 %. Die Kiesfraktion ist mit 0,2 Gewichtsprozent kaum vertreten. Der Grobschluff ist die dominierende Fraktion mit 37,2 % Anteil an allen Korngrößen, gefolgt von Mittelschluff mit 18,2 % und Feinsand mit 7,8 %. Der Karbonatgehalt entspricht 12,9 %, ist also im Vergleich zu den meisten anderen Lösshorizonten im Profil eher niedrig.

Die Bodenart vom Horizont KSI 1/2 ist ebenfalls lehmiger Schluff (IU), die Korngrößenverteilung verhält sich ähnlich wie die von KSI 1/1: 24,3 % Ton, 62,5 % Schluff und 11,7 % Sand. Allerdings ändern sich hier die Werte der Kiesfraktion, die ca. 1,5 Gewichtsprozent einnimmt. Dies ist der höchste Kiesanteil im Profil. Der Grobschluff ist auch hier mit 37,4 % die größte Korngrößenfraktion. Der Karbonatanteil liegt mit 15 % etwas höher als im vorhergehenden Horizont.

Der Lösshorizont KSI 1/3 zeichnet sich durch einen Tongehalt von 24,7 %, einen Schluffgehalt von 62,6 % und einen Sandgehalt von 12,6 % aus. Grobschluff bleibt dominant, Bodenart bleibt lehmiger Schluff (IU). Der Karbonatgehalt liegt bei 13,5 %.

Im Bvc-Horizont aus Löss KSI 1/4 nimmt der Karbonatgehalt zu und erreicht mit 19,2 % den höchsten Wert im Profil. Der Tongehalt überschreitet die 25 %-Schwelle (25,5 %), weshalb sich die Bodenart in schluffigen Lehm (uL) ändert. Schluff erreicht 62,1 Gewichtsprozent, Sand 12 % und Kies 0,4 %.

Lösshorizont KSI 1/5 entspricht von der Bodenart her lehmigem Schluff (IU). 23,2 % sind Ton, 64,4 % sind Schluff und 12,4 % sind Sand. Der Grobschluff erreicht mit 39,2 % einen etwas höheren Wert wie in den vorhergehenden Horizonten. Der Karbonatgehalt wurde mit 18,3 % bestimmt.

Der auf 26,9 % angestiegene Tonanteil ändert die Bodenart im Horizont KSI 1/6 auf schluffigen Lehm (uL). Die Schlufffraktion sinkt anteilmäßig auf 58,4 %, während die Sandfraktion im Vergleich zu KSI 1/5 auf 14,6 % zunimmt, was der höchste Wert im ganzen

Profil ist. Der Grobschluffgehalt erreicht 35,5 %, der Feinsandanteil liegt bei hohen 10 %. Der Karbonatgehalt sinkt auf 13,3 % ab.

Im fBvc-Horizont KSI 1/7 liegt der Tonanteil bei 27,2 %, der Schluffanteil bei 60,9 % und der Sandanteil bei 14,9 %. Der Feinsandanteil erreicht hier den höchsten Wert aller Proben von 10,3 %. Der Karbonatanteil liegt bei 12,9 %.

Es schließt fBvc-Horizont KSI 1/8 an, der einen Tongehalt von 23,3 %, einen Schluffgehalt von 60,9 % und einen Sandgehalt von 15,6 % aufweist. Als Bodenart verbleibt lehmiger Schluff (IU). Der Karbonatanteil sinkt im Vergleich zu KSI 1/7 auf 11,6 %.

Der Tonanteil in KSI 1/9 ist der niedrigste im gesamten Profil mit 22,2 %. Der Schluffanteil steigt an und erreicht 65,6 %, der Sandanteil liegt bei 12,1 %. Der Feinschluff erreicht hier den höchsten Wert im Profil mit 41,2 % und bleibt die am häufigsten vorkommende Korngrößenfraktion. Die Bodenart verbleibt im Spektrum des lehmigen Schluffes (IU), so wie auch der Karbonatgehalt (11,6 %) im Vergleich zu KSI 1/8 unverändert ist.

Im Horizont KSI 1/10 ließ sich ein Tonanteil von 23,8 %, ein Schluffanteil von 66,2 % und ein Sandanteil von 10 % nachweisen. Bodenart bleibt lehmiger Schluff (IU), der Karbonatgehalt steigt auf 14,1 %.

Im Horizont KSI 1/11 findet sich die Bodenart lehmiger Schluff (IU), der Tongehalt erreicht 22,9 %, der Schluffgehalt 66,4 % und der Sandgehalt 10,7 %. Der Karbonatgehalt geht auf 11,6 % zurück.

Im Horizont KSI 1/12 steigt der Tongehalt auf 25,6 % an und bewirkt eine Abänderung der Bodenart zu schluffigem Lehm (uL). Der Schluffgehalt liegt bei 64,9 % und der Sandgehalt bei 9,5 %. Der Karbonatgehalt geht hier markant zurück und erreicht nur noch 5,4 %.

Der leicht verbraunte Lösshorizont KSI 1/13 weist einen erhöhten Tongehalt von 27,8 % sowie einen Schluffgehalt von 59,8 % auf. Der Sandgehalt liegt bei 12,4 %. Die Bodenart bleibt in diesem Übergangshorizont schluffiger Lehm (uL). Karbonatgehalt bleibt mit 5,2 % im niedrigen Bereich.

Die Horizonte KSI 1/14 bis einschließlich KSI 1/19 sind Teil eines Pedokomplexes mit über 3,3 m Mächtigkeit. In Tabelle 4 sind die fBt-Horizonte grau hinterlegt.

Im Horizont KSI 1/14 ist der Übergang zu einem stark verwitterten, humosen fBt-Horizont mit eingeschlossenen Knochenresten vollzogen. Der Tongehalt erhöht sich abrupt auf 38,2 %, der Schluffgehalt sinkt auf 53,3 % und der Sandgehalt erreicht 8,6 %. Der Feinschluffgehalt sinkt auf 30,9 % ab. Die Bodenart wird zu Lehm (L). Der Horizont ist kiesfrei. Der Karbonatanteil sinkt weiter auf 4,6 %.

KSI 1/15 ist wie KSI 1/14 humos-dunkel und stark verwittert. Der Tongehalt erreicht hier den Maximalwert des Profils mit 40,8 %, der Schluffanteil nimmt mit 44,8 % den niedrigsten Wert im Profil ein. Dabei geht der sonst auffällig dominante Feinschluff auf 26,4 % zurück. Der

Gesamtsandgehalt ist mit 14,4 % wieder hoch. Feinsand erreicht den hohen Wert von 10,2 %. Bodenart ist hier einmalig im Profil lehmiger Ton (IT). Der Karbonatgehalt liegt bei 5,8 %. Der Tonanteil bleibt im fBt-Horizont KSI 1/16 mit 39,9 % hoch, Schluff nimmt 52,2 Gewichtsprozent ein und Sand 7,9 %. Der Horizont ist kiesfrei, der Feinsandanteil sinkt auf 5,8 % und die Grobschlufffraktion erreicht 29,2 %. Bodenart ist nunmehr Lehm (L). Der Karbonatanteil kommt auf 6,7 %.

Der fBt-Teilhorizont KSI 1/17a enthält zu 35,7 % Ton, zu 53,9 % Schluff und zu 10,4 % Sand. Grobschluff erreicht 30,6 %, Feinsand 7,4 %, Bodenart ist Lehm (L). Der Karbonatgehalt ist mit 1,7 % stark gesunken.

Der zweite Teilhorizont, KSI 1/17b enthält 35,1 % Ton, 52,3 % Schluff und 12,6 % Sand. Bodenartlich liegt ein Lehm (L) vor; der pH erreicht den Wert 7,9. Der Karbonatanteil ist mit 0,6 % äußerst gering.

KSI 1/18a ist ein lehmiger (Bodenart Lehm, L) Teilhorizont, der 37,6 % Ton, 53,6 % Schluff und 8,3 % Sand enthält. Der Kiesanteil nimmt relativ hohe 0,5 % ein (Lösskindl), während der Karbonatgehalt auf 0,4 % sinkt.

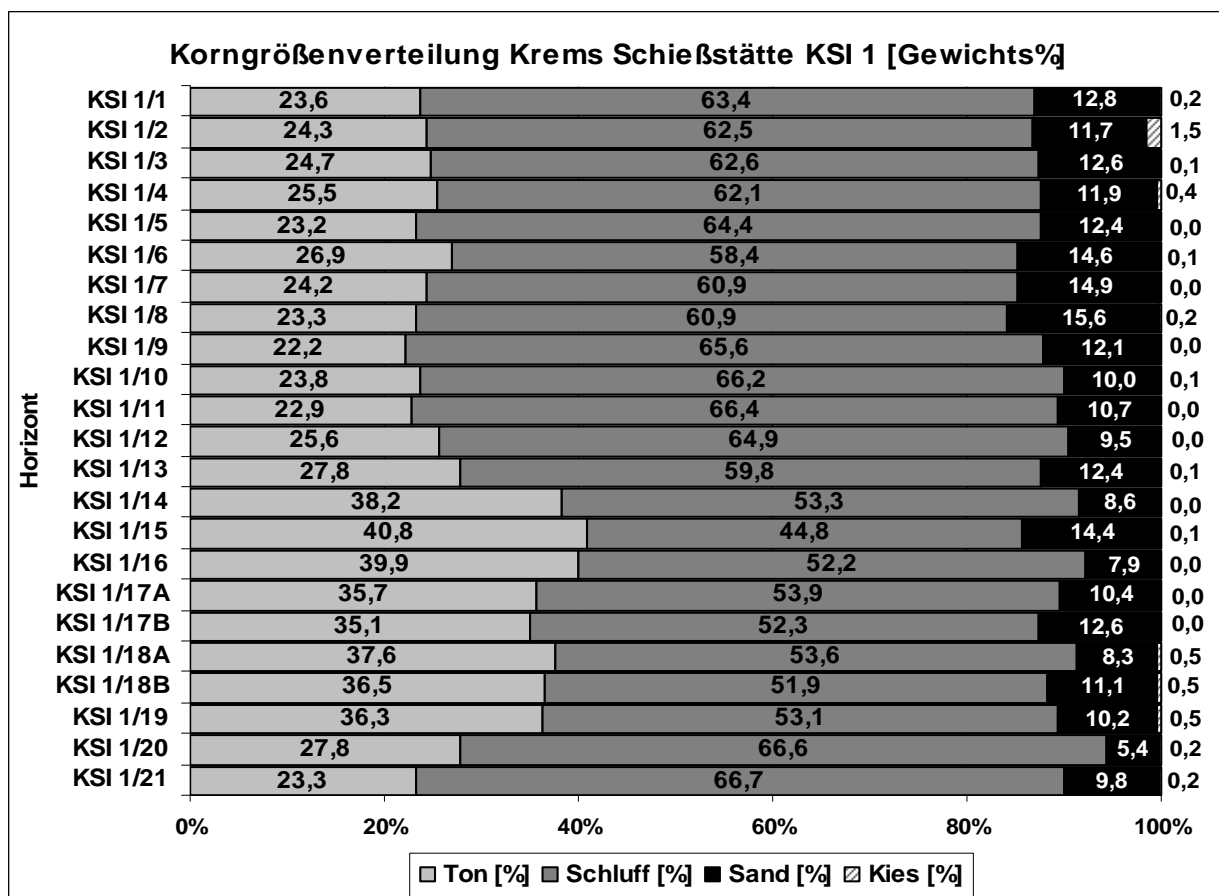


Abbildung 36: Korngrößenverteilung in Prozent, Profil KSI 1

Der Teilhorizont KSI 1/18b enthält 36,5 % Ton, 51,9 % Schluff, 11,1 % Sand und 0,5 % Kies. 28,4 % beträgt der Anteil der Grobschluffteilfraktion. Bodenart ist Lehm (L). Der Karbonatgehalt bleibt weiterhin niedrig bei 0,4 %.

Im Horizont KSI 1/19 steigt der Karbonatgehalt wieder an und erreicht 6,2 %. Mit 36,3 % Ton-, 53,1 % Schluff-, 10,2 % Sand- und 0,5 % Kiesanteil ist die Bodenart dieses fBt-Horizontes Lehm (L). Der Grobschluffgehalt liegt bei 29,2 %.

Im Übergangshorizont aus Löss KSI 1/20 schlägt die Bodenart um: Schluffiger Lehm (uL) wurde ermittelt, da der Tongehalt bei 27,8 %, der Schluffgehalt bei 66,6 %, der Sandgehalt bei 5,4 % und der Kiesgehalt bei 0,2 % liegt. Der Schluffgehalt ist signifikant gestiegen, der Grobschluffgehalt liegt bei 38,5 % des Gewichtes und ist im Vergleich zu KSI 1/19 stark erhöht. Der Karbonatgehalt verdoppelt sich im Vergleich zu KSI 1/19 auf 12,3 %.

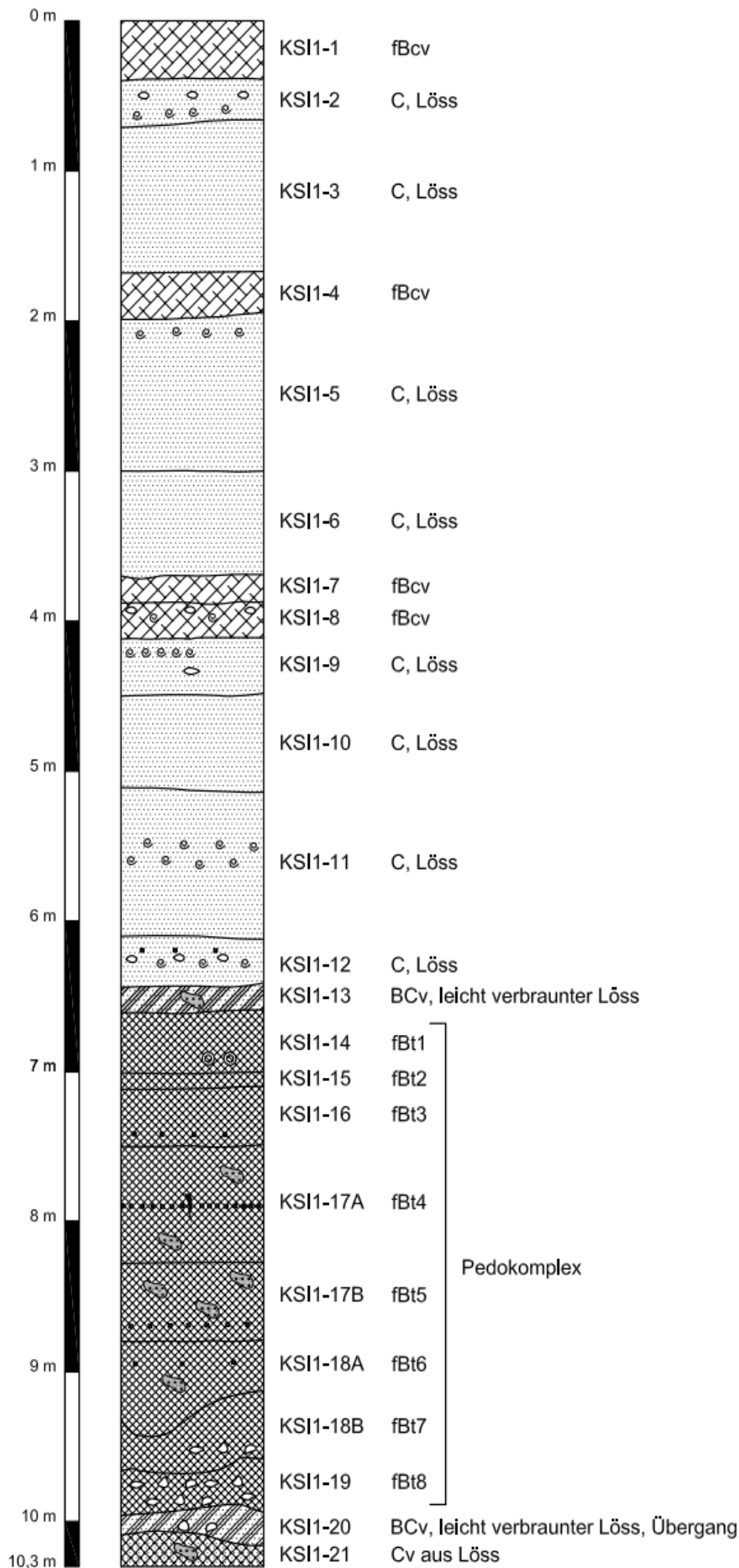
Im Cv-Horizont aus Löss KSI 1/21 beträgt der Tongehalt nur noch 23,3 %, während der Schluffgehalt den höchsten Wert im Profil mit 66,7 % erreicht. Der Sandgehalt liegt bei 9,8 % und der Kiesgehalt bei 0,2 %. Der Karbonatgehalt steigt wiederum an und liegt bei 16,8 %.

Die anteilig am häufigsten vorkommende Korngrößenteilfraktion ist der Grobschluff, die am häufigsten nachgewiesene Gesamtkorngröße ist die Schlufffraktion. In den Horizonten KSI 1/13 bis KSI 1/19 nehmen die Tongemengenteile stark zu, weshalb sich auch die Bodenart ändert. Die Kiesanteile erreichen keinen höheren Wert als 1,5 % und liegen normalerweise <0,1 %.

Tabelle 4: Sedimentologische Ergebnisse, Profil KSI 1. fBt-Horizonte grau hinterlegt.

Horizont	Tiefe [cm]	T [%]	FU [%]	MU [%]	GU [%]	Σ U [%]	FS [%]	MS [%]	GS [%]	Σ S [%]	K [%]	Textur	pH	Karb.[%]
KSI 1/1	700-740	23,6	6,6	19,4	37,5	63,4	7,5	4,2	1,0	12,8	0,2	IU	7,6	12,9
KSI 1/2	740-770	24,3	7,0	18,2	37,4	62,5	7,5	3,7	0,4	11,7	1,5	IU	7,7	15,0
KSI 1/3	770-870	24,7	7,2	18,2	37,3	62,6	7,8	4,2	0,6	12,6	0,1	IU	7,7	13,5
KSI 1/4	870-900	25,5	7,0	18,0	37,1	62,1	7,8	3,5	0,6	11,9	0,4	uL	7,8	19,2
KSI 1/5	900-990	23,2	6,7	18,4	39,2	64,4	8,0	3,7	0,6	12,4	0,0	IU	7,8	18,3
KSI 1/6	990-1070	26,9	6,5	16,4	35,5	58,4	10,0	3,9	0,7	14,6	0,1	uL	7,9	13,3
KSI 1/7	1070-1090	24,2	5,9	17,2	37,7	60,9	10,3	4,1	0,5	14,9	0,0	IU	7,9	12,9
KSI 1/8	1090-1110	23,3	6,5	17,2	37,1	60,9	9,4	5,0	1,2	15,6	0,2	IU	7,9	11,6
KSI 1/9	1110-1150	22,2	6,5	17,9	41,2	65,6	8,3	3,4	0,4	12,1	0,0	IU	7,9	11,6
KSI 1/10	1150-1210	23,8	7,2	18,9	40,1	66,2	7,8	1,9	0,3	10,0	0,1	IU	7,9	14,1
KSI 1/11	1210-1310	22,9	6,5	19,5	40,4	66,4	7,7	2,5	0,4	10,7	0,0	IU	7,9	11,6
KSI 1/12	1310-1340	25,6	6,9	18,6	39,3	64,9	7,1	2,1	0,3	9,5	0,0	uL	7,9	5,4
KSI 1/13	1340-1360	27,8	5,9	16,3	37,6	59,8	9,2	2,6	0,5	12,4	0,1	uL	8,0	5,2
KSI 1/14	1360-1400	38,2	6,1	16,3	30,9	53,3	5,2	2,9	0,5	8,6	0,0	L	8,0	4,6
KSI 1/15	1400-1415	40,8	5,7	12,7	26,4	44,8	10,2	3,1	1,1	14,4	0,1	IT	7,9	5,8
KSI 1/16	1415-1450	39,9	6,6	16,4	29,2	52,2	5,8	1,9	0,2	7,9	0,0	L	7,9	6,7
KSI 1/17A	1450-1530	35,7	7,2	16,0	30,6	53,9	7,4	2,6	0,4	10,4	0,0	L	7,9	1,7
KSI 1/17B	1530-1580	35,1	6,0	14,6	31,7	52,3	9,0	3,3	0,3	12,6	0,0	L	7,9	0,6
KSI 1/18A	1580-1630	37,6	7,3	15,9	30,4	53,6	5,0	2,9	0,5	8,3	0,5	L	7,9	0,4
KSI 1/18B	1630-1670	36,5	6,8	16,7	28,4	51,9	6,3	4,0	0,8	11,1	0,5	L	7,9	0,4
KSI 1/19	1670-1695	36,3	6,7	17,1	29,2	53,1	6,9	2,5	0,8	10,2	0,5	L	7,9	6,2
KSI 1/20	1695-1710	27,8	7,1	21,0	38,4	66,6	4,1	1,0	0,3	5,4	0,2	uL	8,0	12,3
KSI 1/21	1710-1730	23,3	7,7	20,1	38,9	66,7	6,0	2,9	0,9	9,8	0,2	IU	8,0	16,8

T: Ton (<2 µm), U: Schluff, FU: Feinschluff (2-6,3 µm), MU: Mittelschluff (6,3-20 µm), GU: Grobschluff (20-63 µm), S: Sand, FS: Feinsand (0,063-0,2 mm), MS: Mittelsand (0,2-0,63 mm), GS: Grobsand (0,63-2 mm)



Horizont (cm Tiefe ab GOK)	Farbe		Textur- merkmale	Textur	Struktur	Kalk- gehalt	Grenze	Lager- ung	Krite- rium	Sonstiges
	trocken	feucht								
KSI 1/1 (700-740)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+++	-	dicht	Löss, erscheint schwach verbraunt, relativ sandig	in 740 cm Tiefe Molluskenreste gehäuft, vereinzelt Pseudomyzelien
KSI 1/2 (740-770)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+++	nach oben und unten geradlinig	etwas dichter als KSI 1/1	Löss, heller als KSI 1/1	homogener Löss, vereinzelt gut zugerundete, silikatische Kiese mit Durchmesser von bis zu 2 cm, Molluskenreste gehäuft
KSI 1/3 (770-870)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+++	nach oben und unten geradlinig	dichter als KSI 1/2	Löss, heller und dichter gelagert KSI 1/2	hoher Sandanteil, Glimmer- Schichtsilikate, keine Molluskenreste mehr vorhanden
KSI 1/4 (870-900)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: mehlig	++++	nach oben und unten geradlinig	lockerer als KSI 1/3	Löss, erscheint leichtverbra unt	homogener, leicht verbraunter Löss
KSI 1/5 (900-990)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben geradlinig, nach unten Übergang zu KSI 1/6	etwas weniger dicht als KSI 1/4	Löss, gelblich	leicht bioturbat, vereinzelt Molluskenreste in Tiefe von 910 cm
KSI 1/6 (990-1070)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben Übergang zu KSI 1/5, nach unten geradlinig	etwas dichter als KSI 1/5	Löss, dichter gelagerter, gelblich	vereinzelt schlecht zugerundete Kiese mit einem Durchmesser von 0,5 cm in Tiefe von 1060 cm
KSI 1/7 (1070-1090)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 1 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	lockerer als KSI 1/6	Löss, erscheint leicht bräunlich, erhöhter Sandgehalt	Manganflecken mit Durchmesser von 1 bis 3 mm, ca 5 % der Fläche
KSI 1/8 (1090-1110)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	gleich wie KSI 1/7	Löss, erscheint bräunlicher als KSI 1/7	Manganflecken mit Durchmesser von 1 bis 3 mm, ca 5 % der Fläche, einzelne schlecht zugerundete, horizontal gelagerte Kiese mit Durchmesser von 1 cm, Mollusken ca. 1 cm groß
KSI 1/9 (1110-1150)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	dichter als KSI 1/8	Löss, gelblich	Molluskenreste in 1120 cm Tiefe, einzelner Kies auf 1135 cm, Manganflecken
KSI 1/10 (1150-1210)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 1/9	Löss, Manganflec ken nehmen zu	Manganflecken mit einem Durchmesser von bis zu 1cm, ca. 10 % der Fläche
KSI 1/11 (1210-1310)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	deutlich dichter gelagert als KSI 1/10	Löss, Manganflec ken nehmen weiterhin zu	Manganflecken mit Durchmesser von bis zu 2 cm über 10 % der Fläche, Molluskenreste in 1250-1260 cm Tiefe
KSI 1/12 (1310-1340)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 3 Formbarkeit: 4	Lu schluffiger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++	nach oben und unten geradlinig	dichter gelagert als KSI 1/11	Löss, dicht gelagert	stark verkittet, einzelne Holzkohlestücke mit Durchmesser bis zu 3 cm, einzelne leicht zugerundete, horizontgelagerte Kiese mit Durchmesser von ca. 1 cm in 1325 cm Tiefe, Molluskenreste in Tiefe von 1330 cm
KSI 1/13 (1340-1360)	2,5 Y 5/4 light olive brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 3 Formbarkeit: 4	Lu schluffiger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 1/12	lehmiger, dunkler Löss	nach unten hin zunehmend humoser, Mangan in Nadelstichform

Abbildung 37: Profilzeichnung von KSI 1 mit Feldanalysedaten

KSI 1/14 (1360-1400)	10 YR 4/4 dark yellowish brown	10 YR 4/3 brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 5	Lt2 schwach toniger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+++ nach unten hin abnehmend	nach oben und unten geradlinig	lockerer als KSI 1/13	fBt, Fundhorizo nt	Knochenreste in 1390 cm Tiefe, Karbonatausfällungen, viel Porenvolumen, relativ tonig, jedoch locker gelagert, Koprolithe
KSI 1/15 (1400-1415)	10 YR 4/4 dark yellowish brown	10 YR 4/3 brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 5	Lt2 schwach toniger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 1/14	fBt	verbraunt mit rötlichem Stich, Tongehalt ansteigend, Manganausfällung-en nehmen ab
KSI 1/16 (1415-1450)	10 YR 4/3 brown	10 YR 3/3 dark brown	Bindigkeit: 5 Formbarkeit: 5	Lt3 mittel toniger Lehm	Krümelgefüge	+++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 1/15	fBt, schokolade braun	sekundäre Karbonatausfällungen, Mangan in Nadelstichform, Holzkohlereste in 1440 bis 1450 cm Tiefe
KSI 1/17a (1450-1530)	10 YR 5/4 yellowish brown	10 YR 4/4 dark yellowish brown	Bindigkeit: 3-4 Formbarkeit: 4 Sandkörner sichtbar, Reibflächen leicht glänzend	Lt2 schwach toniger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	++	nach oben geradlinig, nach unten Übergang zu KSI 1/17b	wie KSI 1/16	fBt, stark humos, jedoch heller als KSI 1/16	rekalzifizierte Wurzel, Holzkohlereste in 1490 cm Tiefe
KSI 1/17b (1530-1580)	10 YR 4/4 dark yellowish brown	10 YR 4/4 dark yellowish brown	Bindigkeit: 5 Formbarkeit: 4-5	Tl lehmiger Ton	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+	nach oben Übergang zu KSI 1/17a, nach unten geradlinig	wie KSI 1/17a	fBt, erscheint dunkler als KSI 1/17a, lehmig, rötlich braun	sekundäre Karbonatausfällungen unregelmäßig über den ganzen Horizont verteilt, Holzkohlereste in 1560 cm Tiefe, Mangan in Nadelstichform
KSI 1/18a (1580-1630)	10 YR 5/4 yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 5 Formbarkeit: 4-5	Tl lehmiger Ton	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+	nach oben geradlinig, nach unten wellig, von rechts nach links geneigt	dichter gelagert als KSI 1/17b	fBt, weniger rötlich als KSI 1/17b	Toncutane, vereinzelt sekundäre Karbonatausfällungen, Holzkohlereste mit Durchmesser von ca. 3 mm, Mangan in Nadelstichform
KSI 1/18b (1630-1670)	10 YR 4/6 dark yellowish brown	10 YR 4/6 dark yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Lt2 schwach toniger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	entkalkt	nach oben wellig, von links nach rechts geneigt, nach unten wellig	wie KSI 1/18a	fBt, heller als KSI 1/18b, jedoch uneinheitlic hes Farbbild	Toncutane, zur Gänze entkalkt, gut zugerundete Quarz- und Schieferstücke in 1650 cm Tiefe
KSI 1/19 (1670-1695)	10 YR 5/4 yellowish brown	10 YR 4/6 dark yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4 leicht glänzende Reibflächen	Lt2 schwach toniger Lehm	grob: (sub)polyedrisch	entkalkt	nach oben und unten wellig	wie KSI 1/18b	fBt, heller als KSI 1/18b, jedoch uneinheitlic hes Farbbild	Kiese im ganzen Horizont verteilt, schlecht zugerundet, silikatisch mit Durchmesser von bis zu 0,7 cm
KSI 1/20 (1695-1710)	10 YR 6/6 brownish yellow	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 3 Formbarkeit: 2-3 Reibflächen matt und leicht aufschuppend	Ut4 stark toniger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	bis 1705 cm entkalkt, ab 1705 cm ++	nach oben und unten wellig	lockerer und heller als KSI 1/19	gelblicher Übergangs- horizont zum darunter liegenden Löss	fleckiger Horizont mit vereinzelt Kiesen
KSI 1/21 (1710-1730)	10 YR 6/6 brownish yellow	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 3 Formbarkeit: 3	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben wellig	wie KSI 1/20	Cv, Löss verwittert	sekundäre Karbonat- ausfällung mit Durchmesser von 4 cm in 1720 cm Tiefe

6.1.1.2.2 Elementaranalysen: Kohlenstoff und Schwefel

Wie aus der Tabelle 5 ersichtlich ist, weist der Lösshorizont KSI 1/1 (700-740 cm unter der Geländeoberkante) den niedrigsten Schwefelgehalt im gesamten Profil auf: 92 ppm. Der Gesamtkohlenstoffgehalt ist hingegen eher hoch und beträgt 2,04 %, wovon 0,24 % des Trockengewichtes des Probematerials organischer Kohlenstoff (Anteil an Gesamtkohlenstoff von 11,7 %) sind. 1,8 % sind daher mineralischer Kohlenstoff.

Im Horizont KSI 1/2 liegt der Gesamtkohlenstoffgehalt bei 2 %, davon entfallen 0,24 Prozentpunkte auf organischen und 1,76 % auf mineralischen Kohlenstoff. Der Schwefelgehalt nimmt leicht zu (111 ppm).

Der Gesamtkohlenstoffgehalt im Horizont KSI 1/3 liegt bei 2,21 % (davon 0,24 % organisch und 1,97 % mineralisch), der Schwefelgehalt steigt stark an und erreicht 226 ppm.

Im fBcv-Horizont KSI 1/4 geht der Schwefelgehalt wieder deutlich auf 120 ppm zurück, während der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 2,66 % (Höchstwert im Profil) ansteigt. Davon entfallen nur noch 0,21 Prozentpunkte auf organischen Kohlenstoff, der mineralische erreicht mit 2,45 % seinen Höchstwert im Profil.

Im folgenden Horizont KSI 1/5 ändern sich die Werte nur geringfügig: Gesamtkohlenstoff 2,37 %, organischer Kohlenstoff 0,21 % und Schwefel 115 ppm. Der mineralische Kohlenstoff liegt im Bezug auf das Profil auf einem hohen Niveau von 2,16 %.

Der Gesamtkohlenstoffanteil im Horizont KSI 1/6 liegt bei 2 %, der organische bei 0,26 % und der mineralische Kohlenstoff bei 1,75 %. Der Schwefelanteil erreicht 172 ppm.

Im fBcv-Horizont KSI 1/7 sinkt der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 1,89 %, der organische Kohlenstoff jedoch nimmt zu (0,29 %, Anteil am Gesamtkohlenstoff von 15,5 %) und der mineralische deutlich ab (1,6 %). Der Schwefelgehalt liegt bei 139 ppm.

Im fBcv-Horizont KSI 1/8 liegt der Gesamtkohlenstoffgehalt bei 1,93 %, der organische Kohlenstoff steigt abermals an und erreicht 0,34 % (17,5 % am Gesamtkohlenstoff). Der mineralische Kohlenstoff erreicht somit 1,59 %. Der Schwefelgehalt liegt bei 154 ppm.

Der Schwefelgehalt sinkt im Lösshorizont KSI 1/9 auf 111 ppm, der organische Kohlenstoff nimmt leicht zu (0,35 %, entspricht 19 % des Gesamtkohlenstoffes), der Gesamtkohlenstoff liegt bei 1,83 %.

Im Horizont KSI 1/10 nimmt der Schwefelgehalt zu (262 ppm), während der organische Kohlenstoff abnimmt und 0,26 % erreicht. Der Gesamtkohlenstoff liegt bei 1,99 % und der mineralische bei 1,72 %.

Im Horizont KSI 1/11 liegt der Gesamtkohlenstoffanteil bei 1,71 % und der organische Kohlenstoff bei 0,22 % (12,9 % Anteil am Gesamtkohlenstoff). Der Schwefelgehalt geht zurück und liegt bei 189 ppm.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt sinkt im Horizont KSI 1/12 stark (0,92 %), der organische Kohlenstoff erreicht 0,29 % (Anteil am Gesamtkohlenstoff 31,1 %). Der mineralische Kohlenstoff sinkt auf 0,63 %. Der Schwefelanteil nimmt 160 ppm ein.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt im Horizont KSI 1/13 liegt bei 1,02 %, der organische Kohlenstoffgehalt bei 0,25 % und der mineralische bei 0,77 %. Der Schwefelgehalt liegt bei 191 ppm.

Im fBt-Horizont KSI 1/14 liegt der Kohlenstoffgehalt bei 0,81 %, auf den organischen Kohlenstoff entfallen 0,35 %, auf den mineralischen 0,47 %. Der organische Kohlenstoff erreicht den hohen Anteil von 42,6 % am Gesamtkohlenstoff. Der Schwefelgehalt liegt bei 145 ppm.

Der lehmig-tonige Horizont KSI 1/15 erreicht einen Gesamtkohlenstoffanteil von 1,04 %. Der organische Kohlenstoff kommt auf 0,41 %, der mineralische auf 0,63 %. Der Schwefelgehalt erreicht 131 ppm.

Der lehmige Horizont KSI 1/16 kommt auf einen Gesamtkohlenstoffgehalt von 1,11 %, davon entfallen 0,47 % auf den organischen (Höchstwert im gesamten Profil) und 0,64 % auf den mineralischen Kohlenstoff. Der organische Anteil erreicht also rd. 42 % des Gesamtkohlenstoffes. Der Schwefelgehalt liegt bei 143 ppm.

Mit dem Teilhorizont KSI 1/17a sinkt der Anteil des Gesamtkohlenstoffes stark und kommt auf 0,41 %. Der organische Kohlenstoff kommt auf den hohen Anteil von 0,38 % (Anteil von über 90 % am Gesamtkohlenstoff), der mineralische erreicht 0,03 % (Profiltiefstwert). Der Schwefelgehalt liegt bei 166 ppm.

Teilhorizont KSI 1/17b zeichnet sich durch einen Gesamtkohlenstoffgehalt von 0,4 % aus, der organische liegt bei 0,21 %, der mineralische bei 0,19 %. Der Schwefelgehalt verdoppelt sich im Vergleich mit KSI 1/17a, er wurde mit 334 ppm bestimmt.

Der Schwefelgehalt im Teilhorizont KSI 1/18a liegt bei 327 ppm, der Gesamtkohlenstoffgehalt bei 0,31 % und der organische Kohlenstoffgehalt bei 0,19 % (mehr als die Hälfte des Gesamtkohlenstoffes). Der mineralische Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,13 %.

Teilhorizont KSI 1/18b enthält nur 0,23 % Kohlenstoff, davon sind 0,13 % organisch und 0,09 % mineralisch. Der Schwefelgehalt steigt nochmals leicht an und wurde mit 361 ppm bestimmt.

Der Schwefelgehalt im fBt-Horizont KSI 1/19 erreicht den Höchstwert im Profil von 404 ppm, während der Gesamtkohlenstoff mit 0,22 % den niedrigsten Wert im Profil erreicht. Der organische Anteil liegt bei 0,14 %, der mineralische bei 0,08 %.

Im Lösshorizont KSI 1/20 steigt der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 1,68 % und der Schwefelgehalt sinkt auf 276 ppm. Der organische Kohlenstoffgehalt beträgt 0,17 %, also nur rund ein Zehntel des Gesamtkohlenstoffes. Der mineralische Kohlenstoff erreicht 1,51 %.

Der Lösshorizont KSI 1/21 an der Basis erreicht den höchsten Gesamtkohlenstoffgehalt im Profil mit 2,56 %. Der organische Kohlenstoff macht 0,2 % aus, der mineralische 2,35 % und der Schwefelgehalt wurden mit 301 ppm bestimmt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Elementaranalysen, Profil KSI 1

Horizont	Tiefe [cm]	C _{ges} [%]	C _{org} [%]	C _{min} [%]	S [ppm]
KSI 1/1	700-740	2,04	0,24	1,80	92
KSI 1/2	740-770	2,00	0,24	1,76	111
KSI 1/3	770-870	2,21	0,24	1,97	226
KSI 1/4	870-900	2,66	0,21	2,45	120
KSI 1/5	900-990	2,37	0,21	2,16	115
KSI 1/6	990-1070	2,00	0,26	1,75	172
KSI 1/7	1070-1090	1,89	0,29	1,60	139
KSI 1/8	1090-1110	1,93	0,34	1,59	154
KSI 1/9	1110-1150	1,83	0,35	1,48	111
KSI 1/10	1150-1210	1,99	0,26	1,72	262
KSI 1/11	1210-1310	1,71	0,22	1,49	189
KSI 1/12	1310-1340	0,92	0,29	0,63	160
KSI 1/13	1340-1360	1,02	0,25	0,77	191
KSI 1/14	1360-1400	0,81	0,35	0,47	145
KSI 1/15	1400-1415	1,04	0,41	0,63	131
KSI 1/16	1415-1450	1,11	0,47	0,64	143
KSI 1/17A	1450-1530	0,41	0,38	0,03	166
KSI 1/17B	1530-1580	0,40	0,21	0,19	334
KSI 1/18A	1580-1630	0,31	0,19	0,13	327
KSI 1/18B	1630-1670	0,23	0,13	0,09	361
KSI 1/19	1670-1695	0,22	0,14	0,08	404
KSI 1/20	1695-1710	1,68	0,17	1,51	276
KSI 1/21	1710-1730	2,56	0,20	2,35	301

6.1.1.3 Paläomagnetische Analysen

Die von ao. Prof. Dr. Robert Scholger analysierten Proben von KSI 1 weisen normal ausgerichtete Vektoren auf, die denen des rezenten Magnetfelds beinahe entsprechen.

Im Bereich der Probe 1.57 und 1.58 (Horizonte KSI 1/18b und KSI 1/19) findet sich eine Veränderung in den Vektoren, die auf eine Exkursion im Erdmagnetfeld hinweist. Lediglich die Probe 1.58 (Horizont KSI 1/19) weist eine flach negative Inklination auf. Möglicherweise ist hier ein kurzes inverses Event (Exkursion) erfasst, jedoch um einen Hinweis auf eine Polaritätsgrenze in der Größenordnung von Brunhes-Matuyama handelt es sich nicht. Die Abmagnetisierungskurven weisen auf Magnetit als Trägermineral hin (SCHOLGER, R., Schriftliche Mitteilung am 01.05.2009).

Die Grenze zwischen dem gegenwärtigen normalen Brunhes-Chron und dem inversen Matuyama- Chron, die als Grenze zwischen Mittel- und Altpleistozän mit einem Alter von ca. 0,78 Mio. Jahren BP angegeben wird (vgl. Abbildung 1), konnte im paläomagnetisch analysierten Profil KSI 1 nicht aufgefunden werden (SCHOLGER, R., Schriftliche Mitteilung am 01.05.2009). Das Alter der Sedimente des Profils KSI 1 liegt somit deutlich unter 780.000 Jahren BP.

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Messungen, die Polarität ändert sich bei den Proben 1.57 und 1.58 in eine abweichende Ausrichtung (Exkursion) des Erdmagnetfeldes.

Tabelle 6: Ergebnisse der paläomagnetischen Untersuchungen. Probe 1.58 weist inverse Inklination auf. Quelle: Verändert nach SCHOLGER, schriftliche Mitteilung 01.05.2009.

Bezeichnung der Probe	Position Profilhöhe [m]	Relative Position (GOK Schießstätte=0) [cm]	Deklination Remanente Magnetisierung	Inklination Remanente Magnetisierung	Polarität (N = normal)
1.32	10,10	510	2,6	56,6	N
1.30	10,50	470	322,8	70,6	N
1.26	11,06	414	5,7	59,8	N
1.24	11,39	381	10,9	52	N
1.22	11,65	355	4,8	64,3	N
1.20	11,96	324	8,9	61,3	N
1.18	12,26	294	6,4	56,3	N
1.16	12,56	265	0,8	55,3	N
1.14	12,89	232	4,7	64,5	N
1.12	13,25	196	5,9	62,9	N
1.10	13,54	167	354,9	60,6	N
1.8	13,80	141	332,8	60,8	N
1.6	14,21	100	2,1	60,3	N
1.4	14,51	70	5,9	63,5	N
1.2	14,88	33	353,9	65,4	N
	15,21	0			
1.47	15,25	-4	334,4	66,9	N
1.49	15,62	-41	10,7	68,3	N
1.51	15,85	-64	7,3	57,8	N
1.53	16,09	-88	356,4	60,8	N
1.55	16,40	-119	49,6	62	N
1.56	16,50	-129	344,7	73,7	N
1.57	16,68	-147	201,4	86,5	Exkursion
1.58	16,78	-157	354,6	-14,1	Exkursion
1.59	16,96	-175	357,9	71,5	N
1.61	17,26	-205	5,9	61	N
1.63	17,45	-224	3,5	64,6	N

6.1.2 Profil KSI 2

6.1.2.1 Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie

Das Profil KSI 2 wurde stratigraphisch aufgenommen, aber nicht beprobt, weshalb auch keine Laboranalysen für die einzelnen Horizonte vorhanden sind. Es umfasst 805 cm einer Sedimentwand, die über 1550 cm senkrecht aufragt und als Kugelfang für den Tontaubenschießstand genutzt wurde. Da hier nicht ab der Geländeoberkante aufgenommen wurde, konnte auf das Durchnummerieren der Paläoböden verzichtet werden.

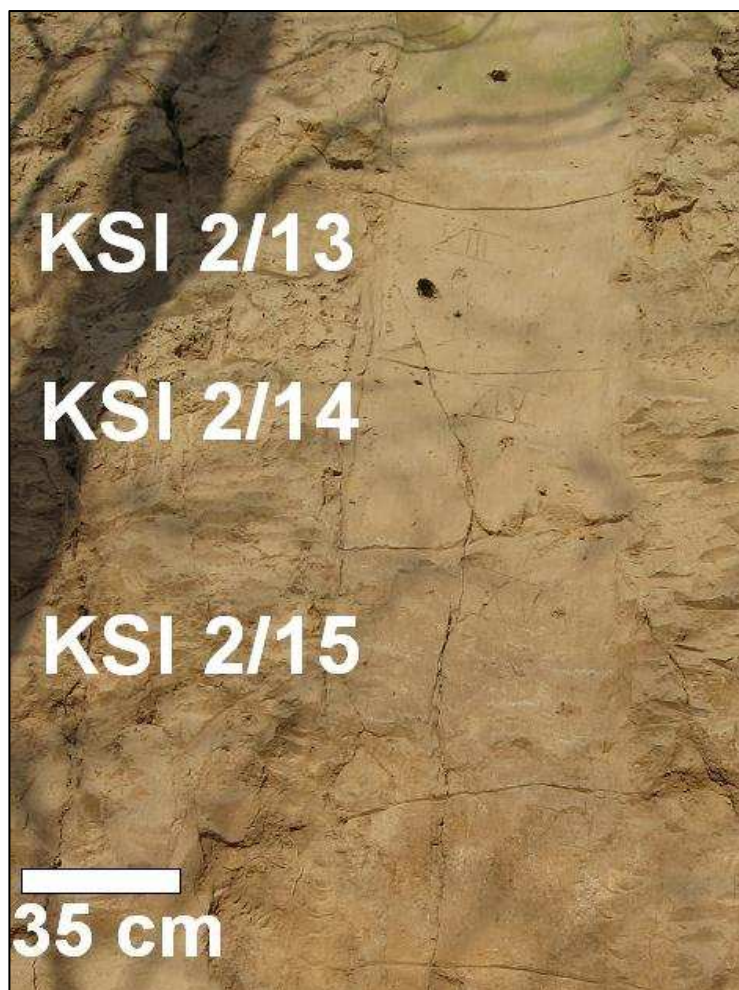


Abbildung 38: Detailaufnahme von Lösshorizonten KSI 2/13 und KSI 2/14 sowie von lehmigem Übergangshorizont aus Löss (KSI 2/15). Im untersten Abschnitt KSI 2/16 noch als lehmiger fBt-Horizont erkennbar. Quelle: Eigene Aufnahme 01/2009, eigene Bearbeitung.

Das Profil beginnt in einer Tiefe von 755 cm unter der Geländeoberkante mit dem schwach rostfarbenen Lösshorizont KSI 2/1. Er liegt in einer Tiefe zwischen 755 und 800 cm unterhalb der Geländeoberkante, umfasst also 45 cm. Der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch, Bindigkeit und Formbarkeit mäßig, die Grob- und Feinstruktur ist subpolyedrisch bis polyedrisch. Als Bodenart wurde lehmig-sandiger Schluff (Uls) bestimmt, die Lagerungsdichte kann als mäßig dicht beschrieben werden. Der Horizont zeigt in trockenem

Zustand die Farbe 2,5 Y 7/3 – pale yellow und in feuchtem Zustand die Farbe 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown. Auffällig sind außerdem die vorhandenen Manganausfällungen in Nadelstichform. Die Horizontgrenze nach unten ist geradlinig.

Es folgt mit KSI 2/2 ein 75 cm mächtiger (800-875 cm) Lösshorizont, der zum tiefer liegenden Horizont einen leicht welligen Horizontgrenzverlauf zeichnet. Farblich wurde ihm in trockenem Zustand die Farbe 2,5 Y 7/4 – pale yellow und in feuchtem Zustand die Farbe 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown zugewiesen. Bindigkeit und Formbarkeit sind beide mäßig, die Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls). Der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch, das Gefüge polyedrisch bis subpolyedrisch und die Lagerung etwas lockerer als KSI 2/1. Es finden sich Molluskenreste über den ganzen Horizont verteilt, außerdem finden sich schlecht zugerundete, horizontal gelagerte Kiese in 870 cm Tiefe. Manganausfällungen in Nadelstichform werden häufiger, Sandkörner sind sicht- und fühlbar.

Mit 55 cm Mächtigkeit (875-930 cm Tiefe) folgt der Lösshorizont KSI 2/3, der etwas dichter gelagert ist als KSI 2/2. Als Trockenfarbe wurde 2,5 Y 7/3 – pale yellow und als Feuchtfarbe 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown festgestellt. Bindigkeit und Formbarkeit sind mäßig, als Bodenart wurde lehmig-sandiger Schluff bestimmt. Das Grob- und Feingefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, der Karbonatgehalt kann als mäßig bis hoch beschrieben werden, die Lagerung ist etwas dichter als bei Horizont KSI 2/2. Die Horizontgrenze nach unten ist leicht wellig und verläuft leicht von links unten nach rechts oben. Im Horizont findet sich ein hoher Sandanteil, Sandkörner sind sicht- und fühlbar, vor allem wurden Schichtsilikate (Muskovit- und Biotitteilchen) aufgefunden. Auf 890 cm wurde eine Krotowine gefunden. Feinkies ist im ganzen Horizont vorhanden, es finden sich Manganausfällungen in Nadelstichform.

Mit KSI 2/4 (930-960 cm Tiefe) erscheint ein leicht verbraunter, 30 cm mächtiger Lösshorizont, der etwas dichter als KSI 2/3 gelagert ist. Der Karbonatgehalt ist weiterhin mäßig-hoch, die Bindigkeit und Formbarkeit mäßig (aber etwas höher als von KSI 2/1 – KSI 2/3) und die Bodenart lehmig-sandiger Schluff (Uls). Das Gefüge ist im Groben wie im Feinen subpolyedrisch bis polyedrisch. Der Wert der Farbe wurde mit 2,5 Y 8/3 – pale yellow (trocken) und mit 2,5 Y 7/3 – pale yellow (feucht) bestimmt. Die Horizontgrenze zum Horizont KSI 2/5 bewegt sich von links oben nach rechts unten. In 950 cm Tiefe findet sich ein Kiesband. Manganausfällungen in Nadelstichform sind über den gesamten Horizont verteilt.

Es folgt ein reiner Lösshorizont mit 50 cm Mächtigkeit (960-1010 cm Tiefe): KSI 2/5 besteht aus gelblichem Löss und ist gleich dicht wie KSI 2/4 gelagert. Er ist mäßig formbar und bindig, die Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls). Das Grob- und das Feingefüge sind als subpolyedrisch bis polyedrisch zu charakterisieren, die Horizontgrenze zu KSI 2/6 ist von links oben nach rechts unten geneigt. Als Farbe in trockenem Zustand wurde 2,5 Y 7/4 – pale yellow und in feuchtem Zustand 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown ermittelt. Sandkörner

sind im ganzen Horizont sicht- und fühlbar und im unteren Bereich des Horizontes sind als besonderes Merkmal noch Manganausfällungen mit bis zu 5 mm Durchmesser zu finden.

Horizont KSI 2/6 ist 70 cm mächtig, in einer Tiefe von 1010-1080 cm unter der Geländeoberkante gelegen und besteht aus etwas dichter gelagertem Löss als der des Horizontes KSI 2/5. Der Löss ist schwach bis mäßig bindig und formbar, mäßig-hoch karbonathaltig und im Gefüge subpolyedrisch bis polyedrisch. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff, die Horizontgrenze nach unten hin ist leicht wellig und von links unten nach rechts oben geneigt. Farblich entspricht der Horizont den Werten 2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown (feucht). Besondere Charakteristika sind Manganflecken mit Durchmessern bis zu 8 mm, eine Krotowine und ein Feinkiesband in 1040 cm Tiefe.

KSI 2/7 ist ein 30 cm mächtiger Lösshorizont (1080-1110 cm Tiefe), der mäßig bis stark karbonathaltig, mäßig bindig und formbar sowie dicht gelagert (dichter als KSI 2/6) ist. Seine Färbung lässt sich mit 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht) klassifizieren. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), das Gefüge ist grob und fein subpolyedrisch bis polyedrisch. Die Horizontgrenze nach unten ist geradlinig. Die Manganflecken sind etwas flächiger und größer als in den vorhergehenden Horizonten.

KSI 2/8 ist ein 35 cm mächtiger Lösshorizont in einer Tiefe von 1110 bis 1145 cm, der mäßig bindig und formbar, im Gefüge polyedrisch bis subpolyedrisch ist und einen mäßigen bis hohen Karbonatgehalt besitzt. Die Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), die Horizontgrenze nach oben und unten geradlinig. Die Färbung wird mit 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 5/4 – light olive brown (feucht) klassifiziert. Der Horizont ist homogen, vereinzelt sieht man Feinkieslinsen, die Sandkörner sind sicht- und fühlbar.

KSI 2/9 ist ein 25 cm mächtiger Lösshorizont (1145-1170 cm Tiefe), der schlecht-mäßig bindig und mäßig formbar ist. Er lässt sich durch die Farben 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht) beschreiben. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls) und das Gefüge (fein und grob) polyedrisch-subpolyedrisch. Die Horizontgrenze verläuft nach oben hin geradlinig und ist nach unten hin wellig und von links unten nach rechts oben geneigt, der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch. Der Horizont ist etwas lockerer gelagert als im Horizont KSI 2/8. Besondere Merkmale sind die Manganausfällungen mit einem Durchmesser von bis zu 3 mm und vereinzelt Feinkieslagen.

KSI 2/10 ist ein 30 cm mächtiger (1170-1200 cm Tiefe), mäßig bindiger und formbarer Lösshorizont mit etwas höherem Skelettanteil. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch. Die Horizontgrenze nach unten hin ist geradlinig und leicht von links unten nach rechts oben geneigt. Die Lagerungsdichte ist identisch mit der von KSI 2/9. Als Farbe wurde trocken 2,5 Y 8/3 – pale yellow und feucht 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown ermittelt. Die Manganfleckung durch Ausfällungen nimmt zu.

Der folgende Horizont KSI 2/11 ist 35 cm mächtig (1200-1235 cm Tiefe) und besteht aus einem etwas graustichig wirkenden Löss mit mäßig-hohem Karbonatgehalt, subpolyedrisch-polyedrischem Gefüge, mäßiger Bindigkeit und Formbarkeit und lässt sich durch eine Trockenfarbe von 2,5 Y 8/3 – pale yellow und einer Feuchtfarbe von 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown charakterisieren. Die Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), die Lagerungsdichte gleich wie die von KSI 2/10. Ein Schieferstück mit den Ausmaßen von 40x5 mm wurde auf 1205 cm Tiefe gefunden.

Der Horizont KSI 2/12 ist 90 cm mächtig (1235-1325 cm Tiefe), mäßig formbar und bindig, mäßig bis stark karbonathaltig und besteht aus gelblichem Löss. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), das Gefüge ist polyedrisch bis subpolyedrisch und die Lagerungsdichte mit der von KSI 2/11 identisch. Die Farbe äußert sich in für Löss typischen Tönen (Trockenfarbe 2,5 Y 7/3 – pale yellow, Feuchtfarbe 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown). Besondere Merkmale des Horizontes sind Manganausfällungen mit einem Durchmesser von bis zu 10 mm.

Der Horizont KSI 2/13, der in einer Tiefe von 1325 bis 1375 cm liegt und demgemäß 50 cm mächtig ist, ist mäßig bindig und formbar, mäßig bis stark karbonathaltig und besteht aus dicht gelagertem Löss (vgl. Abbildung 38). Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), das Gefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch und die untere Horizontgrenze zum Horizont KSI 2/14 ist gewölbt. Farblich kann der Horizont mit typischen Lössnuancen charakterisiert werden (Trockenfarbe 2,5 Y 7/3 – pale yellow, Feuchtfarbe 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown). Als besonderes Merkmal können vereinzelte Karbonatausfällungen angesehen werden.

Ein weiterer Lösshorizont mit etwas dunklerer Färbung (Trockenfarbe 2,5 Y 7/3 – pale yellow und Feuchtfarbe 2,5 Y 5/4 – light olive brown) folgt mit KSI 2/14, der 35 cm mächtig ist (1375-1410 cm Tiefe). Die Bindigkeit ist mäßig, die Formbarkeit mäßig+, weshalb als Bodenart lehmig-sandiger Schluff (Uls) bestimmt wurde. Das Gefüge ist polyedrisch bis subpolyedrisch, der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch, die Horizontgrenze nach unten ist leicht wellig. Die Lagerungsdichte ist mit der von KSI 2/13 identisch. Besondere Merkmale des Horizontes sind Manganausfällungen mit einem Durchmesser von bis zu 3 mm.

KSI 2/15 ist ein lehmiger, verbraunter Übergangshorizont aus Löss, der, 60 cm mächtig, in einer Tiefe von 1410 bis 1470 cm abgegrenzt wurde. Als Trockenfarbe wurde 10 YR 6/4 – light yellowish brown und als Feuchtfarbe 10 YR 5/4 – yellowish brown bestimmt, der Horizont ist gut bindig und formbar, als Bodenart wurde schwach toniger Lehm (Lt₂) ermittelt. Der Karbonatgehalt bleibt mäßig bis hoch und das Gefüge polyedrisch bis subpolyedrisch. Die Lagerungsdichte ist höher als die von KSI 2/14 und daher als dicht bis sehr dicht einzustufen. Die Horizontgrenze ist nach unten leicht wellig. Als besondere Merkmale finden sich vereinzelt Feinkieslagen und Manganausfällungen.

Mit KSI 2/16 folgt ein lehmiger, 35 cm mächtiger (1470-1505 cm Tiefe) fBt-Horizont, der gute bis sehr gute Formbarkeit und Bindigkeit aufweist. Bodenart ist schwach toniger Lehm (Lt₂). Die Farbe für das trockene Sediment wurde mit 10 YR 6/4 – light yellowish brown und für das feuchte Sediment mit 10 YR 5/4 – yellowish brown ermittelt. Die Horizontgrenze ist nach unten hin wellig, der Karbonatgehalt mäßig bis hoch. Die Lagerungsdichte ist nun sehr hoch. Es finden sich mehrere verfestigte Karbonatausfällungen, die teilweise weiß gesprenkelt sind, sowie Manganausfällungen in Nadelstichform.

Der dunkle fBt-Horizont KSI 2/17 ist 25 cm mächtig (1505-1530 cm Tiefe), sehr dicht gelagert und schwach-mäßig karbonathaltig. Bindigkeit und Formbarkeit sind beinahe sehr gut, als Bodenart wurde schwach schluffiger Ton (Tu₂) ermittelt. Es findet sich nur ein sehr geringer Sandanteil im Sediment, die Reibflächen glänzen deutlich, es wurden Tonkutane ausfindig gemacht. Als Färbung des Horizontes wurde trocken und feucht der gleiche Wert mit 10 YR 5/4 – yellowish brown ermittelt. Das Gefüge ist polyedrisch bis subpolyedrisch, die Horizontgrenze zu KSI 2/18 leicht wellig. Als Besonderheiten des Horizontes müssen noch die in 1515-1530 cm Tiefe gefundenen Holzkohlereste erwähnt werden.

Der Basishorizont KSI 2/18 ist ein dunkelbrauner, 25 cm mächtiger (Tiefe: 1530-1555 cm) fBt-Horizont, der schwach bis mäßig karbonathaltig und beinahe sehr gut bindig und formbar ist. Es finden sich Tonkutane im Sediment. Als Farbe wurde 7,5 YR 5/4 – brown (trocken und feucht) ermittelt. Die Bodenart wurde mit lehmigem Ton beschrieben (Tl). Das Gefüge bleibt polyedrisch bis subpolyedrisch, die Horizontgrenze nach unten hin konnte nicht ermittelt werden. Als besonderes Merkmal des Horizontes sollen die Holzkohlereste in 1547 cm Tiefe Erwähnung finden.

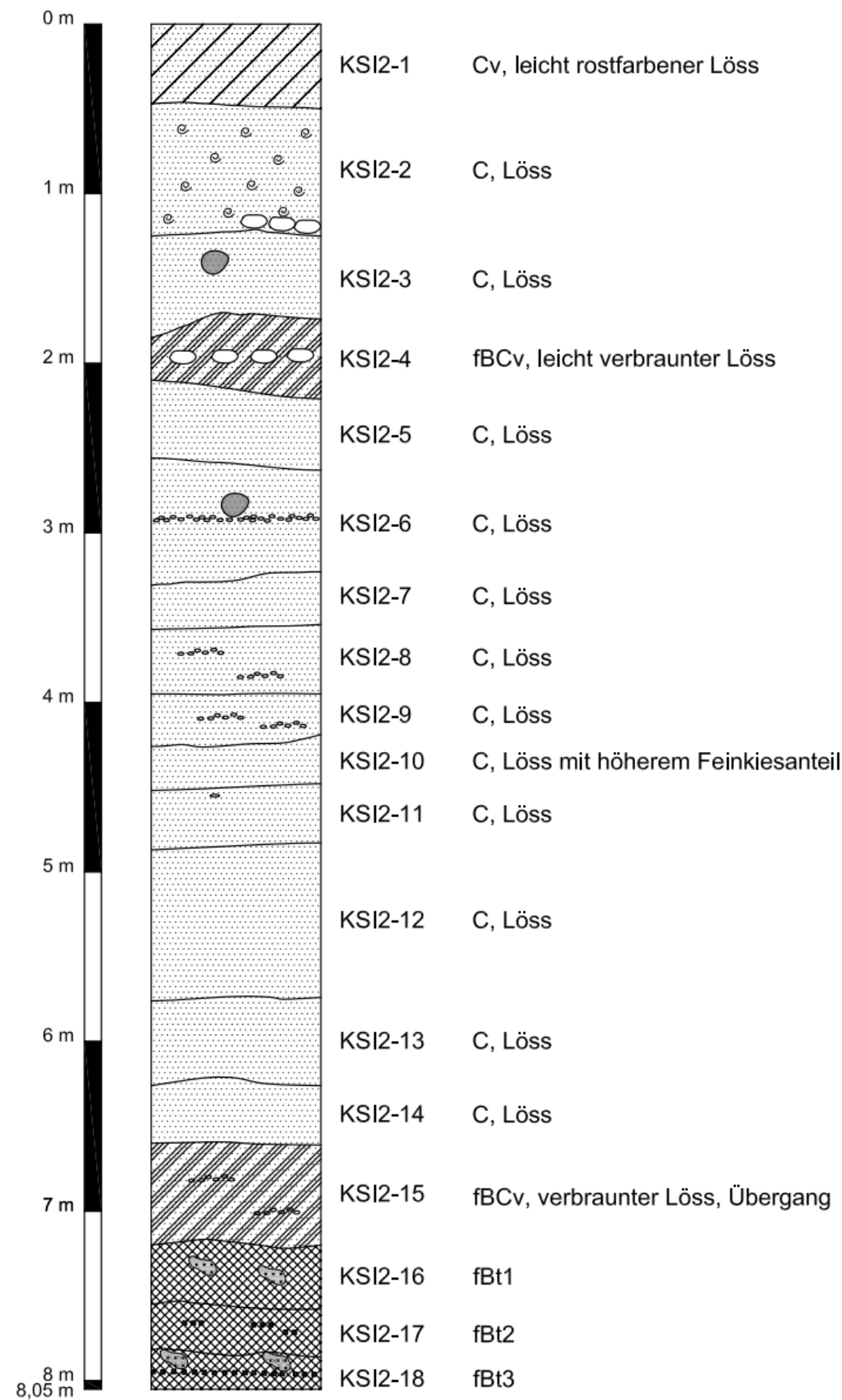


Abbildung 39: Profilzeichnung von KSI 2 mit Feldanalysedaten

Horizont (cm Tiefe)	Farbe		Textur- merkmale	Textur	Struktur	Kalk- geha- -lt	Grenze	Lage- rung	Kriterium	Sonstiges
	trocken	feucht								
KSI 2/1 (755-800)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	-	mäßig dicht gelagert	dunkler, leicht oranjer Löss	Mangan in Nadelstichform
KSI 2/2 (800-875)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben geradlinig, nach unten sehr leicht wellig	etwas lockerer als KSI 2/1	Löss	Mangan in Nadelstichform tritt häufiger auf, schlecht zugerundete horizontal gelagerte Kiese auf 870 cm, Mollusken
KSI 2/3 (875-930)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben sehr leicht wellig, nach unten leicht wellig, von rechts nach links geneigt	dichter als KSI 2/2	Löss, etwas heller und dichter gelagert KSI 2/2	Mangan in Nadelstichform, hoher Sandanteil, Glimmer- Feinkies, Krotowine in 890 cm Tiefe, keine Molluskenreste mehr
KSI 2/4 (930-960)	2,5 Y 8/3 pale yellow	2,5 Y 7/3 pale yellow	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2-3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	von rechts nach links geneigt, nach unten von links nach rechts	dichter als KSI 2/3	Löss, erscheint leicht verbraunt	Kiesband in 950 cm Tiefe, Mangan in Nadelstichform
KSI 2/5 (960-1010)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach unten von links nach rechts geneigt	wie KSI 2/4	Löss, gelblich	im unteren Bereich des Horizontes Manganflecken mit Durchmesser von bis zu 5 mm
KSI 2/6 (1010-1080)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben geradlinig, nach unten leicht wellig	etwas dichter als KSI 2/5	Löss, dichter gelagerter, etwas heller als KSI 2/5	Feinkies in 1040 cm Tiefe, Krotowine in 1040 cm Tiefe, Manganflecken mit Durchmesser von bis zu 8 mm
KSI 2/7 (1080-1110)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben leicht wellig, nach unten geradlinig	dichter als KSI 2/6	Löss	Manganflecken größer und flächiger
KSI 2/8 (1110-1145)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2-3 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	dichter als KSI 2/7	Löss	homogen, vereinzelt Feinkies
KSI 2/9 (1145-1170)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 2-3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach unten wellig und von links unten nach rechts oben geneigt	lockerer als KSI 2/8	Löss	Manganflecken mit einem Durchmesser von bis zu 3 mm, vereinzelt Feinkies
KSI 2/10 (1170-1200)	2,5 Y 8/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 2/9	Löss, Skelettanteil nimmt zu	Manganflecken gehäufte
KSI 2/11 (1200-1235)	2,5 Y 8/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 2/10	Löss, erscheint heller, gräulicher	Schieferstück (4x0,5 cm) in 1205 cm Tiefe
KSI 2/12 (1235-1325)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 2/11	Löss, gelblich	Manganflecken mit einem Durchmesser von 1cm
KSI 2/13 (1325-1375)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben geradlinig, nach unten leicht gewölbt	dichter als KSI 2/12	Löss	vereinzelt sekundäre Karbonatausfällungen
KSI 2/14 (1375-1410)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2-3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben leicht gewölbt, nach unten leicht wellig	wie KSI 2/13	Löss	Manganflecken mit einem Durchmesser von 3 mm
KSI 2/15 (1410-1470)	10 YR 6/4 light yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 3 Formbarkeit: 3-4 aufschuppende Reibfläche	Lt2 schwach toniger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	+++	nach oben und unten leicht wellig	dichter als KSI 2/14	lehmiger, leicht verbraunter Löss	vereinzelt Feinkies, Mangan in Naderstichform
KSI 2/16 (1470-1505)	10 YR 6/4 light yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Lt2 schwach toniger Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+++	nach oben und unten leicht wellig	sehr dicht gelagert	Lehm	sekundäre Karbonatausfällungen, teilweise weiß gesprenkelt, Mangan in Nadelstichform
KSI 2/17 (1505-1530)	10 YR 5/4 yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 4-5 Formbarkeit: 4-5 glänzende Reibflächen, Sand	Tu2 schwach schluffige r Ton	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	++	nach oben und unten leicht wellig	wie KSI 2/16	Bt (?)	schwache Toncutane, Holzkohlereste in 1515 bis 1530 cm Tiefe
KSI 2/18 (1530-1555)	7,5 YR 5/4 brown	7,5 YR 5/4 brown	Bindigkeit: 4-5 Formbarkeit: 4-5	T1 lehmiger Ton	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	++	nach oben leicht wellig	wie KSI 2/17	erscheint dunkler als KSI 2/17, lehmig, braun	schwache Toncutane, Holzkohle in 1547 cm Tiefe

6.1.3 Profil KSI 3

Das Profil KSI 3 wurde aufgrund der besseren Zugänglichkeit als einziges der drei aufgenommenen Profile der Kremser Schießstätte von der Geländeoberkante weg aufgenommen und beschrieben. Proben wurden von allen 15 hier beschriebenen Horizonten entnommen und im Labor analysiert. Das Profil misst von der Geländeoberkante bis zur Basis 685 cm.

6.1.3.1 Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie

Der Horizont KSI 3/1 ist ein locker gelagerter, gestörter Oberbodenhorizont (Rigolhorizont) aus Löss, der 40 cm mächtig ist (Tiefe 0-40 cm) und einen hohen bis sehr hohen Karbonatgehalt hat. Die Horizontgrenze zu KSI 3/2 verläuft geradlinig, Formbarkeit und Bindigkeit sind schlecht bis mäßig, die Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls). Das Grob- und Feingefüge ist polyedrisch bis subpolyedrisch. Sandkörner sind sicht- und fühlbar, die Reibflächen schuppen leicht auf. Als Trockenfarbe wurde 2,5 Y 7/3 – pale yellow und als Feuchtfarbe 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown bestimmt. Besondere Merkmale sind Pseudomycelien und Karbonatkonkretionen mit einem Durchmesser von bis zu 7 mm.

Der 65 cm mächtige (Tiefe 40-105 cm), schwach bindige und formbare Lösshorizont KSI 3/2 äußert sich farblich durch die Werte 2,5 Y 8/3 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 5/4 – light olive brown (feucht). Bodenart des etwas dichter als KSI 3/1 gelagerten Horizontes ist schwach toniger Schluff (Ut₂). Das Gefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch und der Karbonatgehalt hoch bis sehr hoch. Die untere Horizontgrenze ist leicht wellig. Besondere Merkmale sind Karbonatausfällungen mit einem Durchmesser bis 10 mm, Bioturbationen und Manganausfällungen in Nadelstichform. Wenige Sandkörner sind sicht- und fühlbar.

Der 40 cm mächtige, schwach bindige und formbare Lösshorizont KSI 3/3 wurde in einer Tiefe von 105-145 cm abgegrenzt und besteht aus schwach tonigem Schluff (Ut₂). Wenige Sandkörner sind im Gefüge sicht- und fühlbar und die Farbwerte entsprechen trocken 2,5 Y 7/4 – pale yellow und feucht 2,5 Y 5/4 – light olive brown. Das Gefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch. Der Karbonatgehalt ist hoch bis sehr hoch. Der Horizont ist etwas dichter gelagert als KSI 3/2 und seine Horizontgrenze ist nach unten hin sehr leicht wellig und von links oben nach rechts unten geneigt. Der Skelettanteil im Horizont steigt an, es finden sich mehrere mäßig abgeplattete, schlecht zugerundete, horizontal gelagerte Kiese mit einem Maximaldurchmesser von 20 mm in 130-135 cm Tiefe.

Mit dem 70 cm mächtigen (145-215 cm Tiefe) KSI 3/4 folgt ein Lösshorizont mit einem angestiegenen Skelettanteil. 2,5 Y 7/3 – pale yellow wurde als Trockenfarbe und 2,5 Y 5/4 – light olive brown als Feuchtfarbe ermittelt. Die Bindigkeit und Formbarkeit sind schlecht ausgeprägt, als Bodenart wurde daher lehmig-sandiger Schluff bestimmt. Der

Karbonatgehalt ist hoch bis sehr hoch, die Horizontgrenze verläuft nach unten geradlinig. Das Gefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch. Die Lagerung ist dicht (etwas dichter als die von KSI 3/3). Als besondere Merkmale finden sich Manganausfällungen in Nadelstichform und Kiesbänder in 150 und 180 cm Tiefe. Sandkörner sind außerdem sicht- und fühlbar.

In 215 bis 250 cm unter der Geländeoberkante wurde der Lösshorizont KSI 3/5 abgegrenzt. Der 35 cm mächtige Horizont ist schwach bindig und formbar. Die Bodenart entspricht lehmig-sandigem Schluff (Uls), die Trockenfarbe 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und die Feuchtfarbe 2,5 Y 5/4 – light olive brown (feucht). Der Karbonatgehalt ist hoch-sehr hoch und das Gefüge subpolyedrisch bis polyedrisch. Die Horizontgrenze zu KSI 3/6 ist geradlinig und leicht von links oben nach rechts unten geneigt. Die Lagerungsdichte wie auch der Skelettanteil nehmen im Vergleich zu KSI 3/4 etwas ab. Der Horizont besteht aus homogenem Löss, vereinzelt finden sich Feinkieslagen und Manganausfällungen. Sandkörner sind außerdem sicht- und fühlbar.

Mit KSI 3/6 folgt ein 75 cm mächtiger, homogener, heller Lösshorizont, der schlecht bindig und formbar ist und durch die Trockenfarbe 2,5 Y 7/3 – pale yellow sowie durch die Feuchtfarbe 2,5 Y 5/4 – light olive brown charakterisiert ist. Er weist einen hohen bis sehr hohen Karbonatgehalt auf. Die Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), das Gefüge ist polyedrisch bis subpolyedrisch. Die Horizontgrenze zu KSI 3/5 ist geradlinig und leicht von links oben nach rechts unten geneigt. Die Lagerung des Lösses ist etwas lockerer als die von Horizont KSI 3/5. Vereinzelt finden sich Feinkieslagen, Mangan in Nadelstichform ist nur mehr sporadisch auffindbar. Sandkörner sind außerdem sicht- und fühlbar.

KSI 3/7 ist ein 20 cm mächtiger (325-345 cm Tiefe), graustichiger, schlecht formbarer und bindiger Nassboden aus Löss, der trocken die Farbe 2,5 Y 7/3 – pale yellow und feucht die Farbe 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown annimmt. Er ist auf Abbildung 40 gut erkennbar. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls). Das Gefüge ist polyedrisch-subpolyedrisch, der Karbonatgehalt hoch-sehr hoch. Die Horizontgrenze zu KSI 3/8 verläuft geradlinig von links oben nach rechts unten geneigt. Die Lagerung ist lockerer als die von KSI 3/6. Es tauchen vereinzelt Feinkieslagen und Pseudomycelien auf. Sandkörner sind sicht- und fühlbar.

Mit Horizont KSI 3/8 wurde von 345 bis 430 cm Tiefe ein verbraunter Bv-Horizont abgegrenzt. Seine Mächtigkeit von 85 cm ist hoch, wie auch der Karbonatgehalt hoch bis sehr hoch ist. Formbarkeit und Bindigkeit sind schwach bis mäßig ausgeprägt, die Trockenfarbe wurde mit 2,5 Y 7/4 – pale yellow und die Feuchtfarbe mit 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown bewertet. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls), das Gefüge polyedrisch bis subpolyedrisch. Die Horizontgrenze zu KSI 3/9 ist geradlinig, verläuft aber leicht von links oben nach rechts unten geneigt. Der Horizont ist locker gelagert. Als Besonderheit sei darauf hingewiesen, dass sich ein Kiesband in 396 cm Tiefe findet und

dass mehrere verfüllte Wühl- und Wurzelgänge gefunden wurden. Sandkörner sind außerdem deutlich sicht- und fühlbar.



Abbildung 40: Übersicht über Profil KSI 3, Nassböden KSI 3/7 und KSI 3/9 als graue Bänder ersichtlich. Quelle: Eigene Aufnahme 01/2009, eigene Bearbeitung.

Mit Horizont KSI 3/9 (430-455 cm Tiefe, vgl. Abbildung 40) findet sich der zweite graustichig wirkende, 15 cm mächtige Nassboden aus Löss im Profil. Er ist locker (noch lockerer als KSI 3/8) gelagert und wurde farblich mit 2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) und mit 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown (feucht) bewertet. Bindigkeit und Formbarkeit sind schwach ausgeprägt, die Reibflächen schuppen leicht auf; als Bodenart wurde schwach toniger Schluff (U_{t2}) ermittelt. Grob- und das Feingefüge sind zwar schwach ausgeprägt, doch für einen Nassboden typischerweise plattig. Der Karbonatgehalt ist hoch bis sehr hoch. Die Horizontgrenze nach unten ist geradlinig. Es finden sich kaum mehr Manganausfällungen in Nadelstichform.

Bei Horizont KSI 3/10 handelt es sich um einen verbrauchten Lösshorizont mit 40 cm Mächtigkeit in einer Tiefe von 455-495 cm. Die Farbe entspricht dem Lössspektrum (trocken:

2,5 Y 7/4 – pale yellow, feucht: 2,5 Y 5/4 – light olive brown), Bindigkeit und Formbarkeit sind nur schwach ausgeprägt, lehmig-sandiger Schluff (Uls) wurde als Bodenart ermittelt. Das Gefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, der Karbonatgehalt ist hoch bis sehr hoch. Der Horizontgrenze zu KSI 3/11 verläuft geradlinig. Die Lagerung ist etwas dichter als die von KSI 3/9, aber immer noch locker. Sandkörner sind sicht- und fühlbar, es finden sich wenige Pseudomycelien und vereinzelt Bioturbationen sowie Manganausfällungen in Nadelstichform.

KSI 3/11 ist ein 20 cm mächtiger (495-515 cm Tiefe) graustichig wirkender Nassboden, der gleich dicht wie KSI 3/10 gelagert ist. Trocken wurde der Farbwert bei 2,5 Y 7/3 – pale yellow und feucht bei 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown gemessen. Bindigkeit und Formbarkeit sind schwach ausgeprägt, Bodenart ist schwach toniger Schluff (Ut₂). Das Gefüge ist im Groben wie im Feinen plattig, der Karbonatgehalt ist hoch bis sehr hoch. Die Horizontgrenze zu KSI 3/12 verläuft geradlinig und leicht von links oben nach rechts unten geneigt. Die Lagerungsdichte ist gleich wie die von KSI 3/10. Zu den Besonderheiten des Profils zählt ein graues Band in einer Höhe von 500-505 cm, das besonders stark unter hydromorphen Einflüssen gestanden sein dürfte. Es finden sich außerdem Molluskenreste auf 505 cm Höhe und Mangan in Nadelstichform sowie Oxidationsflecken.

KSI 3/12 ist ein 35 cm mächtiger (515-550 cm Tiefe) leicht verbrauchter Lösshorizont, der trocken 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown und feucht 2,5 Y 5/4 – light olive brown ist. Bindigkeit und Formbarkeit sind mäßig ausgeprägt, Sandkörner sind sicht- und fühlbar. Bodenart ist lehmig-sandiger Schluff (Uls). Das Grobgefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, das Feingefüge krümelig. Der Karbonatgehalt ist hoch bis sehr hoch, die Horizontgrenze zu KSI 3/13 verläuft sehr leicht gewellt, die Lagerung ist dichter als die von KSI 3/11. Der Horizont ist vom Aussehen her eher inhomogen und bioturbat, die Karbonat- und Manganausfällungen sind etwas größer als in den darüber liegenden Horizonten.

Der lehmige, stark verbrauchte fBv-Horizont KSI 3/13 wurde in 550-570 cm Tiefe abgegrenzt. Als Trockenfarbe konnte 10 YR 6/4 – light yellowish brown und als Feuchtfarbe 10 YR 5/4 – yellowish brown bestimmt werden. Der 20 cm mächtige Horizont ist gut bindig und formbar, die Reibflächen sind glatt und nicht glänzend. Als Bodenart wurde schluffiger Lehm (Lu) bestimmt. Fein- und Grobgefüge sind polyedrisch bis subpolyedrisch. Die Abgrenzung zu KSI 3/14 ist geradlinig und leicht von links oben nach rechts unten geneigt. Der Karbonatgehalt ist hoch bis sehr hoch, die Lagerung dicht. Der Horizont wirkt durch Bioturbationsspuren gesprenkelt.

Der 50 cm mächtige, dunkle (570-620 cm Tiefe) fBt-Horizont KSI 3/14 zeigt als Farbnoten 10 YR 6/4 – light yellowish brown (trocken) und 10 YR 5/4 – yellowish brown (feucht). Das Sediment sieht wie leicht rötlicher Lehm aus, die Formbarkeit und Bindigkeit sind mäßig bis gut ausgeprägt, die Reibflächen sind glatt und matt. Sand ist im Sediment kaum fühl- und

sichtbar. Bei der Bodenart handelt es sich feldmethodologisch gemessen um stark tonigen Schluff (Ut₄). Das Grobgefüge ist subpolyedrisch-polyedrisch, das Feingefüge ein Krümelgefüge. Der Karbonatgehalt ist mäßig bis hoch, also geringer als in allen bisher beschriebenen Horizonten. Die Horizontgrenze zum Horizont an der Basis ist geradlinig und leicht von links oben nach rechts unten geneigt. Die Lagerung ist dicht. Manganausfällungen finden sich in größeren Abständen zueinander mit einem Durchmesser von 3 mm.

KSI 3/15, der dunkle fBt-Horizont an der Basis, wurde von 620 bis 685 cm Tiefe verfolgt. Demgemäß ist er 65 cm mächtig, mäßig bis stark karbonathaltig und dicht gelagert (wie KSI 3/14). Er manifestiert sich in den Farben 10 YR 5/4 – yellowish brown (trocken) und 10 YR 5/6 – yellowish brown (feucht). Die Bindigkeit und die Formbarkeit sind gut bis sehr gut ausgeprägt, die Reibflächen glänzen leicht. Als Bodenart wurde stark schluffiger Ton (Tu₄) gewählt. Das Grobgefüge ist subpolyedrisch bis polyedrisch, das Feingefüge krümelig. Bemerkenswert sind zwei gut sichtbare Holzkohlehorizonte in 620 und 685 cm Tiefe.

6.1.3.2 Laborergebnisse

6.1.3.2.1 Physikalische und chemische Analytik

Zunächst soll bemerkt werden, dass der pH-Wertebereich für sämtliche Horizonte die geringe Schwankungsbreite von 7,7 (KSI 3/1) bis 8,1 (KSI 3/15) aufweist, also im alkalischen Milieu anzusiedeln ist. Der pH steigt von oben nach unten konstant an.

Die Laboranalysen der 15 Horizonte von KSI 3 haben folgende Ergebnisse hervorgebracht: Der gestörte Oberbodenhorizont KSI 3/1 enthält zu 18,6 % Ton, zu 77,7 % Schluff und zu nur 3,2 % Sand (vgl. Abbildung 41). Der Grobschluff hat einen Anteil, der größer als die Hälfte ist (51,1 %), der Kiesanteil beträgt 0,4 %. Die Bodenart entspricht Schluff (U). Der Karbonatgehalt ist mit 31,2 % sehr hoch.

Im Lösshorizont KSI 3/2 finden sich 13,8 % Ton, 79,1 % Schluff und 6,6 % Sand. Der Kiesgehalt liegt bei 0,5 %. Als Bodenart wurde Schluff (U) ermittelt, in dem vor allem der Grobschluff als Teilfraktion mit 53,8 % hervorsteht. Der Feinsandgehalt wurde mit 4,8 %igem Anteil an allen Korngrößen klassifiziert (vgl. Tabelle 7). Der Karbonatgehalt liegt bei 31,2 %.

Der Schluffgehalt im Lösshorizont KSI 3/3 nimmt noch zu und erreicht 80,2 %, der Grobschluffgehalt kommt auf 56,2 %, der Tongehalt auf 14 %, der Sandgehalt auf 5,7 % und der Kiesgehalt auf 0,1 %. Die Bodenart bleibt daher Schluff (U). Der Karbonatgehalt steigt auf 33,9 % an.

Im Lösshorizont KSI 3/4 ändert sich die Bodenart in lehmigen Schluff (IU). Das Korngrößenspektrum ist hier deutlich breiter mit einem nach wie vor hohen Schluffanteil von 68 %. Davon entfallen aber nur 41,6 % auf den Grobschluff, der in höher liegenden Horizonten mehr als die Hälfte des Gewichtes ausmacht. Feinschluff erreicht hier hohe 7,1

%, der Mittelschluff variiert kaum (19,3 %). Der Sandgehalt steigt auf 7,5 % an, der Grobsand erreicht dabei den Höchstwert im gesamten Profil mit 1,1 %, wie auch der Mittelsand mit 3,2 %. Auch der Kiesanteil ist der höchste im gesamten Profilverlauf mit 1 %. Der Tongehalt erreicht 23,4 %, was im Löss ein eher hoher Anteil ist. Der Karbonatgehalt sinkt deutlich auf 25,1 % ab. Somit trifft man ab 145 cm Tiefe auf eine leichte Verlehmung des Lösses, welcher allerdings ungestört und nicht umgelagert erscheint.

Diese leichte Verlehmung setzt sich im Horizont KSI 3/5 bis in 250 cm Tiefe fort. Als Bodenart verbleibt lehmiger Schluff (IU), der Tonanteil beträgt 18 %, der Schluffanteil 71,3 %, der Sandanteil hohe 10,3 % und der Kiesanteil 0,5 %. Der Feinsand erreicht hier seinen Höchstwert im ganzen Profil (6,6 %), der Mittelsand bleibt bei hohen 3,1 %, der Grobschluff erreicht 44,1 %. Der Karbonatgehalt kommt auf 23,8 %.

Im Lösshorizont KSI 3/6 sinkt der Tonanteil auf 15,8 %, der Schluffanteil erreicht 75,8 %, der Sandanteil 7,9 % und die Kiesfraktion 0,5 %. Die schwache Verlehmung endet hier. Die Bodenart ist wieder schluffig (U), der Karbonatgehalt erreicht bei 25,9 %.

Der leicht hydromorphe Horizont KSI 3/7 besteht hauptsächlich aus Schluff (Bodenart U). Dieser erreicht einen hohen Anteil von 84,4 %, der Ton lediglich 12,5 %, der Sand geringe 3,2 % und der Kies liegt <0,1 %. Der Grobschluff nimmt den sehr hohen Wert von 57,3 % ein, so wie der Mittelschluff den Höchstwert im Profil mit 22,2 % Anteil erreicht. Der Karbonatgehalt steigt deutlich auf den Profilhöchstwert von 34,5 % an.

Der Bv-Horizont KSI 3/8 enthält 18,7 % Ton, 76,7 % Schluff, 4,5 % Sand und 0,1 % Kies. Die Bodenart ist Schluff (U). Der Grobschluffanteil erreicht hier 50 %. Der Karbonatgehalt wurde mit eher niedrigen 22,4 % festgehalten.

Der mittels seiner leichten hydromorphen Merkmalen abgegrenzte Lösshorizont KSI 3/9 weist mit 9,5 % den geringsten Tongehalt und mit 85,9 % den höchsten Schluffgehalt im gesamten Profil auf. Der Sandanteil liegt bei 4,6 %, der Kiesanteil <0,1 %. Grobschluff nimmt 59,6 % ein und Mittelschluff 21,6 %. Die Bodenart ist Schluff (U). Der Karbonatgehalt kommt auf bei 31,3 %. Unterhalb von diesem Horizont nimmt der Karbonatgehalt deutlich ab, der Tongehalt hingegen zu.

Mit KSI 3/10 folgt ein verbraunter Lösshorizont, der als Bodenart lehmigen Schluff (IU) aufweist. Der Tongehalt entspricht 15,9 %, der Schluffgehalt 73 %, der Sandgehalt 11 % (höchster Wert im gesamten Profil) und der Kiesgehalt 0,1 %. Der Karbonatgehalt erreicht nur noch 21,5 %.

KSI 3/11 ist der dritte Nassbodenhorizont, der leichte Reduktionserscheinungen aufweist. Der Tongehalt steigt mit 16,2 % leicht an und der Schluffgehalt mit 80,3 % ebenfalls. Der Sandgehalt erreicht nur noch 3,5 %; der Horizont ist kiesfrei. Bodenart ist Schluff (U). Der Karbonatgehalt erreicht 20 %.

Es folgt mit KSI 3/12 ein leicht verbraunter Lösshorizont, der zu 19 % Ton, zu 78,2 % Schluff, zu 2,8 % Sand und zu 0,1 % Kies enthält. Der Sandgehalt ist der niedrigste im gesamten Profil. Es findet sich vor allem wenig Feinsand (1,7 %), welcher in bisher beschriebenen Horizonten die am stärksten vertretene Teilsandfraktion war. Die Bodenart ist Schluff (U) und der Karbonatgehalt erreicht nur noch 13,8 %.

Der Tongehalt erreicht im Bv-Horizont KSI 3/13 hohe 23,5 %. Die Schlufffraktion kommt auf 71 %. Die Grobschluffteilfraktion ist mit 47 % vertreten. Der Sandgehalt erreicht 5,4 %. Die Bodenartlich kommt lehmiger Schluff (IU) vor. Der Karbonatgehalt sinkt auf 10 %. KSI 3/14 ist ein fBt-Horizont mit einem hohen Tongehalt von 30,4 %. Der Schluffgehalt geht weiter zurück und kommt auf 62,3 % (niedrigster Wert im Profil), der Sand kommt auf 7,3 %, der Horizont ist zur Gänze kiesfrei. Grobschluff und Mittelschluffgehalt erreichen mit 38,6 % bzw. 17,2 % ihren niedrigsten Anteil im gesamten Profil. Der Karbonatgehalt sinkt auf 6,7 %. Die Bodenart ist schluffiger Lehm (uL).

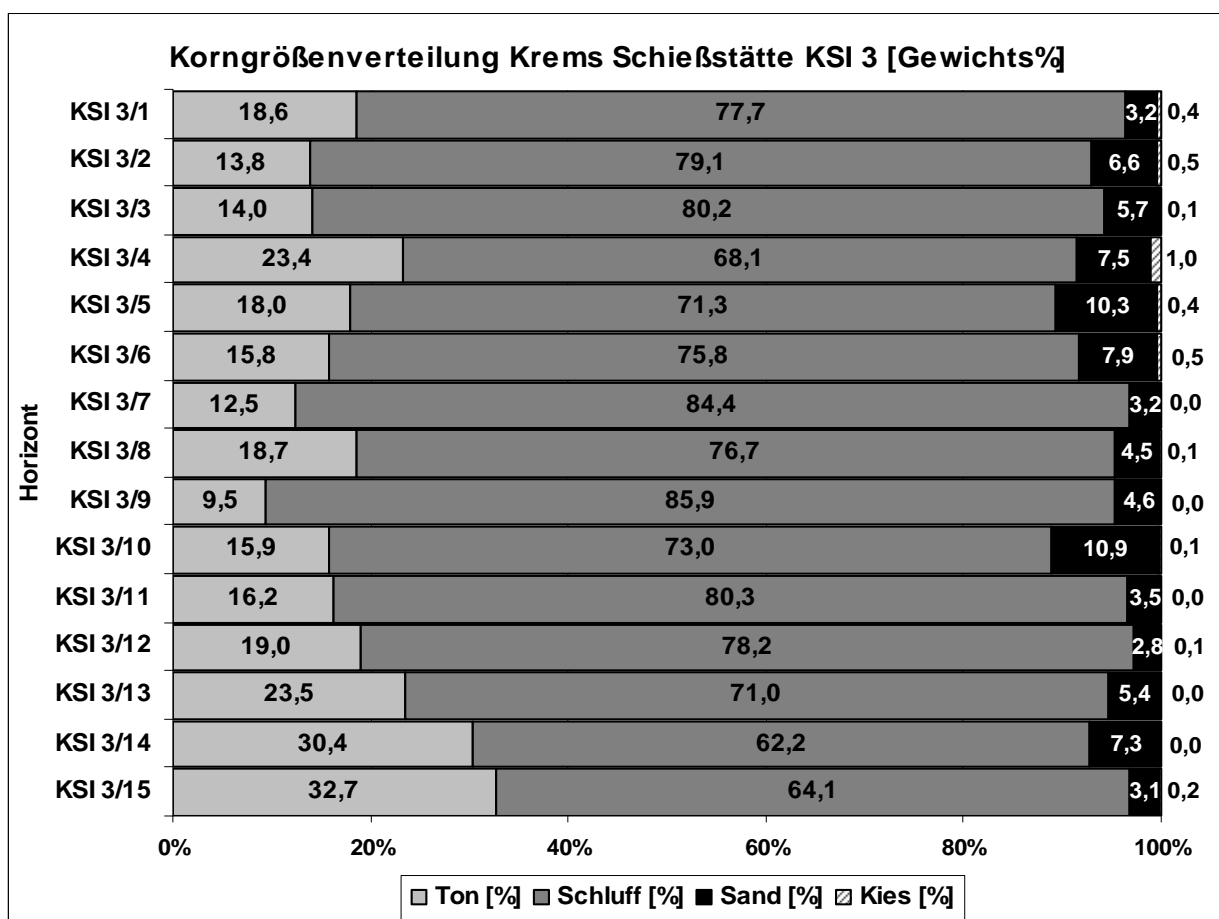


Abbildung 41: Korngrößenverteilung in Prozent, Profil KSI 3

Um schluffigen Lehm (uL) handelt es sich auch beim Sediment des fBt-Horizontes KSI 3/15, der als untersten Horizont im Profil abgegrenzt wurde. Hier wurde der im Profil KSI 3 höchste Tongehalt mit 32,7 % gemessen. Der Karbonatgehalt sinkt mit 4,6 % auf den profilweit

niedrigsten Wert. Der Schluffgehalt kommt auf auf 64,1 %, davon sind 8,1 % Feinschluff, der den höchsten Anteil im Profil erreicht. Die Mittel- und Grobschluffanteile bleiben gering (17,2 % und 38,8 %). Der Sand kommt auf nur 3,1 %.

Tabelle 7: Sedimentologische Ergebnisse, Profil KSI 3. fBt-Horizonte grau hinterlegt.

Horizont	Tiefe [cm]	T [%]	FU [%]	MU [%]	GU [%]	Σ U [%]	FS [%]	MS [%]	GS [%]	Σ S [%]	K [%]	Textur	pH	Karb.[%]
KSI 3/1	0-40	18,6	6,5	20,1	51,1	77,7	1,5	1,4	0,4	3,2	0,4	U	7,7	31,2
KSI 3/2	40-105	13,8	5,8	19,5	53,8	79,1	4,8	1,6	0,2	6,6	0,5	U	7,8	31,2
KSI 3/3	105-145	14,0	5,1	18,9	56,1	80,2	3,9	1,6	0,3	5,7	0,1	U	7,9	33,9
KSI 3/4	145-215	23,4	7,1	19,3	41,6	68,1	3,3	3,2	1,0	7,5	1,0	IU	7,9	25,1
KSI 3/5	215-250	18,0	6,9	20,2	44,1	71,3	6,6	3,1	0,6	10,3	0,4	IU	8,0	23,8
KSI 3/6	250-325	15,8	5,9	19,7	50,2	75,8	5,3	2,1	0,5	7,9	0,5	U	8,0	25,9
KSI 3/7	325-345	12,5	4,8	22,2	57,3	84,4	2,6	0,5	0,1	3,2	0,0	U	8,0	34,5
KSI 3/8	345-430	18,7	5,8	20,9	50,0	76,7	2,3	1,9	0,3	4,5	0,1	U	8,0	22,4
KSI 3/9	430-455	9,5	4,8	21,6	59,6	85,9	3,7	0,8	0,2	4,6	0,0	U	8,0	31,3
KSI 3/10	455-495	15,9	4,8	16,3	51,9	73,0	7,2	3,1	0,7	10,9	0,1	IU	8,0	21,5
KSI 3/11	495-515	16,2	7,5	20,1	52,7	80,3	3,0	0,5	0,1	3,5	0,0	U	8,0	20,0
KSI 3/12	515-550	19,0	6,9	18,3	52,9	78,2	1,7	0,9	0,2	2,8	0,1	U	8,0	13,8
KSI 3/13	550-570	23,5	7,2	16,9	46,9	71,0	4,3	1,0	0,1	5,4	0,0	IU	8,0	10,0
KSI 3/14	570-620	30,4	7,7	15,9	38,6	62,2	5,8	1,3	0,3	7,3	0,0	uL	8,0	6,7
KSI 3/15	620-685	32,7	8,1	17,2	38,8	64,1	2,0	0,9	0,2	3,1	0,2	uL	8,1	4,6

T: Ton (<2 µm), U: Schluff, FU: Feinschluff (2-6,3 µm), MU: Mittelschluff (6,3-20 µm), GU: Grobschluff (20-63 µm), S: Sand, FS: Feinsand (0,063-0,2 mm), MS: Mittelsand (0,2-0,63 mm), GS: Grobsand (0,63-2 mm)

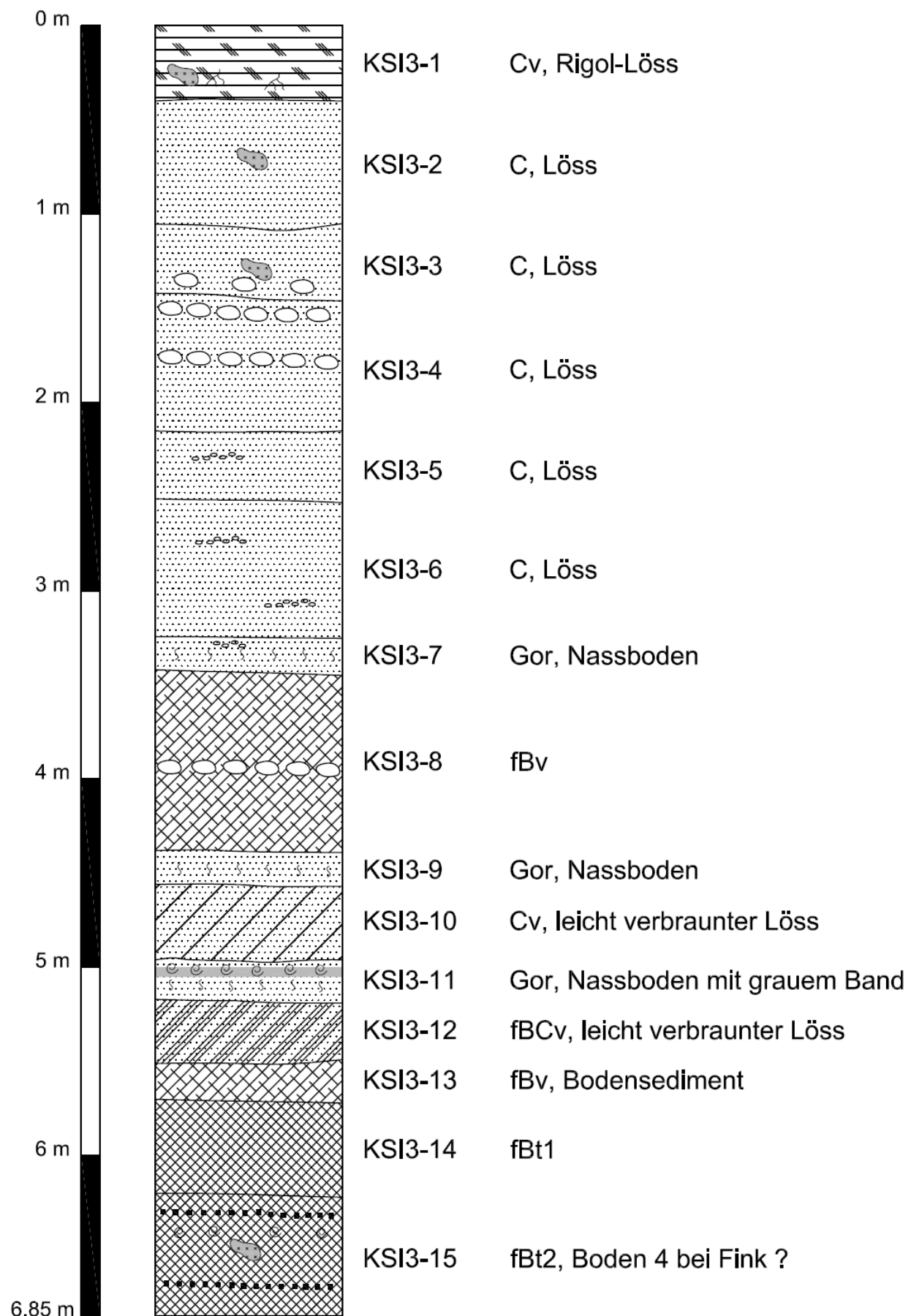


Abbildung 42: Profilzeichnung von KSI 3 mit Feldanalysedaten

Horizont (cm Tiefe)	Farbe		Textur- merkmale	Textur	Struktur	Kalk- ge- halt	Grenze	Lager- ung	Krite- rium	Sonstiges
	trocken	nass								
KSI 3/1 (0-40)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 wenige Sandkörner sichtbar, leicht aufschuppende Reibfläche	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben GOK, nach unten geradlinig	locker	gestörter Oberboden	im unteren Bereich Pseudomyzelien, Vereinzelt sekundäre Karbonatkonkretionen mit Durchmesser von bis zu 7 mm
KSI 3/2 (40-105)	2,5 Y 8/3 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 wenige Sandkörner sicht- und fühlbar	Ut2 schwach toniger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben geradlinig, nach unten sehr leicht wellig	etwas dichter als KSI 3/1	Löss	sekundäre Karbonatausfällungen mit Durchmesser bis 1 cm, Mangan in Nadelstichform, vereinzelt Bioturbationsspuren
KSI 3/3 (105-145)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 wenige Sandkörner sicht- und fühlbar	Ut2 schwach toniger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben und unten sehr leicht wellig, nach unten von links nach rechts geneigt	etwas dichter als KSI 3/2	Löss, Skelettantei I höher	mäßig abgeplattete, schlecht zugerundete, horizontal gelagerte Kiese mit Durchmesser von bis zu 2 cm in 130 und 135 cm Tiefe
KSI 3/4 (145-215)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 1 Formbarkeit: 1-2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben sehr leicht wellig, von links nach rechts, nach unten geradlinig	dichter als KSI 3/3	Löss, Skelettantei I steigt weiterhin an	Kiesbänder in 150 und 180 cm Tiefe, Mangan in Nadelstichform
KSI 3/5 (215-250)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben und unten geradlinig	lockerer als KSI 3/4	Löss, Skelettantei I nimmt ab	homogener Horizont, vereinzelt Feinkies, Mangan in Nadelstichform
KSI 3/6 (250-325)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben und unten geradlinig	etwas lockerer als KSI 3/5	Löss, etwas heller als KSI 2/5	homogener Horizont, vereinzelt Feinkies, Mangan in Nadelstichform nur mehr vereinzelt
KSI 3/7 (325-345)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben und unten geradlinig	lockerer als KSI 3/6	Nassboden , erscheint gräulich	vereinzelt Pseudomyzelien und Feinkies
KSI 3/8 (345-430)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 2 Sandkörner deutlich sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 3/7	Verbraunung	Wühl- und Wurzelgänge, wenig Mangan in Nadelstichform, Kiesband in 396 cm Tiefe
KSI 3/9 (430-455)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 aufschuppende Reibfläche	Ut2 schwach toniger Schluff	grob: plattig (schwach ausgeprägt) fein: plattig (schwach ausgeprägt)	++++	nach oben und unten geradlinig	locker gelagert	Nassboden , erscheint gräulich	kaum Mangan in Nadelstichform
KSI 3/10 (455-495)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben und unten geradlinig	dichter als KSI 3/9	leicht verbraunter Löss	wenige Pseudomyzelien, vereinzelt Bioturbationen, Mangan in Nadelstichform
KSI 3/11 (495-515)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit: 1 Formbarkeit: 1-2	Ut2 schwach toniger Schluff	grob: plattig (schwach ausgeprägt) fein: plattig (schwach ausgeprägt)	++++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 3/10	Nassboden , erscheint gräulicher	graues Band in 500 bis 505 cm Tiefe, erscheint heller, Molluskenreste in 505 cm Tiefe, Mangan in Nadelstichform, Oxidationsflecken
KSI 3/12 (515-550)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/4 light olive brown	Bindigkeit: 2-3 Formbarkeit: 2-3 Sandkörner sicht- und fühlbar	Uls lehmig- sandiger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	++++	nach oben und unten geradlinig	dichter als KSI 3/11	leicht verbraunter Löss	weniger homogen, mehr bioturbat, etwas größere Ausfällungen
KSI 3/13 (550-570)	10 YR 6/4 light yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 3-4 Formbarkeit: 3-4 glatte, nicht glänzende Reibfläche	Lu schluffige r Lehm	grob: (sub)polyedrisch fein: (sub)polyedrisch	++++	nach oben und unten geradlinig	dichter als KSI 3/12	lehmig, stärker verbraunt als KSI 3/12	gesprenkelt durch Bioturbationsspuren
KSI 3/14 (570-620)	10 YR 6/4 light yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 3 Formbarkeit: 3 glatte, nicht glänzende Reibfläche, Sand kaum sicht- und fühlbar	Ut4 stark toniger Schluff	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+++	nach oben und unten geradlinig	wie KSI 3/13	rötlicher Lehm, fBt- Horizont	Manganflecken mit einem Durchmesser von 3 mm, in größeren Abständen zueinander
KSI 3/15 (620-685)	10 YR 5/4 yellowish brown	10 YR 5/6 yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4 leicht glänzende Reibfläche	Tu4 stark schluffige r Ton	grob: (sub)polyedrisch fein: Krümelgefüge	+++	nach oben geradlinig	wie KSI 3/14	fBt-Horizont	Wenige Pseudomyzelien und Molluskenreste Holzkohlehorizont in 620 & 685 cm Tiefe, Boden 4 bei Fink?

6.1.3.2.2 Elementaranalysen: Kohlenstoff und Schwefel

Im Oberbodenhorizont KSI 3/1 findet sich mit 4,82 % der höchste Gesamtkohlenstoffgehalt im ganzen Profil (vgl. Tabelle 8). Der Gehalt an organischem Kohlenstoff beträgt 0,23 % und der an mineralischem 4,59 % (Höchstwert im Profil). Der Schwefelgehalt ist mit 237 ppm relativ hoch. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff am Gesamtkohlenstoff beträgt lediglich knappe 5 %.

Im Lösshorizont KSI 3/2 wurden analytisch 4,22 % an Gesamtkohlenstoff nachgewiesen; 0,33 % sind organisch und 3,88 % mineralisch. Der Schwefelgehalt sinkt auf 198 ppm. Der mineralische Kohlenstoffanteil bleibt auf das Profil KSI 3 bezogen hoch.

Horizont KSI 3/3 aus Löss zeichnet sich durch einen Gesamtkohlenstoffgehalt von 4,2 % aus. Der organische Kohlenstoffgehalt steigt auf 0,36 % an und der mineralische erreicht 3,84 %. Der Schwefelgehalt kommt auf 186 ppm.

Im Lösshorizont KSI 3/4 sinken der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 3,27 %, der organische auf 0,22 % und der mineralische auf 3,04 %. Der Schwefelgehalt sinkt ebenfalls auf 160 ppm.

Im Lösshorizont KSI 3/5 wurde mit 115 ppm ein noch geringerer Schwefelgehalt ermittelt. Der Gesamtkohlenstoff kommt auf 3,19 %, während der organische 0,21 % und der mineralische 2,98 % erreichen.

Die Analyse des Lösshorizontes KSI 3/6 ergab einen Schwefelgehalt von 139 ppm, einen Gesamtkohlenstoffanteil von 3,22 %, einen organischen von 0,22 % und einen mineralischen Kohlenstoffgehalt von 3 %.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt im Nassboden KSI 3/7 erreicht hohe 4,54 % und den niedrigen Schwefelgehalt von 109 ppm. Es wurden 0,19 % an organischem und 4,35 % an mineralischem Kohlenstoff gemessen.

Im Bv-Horizont KSI 3/8 sinkt der Gesamtkohlenstoffgehalt deutlich auf 2,89 % ab. Der organische Kohlenstoffanteil liegt bei 0,18 % und der mineralische bei 2,71 %. Der Schwefelgehalt wurde mit 143 ppm ermittelt.

Im Nassboden KSI 3/9 steigt der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 4,08 % an. Von diesem Horizont an nimmt er in Richtung Profilbasis nur mehr ab. Der organische Kohlenstoffgehalt erreicht hier seinen Tiefstwert im Profil (0,17 %), der mineralische liegt bei 3,91 %. Der mineralische Kohlenstoffgehalt nimmt in Richtung Profilbasis nur mehr ab. Der Schwefelgehalt sinkt auf 105 ppm.

Im Folgehorizont KSI 3/10, der aus verbrauntem Löss besteht, wurde analytisch ein Gesamtkohlenstoffgehalt von 2,98 % festgestellt. Die Analysen zum organischen Kohlenstoffgehalt ergaben 0,19 % und die zum mineralischen 2,79 % der absolut trockenen Probe.

Im Nassbodenhorizont KSI 3/11 sinkt der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 2,62 %, der organische steigt auf 0,24 % und der mineralische Kohlenstoffgehalt sinkt auf 2,37 %. Der Schwefelgehalt steigt und kommt auf 168 ppm.

Der leicht verbrauchte Lösshorizont KSI 3/12 zeichnet sich durch den stark angestiegenen Schwefelgehalt von 268 ppm aus. Der Gesamtkohlenstoff wurde mit 1,92 %, der organische mit hohen 0,31 % und der mineralische Kohlenstoffgehalt mit 1,61 % des Probengewichtes ermittelt. Der organische Kohlenstoff nimmt damit zu rund 16 % Anteil am Gesamtkohlenstoff.

Der Bv-Horizont KSI 3/13 erweist sich als ein besonders stark mit Schwefel angereicherter: Er enthält im Profil den Höchstwert mit 364 ppm. Der Gesamtkohlenstoffgehalt erreicht noch 1,45 %, der mineralische Kohlenstoff 1,19 % und der organische 0,25 %.

Der lehmige fBt-Horizont KSI 3/14 erreicht mit 80 ppm den geringsten Schwefelgehalt im gesamten Profil, wobei im darüber liegenden Horizont der höchste Schwefelanteil erreicht wurde. Der Gesamtkohlenstoff geht auf 1,03 % zurück, der organische kommt auf 0,25 % (beinahe ein Viertel des Gesamtkohlenstoffes) und der mineralische auf 0,78 %.

Der geringste Gesamtkohlenstoffgehalt des Profils fand sich mit 0,69 % im fBt-Basishorizont KSI 3/15, der aber in der Analyse gleichzeitig den deutlich höchsten Gehalt an organischem Kohlenstoff zeigte, der bei 0,52 % lag. Somit sind rd. drei Viertel des Gesamtkohlenstoffes organischer Herkunft. Der mineralische Kohlenstoff kommt auf seinen deutlich niedrigsten Wert mit 0,18 % des absolut trockenen Gewichts der analysierten Probe.

Im Oberbodenhorizont KSI 3/1 findet sich mit 4,82 % der höchste Gesamtkohlenstoffgehalt im ganzen Profil, der Gehalt an organischem Kohlenstoff beträgt 0,23 % und der an mineralischem 4,59 % (Höchstwert im Profil). Der Schwefelgehalt ist mit 237 ppm relativ hoch. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff am Gesamtkohlenstoff beträgt lediglich knappe 5 %.

Im Lösshorizont KSI 3/2 wurden analytisch 4,22 % an Gesamtkohlenstoff nachgewiesen. 0,33 % sind organisch und 3,88 % mineralisch. Der Schwefelgehalt sinkt auf 198 ppm. Der mineralische Kohlenstoffanteil bleibt auf das Profil KSI 3 bezogen hoch.

Horizont KSI 3/3 aus Löss zeichnet sich durch einen Gesamtkohlenstoffgehalt von 4,2 % aus. Der organische Kohlenstoffgehalt steigt auf 0,36 % an und der mineralische erreicht 3,84 %. Der Schwefelgehalt kommt auf 186 ppm.

Im Lösshorizont KSI 3/4 sinkt der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 3,27 %, der organische auf 0,22 % und der mineralische auf 3,04 %. Der Schwefelgehalt sinkt ebenfalls auf 160 ppm.

Im Lösshorizont KSI 3/5 wurde mit 115 ppm ein noch geringerer Schwefelgehalt ermittelt. Der Gesamtkohlenstoff kommt auf 3,19 %, während der organische 0,21 % und der mineralische 2,98 % erreicht.

Die Analyse des Lösshorizontes KSI 3/6 ergab einen Schwefelgehalt von 139 ppm, einen Gesamtkohlenstoffanteil von 3,22 %, einen organischen von 0,22 % und einen mineralischen Kohlenstoffgehalt von 3 %.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt im Nassboden KSI 3/7 erreicht hohe 4,54 % und den niedrigen Schwefelgehalt von 109 ppm. Es wurden 0,19 % an organischem und 4,35 % an mineralischem Kohlenstoff gemessen.

Im Bv-Horizont KSI 3/8 sinkt der Gesamtkohlenstoffgehalt deutlich auf 2,89 % ab. Der organische Kohlenstoffanteil liegt bei 0,18 % und der mineralische bei 2,71 %. Der Schwefelgehalt wurde mit 143 ppm ermittelt.

Im Nassboden KSI 3/9 steigt der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 4,08 % an. Von diesem Horizont an nimmt er in Richtung Profilbasis nur mehr ab. Der organische Kohlenstoffgehalt erreicht hier seinen Tiefstwert im Profil (0,17 %), der mineralische liegt bei 3,91 %. Der mineralische Kohlenstoffgehalt nimmt in Richtung Profilbasis nur mehr ab. Der Schwefelgehalt sinkt auf 105 ppm.

Im Folgehorizont KSI 3/10, der aus verbrauntem Löss besteht, wurde analytisch ein Gesamtkohlenstoffgehalt von 2,98 % festgestellt. Die Analysen zum organischen Kohlenstoffgehalt ergaben 0,19 % und die zum mineralischen 2,79 % der absolut trockenen Probe.

Im Nassbodenhorizont KSI 3/11 sinkt der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 2,62 %, der organische steigt auf 0,24 % und der mineralische Kohlenstoffgehalt sinkt auf 2,37 %. Der Schwefelgehalt steigt und kommt auf 168 ppm.

Der leicht verbrauchte Lösshorizont KSI 3/12 zeichnet sich durch den stark angestiegenen Schwefelgehalt von 268 ppm aus. Der Gesamtkohlenstoff wurde mit 1,92 %, der organische mit hohen 0,31 % und der mineralische Kohlenstoffgehalt mit 1,61 % des Probengewichtes ermittelt. Der organische Kohlenstoff nimmt damit zu rund 16 % Anteil am Gesamtkohlenstoff.

Der Bv-Horizont KSI 3/13 erweist sich als besonders stark mit Schwefel angereicht: Er enthält im Profil den Höchstwert mit 364 ppm. Der Gesamtkohlenstoffgehalt erreicht noch 1,45 %, der mineralische Kohlenstoff 1,19 % und der organische 0,25 %.

Der lehmige fBt-Horizont KSI 3/14 erreicht mit 80 ppm den geringsten Schwefelgehalt im gesamten Profil, wobei im darüber liegenden Horizont im Profil der höchste Schwefelanteil erreicht wurde. Der Gesamtkohlenstoff geht auf 1,03 % zurück, der organische kommt auf 0,25 % (beinahe ein Viertel des Gesamtkohlenstoffes) und der mineralische auf 0,78 %.

Den geringsten Gesamtkohlenstoffgehalt des Profils nimmt mit 0,69 % der fBt-Basishorizont KSI 3/15 ein, der aber in der Analyse gleichzeitig den deutlich höchsten Gehalt an organischem Kohlenstoff zeigte, der bei 0,52 % lag. Somit sind rd. drei Viertel des

Gesamtkohlenstoffes organischer Herkunft. Der mineralische Kohlenstoff kommt auf seinen deutlich niedrigsten Wert mit 0,18 % des absolut trockenen Gewichts der analysierten Probe.

Tabelle 8: Ergebnisse der Elementaranalysen, Profil KSI 3

Horizont	Tiefe [cm]	C _{ges} [%]	C _{org} [%]	C _{min} [%]	S [ppm]
KSI 3/1	0-40	4,82	0,23	4,59	237
KSI 3/2	40-105	4,22	0,33	3,88	198
KSI 3/3	105-145	4,20	0,36	3,84	186
KSI 3/4	145-215	3,27	0,22	3,04	160
KSI 3/5	215-250	3,19	0,21	2,98	115
KSI 3/6	250-325	3,22	0,22	3,00	139
KSI 3/7	325-345	4,54	0,19	4,35	109
KSI 3/8	345-430	2,89	0,18	2,71	143
KSI 3/9	430-455	4,08	0,17	3,91	105
KSI 3/10	455-495	2,98	0,19	2,79	110
KSI 3/11	495-515	2,62	0,24	2,37	168
KSI 3/12	515-550	1,92	0,31	1,61	268
KSI 3/13	550-570	1,45	0,26	1,19	364
KSI 3/14	570-620	1,03	0,25	0,78	80
KSI 3/15	620-685	0,69	0,52	0,18	161

6.1.4 Zusammenfassung und Interpretation

6.1.4.1 Profil KSI 1

Das auf Abbildung 37 dargestellte Profil KSI 1 ist mit 10,3 m und 23 Horizonten das mächtigste analysierte Profil der Schießstätte. Die Aufnahme wurde nicht von der Geländeoberkante (GOK) weg durchgeführt, sondern ab 7 m unterhalb derselben, weshalb ein holozäner Boden als Auflage nicht dokumentiert wurde. Löss bildet das Substrat, das den Großteil der Profilhorizonte ausmacht (C- und stärker verwitterte Cv-Horizonte). Mit den Horizonten KSI 1/1 (700 – 740 cm ab GOK), KSI 1/4 (870 – 900 cm ab GOK), KSI 1/7 zusammen mit KSI 1/8 (1070 – 1110 cm ab GOK) finden sich im Profil drei fossile, leicht verbraunte, kalkhaltige fBcv-Horizonte, die sich optisch durch die dunkleren Farbnuancen im Profil hervorheben. Analytisch lassen sie sich jedoch nur schwer von Löss differenzieren, da die Korngrößenverteilung sich nicht signifikant ändert. Die Verwitterungsintensität der fBcv-Horizonte ist also gering, was auf Bildung während Interstadialen schließen lässt. Auch organischer Kohlenstoffgehalt, Textur, Kalkgehalt, Farbe und Struktur unterscheiden sich nicht wesentlich von den sie umgebenden Lösshorizonten. Der Schwefelgehalt der Horizonte ist in Relation zu den Lössen (C-Horizonte, cm 740-1340) gesehen etwas geringer (Mittelwert fBcv-Horizonte: 126 ppm, Mittelwert Löss-C-Horizonte: 168 ppm). Das kann als Indikator für ein humideres Klima während der Bildung der fBcv-Horizonte gewertet werden,

da Sulfate durch Niederschlagswasser ausgewaschen werden können: Die C- (Löss)Horizonte können eine Anreicherung von Schwefel durch Zufuhr über Niederschläge oder äolische Sedimente erfahren haben (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:321 f.). Die Lösshorizonte zeichnen sich durch eine typische Lössfarbe (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:91) im Bereich 2,5 6/4 (light yellowish brown) bis 5/4 (light olive brown) aus und beinhalten teilweise Mollusken. Bodenart ist lehmiger Schluff (IU), der Karbonatgehalt bewegt sich zwischen 5 und 19 % und sinkt in den Horizonten KSI 1/12 und KSI 1/13 deutlich ab.

Die acht (Teil)Horizonte KSI 1/14 bis KSI 1/19 (cm 1360-1695) werden aufgrund verschiedener Indikatoren als fossile, tonige fBt-Horizonte bezeichnet und als solche durchnummeriert (fBt1 bis fBt8). Sie stammen aus mehreren interglazialen Bodenbildungsphasen und erscheinen heute in Form eines mit 3,35 m sehr mächtigen Pedokomplexes. Humose Oberbodenhorizonte dazu fehlen zur Gänze.

Die drei oberen Pedokomplexhorizonte KSI 1/14 bis KSI 1/16 zeichnen sich durch eine noch etwas schwächere Verbraunung aus, sind kalkhaltig (5-7 %) und weisen einen deutlich erhöhten Tongehalt von 38-41 % (Lösshorizonte: 23–27 %) auf, weshalb die Bodenart zu Lehm (L) bzw. zu sogar lehmigem Ton (IT) wechselt. Schluff- und Sandfraktion gehen zurück, was mit den hohen Tongehalten und dem niedrigen Kalkgehalt auf eine starke Verwitterungsintensität schließen lässt. Es finden sich Holzkohlereste (KSI 1/16) sowie Knochenreste (KSI 1/14).

Die folgenden fünf (Teil)Horizonte KSI 1/17 bis KSI 1/19 sind sehr stark verbraunt, von lehmiger Bodenart (L) und weisen einen hohen Tongehalt (35-37 %) auf. Auffällig ist die teilweise komplette Entkalkung (0,4–1,7 %, erst KSI 1/19 wieder ansteigend auf 6,2 %), was den hohen Verwitterungsgrad deutlich macht, außerdem der stark angestiegene Schwefelgehalt (300-400 ppm, außer KSI 1/17a) und der stark reduzierte Gehalt an organischer Substanz (0,13 bis 0,21%, außer in KSI 1/17a mit 0,38 % hoch). Es kommen außerdem Tonkutane im Horizont KSI 1/18a und 1/18b vor. Holzkohlereste und Karbonatkonkretionen finden sich häufig in den Horizonten KSI 1/17 und KSI 1/18a. Die Farbe ändert sich im Pedokomplex von den typischen Lössfarben (nach MUNSELL) im Bereich von 2,5 Y auf 10 YR 4/6 dark yellowish brown bis 10 YR 6/6 brownish yellow.

Das Klima, welches zur Bildung der Pedokomplex-Horizonte führte, muss ausgeprägt warm und humid gewesen sein (Jahresniederschlag maximal zwischen 700-1000 mm, vgl. Abbildung 10), ansonsten wäre die intensive chemische Verwitterung und Auslaugung nicht möglich gewesen. Die intensive braune bis rostbraune Färbung lässt auf Goethit (FeOOH) zusammen mit geringen Anteilen von Hämatit als vorherrschende Eisenoxide schließen. Goethit wird in feucht-warmen klimatischen Milieus, Hämatit in eher trockeneren, sehr warmen gebildet (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:26 f.). Der Vegetationstypus auf den heutigen Paläoböden dürfte daher als Standort für geschlossenen Wald bis hin zur

Waldsteppe gehandelt haben (PÉCSI & RICHTER 1996:85 und Abbildung 10). Aufgrund des geringen Gehaltes an organischer Substanz muss es sich um B-Horizonte von Braunerden handeln (PÉCSI & RICHTER 1996:113).

Die Horizonte des Profils lassen keine Schlüsse auf aquatisch bedingte Umlagerung oder starke solifluidale Verlagerung zu. Der Pedokomplex ist jedoch durch seine Mächtigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit kein Produkt eines einzigen Interglazials, weshalb erosive Prozesse, die kaltzeitliche Sedimente zwischen den sukzessive in Warmzeiten gebildeten Böden abtrugen, in diesem Profilabschnitt wahrscheinlich eine Rolle spielten. Die Lagerung, die als ausgeprägt zu bezeichnende Struktur (Gefüge sub/polyedrisch bis krümelig) und das Fehlen von unsortierten Kiesen ermöglichen es, den Pedokomplex als ungestört einzustufen. Der Pedokomplex wird im Hangenden wie im Liegenden von einem leicht verbraunten BC-Horizont (BCv, KSI 1/13 und KSI 1/20) begrenzt. Im Liegenden wird mit Horizont KSI 1/21 reiner Löss angetroffen (deutlich niedriger Tongehalt, deutlich höherer Kalkgehalt, schwache Verbraunung), in welchem sich vermehrt große Karbonatkonkretionen finden.

Der pH-Wert bleibt über das gesamte Profil konstant im alkalischen Bereich (7,6-8,0), es ist jedoch in den Horizonten des Pedokomplexes ein leichtes Absinken von 8,0 auf 7,9 zu beobachten, was auf den etwas weniger alkalischen Paläobodenchemismus während der Pedogenese zurückzuführen ist.

Das Sedimentationsmilieu für das Profil KSI 1 ist als durchgehend terrestrisch einzustufen. (Pseudo-)Vergleungserscheinungen fehlen komplett, Manganoxidflecken finden sich über das gesamte Profil verstreut, weshalb ein reduzierendes Milieu in keinem der Horizonte nachweisbar ist. Das lässt auf gute Durchlässigkeit des Lösses schließen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:126 und 330).

Das Profil ist paläomagnetisch normal gepolt, nur im Horizont KSI 1/19 und ansatzweise auch in KSI 1/18B findet sich eine Exkursion, eine kurze Änderung in reverse Werte. Die Brunhes-Matuyama-Grenze wurde somit nicht angetroffen, weshalb ein Alter der Böden unter 780.000 Jahren BP anzunehmen ist. Der Pedokomplex kann aufgrund seiner außerordentlichen Mächtigkeit auch aus dem Mindel/Riß-Interglazial, dem „großen“, besonders lang andauernden Interglazial (wissenschaftlich überholtes Interglazialkonzept) stammen. Hierbei würde es sich um die „Göttweiger Verlehmungszone“ (GÖTZINGER 1936) handeln. FINK (1976 und 1978) bezieht sich auf den Paläoboden KR 4 (vgl. Abbildung 11), wenn er diese Verlehmungszone nennt. Aufgrund der Detailzeichnung der Schießstattwestwand (ostexponiert) auf Tafel II (FINK 1978, Anhang) kann davon ausgegangen werden, dass es sich hier um den Paläoboden KR 4 handelt (vgl. Abbildung 53). Die darüber liegenden Löss sind wahrscheinlich jünger, weshalb es sich bei KSI 1 um ein mittel- bis jungpleistozänes Profil handeln dürfte.

Aus heutiger, wissenschaftlicher Sicht ist das „große“ Interglazial kein zusammenhängender, sondern vielmehr ein Klimaschwankungen unterlegener, kühlerer Abschnitt des Mittelpleistozäns (vgl. $\delta^{18}\text{O}$ – Kurve, Abbildung 1). Die im Profil KSI 1 entdeckte „Göttweiger Verlehmungszone“ wird als Interglazialkomplex aus mehreren Interglazialen angesprochen. Erwähnenswert ist der hohe Schwefelgehalt des Pedokomplexes. Es scheint einen Zusammenhang zwischen Verwitterungsgrad und Schwefelakkumulation in Paläoböden zu geben, der wissenschaftlich noch genauer zu untersuchen ist.

6.1.4.2 Profil KSI 2

Das Profil KSI 2 (Zeichnung siehe Abbildung 39) wurde im Gelände aufgenommen, um eine Korrelation zwischen KSI 1 und KSI 3 zu ermöglichen. Es erfolgten keine Laboranalysen. Das Profil umspannt 805 cm der an dieser Stelle über 15 m hohen Lösswand und wurde gegenüber dem Profil KSI 1 ca. 15 m in Richtung Osten versetzt. Das Profil wurde an der gleichen Nordwand der Schießstätte (Exposition in Richtung Süden) wie KSI 1 erstellt.

Die Löss-Paläoboden-Sequenz umfasst vor allem Lösshorizonte, in die zwei fossile, leicht verbraunte BC-Horizonte eingeschaltet sind (fBCv, KSI 2/4 und KSI 2/15) und ein weiterer eine rostbraune Färbung aufweist (KSI 2/1). Die Horizonte an der Basis des Profils wurden als fossile, tonige B-Horizonte (fBt, KSI 2/16 bis KSI 2/18) identifiziert, in welchen sich Holzkohlereste und Karbonatkonkretionen finden. Sie weisen im Vergleich zu den Lösshorizonten im Hangenden feldanalytisch einen geringeren Karbonatgehalt auf.

Die Bodenart ändert sich von lehmig-sandigem Schluff (Uls) in den Horizonten KSI 2/1 bis KSI 2/14 in schwach tonigen Lehm (Lt₂, KSI 2/15 und KSI 2/16) über schwach schluffigen Ton (Tu₂, KSI 2/17) bis hin zu lehmigem Ton (TI, KSI 2/18) (vgl. Bodenkundliche Kartieranleitung, AD-HOC ARBEITSGRUPPE BODEN 2005). Die Farbe ändert sich in den fossilen B-Horizonten von typischen Lössfarben (2,5 Y 5/4 bis 8/3, Horizonte KSI 2/1 bis KSI 2/14) in 10 YR 6/4 (light yellowish brown) und 5/4 (yellowish brown) bis zu 7,5 YR 5/4 (brown, KSI 2/18). Das Grob- und Feingefüge der Lösshorizonte ist subpolyedrisch, das Grobgefüge der fBt-Horizonte ebenso, während das Feingefüge krümelig ist. In den fBt-Horizonten wurden Tonkutane als Zeichen von Tonverlagerungsprozessen gefunden.

Es ist anzunehmen, dass die drei fBt-Horizonte KSI 2/16 bis KSI 2/18 Teile des Pedokomplex' des Profils KSI 1 sind. Bodenart, Gefüge, Karbonatgehalt (Geländebestimmung), Farbe sowie Holzkohlebänder deuten darauf hin (vgl. FINK 1978 Anhang: Tafel II und 1976:85 ff.). Es fehlen aber die Verbraunungshorizonte (fBcv) im Hangenden zur Korrelation der Profile KSI 1 und KSI 2. Es ist aber denkbar, dass diese schwach ausgeprägten Horizonte bald auskeilen. Die Paläoumweltbedingungen entsprachen in Profil KSI 2 denen im Profil KSI 1.

6.1.4.3 Profil KSI 3

Das dritte Schießstatt-Profil KSI 3 (Zeichnung siehe Abbildung 42) befindet sich auf der gleichen, südexponierten Lösswand wie die anderen zwei, ist aber von der Geländeoberkante weg aufgenommen. Die Löss-Paläoboden-Sequenzen dieser Wand verlieren in Richtung Osten an Mächtigkeit, weshalb anzunehmen ist, dass manche Horizonte auskeilen.

Auch in diesem östlichsten der drei ca. 70 m voneinander entfernten Profile bildet Löss das Ausgangssubstrat der Bodenbildung. Es wurde jedoch eine Veränderung in der Abfolge der Paläoböden im Vergleich zu den zwei nahen Profilen festgestellt. Die nur noch 6,85 m mächtige Löss-Paläoboden-Sequenz der Lösswand beginnt von der Geländeoberkante weg mit einem Cv-Horizont (KSI 3/1) eines Rigolhorizontes. Der humose Oberboden war beinahe zur Gänze abgeschwemmt, als Bodentyp konnte ein Rigolboden auf ehemaligem Tschernosem festgestellt werden.

KSI 3/2 bis KSI 3/6 wurden als C-Horizonte aus Löss identifiziert, bei den Horizonten KSI 3/7 und KSI 3/9 handelt es sich eindeutig um hydromorphe Horizonte (Bezeichnung Gor), also Tundragleye, zwischen denen (KSI 3/8) ein ca. 85 cm mächtiger fossiler, verwitterter B-Horizont (fBv) liegt.

KSI 3/10 trennt als verwitterter, leicht verbraunter, graustichiger Löss den nächsten Nassboden (KSI 3/11) ab, der ein intensiv grauen Band enthält. Die Hydromorphie, die die Horizontfärbung des normalerweise gelblichen Lösses ins Graue versetzt, ist auf Abbildung 40 gut erkennbar. Es folgt ein fossiler, verwitterter, leicht verbraunter BC-Horizont aus Löss (fBCv, KSI 3/12). Darunter wurde der fossile, verwitterte B-Horizont (fBv, KSI 3/13) als mögliches Bodensediment angesprochen. An der Basis des Profils befinden sich noch, wie bereits von den bereits vorgestellten Profilen bekannt, zwei fossile, tonige B-Horizonte (fBt, KSI 3/14 und KSI 3/15) mit charakteristischer Braunfärbung und Holzkohleresten als geringmächtiger, braunstichiger, stark verwitterter Pedokomplex. Es wurde durch eine Bohrung die Fortsetzung des Pedokomplexmaterials unter der Geländeoberkante eruiert.

Die geringmächtigen (20-25 cm) Nassböden sind von subpolyedrischem bis leicht plattigem Gefüge, zeigen eine für Löss typische Farbe (2,5 Y 6/4 light yellowish brown bis 2,5 Y 7/3 pale yellow) und weisen leichte Manganfleckung auf. Bodenart ist laboranalytisch in allen Fällen Schluff (U). Hauptgemengeanteil hat der Schluff mit 80-85 %, (53-60 % Grobschluff), Ton erreicht 10-16 %, Sand erreicht mit 3-5 % Gewichtsanteil nur einen geringen Wert, Kies kommt nur in Spuren vor. Der Verwitterungsgrad ist als gering einzustufen, der Karbonatgehalt liegt mit 31-35 % in den beiden oberen Horizonten deutlich über dem Durchschnitt, KSI 3/11 hingegen enthält nur zu 20 % Karbonate. Der Schwefelgehalt liegt bei

105 ppm (KSI 3/9), 109 ppm (KSI 3/7) und 168 ppm (KSI 3/11) und ist eher niedrig bis durchschnittlich, der organische Kohlenstoffgehalt ist eher niedrig (0,17 bis 0,24 %).

Die etwas mächtigeren (50-65 cm) fBt-Horizonte KSI 3/14 und KSI 3/15 sind als Komplex über einen Meter mächtig und erreichen die Farben 10 YR 6/4-light yellowish brown bis 10 YR 5/4-yellowish brown, Horizont KSI 3/14 hat einen rötlichen Stich. Sie charakterisieren sich durch subpolyedrisches bis polyedrisches Grobgefüge und durch krümeliges Feingefüge sowie durch schluffigen Lehm (uL) als Bodenart. Der Tongehalt ist mit 30-33 % hoch, den Hauptgemengeanteil an den Korngrößen nimmt dennoch der Schluff mit 62-64 % (Grobschluff ca. 39 %) ein. Der Karbonatgehalt erreicht nur noch 4,6-6,7 %, die Horizonte sind großteils entkalkt. Der Verwitterungsgrad der fBt-Horizonte ist im Vergleich mit den untersuchten Horizonten als hoch zu werten. Der organische Kohlenstoff hingegen erreicht hohe Werte (KSI 3/14: 0,25 %, KSI 3/15: 0,52 %). Der Wert für KSI 3/15 (0,52 %) steigt stark an, weshalb es sich um einen nicht repräsentativen Ausreißer, der durch Analyse von Holzkohleteilchen in den Proben verursacht wurde, handeln dürfte.

Der 20 cm mächtige fBv-Horizont KSI 3/13 ist durch die dunkle Färbung eines Bodens (10 YR 6/4), durch einen eher geringen Karbonatgehalt (10 %) und durch lehmigen Schluff (IU) als Bodenart (24 % Ton, 71 % Schluff) charakterisiert. Er besteht möglicherweise aus Bodensedimenten mit besonders hohem Schwefelgehalt (364 ppm). Gegen die Theorie der Umlagerung spricht jedoch, dass der Kiesanteil gering ist und die Lagerung subpolyedrisch bis polyedrisch, also geordnet.

Die Löss (Horizonte KSI 3/2 bis KSI 3/6) sind schluffig (U) bis lehmig-schluffig (IU), mit typischer Lössfarbe (2,5 Y 7/3, pale yellow bis 2,5 Y 5/4 light olive brown) erkennbar und beinhalten 22-35% Karbonat. Die Korngröße lässt Schlüsse auf einen schwachen Verwitterungsgrad zu, der Tongehalt liegt bei 13-23 %. Im Durchschnitt beträgt der organische Kohlenstoffgehalt 0,27 % und der Schwefelgehalt 160 ppm. Die unauffälligen pH-Werte (7,7–8,1) sind stets alkalisch und steigen von oben nach unten an.

Die OSL-Proben mussten zum Zeitpunkt des Verfassens der vorliegenden Arbeit noch analysiert werden, jedoch liegen erste approximative Daten vor: Das Material der fBt-Horizonte wurde wahrscheinlich vor dem Jungpleistozän sedimentiert. Der obere Profilabschnitt dürfte würmzeitlich sein (THIEL, CH., schriftliche Mitteilung vom 23.03.2010).

Das Auskeilen der Horizonte auf mittlerer Höhe der Profile und die Diskordanz durch erosive Prozesse müsste bei Vorliegen der OSL-Datierungen zeitlich nachvollziehbar werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine eindeutige Korrelation aller drei Profile in der Kremser Schießstätte aufgrund nicht exakt korrelierbarer Stratigraphien nicht möglich war, es jedoch eine starke Übereinstimmung der physikalischen und chemischen sowie optischen Charakteristika der fBt-Horizontabfolgen an der Basis aller drei Profile gibt, worauf in Kap. 7 näher eingegangen wird.

6.2 Profil Stratzing ST 1

Das Profil Stratzing 1 (ST 1) liegt im Süden des Ortskerns der Ortschaft Stratzing nördlich von Krems in Niederösterreich auf einer Höhe von 340 m ü. d. Adria am Fuße der archäologischen Fundstätte Galgenberg (vgl. Abbildung 43). Die geographischen Koordinaten des Profils sind 15°36'19" östlicher Länge und 48°26'26" nördlicher Breite. Der Galgenberg ist 374 m ü. d. Adria gelegen. Hier wurde mit der „Fanny vom Galgenberg“ aus dem Aurignacién eine der ältesten Reliefplastiken mit dem Alter von 32.000 Jahren BP gefunden (NEUGEBAUER-MARESCH 1995:66). Die Lage nur 5 km nördlich des heutigen Donauverlaufs begünstigte die Ablagerung von Lösspaketen während quartärer Glaziale.



Abbildung 43: Lage des Profils ST 1 (Markierung) im Süden von Stratzing. Quelle: BEV: Austrian Map online. Verändert, eigene Bearbeitung.

Durch die zwischen Donau und dem Profil gelegenen Höhenzüge und den westlich gelegenen Galgenberg ist die heutige Profilstelle leeseitig in einer Senke gelegen. Hier überwiegen Westwinde und von der Donau her wehende Winde (vgl. Kap. 5.5.3).

Das Profil ist 7,50 m mächtig und weist 28 sedimentologisch-stratigraphische Horizonte und Teilhorizonte auf, davon 3 archäologische Fundhorizonte (Ausgrabungen unter der Leitung von CHRISTINE NEUGEBAUER-MARESCH). Die Proben für die Laboranalysen wurden erst unterhalb des Horizontes ST 1/4a entnommen, da die darüber liegenden Horizonte (ST 1/1, ST 1/2 und ST 1/3, ab Geländeoberkante bis 140 cm Tiefe) als durch Landwirtschaft (aktuell: Weinbau) gestört betrachtet werden können. Ebenso wurde die Feucht- und Trockenfarbe erst ab Horizont ST 1/4a bestimmt.

6.2.1 Geländeaufnahme: Stratigraphie und Paläopedologie

Pseudomycelien und Ausfällungen sekundärer Karbonate sind häufig und kommen über das gesamte Profil verteilt vor.

Das Profil ST 1 weist in der Vertikalen folgende Charakteristika auf: Von der Geländeoberkante ausgehend reicht Horizont ST 1/1 26 cm in die Tiefe. Es handelt sich hierbei um einen Ap-Horizont, also einen in seiner Struktur durch Pflugeinwirkung gestörten humusreichen Oberboden. Das gilt mit Einschränkungen auch für ST 1/2, welcher 44 cm (26-70 cm) mächtig ist. ST 1/2 ist ein stark verbraunter Lösshorizont mit Bröckelgefüge, der relativ locker gelagert, aber nicht mehr durch menschliche Eingriffe gestört ist. Die Bodenart ist sandig-lehmiger Schluff, die Horizontgrenze zum darüberliegenden ST 1/1 ist wellig, die nach unten hin geradlinig. Der Karbonatgehalt ist sehr hoch.

ST 1/3 ist ein dichter als ST 1/2 gelagerter, hellerer, ebenfalls sehr karbonatreicher Lösshorizont, der im oberen Abschnitt zugerundete Quarzkiese enthält und 70 cm mächtig (70-140 cm) ist. Sandig-lehmiger Schluff ist auch hier die Bodenart, die Horizontgrenze nach unten ist geradlinig. Das Gefüge ist leicht bröckelig, im Feinen wird es krümelig. Es wurden vereinzelt Pseudomycelien und kleine Lösskindl aufgefunden.

Bei dem nun folgenden ST 1/4 handelt es sich um einen Redoxhorizont, ST 1/4a ist der Oxidationsbereich, während ST 1/4b unter reduzierenden Bedingungen gestanden ist.

ST 1/4a ist ein 45 cm mächtiger (140-185 cm Tiefe), mäßig dicht gelagerter, sehr karbonatreicher, im Grobgefüge bröckeliger und im Feingefüge krümeliger bis einzelkörniger Redoxhorizont. Der Horizont ist mit 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht) relativ hell mit einem leichten Braunstich. Die Oxidationsflecken weisen auf Redox-Prozesse hin. Kleinere Gesteinsfragmente ohne Zurundung finden sich über den gesamten Horizont verteilt. Die Bodenart ist sandiger Schluff (Us), die Horizontgrenze nach unten hin ist leicht wellig. Zwei graue Aschebänder auf ca. 1,5 m wurden aufgenommen.

ST 1/4b ist ein heller (2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht)), im Gefüge schwach plattiger, stark karbonathaltiger, nach unten wie oben wellig abgegrenzter, 35 cm mächtiger (185-220 cm), kryogener Nassbodenhorizont mit Reduktionsflecken. Die Bodenart ist sandiger Schluff (Us), es finden sich vereinzelt Pseudomycelien und Mn-Ausfällungen. Die Lagerungsdichte ist mit der von ST 1/4a ident.

Darauf folgt ST 1/5 mit einer Mächtigkeit von 35 cm (220-250 cm). Er ist hell (2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht)), kaum bindig und schwach formbar, schwach plattig, sehr karbonatreich und nach unten hin leicht wellig abgegrenzt. Es finden sich Reduktionsflecken über den gesamten Horizont verteilt sowie einige Grobkieslagen. Die Bodenart ist sandiger Schluff (Us).

Die Horizontfolge setzt sich mit ST 1/6, einem schwach bindigen und schwach formbaren, deutlich plattigen, 10 cm mächtigen (255-265 cm), etwas dichter als ST 1/5 gelagerten, sehr karbonatreichen, nach oben wie unten hin leicht wellig abzugrenzenden Nassbodenhorizont fort. Die Farbe entspricht 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown, als Bodenart wurde sandiger Schluff (Us) festgestellt. Der Nassboden ist leicht gebleicht, mit vertikal gelagerten Kiesen, Reduktionsflecken, Mn-Ausfällungen in Nadelstichform, Pseudomycelien und einer Krotowine mit 12 cm Durchmesser versehen.

Der folgende, 18 cm mächtige (265-283 cm) ST 1/7 wurde farblich mit 2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown (feucht) bestimmt, ist im Gefüge deutlich plattig, etwas weniger karbonathaltig als alle bisherigen Horizonte (aber immer noch stark), nach oben und unten leicht wellig abgegrenzt, gleich dicht wie ST 1/6 gelagert und enthält neben den Reduktionsspuren vereinzelt auch Oxidationsspuren. Die Bodenart ist sandiger Schluff (Us). Man kann hier von einem ausgeprägten, kaum kieshaltigen, sandigen Nassboden bzw. Tundragley sprechen. Es finden sich im weiteren einige Pseudomycelien und eine 12x6 cm messende Krotowine.

Der nun folgende, geringmächtige (10 cm, 283-293 cm) Horizont ST 1/8 wird aufgrund seiner Komplexität dreigeteilt. Er ist in Abbildung 44 im Detail abgebildet.

ST 1/8a ist kaum bindig und leicht formbar, plattig, gleich karbonathaltig wie ST 1/7, nach oben hin leicht und nach unten hin stark wellig abgegrenzt. Es handelt sich hierbei um einen geringmächtigen (3 cm, 283-286 cm) Nassboden mit der Farbe 2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown, der gleich dicht wie ST 1/7 gelagert ist. Es finden sich nur vereinzelt Pseudomycelien und Rostflecken. Bodenart: leicht sandiger Schluff U(s).

ST 1/8b weist Merkmale eines geringmächtigen (3 cm, 286-289 cm), humosen, braungrauen (2,5 Y 6/3 – light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/3 – light olive brown (feucht)), kiesfreien Ah-Horizonts auf. Der sehr kalkreiche, etwas lockerer als ST 1/8a gelagerte Horizont ist kiesfrei, Die Bodenart ist sandig-lehmiger Schluff (Uls), die Bindigkeit und Formbarkeit erreichen die bislang höchsten Werte (schlecht-mäßig formbar und bindig). Die Struktur ist grob plattig, aber schlecht ausgeprägt. Die Horizontgrenze ist nach oben und unten stark wellig.

ST 1/8c ist ein dunkler Lösshorizont (2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (trocken) und 2,5 Y 5/3 – light olive brown (feucht)), der nur 4 cm misst (289-293 cm). Er ist feinplattig, stark karbonathaltig, nach oben stark und nach unten schwach wellig abgegrenzt und gleich dicht wie ST 1/8a gelagert. Die Bodenart ist sandiger Schluff (Us), vereinzelt finden sich Kiese. An der Untergrenze finden sich bis zu 2 cm lange Kiese.

Nun wird der kiesfreie, 11 cm mächtige (239-304 cm), mäßig dicht gelagerte, feinplattige, stark karbonathaltige Lösshorizont ST 1/9 sichtbar, über den vereinzelt kleine Rostflecken,

Mn-Ausfällungen und Schneckensplitter verbreitet sind. Die Farbe wird mit 2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/3 – light yellowish brown (feucht) lösstypisch, die Bodenart bleibt sandiger Schluff (Us), bei dem die Sandkörner gut sicht- und fühlbar bleiben. Die Horizontgrenze nach oben verläuft leicht wellig, die nach unten hin geradlinig.

Auf diesen sandigen Lösshorizont folgt nun mit dem 14 cm mächtigen (304-318 cm) ST 1/10 der erste archäologische Fundhorizont. Er ist sehr karbonathaltig, plattig strukturiert, inhomogen hell-dunkel gefleckt, nach unten hin leicht wellig abgegrenzt und mäßig dicht gelagert. Die Farbe hält sich bei 2,5 Y 7/3 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht) im lösstypischen Bereich. Bodenart ist sandiger Schluff (Us) mit deutlich sicht- und fühlbaren Sandkörnern. Es finden sich Pseudomycelien und vereinzelt intakt erhaltene Mollusken.

Der erste Holzkohle führende Horizont (erkennbar in Abbildung 44 links) ist der folgende, schwach plattige, kiesfreie, stark karbonathaltige, kaum bindige und kaum formbare Lösshorizont ST 1/11, der 11 cm mächtig (318-329 cm) ist. Die Holzkohlen kommen vereinzelt vor, es finden sich keine Pseudomycelien, aber Splitter von Mollusken. Die Horizontgrenze nach unten ist leicht wellig, die Lagerung lockerer als die von ST 1/10. Farblich lässt sich der Horizont mit Munsell-Werten von 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht) dem Lössspektrum zuordnen. Die Bodenart bleibt sandiger Schluff (Us).

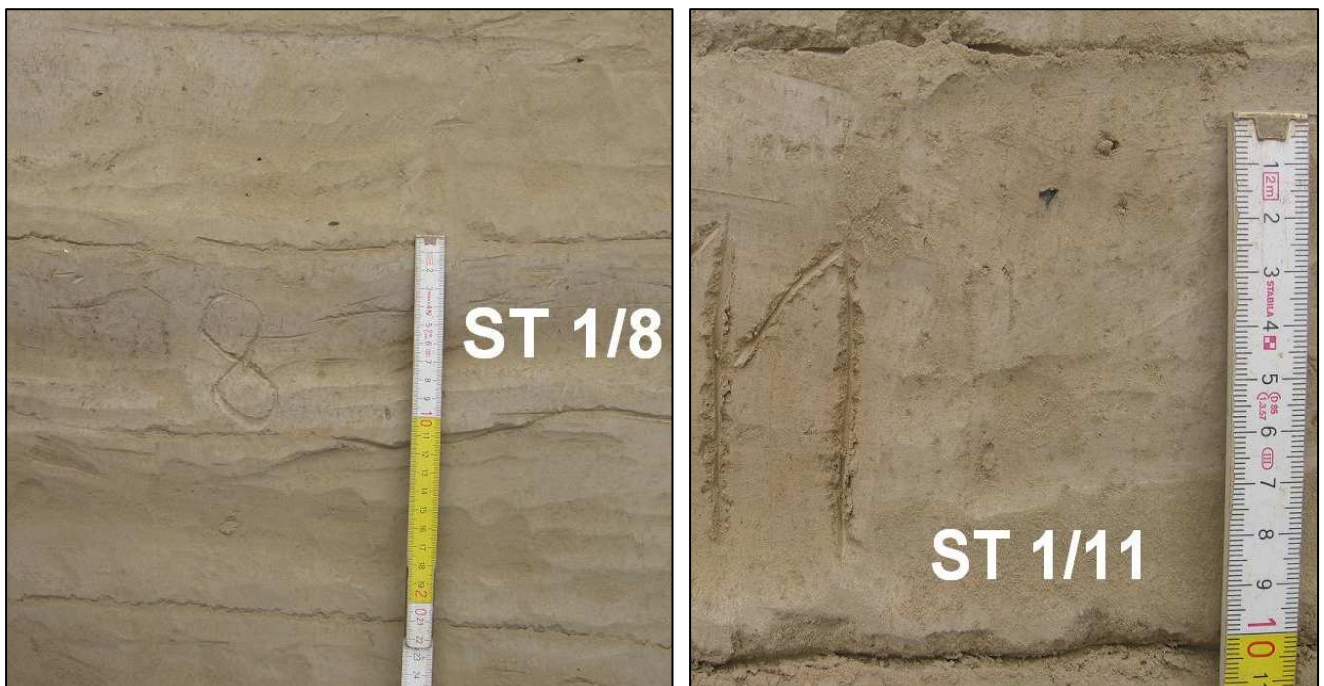


Abbildung 44: Detailaufnahme der Lösshorizonte links) ST 1/8 (heterogen, dreigeteilt) und rechts) ST 1/11 mit Holzkohleresten in der oberen Bildhälfte. Profil ST 1. Quelle: Eigene Aufnahmen 05/2008, eigene Bearbeitung.

ST 1/12 ist in zwei Teilhorizonte untergliedert: Der Lössteilhorizont ST 1/12a misst 16 cm (329-345 cm), ist schwach plattig, stark karbonathaltig, schwach bindig und kaum formbar, gleich dicht wie ST 1/11 gelagert und ist kies- und schneckenfrei. Es finden sich wenige Pseudomycelien, vermehrt Mn- Ausfällungen in Nadelstichform, eine Krotowine mit den Maßen 9x16 cm und vereinzelt Holzkohlestücke. Die Horizontgrenze nach unten verläuft leicht wellig, die Bodenart bleibt sandiger Schluff (Us). Die Farben 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht) sind typisch für Löss.

Der sich farblich deutlich abhebende ST 1/12b mit einer Mächtigkeit von 14 cm (345-359 cm) ist der zweite, tieferliegende Teilhorizont von ST 1/12. Die Farben 10 YR 7/4 – very pale brown (trocken) und 10 YR 6/4 – light yellowish brown (feucht) gehen stärker ins Braune als der Löss bisher. Die Bodenart ist sandiger Schluff (Us). Bindigkeit und Formbarkeit sind mäßig ausgeprägt, die Lagerungsdichte mit ST 1/12a ident. Der Horizont ist durch ein krümeliges Gefüge charakterisiert, der Karbonatgehalt ist sehr hoch. Die Horizontgrenze nach unten verläuft geradlinig. Der Horizont ist leicht bioturbat und porös, beinhaltet wenige Pseudomycelien, Mangan in Nadelstichform und wenig Holzkohle, die dunkelbraune Färbung deutet auf ein Initialstadium einer Schwarzerde hin (fAh?).

Im darunter liegenden, 9 cm (359-368 cm) mächtigen, 2. archäologischen Fundhorizont ST 1/13 setzt sich die Zunahme dunklerer Farbtöne (10 YR 7/4 – very pale brown (trocken) und 10 YR 7/4 – very pale brown (feucht)) fort. Bindigkeit und Formbarkeit sind mittelmäßig, das Gefüge krümelig, der Karbonatgehalt sehr hoch. Die Bodenart wird feiner (sandig-lehmiger Schluff, Uls). Die Horizontgrenze nach unten hin verläuft leicht wellig, die Dichte bleibt gleich wie bei ST 1/12. Es wurden in diesem bioturbaten Horizont Holzkohlereste, schlecht zugerundete 3-15 mm lange Kiese sowie Pseudomycelien gefunden.

Unterhalb des 2. Fundhorizontes schließt sich der 20 cm mächtige (368-388 cm), in seiner Struktur schwach plattige, sehr karbonatreiche Lösshorizont ST 1/14 an, der schwach bindig und mäßig formbar ist. Die Bodenart ist sandig-lehmiger Schluff (Uls), die Horizontgrenze verläuft nach unten sehr leicht wellig. Die Lagerungsdichte entspricht der der darüber liegenden Horizonte (mäßig dicht gelagert). Farblich ist er im Lössspektrum anzusiedeln: 2,5 Y 7/4 – pale yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht). Kiese mit einem Durchmesser von bis zu 10 mm finden sich über den gesamten Horizont verteilt, ebenso wenige Holzkohlereste sowie eine Krotowine (8x16 cm).

Der 3. archäologische Fundhorizont ST 1/15 mit einer Mächtigkeit von 27 cm (388-415 cm) unterscheidet sich in einer Vielzahl von Parametern deutlich von den anderen Horizonten: Die Bodenart ist schwach toniger Schluff (Ut₂), die Farbe wurde mit 10 YR 6/4 – light yellowish brown (trocken) und 10 YR 6/6 – brownish yellow (feucht) ermittelt, die Bindigkeit ist mäßig, die Formbarkeit mäßig bis gut ausgeprägt. Das Gefüge ist bröckelig, die Horizontgrenze nach unten stark wellig und der Karbonatgehalt sehr hoch. Die Lagerung ist

mäßig dicht (entspricht der letzten 3 Horizonte). Es finden sich wenige Pseudomycelien und wenige Mn-Ausfällungen. Der Tongehalt im Boden lässt auf Verwitterungsprozesse schließen.

Mit dem 25 cm mächtigen (415-440 cm) ST 1/16 folgt ein heterogener Umlagerungshorizont mit ca. 20% Skelettanteil, chaotischer, unregelmäßiger Lagerung und einer guten Formbarkeit und Bindigkeit (vgl. Abbildung 45). Stellenweise werden im bröckeligen, sehr stark karbonathaltigen Horizont Pseudomycelien angedeutet. Die häufig vorkommenden Kiese mit einem Durchmesser von 5-40 mm sind unregelmäßig gelagert. Die Begrenzung nach oben wie nach unten ist als stark wellig zu beschreiben, die Lagerung mäßig dicht (identisch mit der von ST 1/15). Die Farbe wurde mit Werten von 10 YR 6/4 – light yellowish brown (trocken) und 10 YR 6/3 – pale brown (feucht) ermittelt. Die Bodenart ist schluffiger Lehm (Lu).

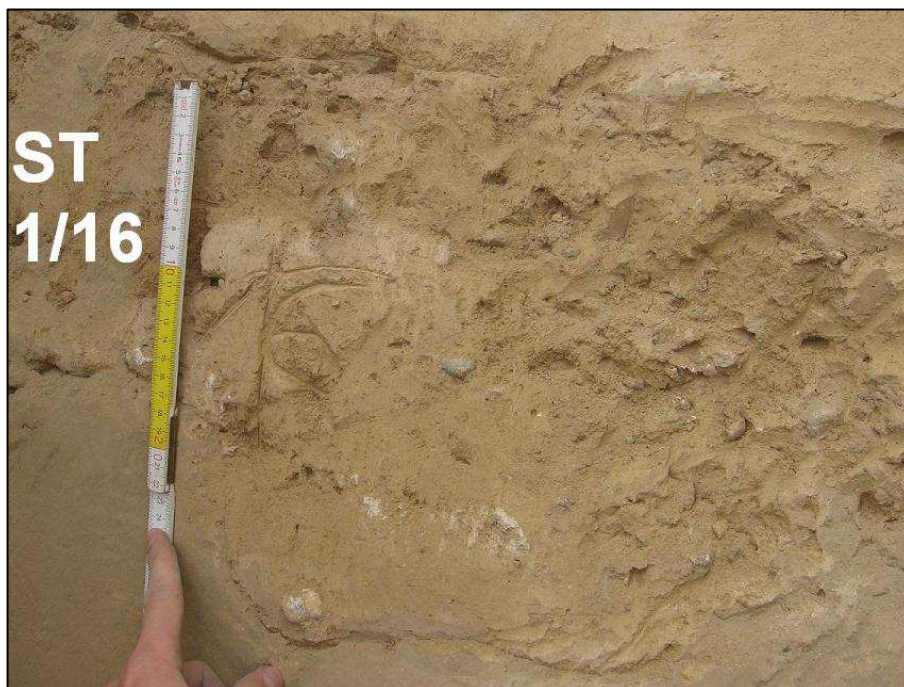


Abbildung 45: Detailaufnahme des Umlagerungshorizontes ST 1/16, Profil ST 1. Quelle: Eigene Aufnahme 05/2008, eigene Bearbeitung.

ST 1/17 wurde aufgrund seiner Heterogenität zweigeteilt. Er ist vermehrt mit Pseudomycelien und Mn-Ausfällungen besetzt.

TeilhORIZONT ST 1/17a ist 30 cm mächtig (440-470 cm), bioturbat und durch seine subpolyedrische Struktur gekennzeichnet. Er weist einen sehr hohen Karbonatgehalt, mittelmäßige-gute Formbarkeit und mäßige Bindigkeit und eine dichte Lagerung (dichter als die 4 höhergelegenen Horizonte) und einen geringen Skelettanteil auf. Die Grenze nach unten hin ist wellig, die Bodenart ist lehmiger Schluff (UI). 10 YR 6/4 – light yellowish brown (trocken) und 10 YR 7/4 – very pale brown (feucht) wurden als Farben ermittelt. Eine Krotowine (7x11 cm) befindet sich im Horizont.

Die Horizontfolge setzt sich mit dem 28 cm mächtigen (470-498 cm), plattig strukturierten, schwach-mäßig karbonathaltigen, dicht gelagerten Horizont ST 1/17b fort. Die Bindigkeit und Formbarkeit nehmen deutlich zu und sind nun gut bis sehr gut ausgeprägt. Die Bodenart ist nun schwach toniger Lehm (Lt). Die Farbbestimmung nach Munsell macht eine Verbräunung deutlich: 10 YR 5/6 –yellowish brown (trocken) und 10 YR 5/6 – yellowish brown (feucht). Die Horizontgrenze nach unten ist stark wellig. Gegenüber ST 1/17a kommt es zu einer Verhärtung, es sind fast ausschließlich Feinporen erkennbar, die Struktur weist auf Frostprozesse hin, hydromorphe Merkmale fehlen jedoch. Bemerkenswert ist die plötzliche Abnahme des Karbonatgehaltes.

Auch ST 1/18 ist eine Hauptbodenbildung mit reliktscher Durchwurzelung aufgeteilt in einen helleren und einen dunkleren Bereich.

Der erste Teilhorizont ST 1/18a ist eine 24 cm mächtige (498-522 cm), gut-sehr gut bindige und formbare, sehr dicht gelagerte, schwach-mäßig karbonathaltige Hauptbodenbildung mit braun-dunklen Farbtönen: 10 YR 5/4 – yellowish brown (trocken) und 10 YR 5/6 – yellowish brown (feucht). Die Bodenart ist stark schluffiger Ton (Tu₄). Das Grobgefüge ist subpolyedrisch, das Feingefüge krümelig. Die Begrenzung nach unten kann als gradueller Übergang beschrieben werden. Hervorzuheben sind neben dem hohen Tongehalt noch die vielen Mollusken, Mn-Ausfällungen, die geringe Zahl der Pseudomycelien und die schwach ausgeprägten Tonkutane. Vereinzelt finden sich Kiese und sekundäre Karbonate in Nestern. Der zweite Teilhorizont der Hauptbodenbildungsphase ST 1/18b ist 30 cm mächtig (522-552 cm), von gleicher Bodenart, Formbarkeit, Bindigkeit, Lagerungsdichte sowie gleichem Grob- und Feingefüge wie ST 1/18a charakterisiert, jedoch etwas stärker karbonathaltig (mäßig-stark) und etwas heller (Farbe nach Munsell 10 YR 6/6 – brownish yellow (trocken) und 10 YR 6/6 – brownish yellow (feucht)). Die Horizontgrenze nach unten erscheint graduell bis leicht wellig. Im Horizont eingeschlossen sind Molluskenschalen, Pseudomycelien und sekundäre Karbonate in Nestern.

Der am tiefsten liegende erhobene und beprobte Horizont ist der in 4 Teilbereiche untergliederte ST 1/19. Er ist charakterisiert durch intensive Mn-Ausfällungen in Nadelstichform, Pseudokonkretionen, die gleiche Bodenart innerhalb der Teilhorizonte (schluffiger Lehm, Lu), Bioturbationsspuren, sehr dichte Lagerung, sehr hohen Karbonatgehalt und graduelle Übergänge von Teilhorizont zu Teilhorizont.

Der erste, 33 cm mächtige (552-585 cm) Teilhorizont ST 1/19a wurde farblich mit 10 YR 5/6 – yellowish brown (trocken) und 10 YR 5/6 – yellowish brown (feucht) charakterisiert. Er ist stark durchwurzelt, es finden sich Nester mit Pseudokonkretionen. Das Grobgefüge ist subpolyedrisch, das Feingefüge krümelig.

Es folgt ST 1/19b mit einer Mächtigkeit von 73 cm (585-658 cm). Das Gefüge ist schwach ausgeprägt und fein wie grob bröckelig. Die Farben wurden analytisch mit 10 YR 5/4 –

yellowish brown (trocken) und 10 YR 5/4 – yellowish brown (feucht) festgehalten. Die Durchwurzelungsintensität ist hoch, es finden sich viele verfüllte Wurzelgänge und verfestigte Karbonatkonkretionen.

ST 1/19c (27 cm mächtig, 658-685 cm) ist ein etwas hellerer Teilhorizont mit den Farben nach Munsell 2,5 Y 6/6 – olive yellow (trocken) und 2,5 Y 6/6 – olive yellow (feucht). Das Gefüge ist fein und grob bröckelig, jedoch sehr schwach ausgeprägt. Es ließ sich ein zementiertes Karbonatband im rechten Bereich finden; verfüllte Wurzelgänge sind auch in diesem Abschnitt zu finden.

An der Basis des Profils wurde Teilhorizont ST 1/19d dokumentiert, welcher über 65 cm mächtig (685-750 cm) ist. Die Farbbestimmung nach Munsell ergab 2,5 Y 6/6 – olive yellow (trocken) und 2,5 Y 6/4 – light yellowish brown (feucht). Das Gefüge ist leicht subpolyedrisch, Bindigkeit und Formbarkeit nehmen leicht ab (gut-sehr gut). Der Teilhorizont ist kiesfrei, er beinhaltet viele Lösskindl, sehr viel Mn-Ausfällungen in Nadelstichform und verfüllte Wurzelgänge.

Abbildung 46 zeigt das Profil ST 1 und ein Detail aus dem Horizont ST 1/19d.

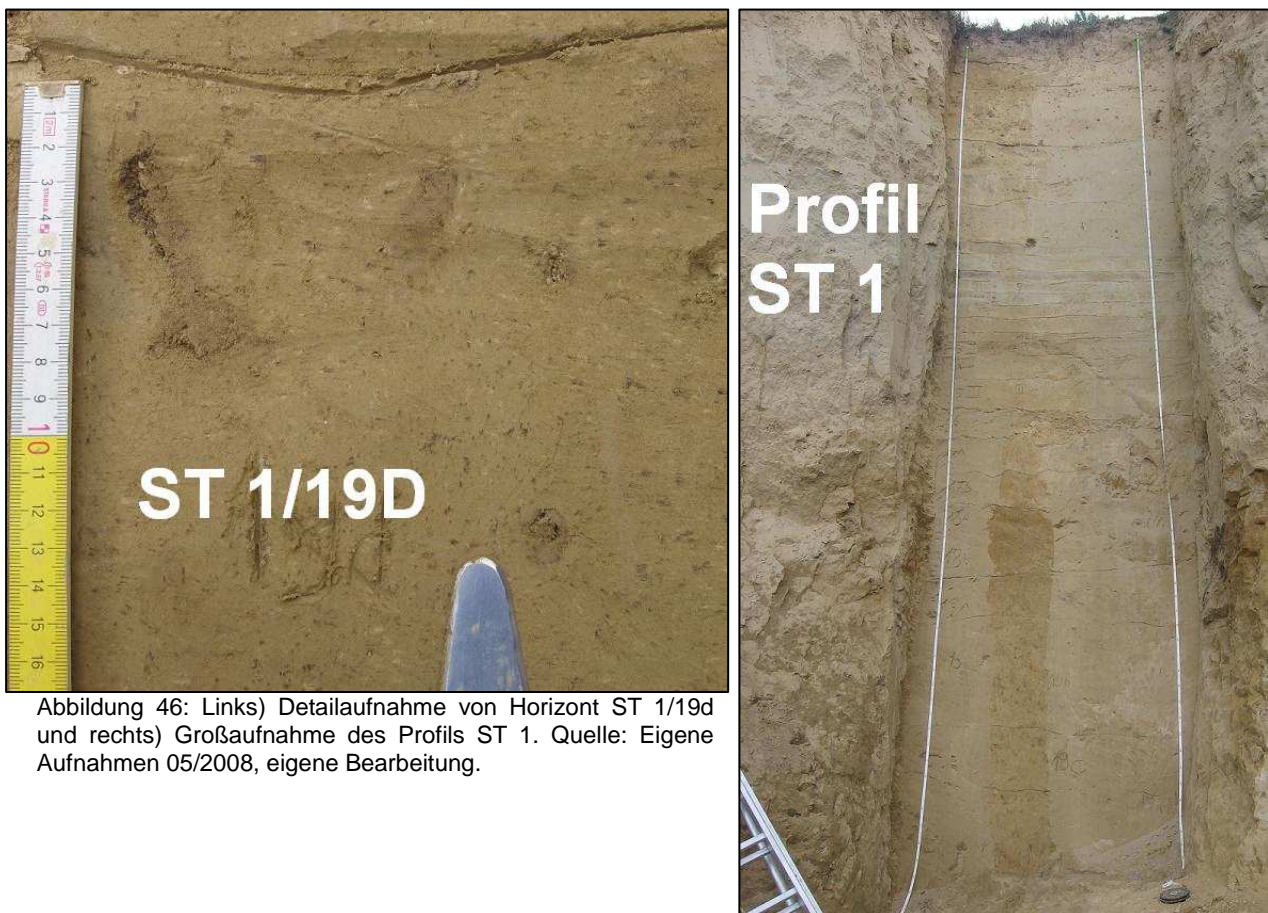


Abbildung 46: Links) Detailaufnahme von Horizont ST 1/19d und rechts) Großaufnahme des Profils ST 1. Quelle: Eigene Aufnahmen 05/2008, eigene Bearbeitung.

6.2.2 Laborergebnisse

Die in den folgenden 2 Unterkapiteln angeführten und beschriebenen Analysen (vgl. Tabelle 9) wurden für die Horizonte ST 1/1, ST 1/2, ST 1/3, ST 1/8a und ST 1/8c nicht durchgeführt, da diese Horizonte nicht beprobt wurden. Das Profil wurde von 140-750 cm unterhalb der Geländeoberkante beinahe durchgehend beprobt und analysiert. Die pH-Werte aller beprobter Horizonte weisen über das gesamte Profil hinweg eine geringe Schwankungsbreite auf und liegen alle im alkalischen Milieu. Der niedrigste Wert zeigt einen pH von 7,9 und der höchste einen von 8,1 an. Die höchsten pH-Werte sind in den Horizonten ST 1/14 bis ST 1/17a (Profiltiefe 368-470 cm) geclustert zu finden.

Den Horizonten ST 1/4b, St 1/5, ST 1/10, ST 1/11, ST 1/14, ST 1/15, ST 1/17b, ST 1/19c und ST 1/19d wurden Proben zur OSL-Analyse zum Zwecke der Datierung entnommen. Die Datierung der einzelnen Horizonte befindet sich zum Zeitpunkt des Verfassens der vorliegenden Arbeit im Laufen.

6.2.2.1 Physikalische und chemische Analytik

Die Kiesfraktion ist nur im Horizont ST 1/15 (4,6 %) und dem Umlagerungshorizont ST 1/16 (6,4 %) von Relevanz. Alle andere Horizonte des Profils ST 1 sind nahezu kiesfrei.

Der der Geländeoberkante am nächsten liegende, beprobte Horizont ist ST 1/4a. Es handelt sich hierbei um einen Nassboden aus Löss. Die Bodenart ist Schluff (U), Ton nimmt einen Anteil von 10,4 % ein, Schluff den größten mit 85,8 % und Sand nur 3,6 %. Grobschluff ist die am häufigsten vorkommende Teilfraktion mit einem Anteil von 59,4 % an den gesamten Korngrößen. Feinsand ist mit 3,2 % die größte Teilfraktion in der Sandfraktion. Der Karbonatgehalt ist mit 31,3 % der höchste im Profil.

Der Nassbodenhorizont ST 1/4b besteht gleichsam aus stark schluffhaltigem Löss: Hier nimmt die Tonfraktion 11,5 % ein, die Schlufffraktion 85,2 % und die Sandfraktion 3,1 %. Mit 58,5 % nimmt der Grobschluff einen deutlich höheren Anteil als alle anderen Korngrößenfraktionen ein. Die Bodenart ist Schluff (U). Feinsand ist die dominierende Sandteilfraktion (2,65 %). Der Karbonatgehalt bleibt mit 27,1 % sehr hoch.

Der Horizont ST 1/5 besteht primär aus Löss, die Bodenart ist Schluff (U). Der Tonanteil liegt bei 17 %, der Gesamtschluffanteil bei 79,1 % und der Sandanteil bei 3,9 %. Es dominiert der Grobschluffanteil (53,4 %) an den gesamten Korngrößen im Vergleich mit Mittelschluff (19,6 %) und Feinschluff (6,2 %). Der Karbonatgehalt nimmt mit 22,9 % leicht ab.

Es folgt Horizont ST 1/6 mit lössdominierten Sedimenten, die Bodenart bleibt Schluff (U). Der Tonanteil nimmt ab (12,3 %), während der Schluffanteil zunimmt (85,2 %) und der Sandanteil (2,4 %) abnimmt. Grobschluff bleibt die größte Teilfraktion (58 %). Der Karbonatgehalt erreicht 23,3 %.

ST 1/7 bleibt mit 83,7 % schluffig (Bodenart Schluff, U). Der Tongehalt nimmt 13,5 % und der Sandgehalt 2,8 % der Korngrößen ein. Der Horizont ist kiesfrei. Der Karbonatgehalt liegt bei 22,1 %.

Der Nassboden ST 1/8b schließt mit einem hohen Schluffgehalt (83,1 %; Grobschluff 55,6 % und Mittelschluff 22,3 %), einem Tongehalt von 13,9 % und einem Sandgehalt von 3 % an. Der Karbonatgehalt erreicht 22,1 %.

ST 1/9 ist ein lösshaltiger Horizont, der (Bodenart Schluff, U) 82,9 % Schluff, 14,8 % Ton und 2,3 % Sand enthält. Er weist im Verhältnis zu den höher liegenden Horizonten einen etwas geringeren Karbonatgehalt auf (20,8 %).

Mit ST 1/10 schließt der erste archäologische Fundhorizont an, der 16 % Ton, 81,4 % Schluff und 2,6 % Sand enthält, aber kiesfrei ist (Bodenart Schluff, U). Der Grobschluffanteil ist mit 56,1 % hoch, der Karbonatgehalt mit 21,3 % ebenso.

Der folgende Horizont ST 1/11 enthält 17,4 % Ton, 80,1 % Schluff und 2,5 % Sand. Die Bodenart ist Schluff (U), der Karbonatgehalt liegt bei 22,1 %.

Der Tongehalt im insgesamt schluffigen (Bodenart Schluff, U) Teilhorizont ST1/12a steigt erstmals über 20 % an (20,8 %) und der Schluffgehalt sinkt auf 76,2 %. Der Grobschluffanteil sinkt erstmalig auf unter 50 % (48,9 %), was in einer Tiefe von ab ca. 330-340 cm auf abgelaufene Verwitterungsprozesse schließen lässt. Der Karbonatgehalt bleibt bei 21,5 %.

Im Teilhorizont ST 1/12b ändert sich die Bodenart in lehmigen Schluff (IU), da der Schluffgehalt auf unter 75 % (74,3 %) sinkt und der Tongehalt (21 %) weiter ansteigt. Der Sandgehalt steigt auf 4,7 % an, der Karbonatgehalt sinkt auf 20 %.

ST 1/13, der 2. Fundhorizont, ist mit 76,2 % zunehmend schluffig (Bodenart Schluff, U), der Tongehalt bleibt bei 21,5 % am selben Niveau wie in ST 1/12b und der Sandgehalt nimmt deutlich ab (2,1 %). Der Karbonatgehalt beträgt 21,5 %.

Im Horizont ST 1/14 lässt sich die Bodenart lehmiger Schluff (IU) nachweisen. Der Ton nimmt einen Anteil von 21,7 %, der Schluff einen von 73,6 % und der Sand den relativ niedrigen, jedoch profilhöchsten Wert von 4,7 % an. Der Mittelschluff (19,3 %) nimmt ab, der Feinschluff (8,1 %) zu. Der Karbonatanteil weist einen hohen Wert von 23,3 % auf.

Im 3. archäologischen Fundhorizont ST 1/15 ändert sich die Korngrößenzusammensetzung. Die Bodenart ist nun schluffiger Lehm (uL). Der Tongehalt nimmt stark zu und steigt auf 26,6 % an, während der Schluffgehalt deutlich absinkt (64,3 %). Der Sandanteil liegt bei 4,57 % und der Kiesanteil bei 4,59 %. Erkennbar ist auch die Abnahme des Grobschluffes (40,3 %). Der Karbonatgehalt bleibt mit 25,8 % sehr hoch.

Der Umlagerungshorizont ST 1/16 weist Ähnlichkeiten mit ST 1/15 auf: Die Bodenart ist schluffiger Lehm (uL). Der Tongehalt nimmt zu (28,2 %), der Schluffgehalt sinkt auf den tiefsten Wert im Profil (61,3 %), der Sandgehalt liegt bei 4,1 % und der Kiesgehalt nimmt

nochmals deutlich zu (6,5 %). Der Karbonatgehalt bleibt mit 24,6 % sehr hoch. Auffällig ist die Abnahme des Grobschluffgehaltes (36,3 %) zugunsten des Feinschluffes (6,8%).

Der Tonanteil nimmt im pseudovergleyten Teilhorizont ST 1/17a bei einer Profiltiefe von über 440 cm weiter zu (32,6 %), der Schluffgehalt liegt bei 62,6 %, der Sandgehalt bei 4,7 %. Die Bodenart ist schluffiger Lehm (uL). Der Karbonatanteil sinkt deutlich (19,4 %).

Als schluffiger Lehm (uL) wurde auch die Bodenart des Teilhorizontes ST 1/17b identifiziert. Der Gemengeanteil der Tonfraktion entspricht 32,4 %, der der Schlufffraktion 64,3 % und der der Sandfraktion 3,2 %. Der Karbonatgehalt sinkt auffällig auf 5,8 % ab.

ST 1/18a ist ein Bv-Teilhorizont, der einen hohen Tongehalt erreicht: 34,7 % Ton lässt auf intensive Verwitterungsprozesse schließen. Die Bodenart bleibt schluffiger Lehm (uL). Die Schlufffraktion erreicht 62,2 % des Gewichtes, davon entfallen 34,3 % an die Grobschluff-, 20,4 % an die Mittelschluff- und 7,4 % an die Feinschluffteilfraktion. Der Sand erreicht 3 %. Die Entkalkungsprozesse führten dazu, dass in diesem Teilbereich nur 2,5 % Karbonatanteil gemessen wurden.

Der Bv-Horizont setzt sich mit ST 1/18b fort. Die Bodenart bleibt schluffiger Lehm, der Tonanteil liegt bei 33,7%, der Schluffanteil bei 62,6 % und der Sandanteil bei 3,7 %. Der Karbonatanteil ist mit 4,6 % als schwach einzustufen.

Der Cv-Horizont an der Basis des Profils wurde mit ST 1/19 bezeichnet. Der Teilhorizont ST 1/19a besteht zu 31,1 % aus Ton, zu 65,7 % aus Schluff und zu 3,2 % aus Sand. Der Feinschluffgehalt nimmt leicht zu (7,9 %), der Grobschluffgehalt liegt bei 36 %. Als Bodenart wurde schluffiger Lehm (uL) ermittelt, der Karbonatgehalt nimmt wieder deutlich zu. Mit 10,4 % ist der Teilhorizont mittelmäßig bis stark kalkhaltig.

Teilhorizont ST 1/19b enthält 29,1 % Ton, 66,9 % Schluff und 4 % Sand. Die Bodenart ist schluffiger Lehm (uL), der Karbonatanteil nimmt 13,7 Gewichtsprozent ein. Der Feinschluff nimmt mit einem Wert von 8,8 % zu, der Grobschluff bleibt mit 35,9 % gleich.

ST 1/19c enthält weniger Ton (24,9 %) als die anderen beiden Teilhorizonte, dafür wieder mehr als 70 % (71,1 %) Schluff. Der Grobschluff erreicht wieder 38,9 %, Mittelschluff hohe 23,2 % und Feinschluff den Höchstwert im Profil (9 %). Der Sand erreicht 3,9. Die Bodenart ändert sich auf lehmigen Schluff (IU). Ausgangsmaterial ist hier Löss, der 16 % Karbonatgehalt erreicht, also stark karbonathaltig ist.

Der Teilhorizont an der Basis, ST 1/19d, besteht aus leicht verwittertem Löss, der zu 23,6 % aus Ton, zu 72 % aus Schluff und zu 4,4 % aus Sand zusammengesetzt ist. Die Grobschluffanteile steigen auf 40,8 % an, die Feinschlufffraktion erreicht 8,6 %. Der Karbonatanteil beläuft sich auf 16,7 %, der Teilhorizont ist also stark karbonathaltig. Die Bodenart wurde als lehmiger Schluff (IU) angesprochen.

Abbildung 47 gibt die Korngrößenverteilung für das Profil ST 1 und Tabelle 9 wieder.

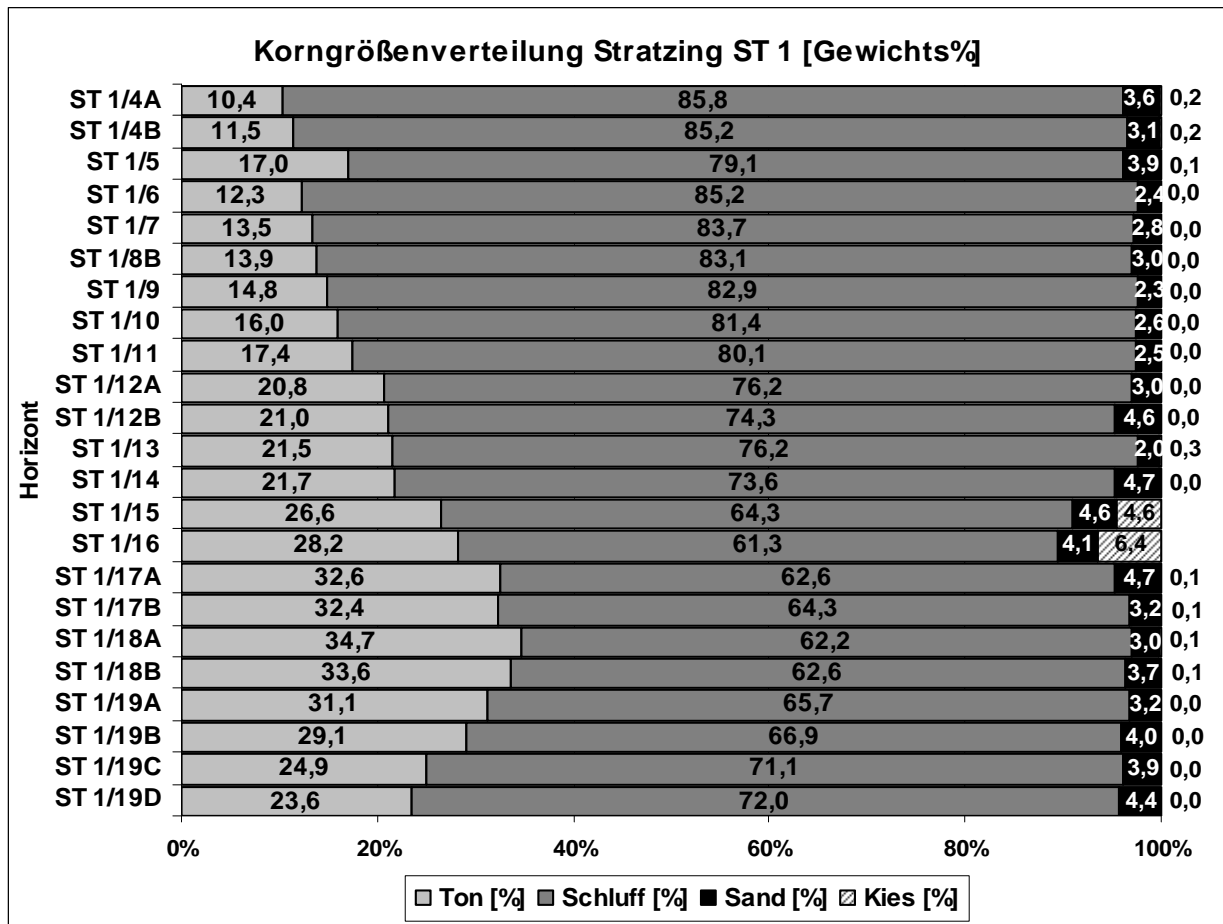


Abbildung 47: Korngrößenverteilung in Prozent, Profil ST 1

Tabelle 9: Sedimentologische Ergebnisse, Profil ST 1

Horizont	Tiefe [cm]	T [%]	FU [%]	MU [%]	GU [%]	Σ U [%]	FS [%]	MS [%]	GS [%]	Σ S [%]	K [%]	Textur	pH	Karb. [%]
ST 1/4A	140-185	10,4	5,9	20,5	59,4	85,8	3,2	0,3	0,1	3,6	0,2	U	8,0	31,3
ST 1/4B	185-220	11,5	5,6	21,1	58,5	85,2	2,7	0,4	0,1	3,1	0,2	U	8,0	27,1
ST 1/5	220-255	17,0	6,1	19,6	53,4	79,1	3,8	0,0	0,1	3,9	0,1	U	8,0	22,9
ST 1/6	255-265	12,3	5,4	21,8	58,0	85,2	2,2	0,2	0,0	2,4	0,0	U	8,0	23,3
ST 1/7	265-283	13,5	5,3	22,1	56,4	83,7	2,6	0,2	0,0	2,8	0,0	U	8,0	22,1
ST 1/8B	286-289	13,9	5,3	22,2	55,6	83,1	2,7	0,2	0,1	3,0	0,0	U	7,9	22,1
ST 1/9	293-304	14,8	4,9	22,4	55,6	82,9	2,1	0,1	0,0	2,3	0,0	U	8,0	20,8
ST 1/10	304-318	16,0	4,9	20,4	56,1	81,4	2,4	0,1	0,0	2,6	0,0	U	7,9	21,3
ST 1/11	318-329	17,4	5,3	21,3	53,6	80,1	2,3	0,2	0,0	2,5	0,0	U	8,0	22,1
ST 1/12A	329-345	20,8	5,6	21,7	48,9	76,2	2,8	0,2	0,1	3,0	0,0	U	8,0	21,5
ST 1/12B	345-359	21,0	5,5	21,0	47,8	74,3	3,9	0,7	0,1	4,6	0,0	IU	8,0	20,0
ST 1/13	359-368	21,5	6,0	22,2	48,0	76,2	1,4	0,4	0,2	2,0	0,3	U	8,0	21,5
ST 1/14	368-388	21,7	8,1	19,3	46,2	73,6	4,2	0,4	0,1	4,7	0,0	IU	8,0	23,3
ST 1/15	388-415	26,6	5,9	18,1	40,3	64,3	3,4	0,7	0,5	4,6	4,6	uL	8,0	25,8
ST 1/16	415-440	28,2	6,8	18,1	36,3	61,3	2,8	0,8	0,5	4,1	6,4	uL	8,1	24,6
ST 1/17A	440-470	32,6	8,6	19,6	34,4	62,6	3,5	0,8	0,4	4,7	0,1	uL	8,1	19,4
ST 1/17B	470-498	32,4	7,4	20,6	36,3	64,3	2,2	0,7	0,3	3,2	0,1	uL	8,0	5,8
ST 1/18A	498-522	34,7	7,4	20,4	34,3	62,2	2,3	0,6	0,1	3,0	0,1	uL	8,0	2,5
ST 1/18B	522-552	33,6	7,7	20,7	34,3	62,6	2,5	0,9	0,2	3,7	0,1	uL	8,0	4,6
ST 1/19A	552-585	31,1	7,9	21,7	36,0	65,7	2,2	0,7	0,3	3,2	0,0	uL	8,0	10,4
ST 1/19B	585-658	29,1	8,8	22,2	35,9	66,9	2,8	1,0	0,3	4,0	0,0	uL	8,0	13,7
ST 1/19C	658-685	24,9	9,0	23,2	38,9	71,1	2,9	0,8	0,2	3,9	0,0	IU	8,0	16,0
ST 1/19D	685-750	23,6	8,6	22,6	40,8	72,0	3,5	0,8	0,1	4,4	0,0	IU	7,9	16,7

T: Ton (<2 µm), U: Schluff, FU: Feinschluff (2-6,3 µm), MU: Mittelschluff (6,3-20 µm), GU: Grobschluff (20-63 µm), S: Sand, FS: Feinsand (0,063-0,2 mm), MS: Mittelsand (0,2-0,63 mm), GS: Grobsand (0,63-2 mm)

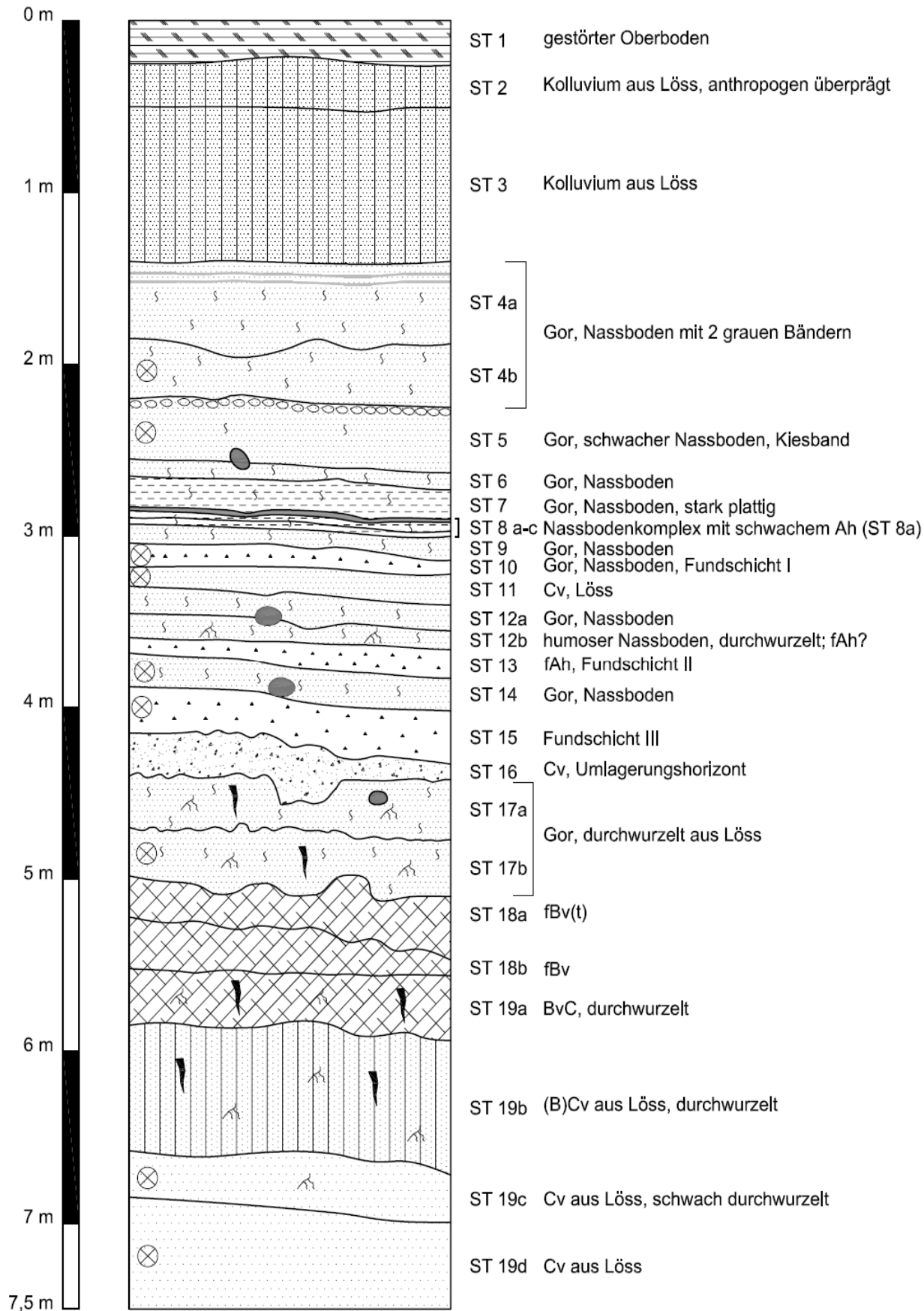


Abbildung 48: Profilzeichnung von Profil ST 1 mit Feldanalysedaten

Horizont (cm Tiefe)	Farbe		Texturmerkmale	Textur	Struktur	Kalkgehalt	Grenze	Lagerung	Kriterium	Sonstiges
	trocken	feucht								
ST 1/1 (0-26)	-	-	-	-	ohne Struktur, gestört	-	-	-	A-Horizont, hoher organischer Anteil	Ap, durch Pflugeinwirkung (?) gestört
ST 1/2 (26-70)	-	-	Vereinzelt Quarzkiese	Uls sandig-lehmiger Schluff, mit niedrigem Sandanteil	Bröckelgefüge	+++++	nach oben wellig, nach unten geradlinig	locker bis mäßig dichte Lagerung, nach unten hin dichter werdend	Löss, sehr braun	Pseudomycelien, viele Wurzel- und Tiergänge
ST 1/3 (70-140)	-	-	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1 Runde Quarzkiese sichtbar	Uls sandig-lehmiger Schluff	undeutlich Bröckelgefüge, fein: krümelig	+++++	nach oben und unten geradlinig	dichter als ST 1/2	Löss, heller	an Grenze zwischen ST 1/2 und ST 1/3 zugerundete Quarzkiese. Pseudomycelien, vereinzelt Lösskindl
ST 1/4a (140-185)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Sandkörner sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	schlecht ausgeprägtes Bröckelgefüge, fein: krümelig bis einzelkörnig	+++++	nach oben geradlinig, nach unten leicht wellig (Frost-Auftauprozesse?)	mäßig dichte Lagerung	Oxidationsflecken	ST 1/4 Redoxhorizont, mit Gesteinsfragmenten durchsetzt
ST 1/4b (185-220)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Sandkörner und Kies sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	schlecht ausgeprägtes plattiges Gefüge, frostbedingt	+++++	nach oben leicht wellig, nach unten wellig	dichter als ST 1/4a	Reduktionsflecken	ST 1/4 Redoxhorizont, mit Gesteinsfragmenten durchsetzt; ST 1/4b schwach ausgeprägter Nassboden, kryogen, Pseudomycelien und vereinzelt Mn
ST 1/5 (220-255)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 0-1 Formbarkeit: 1 Sandkörner und Kies sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	schwach plattig	+++++	nach oben wellig, nach unten leicht wellig	gleich wie ST 1/4b	Grobkieslage	Reduktionsflecken im gesamten Horizont, Pseudomycelien
ST 1/6 (255-265)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit: 0-1 Formbarkeit: 1 Sandkörner, und vereinzelt Kiese sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	deutlich plattig	+++++	nach oben und unten leicht wellig	etwas dichter als ST 1/5	Nassboden	Nassboden, stehende Kiese, leicht gebleicht, mit Pseudomycelien, Mn in Nadelstichform, Krotowine mit 12 cm Durchmesser
ST 1/7 (265-283)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Sandkörner sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	deutlich plattig, fein	++++	nach oben und unten leicht wellig	gleich wie ST 1/6	kaum Kies, vereinzelt neben Reduktions- auch Oxidationsflecken	Nassboden (Tundragley), vereinzelt Rostflecken, Pseudomycelien, Krotowine 6x12 cm, wenig Kies
ST 1/8a (283-286)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Bindigkeit 0-1 Formbarkeit 1	U(s) leicht sandiger Schluff	plattig	++++	nach oben leicht wellig, nach unten stark wellig	gleich dicht wie ST 1/7	geringmächtiger Nassboden (3-4 cm mächtig)	Mehr Pseudomycelien im gesamten ST 1/8; in ST 1/8a vereinzelt Pseudomycelien und Rostflecken
ST 1/8b (286-289)	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	2,5 Y 5/3 light olive brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 2	Uls sandig-lehmiger Schluff	schlecht ausgebildete, grobe plattige Struktur	+++++	nach oben und unten stark wellig	lockerer als ST 1/8a und ST 1/8c	geringmächtiger Ah-Horizont (3 cm mächtig)	braun-grau, humos, kiesfrei
ST 1/8c (289-293)	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	2,5 Y 5/3 light olive brown	Vereinzelt Kiese sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	feinplattig	+++++	nach oben stark wellig, nach unten schwach wellig	gleich dicht wie ST 1/8a	dunkler Löss, geringmächtig	an Untergrenze Kiese bis 2 cm Durchmesser
ST 1/9 (293-304)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/3 light yellowish brown	Sandkörner sicht- und fühlbar	Us sandiger Schluff	feinplattig	+++++	nach oben leicht wellig, nach unten geradlinig	mäßig dicht	Löss	kiesfrei, mäßige Mn-Fleckung, vereinzelt kleine Rostflecken und Schneckensplitter
ST 1/10 (304-318)	2,5 Y 7/3 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Sandkörner sicht- und fühlbar; kiesfrei	Us sandiger Schluff	plattig	+++++	nach unten leicht wellig	mäßig dicht	Fundschicht I, inhomogene Fleckung	Fundschicht I, inhomogener Horizont mit hell-dunkler Fleckung, wenig Pseudomycelien, kiesfrei, vereinzelt ganze Schnecken
ST 1/11 (318-329)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 1 Formbarkeit: 0-1	Us sandiger Schluff	schwach plattig	+++++	nach unten leicht wellig	lockerer als ST 1/10	Löss	Vereinzelt Holzkohlen, kiesfrei, Schneckenschalensplitter, leicht fleckig, keine Pseudomycelien
ST 1/12a (329-345)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 1 Formbarkeit: 0-1	Us sandiger Schluff	schwach plattig	+++++	nach unten leicht wellig	gleich dicht wie ST 1/11	Löss, vereinzelt Holzkohlereste	Vereinzelt Holzohle, wenig Pseudomycelien, vermehrt Mn in Nadelstichform, Krotowine 9x16 cm, schnecken- und kiesfrei

ST 1/12b (345-359)	10 YR 7/4 very pale brown	10 YR 6/4 very pale brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 1-2	Us sandiger Schluff	krümelig	+++++	nach unten geradlinig	gleich dicht wie ST 1/11	dunkelbraune Färbung, initiale Schwarzerde?, fAh?	Leichte Bioturbation, porös, wenig Pseudomycelien, Mn in Nadelstichform flächig, wenig Holzkohle
ST 1/13 (359-368)	10 YR 7/4 very pale brown	10 YR 7/4 very pale brown	Bindigkeit: 2-3 Formbarkeit: 2	Uls sandig- lehmgiger Schluff	krümelig	+++++	nach unten leicht wellig	gleich dicht wie ST 1/11	Fundschiicht II, Holzkohlereste	Fundschiicht II, schlecht zugerundete Kiese 3-15 mm Durchmesser, Holzkohle, Pseudomycelien, Bioturbation
ST 1/14 (368-388)	2,5 Y 7/4 pale yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 1-2 Formbarkeit: 2-3	Uls sandig- lehmgiger Schluff	schwach plattig	+++++	nach unten sehr leicht wellig	gleich dicht wie ST 1/11	Löss	Kiese bis 10 mm Durchmesser im gesamten Horizont, vereinzelt Holzkohle, Krotowine 8x16 cm,
ST 1/15 (388-415)	10 YR 6/4 light yellowish brown	10 YR 6/6 brownish yellow	Bindigkeit: 2-3 Formbarkeit: 3	Ut ₂ schwach toniger Schluff	bröckelig	+++++	nach unten stark wellig	mäßig dicht	Fundschiicht III, leicht tonige Bodenart	Fundschiicht III, wenig Mn in Nadelstichform, wenig Pseudomycelien,
ST 1/16 (415-440)	10 YR 6/4 light yellowish brown	10 YR 6/3 pale brown	Bindigkeit: 3 Formbarkeit: 3	Lu schluffiger Lehm	bröckelig	+++++	nach unten stark wellig	gleich dicht wie ST 1/15	Umlagerungsh orizont!	Umlagerung, chaotische, ungeregelte Lagerung der Kiese (5-40 mm Durchmesser), 20% Skelettanteil, stellenweise angedeutete Pseudomycelien
ST 1/17a (440-470)	10 YR 6/4 light yellowish brown	10 YR 7/4 very pale brown	Bindigkeit: 2 Formbarkeit: 3	Ul lehmiger Schluff	grob: subpolyedrisch	+++++	nach unten wellig	dichter als ST 1/16	geringer Skelettanteil	Pseudomycelien und Mn- Ausfällungen über den ganzen ST 1/17; Krotowine 7x11 cm, Bioturbationsspuren
ST 1/17b (470-498)	10 YR 5/6 yellowish brown	10 YR 5/6 yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Lt schwach toniger Lehm	plattig	++	nach unten stark wellig	dicht	Verhärtung gegenüber ST 1/17a, wenig CaCO ₃	Sehr feinporig, Froststruktur ohne hydromorphe Merkmale, wenige Schnecken
ST 1/18a (498-522)	10 YR 5/6 yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Tu ₄ stark schluffiger Ton	grob: subpolyedrisch fein: krümelig	++	gradueller Übergang	sehr dicht	Hauptboden- bildung, tonig, dunkler, wenig CaCO ₃	Schnecken, viele Mn- Ausfällungen und wenige Pseudomycelien über ST 1/18 verteilt, Hauptbodenbildung mit reliktischer Durchwurzelung; bioturbat, schwache Tonkutane, vereinzelt Kiese, sekundäre Karbonate in Nestern
ST 1/18b (522-552)	10 YR 6/6 brownish yellow	10 YR 6/6 brownish yellow	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Tu ₄ stark schluffiger Ton	grob: subpolyedrisch fein: krümelig	+++	gradueller Übergang, leicht wellig	sehr dicht	Hauptboden- bildung, hellerer Bereich, mehr CaCO ₃	Pseudomycelien, sekundäre Karbonate in Nestern, Schnecken, etwas porös
ST 1/19a (552-585)	10 YR 5/6 yellowish brown	10 YR 5/6 yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Lu schluffiger Lehm	grob: subpolyedrisch fein: krümelig	+++++	gradueller Übergang	sehr dicht	Durchwurzelun g	Im ganzen ST 1/19 Mn- Ausfällungen deckend, „Pseudokonkretionen“ (nicht verfestigte, größere Karbonatausfällungen); Bioturbationsspuren, Nester mit Pseudomycelien
ST 1/19b (585-658)	10 YR 5/4 yellowish brown	10 YR 5/4 yellowish brown	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Lu schluffiger Lehm	schwach ausgeprägt, fein und grob bröckelig	+++++	gradueller Übergang	sehr dicht	Durchwurzelun g, sekundäre, nicht verfestigte Karbonatkonkr etionen	Viele verfüllte Wurzelgänge, Pseudokonkretionen, Mn!
ST 1/19c (658-685)	2,5 Y 6/6 olive yellow	2,5 Y 6/6 olive yellow	Bindigkeit: 4 Formbarkeit: 4	Lu schluffiger Lehm	sehr schwach ausgeprägt, fein und grob bröckelig	+++++	gradueller Übergang	sehr dicht	Karbonatband, Gefüge schlecht erkennbar	zementiertes Karbonatband im rechten Bereich des Teilhizontes, verfüllte Wurzelgänge, Mn!
ST 1/19d (685-750)	2,5 Y 6/6 olive yellow	2,5 Y 6/4 light yellowish brown	Bindigkeit: 3-4 Formbarkeit: 3-4	Lu schluffiger Lehm	leicht subpolyedrisch	+++++	-	sehr dicht	Gefüge	verfüllt Wurzelgänge, viel Mn(!), praktisch kiesfrei, ^viele Lösskindl

6.2.2.2 Elementaranalysen: Kohlenstoff und Schwefel

Diese Analysen wurden im Labor der Geologischen Bundesanstalt, Fachabteilung Geochemie in Wien mittels eines Spektralanalysators durchgeführt. Die Analyse erfolgte mit absolut trockenen Proben, welche jeweils zweimal gemessen wurden.

Horizont ST 1/4a weist einen Gesamtkohlenstoffgehalt von 4,1 % auf, wobei 0,2 % dem Gehalt an organischem Kohlenstoff entsprechen, das sind 4,4 % des Gesamtkohlenstoffes (niedrigster Anteil am Gesamtkohlenstoff im Profil, vgl. Tabelle 10). Der Wert des Gesamtkohlenstoffes ist in diesem Teilhorizont jedoch der höchste des gesamten Profils. Der Schwefelgehalt nimmt mit 51 ppm den niedrigsten Wert im Profil ein. Der hohe mineralische (3,9 %) und Gesamtkohlenstoffgehalt lässt den Schluss auf CaCO₃-Anreicherung im Horizont durch Auswaschung aus höheren Horizonten zu.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt von Teilhorizont ST 1/4b wurde mit 3,6 %, der organische Kohlenstoffgehalt mit 0,2 % (6 % Anteil am Gesamtkohlenstoff) und daher der mineralische Kohlenstoff mit 3,4 % bestimmt. Der Schwefelgehalt steigt stark an und liegt bei 137 ppm.

Im Horizont ST 1/5 wurde der Gesamtkohlenstoff mit 3,2 % ermittelt, der organische Kohlenstoff nimmt 0,2 % ein (anteilmäßig am Gesamtkohlenstoff 6,7 %), der mineralische also 3 %. Der Schwefelgehalt nimmt mit 162 ppm weiter zu.

Der Horizont ST 1/6 weist einen Gesamtkohlenstoffgehalt von 3,4 % auf, der organische Kohlenstoff nimmt mit 0,3 % leicht zu, wie der mineralische mit 3,1 Gewichtsprozenten. Der Schwefelgehalt sinkt mit 149 ppm ein wenig.

ST 1/7 weist einen höheren Schwefelgehalt von 167 ppm auf, während der Gesamtkohlenstoffgehalt auf 3,1 % zurückgeht. Der organische Kohlenstoff bleibt bei 0,25 %, der mineralische geht auf 2,8 % zurück.

Im Ah-Horizont (Nassboden) ST 1/8b verändern sich die Werte von ST 1/7 im organischen Bereich, wo einer der höchsten Werte des Profils erreicht wird: Gesamtkohlenstoff 3,1 %, organischer Kohlenstoff 0,34 % und mineralischer Kohlenstoff 2,76 %. Der hohe Anteil an organischer Substanz ließ sich in diesem Horizont auch farblich feststellen. Der Schwefelgehalt bleibt bei 162 ppm so gut wie konstant.

ST 1/9 erreicht den höchsten Wert an organischem Kohlenstoff im gesamten Profil: 0,35 %. Der Gesamtkohlenstoff nimmt 3 Gewichtsprozent ein, der mineralische knapp 2,7 %. Es handelt sich hier um einen geringmächtigen Nassboden, in den möglicherweise aus höher liegenden Horizonten organische Substanz eingebracht wurde. Der Anteil des organischen Kohlenstoffes liegt bei 11,6 %. Der Schwefelgehalt steigt mit 174 ppm leicht an.

Der Fundhorizont ST 1/10 zeichnet sich durch einen Gesamtkohlenstoffgehalt von 3,2 % und einen leicht gestiegenen Schwefelgehalt von 185 ppm aus. Organischer Kohlenstoff nimmt 0,3 % ein, der mineralische daher 2,9 % des Gewichtes.

Der lösshaltige Horizont ST 1/11 weist 3,3 % Gesamtkohlenstoff, 0,27 % an organischem und 3 % an mineralischem Kohlenstoff auf. Der Schwefelgehalt steigt mit einem Wert von 207 ppm stark an.

ST 1/12a enthält 3,25 % Gesamtkohlenstoff, davon sind 0,3 % organischer Kohlenstoff. Der mineralische Kohlenstoff kommt auf 2,95 %. Der Schwefelgehalt steigt nochmals an und erreicht 228 ppm.

TeilhORIZONT ST 1/12b erreicht 3 % Gesamtkohlenstoff, 0,33 % organischen Kohlenstoff und 2,66 % mineralischen Kohlenstoff. Der Schwefelgehalt liegt bei 221 ppm. Bis zu diesem Horizont war die Bodenart immer schluffig, mit zunehmender Tiefe wird sie von diesem Horizont weg lehmiger.

Der Fundhorizont ST 1/13 enthält 3,1 % Kohlenstoff, davon sind 0,3 % organisch und 2,8 % mineralisch. Der Schwefelgehalt beträgt 219 ppm.

ST 1/14 enthält mit 3,5 % viel Gesamtkohlenstoff, es entfallen 0,28 % auf organischen und 3,2 % auf mineralischen Kohlenstoff, der Schwefelgehalt steigt auf 230 ppm an.

Der Fundhorizont ST 1/15 zeichnet sich durch einen hohen Gesamtkohlenstoffgehalt aus (3,5 %), auf organischen entfallen 0,25 % und auf mineralischen Kohlenstoff 3,2 %. Der Schwefelgehalt nimmt mit 235 ppm weiter zu. Die Bodenart schlägt nun in den tiefer liegenden Horizonten in schluffigen Lehm um.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt im Umlagerungshorizont ST 1/16 erreicht 3 %, auf den organischen entfallen 0,27 % und auf den mineralischen 2,7 %. Der Schwefelgehalt bleibt im Vergleich zu ST 1/15 praktisch unverändert (236 ppm).

Der Teilhorizont ST 1/17a, der unter reduzierenden Bedingungen steht und daher pseudovergleyt ist, weist einen niedrigeren Wert von 2,5 % Gesamtkohlenstoff auf. Der organische Kohlenstoff bleibt unverändert bei 0,28 % (11 % Anteil am Gesamtkohlenstoff), der mineralische nimmt daher ab (2,3 %). Der Schwefelgehalt wurde bei 232 ppm festgehalten.

Der genetisch den gleichen Prozessen zuzuordnende Teilhorizont ST 1/17b erreicht nur 0,89 % an Gesamtkohlenstoffgehalt. Der organische Kohlenstoffgehalt wurde mit 0,22 % (also 24,4 % Anteil am Gesamtkohlenstoff) ermittelt, der mineralische Kohlenstoff hat also stark abgenommen und liegt bei 0,68 %. Der Horizont scheint teilentkalkt zu sein, da hier der Karbonatgehalt stark abgenommen hat. Der Schwefelgehalt nimmt in diesem Horizont zu (259 ppm).

Die Tendenz setzt sich in Teilhorizont ST 1/18a fort: Der Gesamtkohlenstoff kommt auf 0,46 %, der organische Kohlenstoff geht auf 0,18 % zurück, hat aber 38,5 % Anteil am Gesamtkohlenstoff. Mineralischer Kohlenstoff erreicht 0,28 %. Der Horizont lässt den Schluss zu, dass Karbonat gelöst und ausgewaschen wurde. Auffällig ist die Zunahme der Schwefelkonzentration, die mit 330 ppm den Höchstwert im Profil erreicht.

Tabelle 10: Ergebnisse der Elementaranalysen, Profil ST 1

Horizont	Tiefe [cm]	C_{ges} [%]	C_{org} [%]	C_{min} [%]	S [ppm]
ST 1/4A	140-185	4,12	0,18	3,94	51
ST 1/4B	185-220	3,58	0,22	3,36	137
ST 1/5	220-255	3,17	0,21	2,96	162
ST 1/6	255-265	3,36	0,28	3,08	149
ST 1/7	265-283	3,08	0,25	2,82	167
ST 1/8B	286-289	3,10	0,34	2,76	162
ST 1/9	293-304	3,01	0,35	2,66	174
ST 1/10	304-318	3,24	0,30	2,93	185
ST 1/11	318-329	3,27	0,27	2,99	207
ST 1/12A	329-345	3,25	0,30	2,95	228
ST 1/12B	345-359	2,99	0,33	2,66	221
ST 1/13	359-368	3,13	0,30	2,83	219
ST 1/14	368-388	3,52	0,28	3,24	230
ST 1/15	388-415	3,47	0,25	3,22	235
ST 1/16	415-440	3,00	0,27	2,73	236
ST 1/17A	440-470	2,54	0,28	2,26	232
ST 1/17B	470-498	0,89	0,22	0,68	259
ST 1/18A	498-522	0,46	0,18	0,28	330
ST 1/18B	522-552	0,66	0,20	0,46	299
ST 1/19A	552-585	1,46	0,20	1,26	283
ST 1/19B	585-658	2,07	0,21	1,86	253
ST 1/19C	658-685	2,42	0,23	2,19	276
ST 1/19D	685-750	2,39	0,26	2,12	266

ST 1/18b weist ähnliche Kennzahlen auf: Der Gesamtkohlenstoffgehalt liegt bei 0,66 %, der organische Kohlenstoff erreicht 0,2 % (fast 30 % Anteil am Gesamtkohlenstoff) und der mineralische nur 0,46 %. Der Schwefelgehalt bleibt in Relation zu anderen Horizonten mit 299 ppm hoch.

Der Teilhorizont ST 1/19a besteht aus verwittertem Löss, der einen gestiegenen Gesamtkohlenstoffgehalt von 1,46 % aufweist. Auf organischen Kohlenstoff entfallen 0,2 % (13,6 % Anteil am Gesamtkohlenstoff), der mineralische Kohlenstoff (starke Zunahme) erreicht 1,26 %. Der Schwefelgehalt bleibt bei 283 ppm im höheren Wertebereich.

Teilhorizont ST 1/19b enthält 2,1 % an Gesamtkohlenstoff (10 % Anteil am Gesamtkohlenstoff), davon entfallen 0,21 % auf organischen und 1,9 % (Zunahme) auf mineralischen Kohlenstoff. Der Schwefelgehalt geht auf 253 ppm zurück.

Im Teilhorizont ST 1/19c sinkt der Verwitterungsgrad des Lösses wieder, was auch die Bodenart (lehmiger Schluff) widerspiegelt. Der Gehalt an Gesamtkohlenstoff nimmt mit 2,4 % weiter zu, der mineralische hat den größeren Anteil davon (2,2 %), der organische Kohlenstoff nimmt bis auf 0,23 Gewichtsprozent zu (9,5 % Anteil am Gesamtkohlenstoff). Der Schwefelgehalt liegt bei 276 ppm.

Der an der Basis des Profils liegende Teilhorizont ST 1/19d besteht aus Löss. Die Gesamtkohlenstoffkonzentration wurde mit 2,4 % ermittelt, der organische Kohlenstoff steigt mit 0,26 % an, der mineralische hält sich bei 2,1 %. Der Schwefelgehalt erreicht 266 ppm. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Schwefelgehalt im Profil mit zunehmender Tiefe zunimmt und dass Schwefel vor allem in stärker verwitterten, tonreicheren Bodenbildungsphasen (ST 1/18 und 1/19a) angereichert wird. Auch im Stratzinger Profil besteht eine noch genauer zu erforschende Korrelation zwischen Verwitterungsgrad und Schwefelgehalt.

6.2.3 Ergebnisse der optisch stimulierten Lumineszenz (OSL)

Für die Analyse der optisch stimulierten Lumineszenz wurden dem Profil ST 1 im ganzen 9 Proben in den Horizonten ST 1/4b, ST 1/5, ST 1/10, ST 1/11, ST 1/14, ST 1/15, ST 1/17b, ST 1/19c und ST 1/19d entnommen. Die Analysen der optisch stimulierten Lumineszenz ergaben zum Teil relativ hohe Alter (THIEL ET AL., eingereicht, S.15 und Table 3).

Es wurden verschiedene Messungen bei verschiedenen Temperaturen vorgenommen. Die hier wiedergegebenen Werte wurden bei 290°C durch IRSL ermittelt. Bei dieser Temperatur und ohne Fading-Korrektur ergaben sich reproduzierbare absolute Altersangaben. Das bestimmte Alter der beprobten Horizonte ist in Tabelle 11 angeführt. Es wird ersichtlich, dass die Horizonte ST1/17b, ST 1/19c und ST 1/19d deutlich älter als würmzeitlich sind. Alle drei Proben lagen vom Alter her an der Grenze bzw. außerhalb des Messbereiches, weisen also ein absolutes Alter von über 350.000 Jahre BP auf. Ihre Ablagerung erfolgte somit während oder auch vor dem Interglazial Mindel/Riß (vgl. THIEL ET AL. eingereicht, S.12 ff.).

Tabelle 11: IRSL – Alter für ausgewählte Horizonte des Profils ST 1. Quelle: THIEL ET AL. (eingereicht), Table 3.

Horizont	Probennr.	IRSL - Alter, unkorrigiert [ka BP]
ST 1/4b	1625	27,0 ± 0,8
ST 1/5	1626	30,0 ± 0,9
ST 1/10	1627	31,3 ± 1,1
ST 1/11	1628	33,7 ± 1,0
ST 1/14	1629	55,0 ± 2,0
ST 1/15	1630	113,0 ± 4,0
ST 1/17B	1631	>350
ST 1/19C	1632	>350
ST 1/19D	1633	>350

Das Alter aller Proben ist als Sedimentationsalter anzusehen, wobei die Proben Nr. 1629 (Horizont ST 1/14) und 1630 (Horizont ST 1/15) besonders hervorzuheben sind. Deren Alter

kann diskutiert werden, da es sich vom Alter der archäologischen Funde vom Galgenberg, welche dem Aurignacién (ca. 40.000/35.000 J. BC bis mind. 28.000 J. BP, vgl. NEUGEBAUER-MARESCH 1995) zugerechnet wurden, unterscheidet (Horizont ST 1/15 mit Alter von 113.000 J. BP \pm 4,0 entspricht archäologischer Fundschicht III) (vgl. THIEL ET AL. eingereicht, S.12 ff.).

6.2.4 Zusammenfassung und Interpretation

Das Profil Stratzing ST 1 ist 7,5 m mächtig (Zeichnung siehe Abbildung 48) und wurde stratigraphisch aufgrund der Heterogenität der Löss-Paläoboden-Sequenzen sehr fein untergliedert. Das Substrat der Bodenbildungen ist Löss.

In den insgesamt 23 (Teil-)Horizonten (19 Horizonte, einige untergliedert) finden sich 15 Löss(teil-)horizonte mit Pseudovergleyungserscheinungen, die als Gor-Horizonte angesprochen wurden (ST 1/4 bis ST 1/10, 1/12, 1/14 und ST 1/17), drei von anthropogener Aktivität geprägte, paläolithische Fundschichten (ST 1/10, ST 1/13 und ST 1/15), zwei Bv-Horizonte (ST 1/18a und B), drei Horizonte aus Löss (ST 1/11, ST 1/19c und 1/19d), zwei kolluviale Lösshorizonte (ST 1/2 und ST 1/3), ein BvC-Horizont (ST 1/19a), ein (B)Cv-Horizont (ST 1/19b), ein holozäner, gestörter Oberbodenhorizont (ST 1/1) und ein Umlagerungshorizont (ST 1/16) im Profil. Die Horizonte ST 1/18 und ST 1/19a wurden als stark verwitterter Bv-Pedokomplex eingestuft. Auf aussagekräftige Details der genannten Horizonte soll eingegangen werden.

In allen Horizonten ist der Grobschluff (35-60 %) die dominierende Korngrößenteilfraktion, der Gesamtschluff kommt auf 61-86 %. Auffällig ist der geringe Sandgehalt (Feinsandfraktion nur 1,4-4,2%) der Sedimente. Der Sandgehalt variiert nur schwach und unauffällig: Anteilswerte zwischen 2,4 und 4,7 % der Gesamtkorngrößen werden erreicht. Der Kiesgehalt liegt meist nahe bei Null, außer in den Horizonten ST 1/15 (4,6 %, bröckelig gelagerte Fundschicht III) und dem Umlagerungshorizont ST 1/16 (6,4 %), der aquatisch transportiert und währenddessen mit Kies angereichert wurde.

Die Datierung der neun OSL-Proben ergaben für die Nassbodenhorizonte ST 1/4B (27.000 Jahre BP) bis ST 1/11 (Lösshorizont, 34.000 Jahre BP) Alter, die auf eine Bildung im späten Mittelwürm schließen lassen. Nassbodenhorizont ST 1/14 ist mit 55.000 Jahre BP dem Mittelwürm zuzuordnen, während ältere Sedimente aus dem Fundhorizont ST 1/15 mit 113.000 Jahren BP aus dem Beginn des Frühwürms stammt. An dieser Stelle folgt eine zeitliche Diskordanz zwischen Jung- und dem jüngeren Mittelpleistozän: Der Horizont ST 1/17b weist, da bei OSL-Analyse in Sättigung, bereits ein Minimalalter von 350.000 Jahren BP auf, was für alle darunter liegenden Horizonte (cm 470-750), also für rund 2,8 m des Profils an seiner Basis ebenfalls gilt. Der Cv-Horizont ST 1/19 an der Basis des Profils

besteht aus verwittertem Löss, der ein Mindestalter von 350.000 Jahren BP hat, also genetisch in ein früheres Glazial als Würm oder Riss einzuordnen ist.

Der Anstieg des Tongehaltes mit zunehmender Tiefe ist bemerkenswert, vor allem ab ST 1/15 ca. 4 m unter der GOK (vgl. Abbildung 47).

Der Komplex von Teilhorizont ST 1/17a bis ST 1/19a erreicht einen Tongehalt von 31-35 % und ist als stark verwittert einzustufen, aber auch der Karbonatgehalt in diesen Horizonten ist nur mittelstark (laut PÉCSI & RICHTER [1996:46] von 13–19 %) (in den begrenzenden Horizonten ST 1/17a und ST 1/19a) bis gering (in den dazwischenliegenden Horizonten ST 1/17b bis ST 1/18b, 2,5–5,8%). Darunter befinden sich verwitterte, mineralische Teilhorizonte (Cv) aus Löss, die im Vergleich zum Würmlöss im Hangenden (ST 1/4 bis ST 1/14, 10-22 % Ton) mit 24-29 % Tongehalt auch deutlich stärker verwittert und als Tonlöss zu kategorisieren sind (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:135).

Zu den schwach karbonathaltigen bis stark ausgelaugten Horizonten zählen auch die Bv-Pedokomplexhorizonte ST 1/18a bis 1/19a (2,5–10 %).

Die Verwitterungsintensität im Profil manifestiert sich in zwei Graden der Ausprägung: Schwach verwittert im oberen Bereich und stark verwittert im unteren Bereich, wobei der Horizont ST 1/15 in 3,9 bis 4,2 m unter der GOK die Grenze bildet. Das bestätigt auch die Entwicklung der Bodenart: Die Würmlösse nahe der GOK bis ST 1/14 (Ausnahme ST 1/12B und ST 1/14, beide lehmiger Schluff, IU) bestehen aus Schluff (U), die Sedimente nahe der Profilbasis aus lehmigem Schluff (IU).

Es ist auffällig, dass sich diese zwei Verwitterungsbereiche auch durch ihren Schwefelgehalt unterscheiden (oberer Bereich: 51-230 ppm und durchschnittlich 176 ppm, unterer Bereich 232-330 ppm und durchschnittlich 267 ppm; Trennhorizont ist ST 1/15). Der Schwefelgehalt nimmt also von der GOK zur Basis hin auffällig zu und erreicht die höchsten Werte im Profil in den zwei Bv-Teilhorizonten des Bv-Pedokomplex´ von Horizont ST 1/18 (ST 1/18a: 330 ppm, ST 1/18b: 299 ppm). Die mittelpleistozänen Sedimente wurden also mit Schwefel primär oder sekundär angereichert. Es ist außerdem auffällig, dass die am intensivsten verwitterten Böden - so auch in Krems - höhere Schwefelgehalte haben.

Die Nassböden sind würmzeitlich und zeichnen sich durch ihr schwach bis deutlich ausgeprägtes (ST 1/6 bis ST 1/10) plattiges Gefüge, 20-23 % Karbonatgehalt (außer ST 1/4 mit besonders hohen 27-31 %), Farbspektrum im Lössbereich (2,5 Y-Blatt nach MUNSELL, pale yellow bis light yellowish brown) aus. Farbliche Ausnahmen sind ST 1/12b und ST 1/13, die am Blatt 10 YR (very pale brown) auffindig gemacht wurden. Die Bodenart der Nassböden ist Schluff (U), außer bei Horizont ST 1/12b, der aus lehmigem Schluff (IU) besteht. Dieser Horizont ist deutlich stärker verwittert (Ton 21 %, Karbonat 20 %) als die anderen Nassböden, außer ST 1/14, welcher die gleichen Charakteristika zeigt. Auffällig sind

die zwei grauen Bänder, die sich im Teilhorizont ST 1/4a befinden und auch von HÄNDEL ET AL. (2009:46 f) beschrieben wurden.

Vier Horizonte (ST 1/8b, 1/9, 1/12b und 1/13) wiesen in der Laboranalyse einen etwas erhöhten Wert des organischen Kohlenstoffes von 0,30-0,35 % (Durchschnitt im Profil: 0,26 % und innerhalb der Nassböden: 0,28 %) auf. ST 1/8b, 1/12b und 1/13 wurden als humose A-Horizonte (Ah) bezeichnet. Der Schwefelgehalt in den Nassböden liegt bei durchschnittlich 216 ppm. Nassböden können als Marker von Frost-Auftau-Wechselprozessen, die das plattige Gefüge verursachen, interpretiert werden (vgl. WEIDENBACH 1956:113 f.).

Die Fundschichten (ST 1/10, ST 1/13 und ST 1/15) sind zum Teil als Nassböden mit einem höheren Anteil an Holzkohleresten ausgebildet (ST 1/13 und ST 1/10). Die Fundhorizonte haben gemeinsam, dass sie aurignaciénzeitliche Artefakte preisgaben (vgl. NEUGEBAUER-MARESCH 1995:57 f.). ST 1/13 zeichnet sich durch einen erhöhten Humusgehalt aus und ST 1/15 durch erhöhten Kiesgehalt, ohne Spuren einer Umlagerung zu zeigen. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff ist mit durchschnittlich 0,28 % etwas höher als der der anderen Horizonte (0,27 %).

Die Bv-Horizonte sind stark verwitterte, mineralische B-Horizonte mit eher dunkler Färbung (10 YR 5/4 bis 6/6, alle yellowish brown), geringem Karbonatgehalt (2,5-4,6 %) und geringem organischem (0,18-0,20) sowie Gesamtkohlenstoffgehalt (0,46-0,66 %). Das Grobgefüge ist subpolyedrisch-polyedrisch und das Feingefüge krümelig. Mit dem höchsten Tonanteil im Profil (34-35 %) wurde die Bodenart als lehmiger Schluff (IU) bestimmt.

Der Umlagerungshorizont ST 1/16 charakterisiert sich durch unregelmäßige, chaotische Lagerung der Kiese (6,4 Gewichtsprozent, höchster Anteil im Profil), stark wellige Horizontgrenzen, eine trotz durchschnittlichem organischen Kohlenstoffgehalt (0,27 %) dunkle Färbung (10 YR 6/4 light yellowish brown) und bröckeliges Gefüge. Es handelt sich um den Horizont mit dem geringsten Schluffanteil (61 %) im gesamten Profil, der Tonanteil ist mit 28 % hoch. Der Verwitterungsgrad ist bereits fortgeschritten, der Kalkgehalt mit 25 % aber hoch. Das Gefüge zeigt, dass es sich um eine aquatische, nicht solifluidale Verlagerung handelt. Die Sedimente sind prä-würmzeitlich. Es kann diskutiert werden, ob es sich um aquatisch verlagerte Bodensedimente eines pedogenetischen Initialstadiums mit sekundärer Karbonatanreicherung handelt.

7 DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei den vier beschriebenen und aufgenommenen, davon drei im Labor sedimentologisch analysierten und zwei datierten Profilen handelt es sich um Löss-Paläoboden-Sequenzen, die unter variierenden klimatischen und ökologischen Bedingungen während des Jung- und Mittelpleistozäns entstanden sind. Das für die quartäre Landschaftsgenese zentrale gestaltende Element ist der Löss, dessen Ablagerung die Ökologie im Untersuchungsgebiet im Kremser Raum maßgeblich geprägt hat. Das günstigen Bedingungen zur Ablagerung an der Leeseite (Winde von Westen, daher Osthang geschützt) ließen, die Hangneigung im mittleren Hangbereich verflachend, Sedimentauflagen von über 40 m Mächtigkeit zu.

Die Schießstätte wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit in einem Hangprofil dargestellt, welches die Landschaftsgenese des Osthanges des Wachtberges und Kuhberges rekonstruieren soll. Das in Abbildung 49 dargestellte 1100 m lange Transekt wurde einer Geraden folgend von der Schwarzalm auf 372 m ü. d. A. im Westen durch die Schießstätte bis ins Kremstal auf 200 m ü. d. A. im Osten erstellt.

Als Basis für die Erstellung des Längsprofils des Wachtberg-Kuhberg – Osthanges (Abbildung 49) wurden verwendet: Eigene Forschungsergebnisse, als Basis für die Höhenangaben die topographische Karte (ÖK50) 1:50.000, für die geologische Einordnung die geologische Karte (GK50) 1:50.000, der Projektbericht des Projektseminars aus Landschaftsökologie 2008 sowie FINK (1976 und 1978) und GÖTZINGER (1936). Nachdem die Donau heute auf ca. 189 m ü. d. Adria fließt (hydrographischen Messstelle Stein-Krems, HZB-Nr. 207142), handelt es sich bei den im Keller eines Wohnhauses neben der Schießstätte (Schießstattgasse Nr. 5) im Rahmen des Projektseminars aus Landschaftsökologie 2008 aufgefundenen Schottern wohl um ältestpleistozäne Schotter der Wartberg-Terrasse, die ihre Sockelfläche 65 m über dem heutigen Donauniveau finden.

Der angesprochene Keller befindet sich auf ca. 249 bis 255 m ü. d. A., die ca. 1 m mächtige Schotterauflage befindet sich auf ca. 252 m ü. d. A. und fällt in das Wartberg-Terrassensedimentationsniveau (FUCHS 1980:499). Die Schotter haben Durchmesser von bis zu 40 cm, sind konglomeriert und vorwiegend silikatisch (vgl. PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE 2008:38). Aufgrund ihrer Charakteristika wurden die Wartberg-Schotter, die neben ihrer Höhenlage auch in die zeitliche Untergrenze der von FINK aufgenommenen „Mittleren Wand“ (vgl. FINK 1976:85) der Schießstätte passen, als Sedimentationsbasis für die Schießstatt-Lösse angenommen.

Das Auskeilen der Paläoböden des Kremser Komplexes (KR 7 bis 9 nach FINK [1976:90]) und der „Göttweiger Verlehmungszone“ (KR 4 nach FINK [1976:90]) konnte unterhalb der Geländeoberkante der Schießstätte (ca. 260 m ü. d. A.) altimetrisch nicht genau lokalisiert werden, fest steht aber, dass im Profil Krems Wachtberg (HÄNDEL ET AL. 2009) auf einer

Höhe zwischen 250 und 258 m ü. d. Adria und im Keller Schießstattgasse 5 (ca. 249 bis 255 m ü. d. A.) kein fBt-Horizont entsprechenden Ausmaßes gefunden wurde, was für ein Auskeilen in unmittelbarer Nähe der untersuchten Profile spricht.

Auf Abbildung 49 ist ersichtlich, dass der untersuchte Hang einen kristallinen Kern besitzt, dessen Oberfläche im mittleren Hangabschnitt stärker geneigt ist, als der aktuelle Hang. Die Lössbedeckung hat vor allem den mittleren, besonders erosionsgeschützten Hangabschnitt (ca. 320 bis 250 m ü. d. A.) verflacht. Der obere Hangabschnitt von 372 bis 320 m ü. d. A. ist von pannonen Hollabrunner Schottern bedeckt und aufgrund seiner morphologischen Position stärkerer äolischer und aquatischer Erosion ausgesetzt, weshalb die leicht erodierbare Lössbedeckung mitsamt den Paläoböden vermutlich abgetragen wurde. Möglicherweise konnten sich dort daher kaum Paläoböden ausbilden. Der untere Hangabschnitt von 250 bis 200 m ü. d. A. ist durch die Eintiefung des Kremflusses geprägt, der eine höhere Hangneigung bewirkt, was den Löss noch leichter erodierbar macht. Hier nimmt die Lössdecke deutlich an Mächtigkeit ab und verschwindet im holozän überschwemmten, aktiven Auenbereich des Kremstales.

Die Akkumulation von einem zeitlich so breit gefächerten und über 40 m mächtigen Spektrum an quartären Lössen und Paläoböden in der Schießstätte ist nicht zuletzt auf eine leichte Konkavität im anstehenden Paläozoikum (Paragneis mit Glimmerschiefer), welches das kristalline Sockelgestein bildet, zurückzuführen.

Die auffällige morphologische Form der Schießstätte mit ihren bis zu 30 m hohen, senkrecht abfallenden Lösswänden wurde im 19. Jahrhundert, wie so viele Lössvorkommen in der Region sonst auch, als Ziegelei mit Rohstoffgewinnung vor Ort genutzt. Darauf verweist GÖTZINGER (1936:10). Die markante Reliefierung ist daher genetisch als anthropogen anzusprechen.

Die sich heute darbietende landschaftliche Situation im Kremser Raum wurde während des Quartärs durch ein Zusammenspiel aus äolischen und aquatischen Prozessen, die durch klimatische Schwankungen bedingt waren, geformt und generiert. Der oberflächlich stärker untergliederte, abschnittsweise steilere kristalline Sockel wurde an der Leeseite (dominierenden Windrichtung: Westen) durch kleine Konkavitäten und Konvexitäten ausgleichenden Löss überlagert und erscheint dadurch geglättet.

Hangprofil Wachtberg-Kuhberg ostexponierter Hang

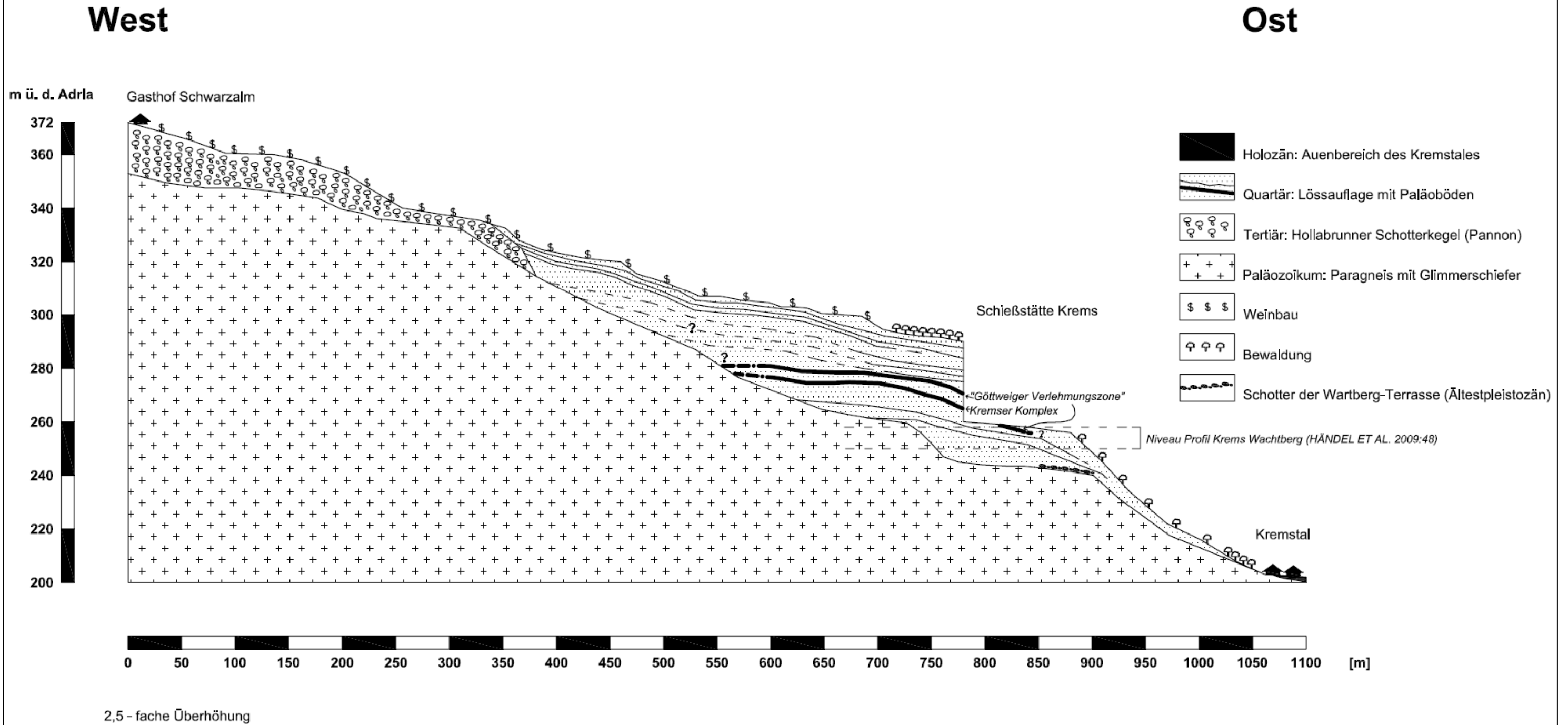


Abbildung 49: Geologisches Längsprofil der quartärbedeckten, östlichen Flanke des Wachtberg-Kuhberges mit Löss-Paläoboden-Sequenzen. Eigene Darstellung, nach: Eigenen Ergebnissen, nach der ÖK50 (1990: Blatt 38 KremS), GK50 (1984: Blatt 38 KremS), nach Ergebnissen aus dem PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2008), nach FINK (1976 und 1978) und GÖTZINGER (1936:8 ff.).

7.1 Charakteristika der untersuchten Löss

Löss können nach mehreren Parametern charakterisiert werden. Die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Parameter eignen sich zum Teil für eine Charakterisierung, so z. B. die Korngrößenverteilung und der Karbonatgehalt. Sie geben Aufschluss über den Verwitterungsgrad des Lösses, welcher der Altersbestimmung dienlich ist.

7.1.1 Profile Krems Schießstätte

Die Löss der Schießstätte sind von der Bodenart her Schluff (U) bis lehmiger Schluff (IU). Die Durchschnittswerte von Ton liegen bei 24 % (KSI 1) und 16 % (KSI 3), von Schluff bei 62 % (KSI 1) und 78 % (KSI 3), von Sand bei 12 % (KSI 1) und 6 % (KSI 3) und die von Kies bei 0,21 % (KSI 1) und 0,28 % (KSI 3). Damit unterscheiden sich die Löss der beiden Profile deutlich voneinander. Der Grobschluffanteil beträgt als in beiden Profilen dominierende Teilfraktion 38 % (KSI 1) und 52 % (KSI 3), Mittelschluff- und Feinschluffanteil der Profile unterscheiden sich jedoch nicht so stark voneinander und sind in KSI 1 nur leicht höher.

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff (KSI 1: 0,26 %, KSI 3: 0,24 %) sowie der Schwefelgehalt (KSI 1: 157 ppm, KSI 3: 162 ppm) in den Lössen ist beinahe identisch, der Gesamtkohlenstoffgehalt jedoch in KSI 3 (3,5 %; KSI 1 nur 1,9 %) deutlich höher.

Nach PÉCSI & RICHTER (1996) liegt die gemittelte Korngrößenverteilung sowie der Karbonatgehalt im normalen Bereich des Lössspektrums.

Der Schießstatt-Löss kann somit grob als primärer, typischer Löss klassifiziert werden (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:135 f.).

Dies alles lässt den Schluss zu, dass die Löss des Profils KSI 1 intensiver verwittert sind als die Löss im Profil KSI 3 und daher ein höheres Alter aufweisen. Da KSI 1 nicht von der Geländeoberkante weg aufgenommen wurde und KSI 3 sich im Bereich befindet, in welchem die Gesamtmächtigkeit der Lössauflage abnimmt, wird daher die Annahme untermauert, dass die Löss von Profil KSI 3 jungpleistozänen Alters sind und die von dem nur 70 m weiter westlich liegenden KSI 1 älter.

Die Löss im Profil KSI 1 enthalten aber deutlich mehr Ton und weniger Schluff, was auf einen höheren Verwitterungsgrad der KSI 1 – Löss schließen lässt. Der deutlich höhere Sandgehalt lässt auf veränderte Sedimentationsbedingungen bzw. Anreicherungsprozesse im Bereich des Profils KSI 1 schließen. Auch der Grobschluffgehalt legt den Schluss nahe, dass die Verwitterung im Profil KSI 1 fortgeschritten ist. Die Kiesfraktion ist nicht weiter auffällig, da sie nur in Spuren vorkommt. Der durchschnittliche Karbonatgehalt liegt bei 13 % (schwach karbonathaltig, KSI 1) und 26 % (sehr stark karbonathaltig, KSI 3) (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:46). Diese hohe Bandbreite spricht für die stärkere Entkalkung und den höheren Verwitterungsgrad der Löss im wahrscheinlich älteren Profil KSI 1.

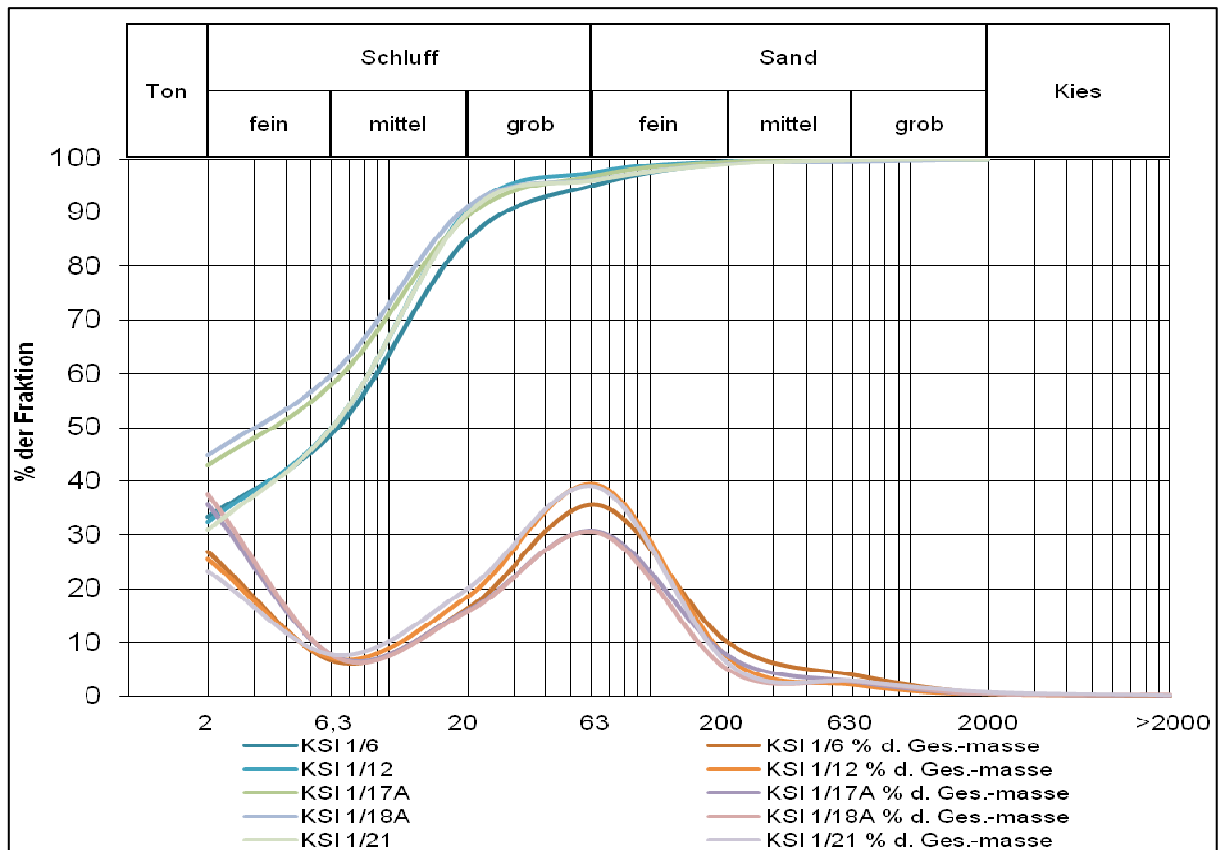


Abbildung 50: Summenkurve und Häufigkeitsverteilung der Korngrößen ausgewählter Horizonte des Profils KSI 1. Eigene Darstellung.

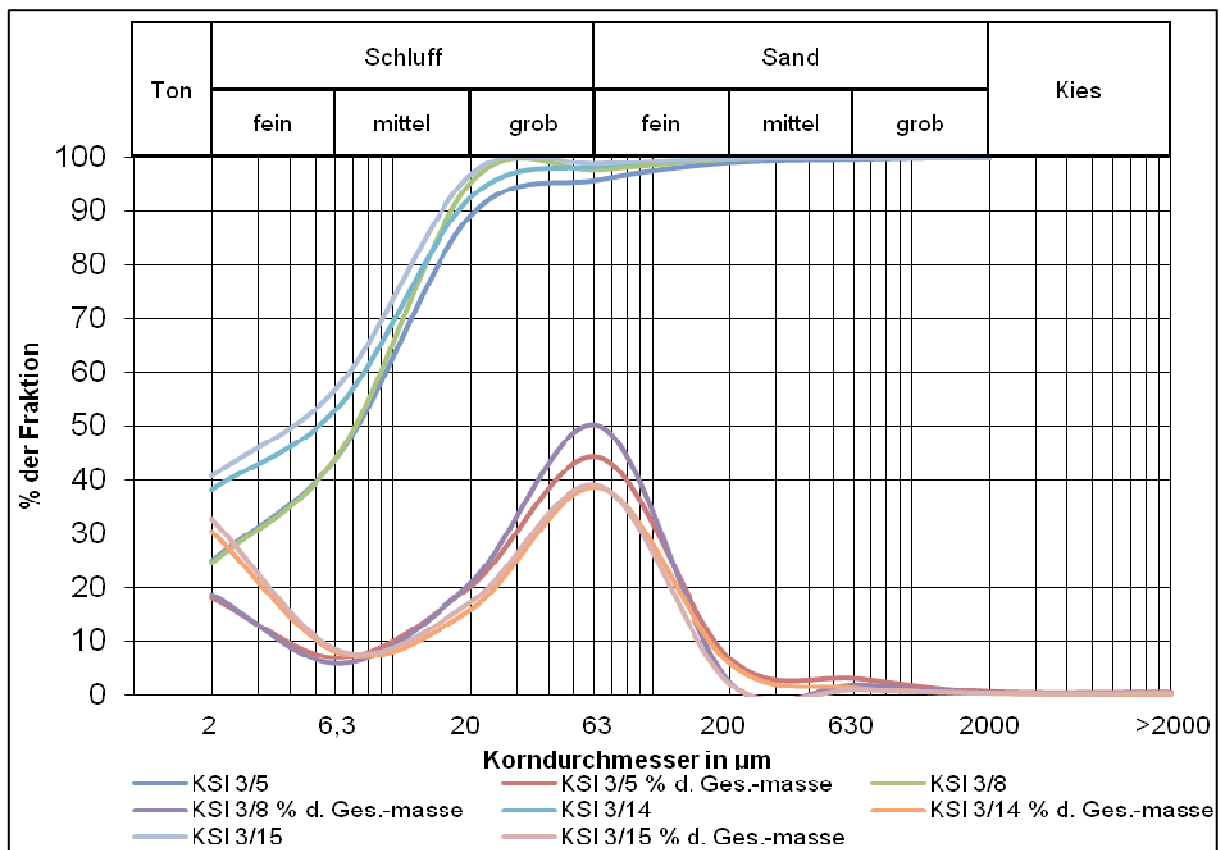


Abbildung 51: Summenkurve und Häufigkeitsverteilung der Korngrößen ausgewählter Horizonte des Profils KSI 3. Eigene Darstellung.

Abbildung 50 gibt die Korngrößenverteilung von ausgewählten Horizonten mittels einer Summenkurve (oben) und einer Häufigkeitsverteilungskurve (unten) für Profil KSI 1 und Abbildung 51 für Profil KSI 3 wieder. Für Profil KSI 1 wurden der Übersichtlichkeit halber nur drei Lösshorizonte (KSI 1/6, 1/8 und 1/21) neben zwei fBt-Horizonten (KSI 1/17a und 1/18a) dargestellt. Zwei Lösshorizonte (KSI 3/5 und 3/8) und 2 fBt-Horizonte (KSI 3/14 und 3/15) wurden für das Profil KSI 3 ausgewählt. Die Summenkurven der fBt-Horizonte setzen bei beiden Abbildungen bei der Feinschlufffraktion erst ab ca. 40-45 % an. Die höheren Tongehalte und Gemengeanteile feiner Korngrößen der fBt-Horizonte respektive der Lösshorizonte werden auch in der Häufigkeitsverteilung erkennbar, hier erreicht der schlechter verwitterte, gröbere Löss im Bereich der Grobschlufffraktion einen deutlich höheren Scheitelpunkt.

7.1.2 Profil Stratzing ST 1

Die Lössen im Profil Stratzing sind in ihren Eigenschaften im Vergleich zu denen der Schießstätte heterogen, da zum Teil deutlich stärker verwittert. Besonders auffällig sind die über das gesamte Profil verbreiteten hydromorphen Merkmale in den Lössen. Als Lösshorizonte wurden ST 1/4a bis ST 1/17b und ST 1/19c sowie 1/19d ausgewiesen.

Die Durchschnittswerte von Ton liegen bei 20%, die von Schluff bei 76 %, die von Sand bei 3,4 % und die von Kies bei 0,6 %.

Sehr auffällig ist der sehr niedrige Sandgehalt in den Lösshorizonten. Er erreicht im Durchschnitt wenig mehr als 3 %, während der Löss der Schießstätte 6 – 12 % Sand enthält. Dieses Phänomen dürfte auf die unterschiedliche Distanz vom Donautal, welches als Quellgebiet der im gesamten Untersuchungsgebiet akkumulierten Lösspartikel gilt, zurückzuführen sein: Größere, sandigere Partikel wurden über kürzere Entfernung vom Quellgebiet abtransportiert und bald abgelagert, weshalb in der nur wenige hundert Meter von der Donau entfernt liegenden Schießstätte ein sandigerer, gröberer Partikelmix abgelagert wurde als unterhalb des mehrere Kilometer von der Donau entfernten Stratzing Galgenberges, der zusätzlich höher liegt, weshalb eine größere Reliefenergie durch äolische Kräfte zu überwinden war.

Die Grobschlufffraktion kommt im Durchschnitt auf 49 % der Masse der Korngrößen. Der Umlagerungshorizont ST1/16 enthält zusammen mit dem angrenzenden Fundhorizont ST 1/15 den höchsten Anteil der Kiesfraktion: 6,5 % (ST 1/15: 4,6 %). Das ist ein Vielfaches der anderen Horizonte. Es ist anzunehmen, dass sich der Kies im Laufe des aquatisch generierten Umlagerungsprozesses angereichert hat.

Die Bodenart schwankt zwischen Schluff (U, ST 1/4A bis 1/12A sowie ST 1/13), lehmigem Schluff (IU, ST 1/12b und 1/14 sowie ST 1/19c und 1/19d) und der für Löss ungewöhnlich feinen Bodenart schluffiger Lehm (uL, ST 1/15 bis ST 1/17b).

Der Karbonatgehalt kommt auf durchschnittlich 21 %, der durchschnittliche Schwefelgehalt liegt bei 200 ppm und der organische Kohlenstoff erreicht 0,27 %. Der durchschnittliche Gesamtkohlenstoff wurde mit ca. 3 % bestimmt. Der pH-Wert liegt konstant im alkalischen Bereich von 7,9 bis 8,1 und ändert sich ohne Auffälligkeiten.

Im Vergleich zur Schießstätte ist der Schwefelgehalt höher, auch der organische Kohlenstoffanteil.

Zwischen ST 1/14 und ST 1/15 findet sich ein Hiatus von rund 60.000 Jahren, weshalb der Verwitterungsgrad im Horizont ST 1/15 (113.000 Jahre BP, vgl. Kap. 6.2.3) stark fortgeschritten ist. Diese Diskordanz zeigt sich in der feineren Bodenart (uL) im Horizont ST 1/15: Der Tongehalt ist deutlich höher (27 % respektive 22 % in ST 1/14) und der Schluffgehalt geringer (64 % respektive 74 % in ST 1/14).

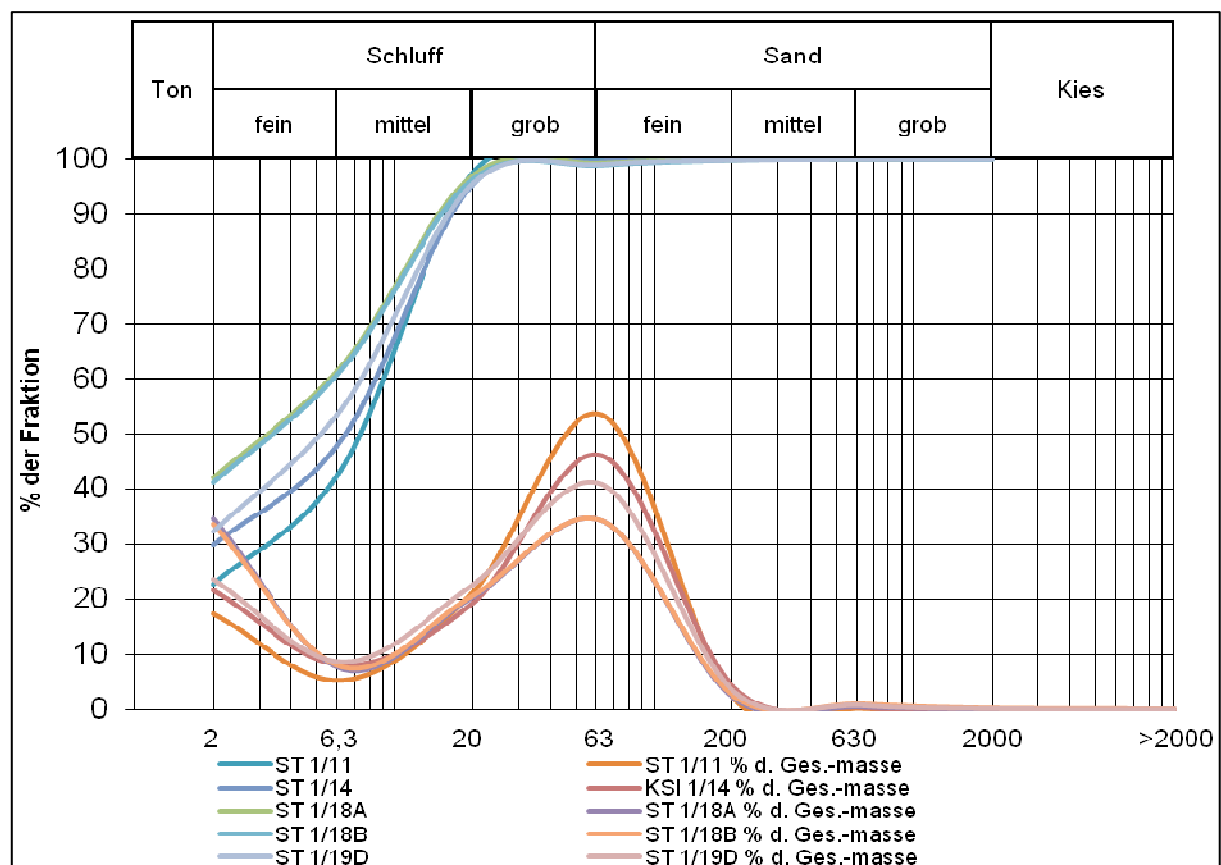


Abbildung 52: Summenkurve und Häufigkeitsverteilung der Korngrößen ausgewählter Horizonte des Profils ST 1. Eigene Darstellung.

Ab Horizont ST 1/17B ist ein Alter der Lösses von über 350.000 Jahren BP anzunehmen (vgl. Kap. 6.2.3).

Die Klassifikation der Stratzing-Lösse nach PÉCSI & RICHTER (1996:135 f.) muss in zwei Schritten erfolgen: ST 1/4a bis ST 1/14 und ST 1/19c und 1/19d enthalten 10 – 25 % Ton, weshalb sie als typische, primäre bis leicht solifluidal verlagerte Löss eingestuft werden können. Die besser verwitterten Löss der Horizonte ST 1/15 bis 1/17b erreichen Tongehalte von 27 bis 33 % und sind als Tonlöss einzustufen, außer der Umlagerungshorizont ST 1/16, der als grobmaterialhaltiger Derivatlöss eingestuft wird.

Die Löss von ST 1/15 bis ST 1/17b sind sehr stark verwittert, sogar stärker als die älteren Lösshorizonte ST 1/19c und 1/19d, weshalb anzunehmen ist, dass sich in diesem Bereich nicht näher bekannte Prozesse zugetragen haben, die eine Überprägung der Sedimente bewirkten, weshalb die Löss möglicherweise doch nicht als primär zu bezeichnen sind, sondern möglicherweise sogar eine pedogenetische Initialphase vorliegt.

Der Löss ist zusätzlich zu der durchgeführten Klassifikation als stark karbonathaltig (Klasse 19-22 %) anzusprechen (vgl. PÉCSI & RICHTER 1996:46).

Abbildung 52 gibt die Summenkurve und die Häufigkeitsverteilung der Körngrößen für ausgewählte Horizonte des Profils ST 1 wieder. Es wurden drei Lösshorizonte (ST 1/11, 1/14, 1/19d) und zwei Bv-Horizonte (ST 1/18a, 1/18b) graphisch wiedergegeben. Der höher liegende Scheitel der Häufigkeitsverteilung der Löss im Grobschluffbereich ist erkennbar, wie auch der prozentuell in höherem Bereich der Feinschlufffraktion liegende Start der Summenkurven der Bv-Horizonte. Abschließend sei festgestellt, dass in den Stratzinger Lössen ein deutlich geringerer Sandgehalt feststellbar war als in der Schießstätte. Der Tongehalt der Stratzinger Bv-Horizonte ist relativ hoch, aber geringer als in den fBt-Horizonten der Schießstätte.

7.2 Charakteristika der untersuchten Paläoböden

Für die Charakterisierung von Paläoböden sind Tonanteil, Karbonat- und organischer Kohlenstoffgehalt und andere bodenchemische und –physikalische Kennwerte von Bedeutung.

7.2.1 Paläoböden der Kremser Schießstätte

Zu den Schießstatt-Paläoböden kann gesagt werden, dass sie sich zum einen Teil als initiale fossile, leicht verwitterte, karbonatreiche fBcv-Horizonte im oberen Hangabschnitt manifestieren (vgl. KSI 1 und 2). Zum Teil keilen sie von Westen nach Osten aus. Nassböden wie in FINK's Mittlerer Wand wurden nur in KSI 3 aufgefunden (vgl. FINK 1978, Anhang: Tafel II), ihr Auskeilen in oberen Hangbereich bzw. zum Teil noch außerhalb der Schießstätte wurde im PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (2008:86) dokumentiert. Die markanten Paläoböden in den untersuchten Schießstatt-Profilen sind sehr reife, rubefizierte und stark verwitterte, unter sehr warmen klimatischen

Bedingungen entstandene fossile, tonige (fBt-)Pedokomplex-Horizonte von Braunerden bzw. Parabraunerden aus mehreren Interglazialen mit bis zu 3,3 m Mächtigkeit. Sie sind aller Wahrscheinlichkeit nach der „Göttweiger Verlehmungszone“ (Boden KR 4 bei FINK [1978:28]) zuzuordnen. Der Pedokomplex wird im Hangenden wie im Liegenden von verbraunten BCv-Horizonten als Übergangsbereich zum Löss begrenzt.

Die Paläoböden des Pedokomplexes in den Profilen KSI 1 und KSI 3, die in Tabelle 12 mit einem Großteil der Analyseergebnisse aufgelistet werden, zeichnen sich im Durchschnitt mit einem Tongehalt von 36 %, einem Schluffgehalt von 54 %, einem Sandgehalt von 9,5 % und einem Kiesgehalt von 0,17 % aus. Der Karbonatgehalt beträgt durchschnittlich 3,7 % (mittelstark ausgelaugt; das entspricht nach PÉCSI & RICHTER [1996:46] 3-5 % Karbonat, manche Horizonte wie KSI 1/17 und 1/18 sogar völlig bis stark ausgelaugt), der pH-Wert erreicht 7,9 bis 8,1. Der organische Kohlenstoff kommt im Durchschnitt auf 0,3 % und der Schwefelgehalt auf 225 ppm. Der Gehalt an Schwefel und organischem Kohlenstoff übersteigt den der substratbildenden Lössen. Der Karbonatgehalt ist hingegen deutlich geringer, was für die Lösungs- und Auswaschungsprozesse während der Pedogenese spricht. Horizont KSI 1/18 ist beinahe karbonatfrei. Der Tongehalt ist deutlich höher als der der Lössen, die Schlufffraktion ist zum Teil stärker verwittert und nimmt einen relativ geringen Anteil der Korngrößen ein. Die in den Lössen häufigste Teilfraktion Grobschluff kommt auf nur 31 Gewichtsprozent der Korngrößen. Die Tonfraktion erreicht einen höheren Anteil.

Tabelle 12: fBt-Pedokomplexe in Profilen KSI 1 und KSI 3. Eigene Darstellung.

	fBt-Horizont	T [%]	U [%]	S [%]	K [%]	Textur	Karb.[%]	C _{org} [%]	S [ppm]
Pedokomplex KSI 1	KSI 1/14	38,16	53,27	8,57	0,00	L	4,6	0,35	145
	KSI 1/15	40,76	44,82	14,37	0,05	IT	5,8	0,41	131
	KSI 1/16	39,90	52,21	7,89	0,00	L	6,7	0,47	143
	KSI 1/17A	35,68	53,86	10,42	0,04	L	1,7	0,38	166
	KSI 1/17B	35,08	52,30	12,59	0,03	L	0,6	0,21	334
	KSI 1/18A	37,62	53,59	8,32	0,47	L	0,4	0,19	327
	KSI 1/18B	36,47	51,88	11,13	0,52	L	0,4	0,13	361
	KSI 1/19	36,28	53,07	10,19	0,45	L	6,2	0,14	404
	Pedokomplex KSI 3	KSI 3/14	30,43	62,25	7,32	0,00	uL	6,7	0,25
KSI 3/15		32,65	64,12	3,06	0,17	uL	4,6	0,52	161

Als Bodenart wurde im Pedokomplex KSI 1 Lehm (L, KSI 1/14, 1/16, 1/17, 1/18 und 1/19) bis lehmiger Ton (IT, KSI 1/15) mit Tongehalten von 36 bis 41 % eruiert, während der Pedokomplex KSI 3 weniger Ton enthält und die Bodenart schluffigen Lehm (uL) mit Tongehalten von 30 bis 32 % zu Tage bringt. Der Pedokomplex mit den fBt-Horizonte KSI 2/16, 2/17 und 2/18 wurde nicht analysiert, sie sind denen von KSI 3 ähnlich.

Der Pedokomplex des Profils KSI 3 wurde nicht in seiner Gesamtmächtigkeit erfasst, da er sich unter der Geländeoberkante in die Tiefe fortsetzt, was durch eine nicht näher dokumentierte Bohrung von ca. 1 m Tiefe belegt wurde. Seine Untergrenze wurde nicht aufgefunden. Das Profil schließt auch drei Nassbodenhorizonte (KSI 3/7, 3/9 und 3/11) ein.

Der normale Schwefelgehalt in nicht stauwasserbeeinflussten Böden des humiden Klimabereiches beträgt zwischen 100 und 500 ppm (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002:321). Es ist davon auszugehen, dass in den Paläoböden der Schießstätte keine Schwefelanreicherung stattgefunden hat. Die Böden im tiefer liegenden Bereich (KSI 1/17B bis 1/19) des KSI 1–Pedokomplexes enthalten allerdings deutlich mehr Schwefel (327 bis 404 ppm). In diesem Bereich sinkt parallel dazu der Gehalt an organischem Kohlenstoff und Karbonat stark ab.

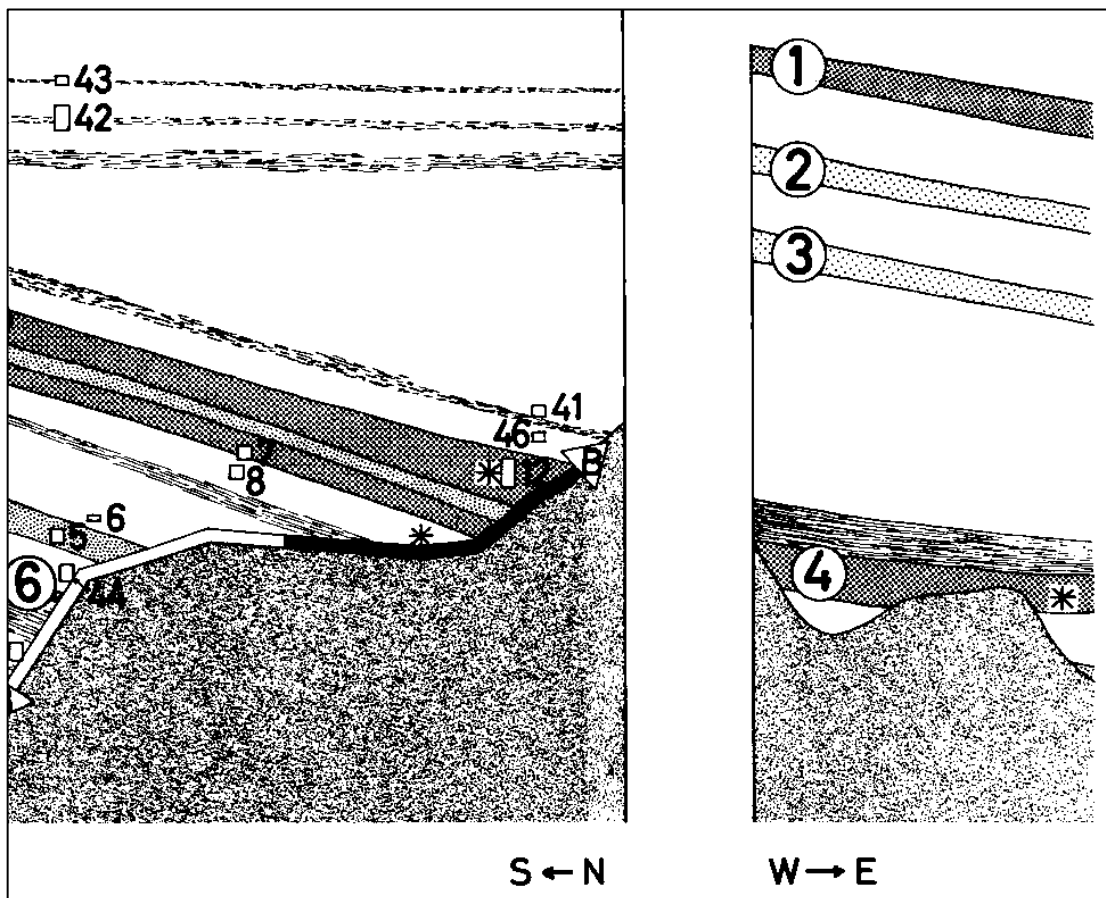


Abbildung 53: Ausschnitt aus der Detailzeichnung der Geländeaufnahme der Schießstätte mit Visualisierung des Streichens der Paläoböden. Rechter Bildteil stellt Skizze der in vorliegender Arbeit untersuchten Wand dar. Quelle: FINK (1978 Anhang: Tafel II)

Im Laufe der Arbeiten wurde die Annahme plausibel, dass die „Göttweiger Verlehmungszone“ (bei FINK Paläoböden KR 4, vgl. Abbildung 53) mit dem Pedokomplex, der sich an der Basis von KSI 1, 2 und 3 entlangzieht und anschließend im Untergrund verschwindet, identisch ist. Abbildung 53, Ausschnitt aus einer Zeichnung von FINK (1978), zeigt im rechten Bildsektor die West-Ost-gerichtete Wand, die im Zuge der vorliegenden Arbeit analysiert wurde. Diese Zeichnung untermauert die Annahme, dass es sich bei dem Pedokomplex um den Horizont KR 4, also die „Göttweiger Verlehmungszone“ handelt. Makroskopisch bestätigt wird sie auch durch das Vorhandensein von Holzkohlebändern in den fBt-Horizonten der drei pedokomplexführenden Profile, durch die sehr ähnliche MUNSELL-Farbe und durch die ähnliche Struktur.

Die analysierten fBcv- und fBv-Horizonte (KSI 1/1, 1/4, 1/7, 1/8 und KSI 3/8 und 3/13) zeichnen sich durch Bodenarten von Schluff (U, KSI 3/8) über hauptsächlich lehmigen Schluff (IU) bis hin zu schluffigem Lehm (uL, KSI 1/4) aus. Es handelt sich hierbei um leicht verwitterte, leicht verbrauchte, fossile, karbonatreiche Horizonte aus Löss, die als unreifes Bodenbildungsstadium bezeichnet werden können (durchschnittliche Korngrößenfraktionen: 23 % Ton, 66 % Schluff, 11 % Sand, 0,17 % Kies). Der Karbonatgehalt liegt mit durchschnittlich 15 % im mittleren Spektrum (mittelstark karbonathaltig, siehe PÉCSI & RICHTER 1996:46). Der organische Kohlenstoffgehalt liegt bei 0,25 %, der Schwefelgehalt bei 169 ppm.

Die Korrelation der Schießstatt-Profile KSI 1, 2 und 3 wurde auf analytischem Wege nur teilweise möglich, wenngleich die Tatsache, dass der Pedokomplex in der Umgebung des Profils KSI 3 auskeilen dürfte, auch eine schlechtere Entwicklung bzw. einen schlechteren Verwitterungsgrad in diesem seinen äußersten, tiefstliegenden, östlichsten Abschnitt in der Nähe von KSI 3 mit sich ziehen könnte. Die außergewöhnliche Mächtigkeit von 3,3 m im Profil KSI 1 charakterisiert den Pedokomplex und macht ihn für eventuelle weitere Forschungsarbeiten am Areal der Schießstätte leicht wiedererkennbar.

Die klimatischen Bedingungen, die zur Bildung des Pedokomplexes geführt haben, müssen aufgrund des starken Verwitterungsgrades als sehr warm und humid (ausgeprägte Interglaziale) eingestuft werden.

Das Profil KSI 2 weist daraufhin, dass sich keine Horizonte bzw. Paläoböden oder andere Horizonte von Profil KSI 1 in Richtung Profil KSI 3 zwischengeschaltet haben. Da keine Laboranalysen von KSI 2 vorliegen, kann kein Aufschluss über kleinräumige Veränderungen durch Analyseergebnisse erfolgen.

Eine eindeutige Korrelation zur genetischen Erklärung und Erfassung der gesamten Nordwand der Schießstätte kann eventuell durch eine horizontweise Datierung mittels OSL-Analyse bzw. Paläobotanik ermöglicht werden.

7.2.2 Paläoböden in Stratzing

Die Paläoböden in Stratzing gestalten sich heterogener, aber geringmächtiger als die der Schießstätte. Die meisten Lösshorizonte weisen Hydromorphiemerkmale (zum Teil redoximorph) auf weshalb die Nassböden zu den Lösshorizonten gezählt wurden. Gut entwickelt ist der stark verwitterte Bv-Komplex in den Horizonten ST 1/18 und 1/19a. Der Ah-Horizont ST 1/8a im Nassbodenkomplex ST 1/8 konnte nicht beprobt werden, der darunterliegende Teilhorizont ST 1/8B weist aber einen sehr hohen Gehalt an organischer Substanz auf, was auch diesen Teilbereich als humosen Horizont ausweisbar macht.

Eine Sonderstellung im Profil nimmt der Cv-Umlagerungshorizont ST 1/16 ein, u. a. aufgrund seines an der Grenze zwischen Jung- und Mittelpleistozän anzusetzenden Alters (> 113.000 Jahre BP, vgl. Kap. 6.2.3). Die Verwitterung ist fortgeschritten (Tongehalt 28 %, schluffiger Lehm). Dennoch ist er pedogenetisch höchstens als Initialstadium aus aquatisch umgelagerten Sedimenten anzusprechen.

Die archäologischen Fundhorizonte wurden zum Löss gezählt, da sie zwar einen relativ hohen Gehalt an organischem Kohlenstoff aufweisen, sich jedoch durch keine weiteren Parameter von den Lössen abheben.

Tabelle 13: Bv-Horizonte der Profils ST 1. Eigene Darstellung.

Bv-Horizont	T [%]	U [%]	S [%]	K [%]	Textur	Karb.[%]	C _{org} [%]	S [ppm]
ST 1/18A	34,73	62,16	2,96	0,15	uL	2,5	0,18	330
ST 1/18B	33,65	62,61	3,69	0,06	uL	4,6	0,20	299
ST 1/19A	31,14	65,67	3,16	0,03	uL	10,4	0,20	283

Der Bereich vom Horizont ST 1/15 bis 1/19b ist deutlich stärker verwittert als die höher liegenden Horizonte, aber um Paläoböden handelt es sich nur bei ST 1/18 und ST 1/19a, was an der Färbung (MUNSELL-Blatt 10 YR, brownish yellow bis yellowish brown) und Struktur sowie Karbonatgehalt feststellbar ist.

Bei allen drei Bv-Horizonten wurde als Bodenart schluffiger Lehm (uL) ermittelt. Im Durchschnitt kommt der Tongehalt auf 33 %, der Schluffgehalt auf 63 %, der Sandgehalt auf 3,3 % und der Kiesgehalt auf weniger als 0,1 %. Der Karbonatgehalt erreicht 5,8 %, was nach PÉCSI & RICHTER (1996:46) als schwach ausgelaugt zu bezeichnen ist, wobei Horizont ST 1/18a stark ausgelaugt ist. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff ist mit 0,19 % eher im niedrigen Bereich. Auffällig ist in Stratzing jedoch die Korrelation zwischen Schwefelgehalt und dem Verwitterungsgrad: mit einem Durchschnitt von 304 ppm ist er in den reifen Stratzipger Bv-Horizonten hoch, im gesamten Profil sind es die höchsten Werte. Die Zufuhr von Schwefel in Böden kann laut SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002:321) auf aufsteigendes Grundwasser oder Niederschläge zurückzuführen sein.

Der Tongehalt ist hoch, während der Sandgehalt einen auffällig geringen Wert einnimmt. Der Grobschluff kommt im Durchschnitt auf 35 %, der Mittelschluff auf 21 % und der Feinschluff auf 7,7 %. Nach PÉCSI & RICHTER [1996:43] sind Mittel- und Feinschluff- im Verhältnis zum Gesamtschluffgehalt nebst Tongehalt wichtige Parameter zur Angabe der Verwitterungsintensität. Ton, Fein- und Mittelschluff erreichen im Vergleich zu den hier analysierten Lössen ein eher enges Verhältnis, was auf intensive Verwitterung schließen lässt. Der geringe Sandgehalt dürfte ein Spezifikum der hier abgelagerten Teilchen sein, da unabhängig von Alter und Verwitterungsgrad die Sandfraktion in keinem Horizont mehr als 4,7 % erreicht. Die Datierung der Horizonte im Hangenden und Liegenden der Bv-Horizonte ergab ein Alter von mindestens 350.000 Jahren BP, welches auch für die Paläoböden angenommen wird. Die Bildung der Paläobodenhorizonte des Profils Stratzing ST 1 erfolgte unter humid-warmen klimatischen Bedingungen (Interglazial), eine zumindest zeitweilige Überprägung durch Stauwasser ist aber aufgrund des hohen Schwefelgehaltes nicht auszuschließen.

Beim Stratzinger Bv-Pedokomplex mit den Horizonten ST 1/18a–ST 1/19a war zunächst unklar, ob es sich um eine interglaziale oder interstadiale Bodenbildung handelt, da die Einstufung älter als MIS 7 das nicht spezifisch eruieren konnte. Die sedimentologischen Ergebnisse weisen auf eine reife, ausgeprägte Bodenbildung mit starken, unter warm-humiden klimatischen Bedingungen auftretenden Auswaschungserscheinungen hin, die mit hoher Wahrscheinlichkeit in einem Interglazial vonstattengingen.

7.3 Vergleich der untersuchten Profile

Die Profile der Schießstätte und das Stratzinger Profil sind von mehreren Unterschieden geprägt und nicht korrelierbar. Das mittel- bis jungpleistozäne Alter ist beiden untersuchten Profilstellen gemein, nicht jedoch die Horizontabfolge.

Die fBt-Pedokomplexhorizonte der Schießstätte weisen sedimentologisch mehrere Ähnlichkeiten mit den Stratzinger Bv-Horizonten auf, der Tongehalt ist jedoch in der Schießstätte höher und der Karbonatgehalt horizontweise deutlich niedriger, was auf noch stärker ausgeprägte, unter sehr warmen, humiden klimatischen Bedingungen stattfindende pedogenetische Vorgänge zurückzuführen ist. Schlüsse auf pedogenetisch relevante paläoklimatische Bedingungen ermöglicht die Farbe des Schießstatt-Pedokomplexes, die sich durch intensivere Rottöne auszeichnet.

In der Schießstätte ist ein Auskeilen von Schichten im bearbeiteten Hangabschnitt anzunehmen.

Der Vergleich mit dem sich in der direkten Umgebung der Schießstätte und der nahen Umgebung von Stratzing befindlichen Profil Krems-Wachtberg (siehe Abbildung 54) lässt keinen Spielraum für eine Korrelation. Das Profil weist zwar mehrere graue Aschebänder auf, wie sie auch im Profil ST 1 vorkommen, enthält jedoch keine reifen Bodenbildungen, wie sie in Krems und Stratzing in Form von Pedokomplexen anzutreffen sind. Obwohl die Höhenlage der der Schießstatt-Profile ähnlich ist (vgl. Transekt auf Abbildung 49), müssen erosive Prozesse die offenbar schlechter vor Erosion geschützte Profilstelle am Wachtberg beeinträchtigt und die Bodenbildungen abgetragen haben, sofern an der Stelle Bodenaufgaben existierten.

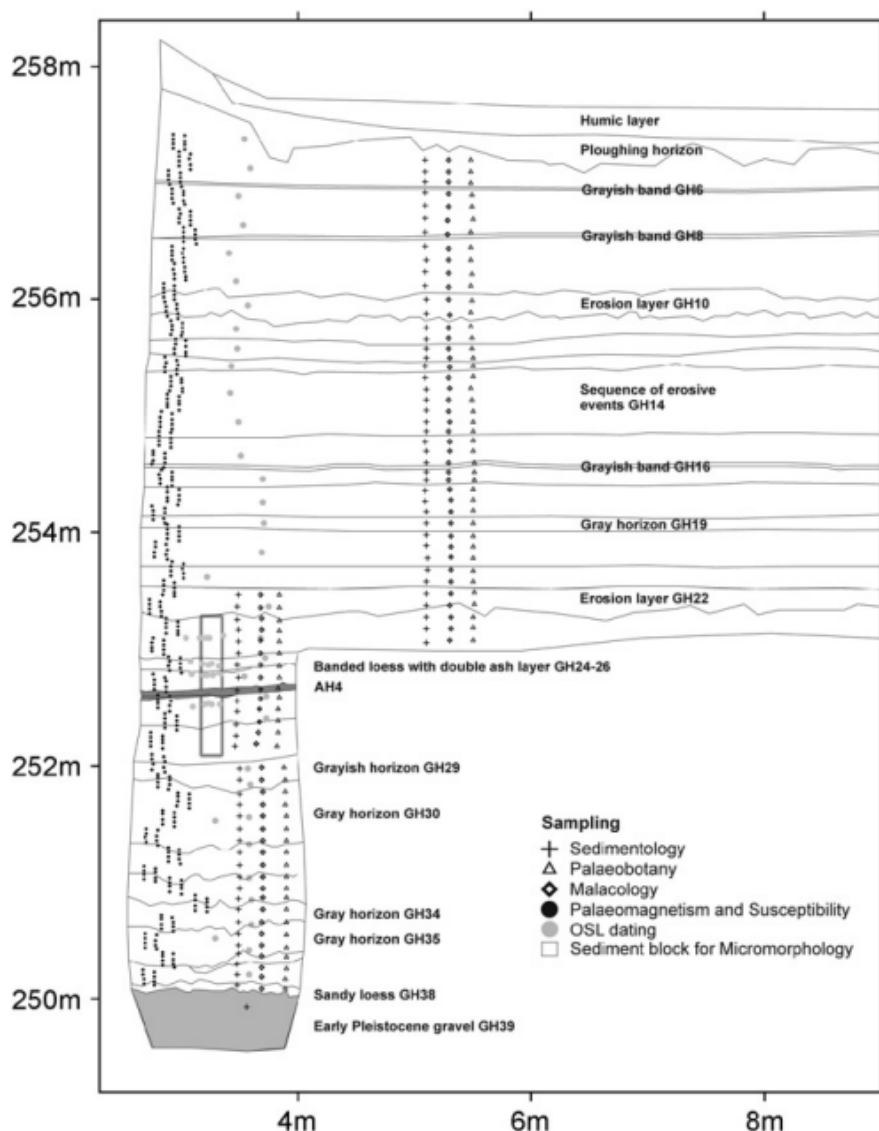


Abbildung 54: Profilzeichnung Krems-Wachtberg, archäologische Aufnahme. Quelle: HÄNDEL ET AL. (2009:48).

Die Wachtberg-Lössauflage misst mit ca. 8 m nur einen Bruchteil der mehrere 10er-Meter mächtigen Lössdecke der erosionsgeschützteren Schießstätte.

Bei der Erstellung der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen der bearbeiteten Fragestellung einige Fragen, die auf die weitere systematische Erforschung der Schießstätte und der Lössgebiete um Krems bezogen sind, aufgeworfen.

In der Schießstätte konnte die Stelle, an der der Pedokomplex der „Göttweiger Verlehmungszone“ auskeilt, nicht genau eruiert werden. Aus diesem Grund könnten weitere Untersuchungen wie z. B. Kernbohrungen mittels Rammkernsonde eine sinnvolle Erweiterung der Erkenntnisse, die im Rahmen dieser Arbeit gewonnen wurden, liefern.

Auch wäre dadurch eine genaue Stratigraphie aller unter der Geländeoberkante von ~260 m ü. d. A. liegenden Schießstatt-Paläoböden ermöglicht, die in der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden konnte. Die genaue Lössmächtigkeit, die bereits in etwa bekannt ist, könnte auch durch dieselbe Methode genauer ermittelt werden.

Eventuelle Proben von Paläoböden könnten weitere Informationen zu Alter und paläoklimatischen Bedingungen liefern.

Paläoflora und -fauna wurden in dieser Arbeit nicht behandelt. Paläontologische, malakologische und palynologische Analysen wären sinnvoll, um die paläoökologischen Bedingungen bei Bildung der Böden bzw. bei Ablagerung des Lösses vollständig zu erörtern. Was außerdem offen blieb, ist eine mineralogische, mikromorphologische Analyse der Lösser und eine tonmineralogische der Paläoböden für beide Bereiche des Untersuchungsgebietes und ein anschließender Vergleich, der das Herkunftsgebiet der Sedimente genauer eingrenzen könnte. Die Tonmineralogie könnte Bedingungen und Grad der Verwitterung der Böden für beide Profilbereiche noch nuancierter in Erfahrung bringen.

Schließlich verbleiben für eine großflächige Rekonstruktion des Paläoreliefs unter Zuhilfenahme der quartären Deckschichten des gesamten Wachtberg-Kuhberg-Osthanges noch viele Profilstellen zu bearbeiten.

Im Schießstatt-Profil KSI 1 wie auch im Stratzinger ST 1 wurde in den Pedokomplex-Horizonten ein erhöhter Schwefelgehalt festgestellt. In der Literatur wurden keine Angaben dazu, wie und warum der Verwitterungsgrad eines Paläobodens mit dem Schwefelgehalt korrelieren könnte, gefunden. Die Identifikation des Prozesses der Schwefelakkumulation und dessen Bindungsform in Paläoböden könnte eine Forschungsaufgabe darstellen, deren Bearbeitung der Paläopedologie weiteren Informationsgewinn ermöglichen würde.

LITERATURVERZEICHNIS

- AD-HOC ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Verbesserte und erweiterte Auflage. Hannover.
- AITKEN, M. J. (1998). An Introduction to Optical Dating. The Dating of Quaternary Sediments by the Use of Photon-stimulated Luminescence. Oxford University Press.
- BAUER, B. (1972): Geomorphologie des südöstlichen Weinviertels im Einzugsgebiet von Krems und Kamp. – Dissertation an der Universität Wien, approbiert 1966. Verlag Notring. Wien.
- BRANDTNER, F. (1954): Jungpleistozäner Löss und fossile Böden in Niederösterreich. – In: WOLSTEDT, P. (1954): Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 4, 49 – 82. Wien.
- BRANDTNER, F. (1956): Lössstratigraphie und paläolithische Kulturabfolge in Niederösterreich und in den angrenzenden Gebieten. – In: WOLSTEDT, P. (1956): Eiszeitenalter und Gegenwart, Bd. 7, 127 – 175. Öhringen/Württemberg.
- BRONGER, A. (2003): Correlation of loess–paleosol sequences in East and Central Asia with SE-Central Europe: towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history. Quaternary International, Vol. 106/107, 11–31. Pergamon.
- BRONGER, A. & J. A. CATT (1998): Summary Outline and Recommendations on Paleopedological Issues. – In: Quaternary International, Vols. 51/52, 5-16. Elsevier.
- BRUNNACKER, K. (1957): Bemerkungen zur Feinstgliederung und zum Kalkgehalt des Lösses. – In: Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 8, 107 – 115.
- CATT, J. A. (1986): Soils and Quaternary Geology. A Handbook for Field Scientists. – Monographs on Soil and Resource Survey No. 11. Clarendon press. Oxford.
- DAMM, B. & B. TERHORST (2009, eingereicht): A model of slope formation related to landslide activity in the Eastern Prealps, Austria. Geomorphology, doi: 10.1016/j.geomorph.2009.11.001.

DIERCKE WELTATLAS ÖSTERREICH (1997). Westermann. Wien.

DRAXLER, I. (1980): Das Quartär. – In: OBERHAUSER, R. (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. Springer-Verlag. Wien-New York.

FAUPL, P. (2003). Historische Geologie – Eine Einführung. Facultas–UTB. 2. Auflage. Wien.

FINK, J. (1961): DIE Gliederung des Jungpleistozäns in Niederösterreich. – In: Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien. Bd. 54, 1–25. Wien.

FINK, J. (1965): Exkursion am 13. Juni 1965: Quartär und Tertiär in der Umgebung von Krems und Melk, Exkursionsbericht. – In: Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien. Bd. 58, 307–318. Wien.

FINK, J. (Schriftleitung) (1976): Exkursion durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. Bd. 1. – Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien.

FINK, J. (Schriftleitung) (1978): Exkursion durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. Ergänzungen zu Bd. 1. – Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien.

FINK, J. & G. J. KUKLA (1977): Pleistocene Climates in Central Europe: At Least 17 Interglacials after the Olduvai Event. – Quaternary Research, Vol. 7, 363-371.

FISCHER, M. (1976): Österreichs Pflanzenwelt. – In: BECHERER K. (1976): Naturgeschichte Österreichs. Forum Verlag. Wien.

FRANK, CH. (2006): Plio-pleistozäne und holozäne Mollusken Österreichs. Mitteilungen der prähistorischen Kommission der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien.

FRECHEN, M., HORVÁTH, E., GÁBRIS, G. (1997): Geochronology of Middle to Upper Pleistocene Loess Sections in Hungary. Quaternary Research, Vol. 48, 291-312.

- FUCHS, W. (1980): Das Werden der Landschaftsräume seit dem Oberpliozän. – In: OBERHAUSER, R. (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. Springer-Verlag. Wien-New York.
- GATTINGER, T. E. (1980): Hydrogeologie. – In: OBERHAUSER, R. (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. Springer-Verlag. Wien-New York.
- GISI, U. (1997): Bodenökologie. Georg Thieme-Verlag. 2. Neubearbeitete und überarbeitete Auflage. Stuttgart-New York.
- GÖTZINGER, G. (Schriftführer) (1936): Führer für die Quartärexkursionen in Österreich. I. Teil. III. Internationale Quartär-Konferenz, Wien, September 1936. Verlag Geologische Bundesanstalt. Wien.
- GRABHERR, G. (1997): Farbatlas Ökosysteme der Erde. Ulmer-Verlag. Stuttgart.
- HAASE, D., FINK, J., HAASE, G., RUSKE, R., PÉCSI, M., RICHTER, H., ALTMANN, M., JÄGER, K.D. (2007): Loess in Europe – its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2.500.000. – In: Quaternary Science Reviews, Vol. 26, 1301 – 1312. Elsevier.
- HÄNDEL, M., SIMON, U., EINWÖGERER, T., NEUGEBAUER-MARESCH CH. (2009): Loess deposits and the conservation of the archaeological record—The Krems-Wachtberg example. – In: Quaternary International, Vol. 189, 46-50. Elsevier.
- HASSINGER, H. (1905): Geomorphologische Studien aus dem inneralpinen Wiener Becken und seinem Randgebirge. – Geographische Abhandlungen herausgegeben von Prof. Dr. Albrecht Penck in Wien. Bd. VIII, Heft 3. Verlag B. G. Teubner. Leipzig.
- HOFER, I. & I. JABUROVÁ (2008): Geländeaufnahme WAG II – Loop 600 Plus. km 97,828 bis km 80,950. Kartierbericht. Berichtarchiv, Geologische Bundesanstalt. Wien.
- HUBER, K. (2003): Unterlagen zum Proseminar Klimageographie. Wien
- ICS (International Commission on Stratigraphy) (2004): International Stratigraphic Chart 2004

- ICS (International Commission on Stratigraphy) (2008): International Stratigraphic Chart 2008.
- ICS (International Commission on Stratigraphy) (2009): International Stratigraphic Chart 2009.
- KOHL, H. (1998): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Teil II: Die eiszeitliche Vergletscherung in Oberösterreich. – In: Jahrbuch des oberösterreichischen Musealvereines, Gesellschaft für Landeskunde. Linz. Bd. 143, 175–391.
- LAIS, R. (1951): Über den jüngeren Löß in Niederösterreich, Mähren und Böhmen. – In: Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br., Bd. 41, 119–178.
- LENHARDT, W. (2006): Erdbeben. – In: WESSELY, G. (2006): Niederösterreich. Geologie der Österreichischen Bundesländer. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- LOISHANDL, H. & R. PETICZKA (2005): Vom Winde verweht. Die Sedimente und Böden im Verbreitungsgebiet der niederösterreichischen Kreisgrabenanlagen. – In: DAIM, F. & W.NEUBAUER (Hrsg.) (2005): Geheimnisvolle Kreisgräben. Verlag Berger. Horn- Wien.
- LOWE, J. J. & M. J. C. WALKER (1997): Reconstructing Quaternary Environments. Second Edition. Harlow.
- MATURA, A. (1989): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000. Erläuterungen zu Blatt 37 Mautern. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- MATURA, A. (2006): Böhmisches Massiv. – In: WESSELY, G. (2006): Niederösterreich. Geologie der Österreichischen Bundesländer. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- MORRISON, R. B. (1998): Report from Working Group on Pedostratigraphy. – In: Quaternary International, Vols. 51/52, 81 – 86. Pergamon.
- NAGL, H. (1983): Klima- und Wasserbilanztypen Österreichs. Versuch einer regionalen Gliederung mit besonderer Berücksichtigung des außeralpinen Raumes. – In: Geographischer Jahresbericht aus Österreich, Bd. 40, 50-72.

- NESTROY, O. ET AL. (2000): Systematische Gliederung der Böden Österreichs (Österreichische Bodensystematik 2000). – In: Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft. Heft 60. Wien.
- NETTLETON, W. D., OLSON, C. G. & WYSOCKI, D. A. (2000): Paleosol classification: Problems and solutions. *Catena*, Vol. 41, 61-92. Elsevier.
- NEUGEBAUER-MARESCH, CH. (1995): Kunst und geistige Welt. – In: NEUGEBAUER-MARESCH, CH. (1995): Altsteinzeit im Osten Österreichs. Wissenschaftliche Schriftenreihe Niederösterreich 95/96/97. 2. Auflage. Wien-St. Pölten.
- NEUGEBAUER-MARESCH, CH. (1995): Siedlungswesen. – In: NEUGEBAUER-MARESCH, CH. (1995): Altsteinzeit im Osten Österreichs. Wissenschaftliche Schriftenreihe Niederösterreich 95/96/97. 2. Auflage. Wien-St. Pölten.
- NEUGEBAUER-MARESCH, CH. (1995): Verzeichnis der paläolithischen Fundplätze in Ostösterreich. – In: NEUGEBAUER-MARESCH, CH. (1995): Altsteinzeit im Osten Österreichs. Wissenschaftliche Schriftenreihe Niederösterreich 95/96/97. 2. Auflage. Wien-St. Pölten.
- NEUWIRTH, F. (1989): Klimazonen in Niederösterreich. – Wissenschaftliche Schriftenreihe Niederösterreich. Verlag Niederösterreichisches Pressehaus. St. Pölten-Wien.
- OGG, G. (2009): Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy. Last update on 12. Nov. 2009. <http://stratigraphy.science.purdue.edu/gssp/index.php?parentid=all> (Zugriff am 04.03.2010).
- ÖNORM L 1061-1 (2002): Physikalische Bodenuntersuchungen. – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens. Teil 1: Grobboden. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- ÖNORM L 1061-2 (2002): Physikalische Bodenuntersuchungen. – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens. Teil 2: Feinboden. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.

- ÖNORM L 1084 (2006): Chemische Bodenuntersuchungen. – Bestimmung von Karbonat. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- PÉCSI, M. (1990): Loess is not just the accumulation of dust. – In: Quaternary International, Vol. 7/8. 1 – 21.
- PÉCSI, M. & G. RICHTER (1996): Löss. Herkunft, Gliederung, Landschaften.- Zeitschrift für Geomorphologie. Gewidmet dem 14. INQUA-Kongreß in Berlin. Vol. 98, Supplementary Issue. Gebrüder Bornträger. Berlin – Stuttgart.
- PENCK, A. (1937): Europa im Eiszeitalter. – In: Geographische Zeitschrift, Bd. 43, 1-10. Leipzig-Berlin.
- PENCK, A & E. BRÜCKNER (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. Erster Bd. Chr. Herm. Tauchnitz. Leipzig.
- PIFFL, L. (1955): Exkursion von Krems bis Absberg. – In: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Sonderheft. 70-78. Wien.
- PIFFL, L. (1971): Zur Gliederung des Tullner Feldes. Annalen des Naturhistorischen Museums Wien 75, 293-310. Wien.
- PILLER, W. E., EGGER, H., ERHART, C. W., GROSS, M., HARZHAUSER, M., HUBMANN, B., VAN HUSEN, D., KRENMAYR, H.-G., KRISTYN, L., LEIN, R., LUKENEDER, A., MANDL, G. W., RÖGL, F., ROETZEL, R., RUPP, C., SCHNABEL, W., SCHÖNLAUB, H. P., SUMMESBERGER, H., WAGREICH, M. & WESSELY, G. (2004): Die Stratigraphische Tabelle von Österreich 2004 (sedimentäre Schichtfolgen). 1. Auflage. Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission. Wolkersdorf.
- PYE, K. (1995): The Nature, Origin and Accumulation of Loess. – In: Quaternary Science Reviews, Vol. 14, Iss. 7-8, 653 – 667. Elsevier.
- PYE, K. & D. SHERWIN (1999): Loess. – In: GOUDIE, A. S., LIVINGSTONE, I., STOKES, S. (editors) (1999): Aeolian Environments, Sediments and Landforms. Wiley & Sons. Chichester.

- REUTER, G. (2000): A logical system of paleopedological terms. – In: *Catena*, Vol. 41, 93-109. Elsevier.
- ROETZEL, R. & SCHARBERT, S. (2002): Böhmisches Masse und Autochtones Paläozoikum und Mesozoikum.- In: SCHNABEL, W. (Red.) (2002): *Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000 (GK200). Legende und Kurze Erläuterungen*. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- ROETZEL, R. & SCHNABEL, W. (2002): Molasse, Waschbergzone, Paläogen und Neogen auf der Bömischen Masse. – In: SCHNABEL, W. (Red.) (2002): *Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000. Legende und Kurzerläuterungen*. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- ROSENKRANZ, F. (1956): *Aufbau und Gliederung der Pflanzendecke von Niederösterreich*. – Österreichischer Lehrerverein für Naturkunde, Botanische Nachrichten. Perchtoldsdorf bei Wien.
- SCHARBERT, S. (2002): Kristallin der Böhmisches Masse. – In: SCHNABEL, W. (Red.) (2002): *Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000. Legende und Kurzerläuterungen*. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- SCHAEFFER, F & P. SCHACHTSCHABEL (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Spektrum akademischer Verlag. Heidelberg-Berlin.
- SCHUCH, M. (2003): *Struktur und Vegetationsausstattung zweier Weinkulturlandschaften im Raum Krems- und Kamptal*. – Diplomarbeit an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät, Institut für Ökologie und Naturschutz, der Universität Wien. Wien.
- SCHOLGER, R. (2009): Paläomagnetische Ergebnisse. Schriftliche Mitteilung am 01.05.2009
- SCHOLGER, R. (2009): Paläomagnetische Methoden. Schriftliche Mitteilung am 13.11.2009
- SEMML, A. (2000): Holozäne Umweltentwicklung im Spiegel der Böden. – In: *Entwicklung der letzten Eiszeit. Rundgespräche der Kommission für Ökologie der bayrischen Akademie der Wissenschaften*, Bd. 18, 129 – 137. Pfeil-Verlag. München.

- SOFFEL, H. CHR. (1991): Paläomagnetismus und Archäomagnetismus. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg- New York-London-Paris-Tokyo.
- TERHORST, B., APPEL, E. & A. WERNER (2001): Palaeopedology and magnetic susceptibility of a loess-palaeosol sequence in southwest Germany. *Quaternary International*, Vol. 76/77, 231-240. Pergamon.
- TERHORST, B., OTTNER, F. & F. HOLAWE (2008, in press): Pedostratigraphische, sedimentologische, mineralogische und statistische Untersuchungen an den Deckschichten des Profils Wels/Aschet (Oberösterreich). *Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung. Österreichische Akademie der Wissenschaften*. Wien.
- THENIUS, E. (1976): Allgemeine Paläontologie. Prugg-Verlag und Verlag Brüder Hollinek. Eisenstadt – Wien.
- THIEL, CH., BUylaert J.-P., TERHORST, B., MURRAY A., HOFER, I., TSUKAMOTO S., FRECHEN, M. (eingereicht): Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) - Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol. – In: *Quaternary International*, Manuskript, eingereicht.
- THIEL, CH., (2010): Vorläufige OSL-Datierungen. Schriftliche Mitteilung 23.03.2010.
- THOME, K. N. (1998): Einführung in das Quartär – Das Zeitalter der Gletscher. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg.
- TOLLMANN, A. (1986): Geologie von Österreich. Franz Deuticke – Verlag. Wien.
- VAN HUSEN, D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten. Populärwissenschaftliche Veröffentlichungen der geologischen Bundesanstalt. Wien.
- VERGINIS, S. (1995): Lößakkumulation und Paläoböden als Indikatoren für Klimaschwankungen während des Paläolithikums (Pleistozän). Mit ausgewählten Beispielen aus Niederösterreich. – In: NEUGEBAUER-MARESCH, CH. (1995): Altsteinzeit im Osten Österreichs. Wissenschaftliche Schriftenreihe Niederösterreich 95/96/97. 2. Auflage. Wien-St. Pölten.

- WAGNER, H. (1985): Die natürliche Pflanzendecke Österreichs. – Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kommission für Raumforschung. Beiträge zur Regionalforschung. Bd. 6. Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien.
- WALKER, M. (2006): Quaternary Dating Methods. Wiley & Sons. Chichester.
- WEGMÜLLER, S. (2006): Quartärforscher im Gebiet der Findlinge von Steinhof. – In: Das Jahrbuch des Oberaargaus. 49. Jahrgang. Bern.
- WEIDENBACH, F. (1956): Über Frostblättrigkeit in Lössen und ihre Entstehung. – In: Eiszeitalter und Gegenwart. Jahrbuch der deutschen Quartärvereinigung. Öhringen/Württ. 7, 113-118.
- WEIHS, P. (2004): Unterlagen zur Vorlesung Klimacharakteristik Österreichs an der Universität für Bodenkultur. Wien.
- WESSELY, G. (2006): Molassezone. – In: WESSELY, G. (2006): Niederösterreich. Geologie der Österreichischen Bundesländer. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- WESSELY, G. (2006): Wasser. – In: WESSELY, G. (2006): Niederösterreich. Geologie der Österreichischen Bundesländer. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- WESSELY, G. & I. DRAXLER (2006): Pliozän und Quartär. – In: WESSELY, G. (2006): Niederösterreich. Geologie der Österreichischen Bundesländer. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- WILHELMY, H. (2002): Geomorphologie in Stichworten – Exogene Morphodynamik. Hirt's Stichwörterbücher, Bd. 2. 6. überarbeitete Auflage. Gebrüder Bornträger. Wien-Stuttgart.
- ZWITTKOVITS, F. (1983): Klimatypen-Klimabereiche-Klimafacetten – Erläuterungen zur Klimatypenkarte von Österreich. – Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kommission für Raumforschung. Beiträge zur Regionalforschung, Bd. 5. Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien.
- ZECH, W. & G. HINTERMAIER-ERHARD (2002): Böden der Welt – Ein Bildatlas. Spektrum akademischer Verlag. Heidelberg-Berlin.

ZÖLLER, L. (1995) Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten. – Habilitationsschrift angenommen von der Fakultät für Geowissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität in Heidelberg. Heidelberg.

QUELLENVERZEICHNIS

Kartenmaterial

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (GBA) (1984): Geologische Karte 1:50.000 (GK50). Blatt 38. Krems. Wien.

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (GBA) (1989): Geologische Karte 1:50.000 (GK50). Blatt 37. Mautern. Wien.

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (GBA) (2002): Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000 (GK200). Niederösterreich Nord. Wien.

BEV (BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN) (1994): Österreichische topographische Karte 1:50.000 (ÖK50). Blatt 38 Krems an der Donau. Wien.

ÖSTERREICH – ATLAS (1971): Natürliche Vegetation 1:1.000.000. Verlag Freytag-Berndt und Artaria. Wien.

ÖSTERREICH – ATLAS (1971): Klimatypen Österreichs 1:1.000.000. Verlag Freytag-Berndt und Artaria. Wien.

Internetquellen

CS-KOHLNSTOFFANALYTIK: <http://www.leco.de/produkte.php?gruppe=22>, Zugriff am 31.10.2009.

WIESBAUER, H. (gekürzt) (2001): Von Lösch zu Löss. Botanischer Garten, Universität Wien. http://www.botanik.univie.ac.at/hbv/download/ib_annon_loess.pdf, Zugriff am 06.02.2010

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (ZAMG): Klimastation Krems a. d. Donau, Lagebeschreibung: <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/daten/stationsinfo/3801.htm>, Zugriff am 05.12.2009.

Digitale Karten

AD-HOC-AG GEOLOGIE DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE (SGD) UND DER BGR:
Stratigraphische Tabellen des Bayerischen Geologischen Landesamtes. <http://www.lgb-rlp.de/fileadmin/extern/stratigraphie/bay/litho/quart/all-strat.html>. Zugriff am 07.03.2010.

BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN (BEV) (2005): Austrian Map fly Version 4.0.

BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN (BEV): Austrian Map online,
<http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492>, Zugriff am 16.11.2009.

LEBENSMINISTERIUM (BMLFUW): eHYD (Digitale hydrographische Karte der Republik Österreich),
http://gis.lebensministerium.at/eHYD/frames/index.php?PHPSESSID=d14f50373210c0c02dc97f3ac1d124ec&gui_id=eHYD. Zugriff am 05.02.2010.

LEBENSMINISTERIUM (BMLFUW): eBOD (Digitale Bodenkarte der Republik Österreich),
http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?PHPSESSID=f53dc91fbab9a0ee2916b03c08e757b0&gui_id=eBOD. Zugriff am 16.02.2010.

LECO INSTRUMENTE GMBH: Homepage, <http://www.leco.de/produkte.php?gruppe=22>, Zugriff am 31.10.2009.

NIEDERÖSTERREICHISCHE LANDESREGIERUNG (NOELR): Niederösterreich-Atlas, Wasserbuch.
<http://www.intermap1.noel.gv.at/webgisatlas/%28S%28bcrjodzuzabygg45rpd1i45%29%29/init.aspx>. Zugriff am 10.02.2010

NIEDERÖSTERREICHISCHE LANDESREGIERUNG (NOELR): Homepage des Landes Niederösterreich – Wasserstandsnachrichten und Hochwasserprognosen.
http://www.noel.gv.at/ExterneSeiten/Wasserstand/folder_n_lt/htm/ubersicht_n_lt.htm
http://www.noel.gv.at/Externeseiten/wasserstand/folder_n_lt/grafiken/N_1971_2000.gif
http://www.noel.gv.at/ExterneSeiten/Wasserstand/folder_n_lt/grafiken/lufttemp.gif
Zugriff am 12.02.2010.

Daten

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (ZAMG): Klimadaten von Österreich 1971 – 2000, Klimastation Krems a. d. Donau. http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm, Zugriff am 05.12.2009.

Nicht publizierte Arbeiten

PROJEKTBERICHT ZUM PROJEKTSEMINAR AUS LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (Juni 2008). Leitung: Prof. Dr. Birgit Terhorst. Universität Wien.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Ich versichere, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland einer BeurteilerIn zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Ich habe mich bemüht, die Inhaber sämtlicher Bilderrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zu deren Verwendung in dieser Arbeit einzuholen. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung dieser.

Diese Arbeit stimmt mit der von der Begutachterin beurteilten Arbeit überein.

Wien, 27.04.2010

Ingo Hofer

LEBENS LAUF

Angaben zur Person

Name, Familienname	Ingo Hofer
Wohnsitz	Leopold-Ernst-Gasse 4/2/6, 1180 Wien
Geburtsdatum und -ort	30.07.1982, I-39100 Bozen, Südtirol, Italien
Staatsbürgerschaft	Italienische

Ausbildung

seit 10/2002	Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Wien
Studienrichtung	Theoretische und angewandte Geographie mit Spezialisierung auf Landschaftsökologie
09/1996 - 07/2001	Realgymnasium in deutscher Unterrichtssprache – Fagenstraße 10, Bozen
09/1993 - 06/1996	Mittelschule in deutscher Unterrichtssprache Konservatorium „Claudio Monteverdi“ – Dominikanerplatz 19, Bozen
09/1988 – 06/1993	Volksschule in deutscher Unterrichtssprache „J. W. von Goethe“ – Marienplatz 1, Bozen

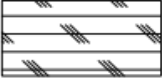





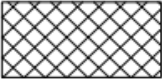



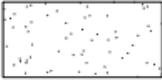

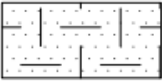



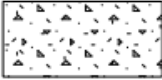
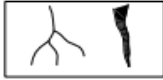
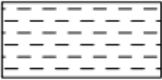


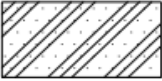
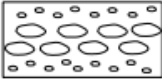
Sprachkenntnisse

Deutsch	Muttersprache
Italienisch	fließend in Wort und Schrift
Englisch	sehr gut
Slowakisch	fortgeschritten
Französisch	Grundkenntnisse

Studienrelevante Berufserfahrung

02/2006 – 06/2009	Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Wien: Mitarbeit an den Projekten Rechnitz IV (Herbst 2005) und V (Juli – Dez. 2006, koordinierende Tätigkeit) Tutorium für Landschaftsökologische Übungen (SS 2006 - 2009) und Vorlesung Landschaftsökologie (WS 2006/07) Freies Dienstverhältnis (Okt. – Dez. 2008)
seit 09/2007	Mitarbeit bei Fa. Porr Umwelttechnik GmbH Konsulenz für Arealsanierung sowie Luftbildauswertung
12/2007 - 02/2008	Geologische Bundesanstalt Wien Geologische Kartierung WAG 600 II + Loop (Werkvertrag)

BEILAGEN

	Ap		Löss		graues Band
	Bv		sandiger Löss		Kulturschicht
	Bt		Kolluvium aus Löss		OSL-Probe
	Cv und Bcv		Lehm		Karbonatkonkretion
	Cca		Knochen		Krotowine
	Gor, Nassboden		Umlagerungszone		Durchwurzelungsspuren, Wurzelgang
	sehr plattig strukturierter Nassboden		Mollusken		Holzkohle
	BCv		Kiese		

Beilage I: Profillegende mit Horizontsignaturen und verwendeten Symbolen der Löss-Paläoboden-Sequenzen ST 1, KSI 1, KSI 2 und KSI 3. Eigene Darstellung.