



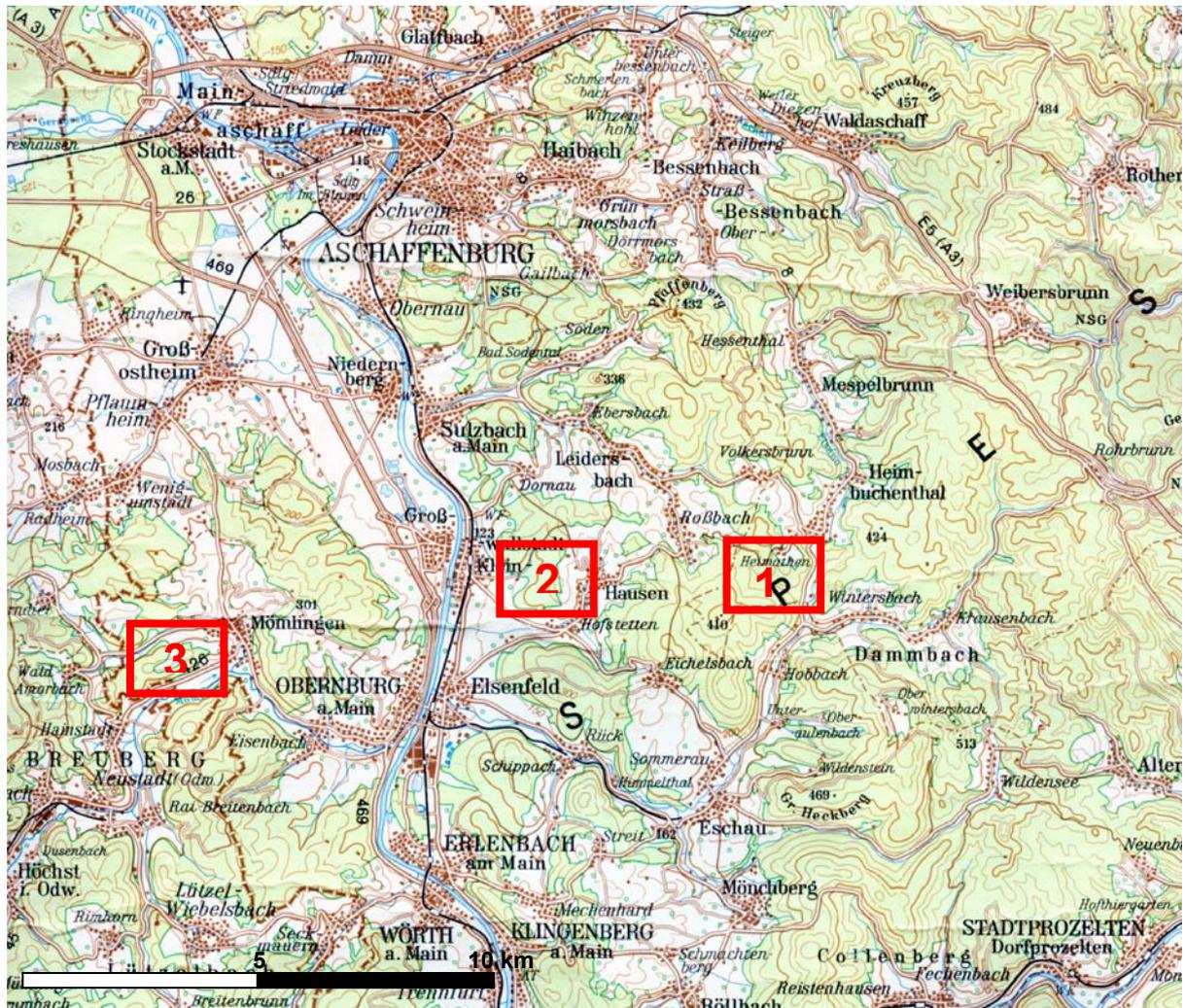
**Exkursionsführer zur
gemeinsamen Tagung von
AK Geoarchäologie und AG Paläopedologie
Frankfurt am Main
13.-16. Mai 2010**



ARBEITSGRUPPE
PALÄOPEDOLOGIE

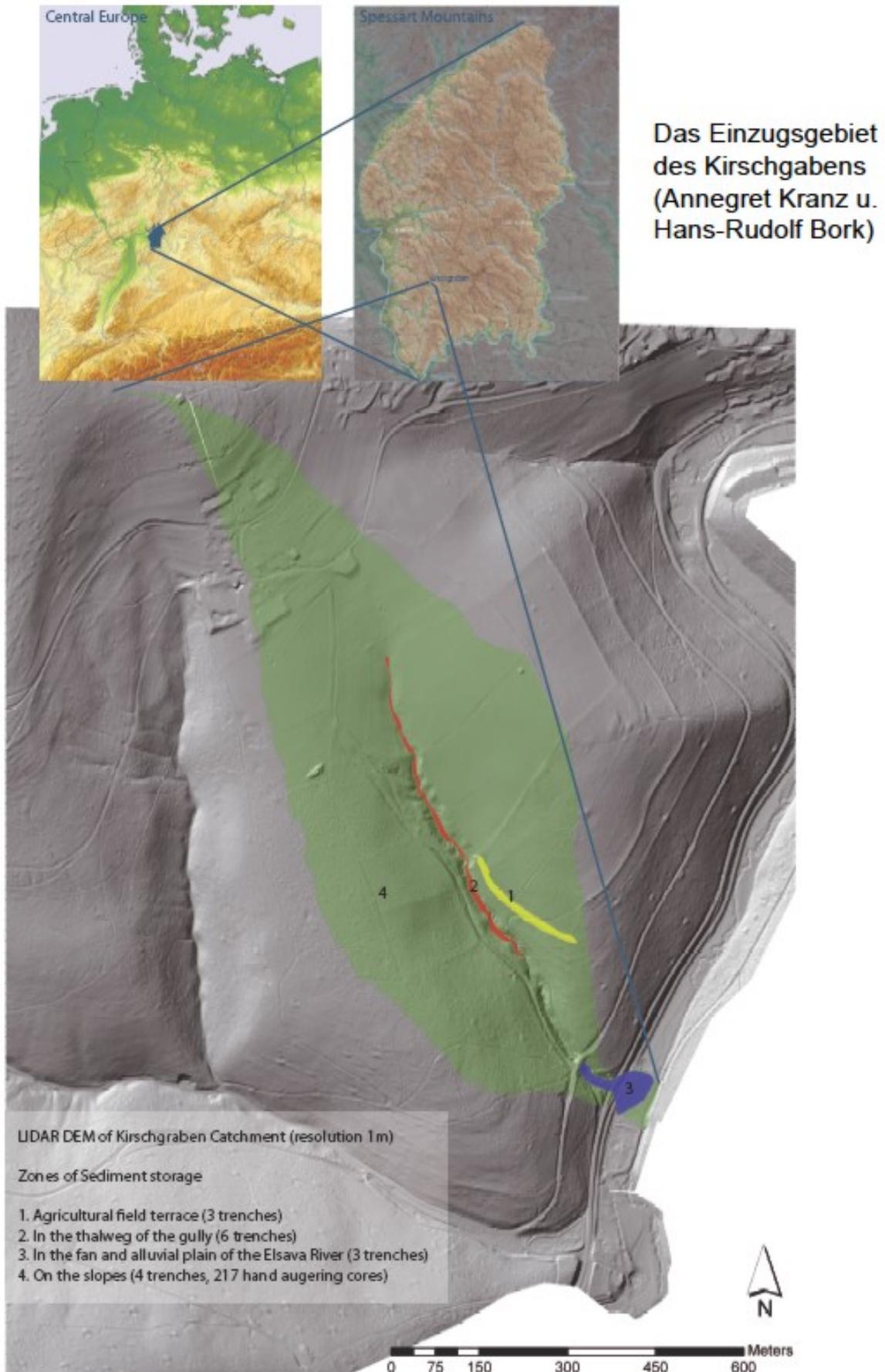
Exkursion 1 – Buntsandstein-Spessart und Odenwald: Geoarchäologie – Archäopedologie – Paläopedologie (Samstag, 15.05.2010)

Exkursionsroute: Frankfurt am Main – Bessingen/Waldaschaff – Heimbuchenthal (1) – Kleinwallstadt (2) – Mömlingen (3) – Frankfurt am Main



Überblick über die Exkursionsstandorte (Ausschnitt aus der topographischen Übersichtskarte, Umgebungskarte Frankfurt a.M., 1979)

Heimbuchenthal - Kirschgraben



Landscape Reconstruction in the Kirschgraben catchment

The Kirschgraben catchment is situated in the low mountain range of Spessart (Lower Franconia). It is 42 ha in size and total relief is 196 m. The plateau of the catchment is composed of the Bunter Sandstone and is almost completely loess mantled. Gully incision has occurred during discrete phases in the Holocene and continues in the present day, due to climatic and human impacts on erosion thresholds from late Neolithic Times until the present. At the intersection between the fan and alluvial plain of the Elsava River a high medieval castle and a small iron age settlement was excavated in 2008 and 2009. On the loess plateau Neolithic tools has were discovered in in the 1950's. Features related to the former land use (charcoal production sites, field terrace, fire places) have been discovered at various locations within the catchment. The complex environmental dynamics and society-environment interactions are investigated using an interdisciplinary approach (geomorphology, soil science, geochronology, archaeology, vegetation and land use history, quantification of sediment fluxes) to analyse in detail the entire catchment, in a variety of geomorphic settings, in order to develop and evaluate a catchment model. In total 16 profiles have been opened, they extended up to thirty meters in length and four meters in height and are analysed in detail using step four of the "Landscape System Analysis" (BORK, 2006). Geochronology is provided via 27 OSL datings and nine AMS-14C- dates, with further eight OSL ages from 12 "Rammkernsonde" corings in the alluvial sediments adjacent to the fan. Modern colluvial layers are dated by 210Pb. 217 "Pürkhauer" corings have been carried out on the slopes of the catchment to enable a quantitative approach, also enabled by a new laser scan DEM (resolution 1 m). Additionally the wood species of the charcoal contained in all sediment layers are determined (Anthracology) in order to gain insight into the Holocene vegetation patterns and dynamics during erosional events, and also to provide biocorrelation of the stratigraphy.

Literatur:

BORK, H.-R. (2006): Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen. Darmstadt: WBG

Aims, Questions, further work

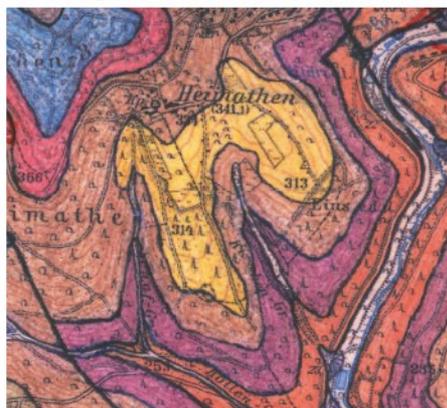
*Quantification of sediment flux; Identifictaion of erosion rates; Recontruction of palaeosurfaces

*Utilising the results of Geomorphology, Anthracology, Pollen analysis and Archaeology to establish cause and effect between humans, climate and the landscape

*Linking the results of the Kirschgraben catchment with that of the trunk stream (Elsava River): can the results be scaled up with catchment size?

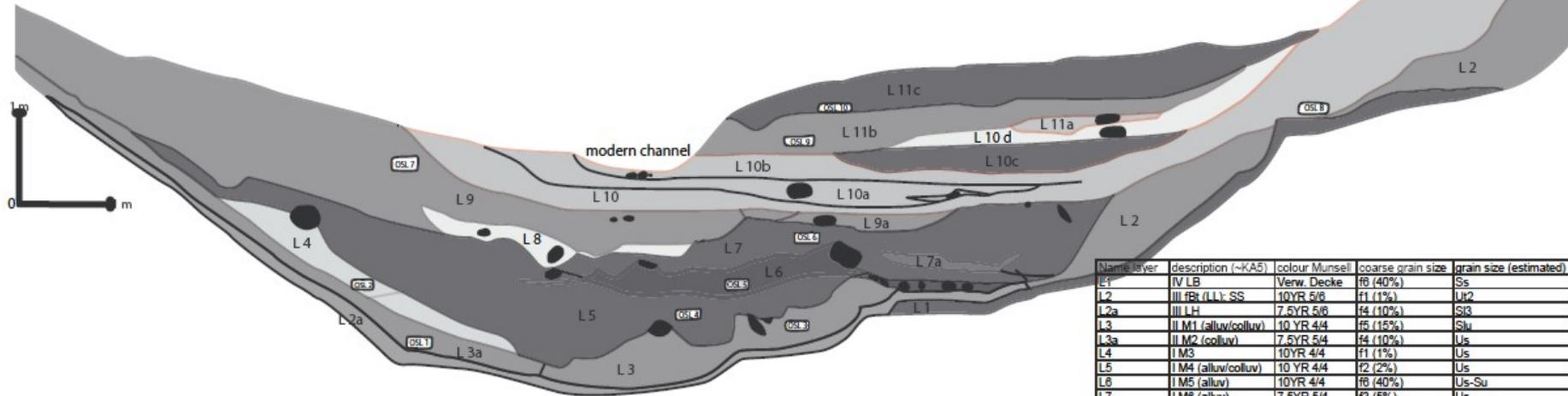
*Establish contemporary and pre-historic threshold conditions for gully development?

Geologische Konzeptkarte 1:25.000*



*Mit freundlicher Genehmigung des Bayerischen Landesamt für Umwelt; insbesondere Herrn Schwarzmeyers

HB K 8 (cross section through gully thalweg)



Name layer	description (~KA5)	colour Munsell	coarse grain size	grain size (estimated)
L1	IV LB	Verw. Decke	f8 (40%)	Ss
L2	III fBt (LL); SS	10YR 5/6	f1 (1%)	Uj2
L2a	III LH	7.5YR 5/6	f4 (10%)	Sj3
L3	II M1 (alluv/colluv)	10 YR 4/4	f5 (15%)	Sj3
L3a	II M2 (colluv)	7.5YR 5/4	f4 (10%)	Us
L4	I M3	10YR 4/4	f1 (1%)	Us
L5	I M4 (alluv/colluv)	10 YR 4/4	f2 (2%)	Us
L6	I M5 (alluv)	10YR 4/4	f6 (40%)	Us-Su
L7	I M6 (alluv)	7.5YR 5/4	f3 (5%)	Us
L7a	I M6 (alluv)	10YR 5/4	f3 (3%)	Us3
L8	I M7 (alluv)	10YR 4/4	f3 (5%)	Us - fG
L9	I M8 (colluv/alluv)	7.5YR 4/6	f1 (1%)	Us
L9a	I M8 (alluv)	10YR 4/4	f1 (1%)	Us
L10	I M9 (colluv/alluv)	10YR 4/4	f3 (5%)	Uj-Uj3
L10a	I M9 (alluv)	10YR 5/6	f2 (2%)	Us3
L10b	I M9 (alluv/colluv)	10YR 5/4	f2 (2%)	Us
L10c	I M9 (alluv)	10YR 5/4	f2 (2%)	U-S
L10d	I M9 (colluv/alluv)	10YR 5/6	f2 (2%)	Us2
L11a	I M10 (colluv/alluv)	7.5YR 4/6	f1 (1%)	Su3
L11b	I M10 (alluv)	10YR 4/6	f3 (5%)	Us2
L11c	I M10 (alluv)	10YR 5/6	f4 (10%)	S-U

Name layer	name density sample	value (averaged)	name OSL sample	age OSL	error OSL +/-	Bern. OSL	min. age	max. age	name charcoal sample	charcoal percentage of 20 l sample (%)	charcoal total weight (g)	Bemerkung
L1							> 2000					Basislage, nicht beprobt
L2							> 2000					Lössdecke, nicht beprobt
L2a							> 2000					in Vbdg. Mit Löss: hoher Sandanteil
L3	D 3	1.47	OSL 3	1830	170	max. age	1860	2000	HK 3	0.0254	4.7	Tiefenerosion, erste Gullybildg (Gully 1)
L3a	D 1	1.6466	OSL 1				>= 1860		HK 1	0.0403	7.1	Koll in Verbng mit Gully (L3) od. LH-Sed. In welches Gully 1 erodiert
L4	D 2	1.5735	OSL 2				>1480		HK 2	0.0674	12.6	Rest von Koll vor Einschneidung von Gully 2
L5	D 4	1.583	OSL 4	1370	110	max. age	1260	1480	HK 4	0.107	20.3	Gully 2 Einschneidung; deutliche Diskordanz zu L3,4
L6	D 5		OSL 5				420	1480	HK 5	0.2128	2.126	Gully 3 Einschneidung; inhomogene Sed.
L7	D 6		OSL 6	580	40	max. age	420	500	HK 6	0.5188	5.188	Ansätze zur Bänderung, rip-off clast aus Lettenton, HK-Nest
L7a							420	500	HK12	4.1994	735.8	HK-Nest: HK transportiert, nicht in situ! rip-off clast, EF 1u 2
L8							400	500				Gully 4: Ansatz zur Bänderung, Feinkiesbereich in der Mitte
L9	D 7	1.5594	OSL 7				400	500	HK 7	0.1863	3.6	Ansätze zur Bänderung; Verbng zum Hangkoll Hang Nord Ost (HNE)
L9a							400	500				
L10	D 8	1.3825	OSL 8	430	30	max. age	400	460	HK 8	0.0458	7.3	Bänderung; Verbng zum Hangkoll Hang Süd (HS)
L10a							400	460				Bänderung, HK-haltig
L10b							400	460				Bänderung, HK-haltig, Verbng zum Hangkoll Hang Süd (HS)
L10c	D 9	1.5102					400	460	HK 9	0.0195	3.6	stark gebändert; U/S Bänder deutlich zu erkennen
L10d							400	460				homogenes Sediment, HK-haltig
L11a							400	460				S-Sediment
L11b	D 10	1.5236	OSL 9	500	100 (?)	max. age	400	600	HK 10	0.0535	10.6	humos; deut. Bänderung; Skellet teilw. Komplet geundet (Kies)
L11c	D 11	1.5446	OSL 10				>600	600	HK 11	0.0828	17.3	deutlich gebändert; Skellet teilw. Komplet geundet (Kies)

Standort Kleinwallstadt 1 - Profil Harzofen

Im Bereich einer Wegböschung in der Waldabteilung Harzofen besteht die Möglichkeit, den oberflächennahen Untergrund im Profil zu erschließen (Profil Harzofen, R 3514270, H 5527600, 270 m NN).

Profilbeschreibung:

Ha1 = Of, Oh	braun-schwarze Humus- und Streuauflage
Ha2 = Ae	graubrauner lockerer, humoser Sand, wenige Sandsteine
Ha3 = Bvs-Sw	graubrauner lockerer, lehmiger Sand, wenige Sandsteine, Verbraunung
Ha4 = Bl-Sw	fahlgrauer lockerer Sand, stark lessiviert
Ha5 = II Bt-Sd	weißer toniger Sand mit starker, kleingliedriger Oxidationsfleckung, Sandsteine
Ha6 = III Sd-ICj	weißer toniger Sand mit teils linienhaft, an Wurzelbahnen angeordneter Oxidationsfleckung, basal mit Steinlage
Ha7 = III S-ICj	weißer lockerer Sand

Das Ausgangssubstrat der Bodenbildung ist hier das solifluidal aufgearbeitete Substrat der Verwitterungsdecke, das in Anlehnung an FELIX-HENNINGSEN (1990: 94 ff) als „Graulehm“ bezeichnet wird. Das Profil Harzofen (Abb.2) ist im II Bt-Sd- und III Sd-ICj-Horizont durch eine deutliche Tonanreicherung gekennzeichnet. Die Tonfraktion erreicht bis zu 30 % am Korngrößenspektrum und ist demzufolge dreimal so hoch als im Ausgangsmaterial. Die staunassen Verhältnisse bedingen bzw. bedingten mehrphasig redoximorphe Prozesse. Insbesondere entlang der Wurzelbahnen sind Bleichungen des Substrates erkennbar.

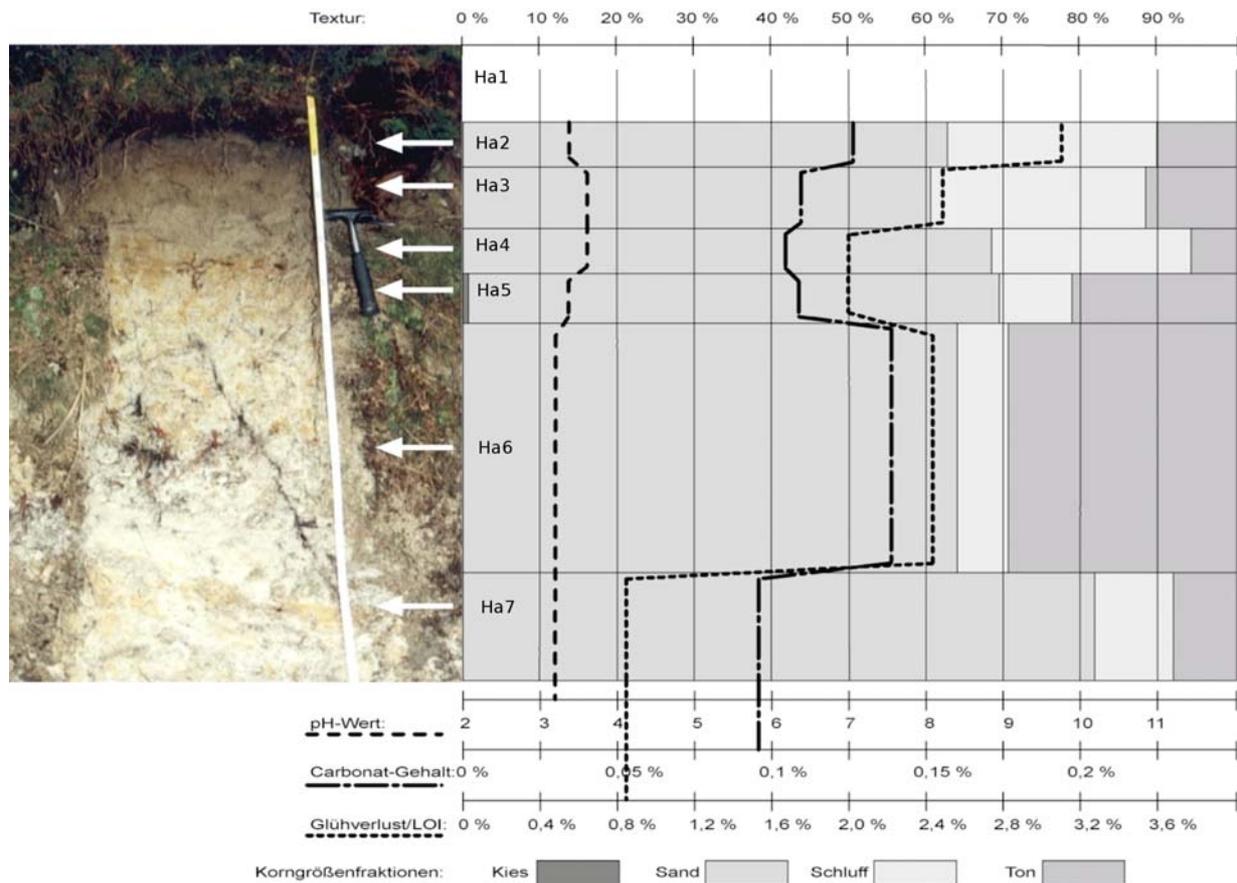


Abb. 2: Profilaufnahme und Substratmerkmale (Körnigkeit, pH-Wert, Carbonat-Gehalt und Glühverlust) im Profil Harzofen. - nach JUNG (2004: 52, Abb. 16).

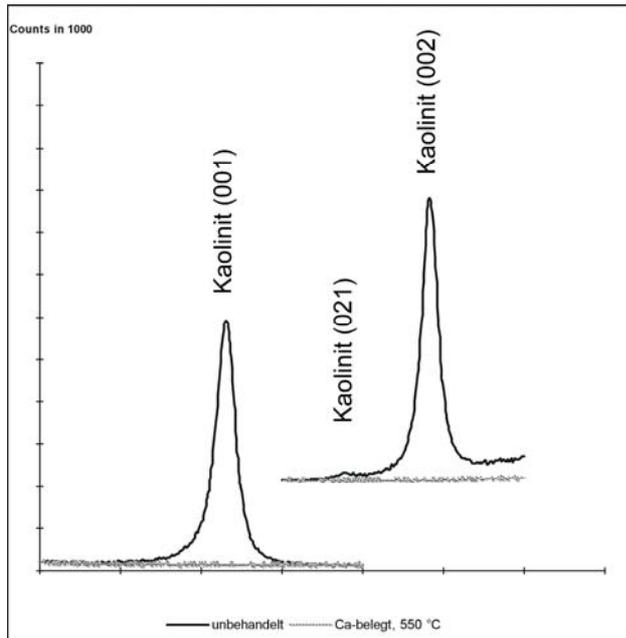


Abb. 3: Tonmineralogie (Kaolinit-Reflexe) der Probe Roll aus dem Profil Roßbach II (d001-Wert bei 7,3 Å und der d002-Wert bei 3,6 Å der unbehandelten Probe. Das Erhitzungspräparat zeigt keinen Reflex). - Aus: JUNG (2004: 35, Abb. 8).

Schwermineralanalysen

Name: Kleinwallstadt, Profil Harzofen

Proben -Nr:	KH1	KH2	KH3
Zirkon	33	36	18
Rutil	1	+	3
Turmalin	35	34	67
Augit	6	6	
braune Hornblende	3	6	
Titanit	4	1	
Brookit			
Anatas	4	9	11
Granat	2	+	
Staurolith			
Topas			
Andalusit			
Diopsid			
Disthen	1		
Epidot/Zoisit	9	7	+
grüne Hornblende	3		
Sillimanit			
Xenotim			
Spinell	+		
Olivin			
Apatit			
Karbonat			
Opak	24	35	59

Angaben in Korn-% von mindestens 100 durchsichtigen Körnern; +: unter 1 %; Opakanteil in Korn-% von Gesamtsumme; rt:Stabile Gruppe, bl: LST, bn: mäßig stabil; sw: instabil

Abb. 4: Schwermineralanalysen der Horizonte Bvs-Sw (=KH1), II Bt-Sd (=KH2) und III Sd-ICj (=KH3); (Analytiker: H. Thiemeyer, Frankfurt).

Das kaolinitisch geprägte Tonmineralspektrum (Abb. 3) belegt zum einen den Zusammenhang zur tropoid geprägten Verwitterung während der Kreidezeit und des Tertiärs, die den anstehenden Sandsteinuntergrund tiefgründig erfasste. Hydrothermale Aktivitäten können anhand der fehlenden, thermisch stabilen Strukturvarianten des Kaolinitis ausgeschlossen werden. Zum anderen belegt die Tonmineralzusammensetzung die allenfalls geringfügige, holozäne pedogene Überprägung. Eine nacheiszeitliche Verlehmung ist tonmineralologisch kaum nachweisbar.

Eine vermutlich holozäne Bodendifferenzierung fand in Form einer Tonverlagerung in den Horizonten Bl-Sw und II Bt-Sd statt. In den höheren Horizonten ist im Korngrößenspektrum ein Eintrag von Löß nachzuweisen. Dies macht sich auch im Spektrum der Schwerminerale bemerkbar. Während die basale Graulehmschicht (III Sd-ICj) nur stabile Schwerminerale führt, ist in den Löß-beeinflussten Horizonten II Bt-Sd und vor allem Bvs-Sw das Spektrum des Laacher Ereignisses vertreten.

Als Steine und Blöcke finden sich im Profil meist grobkörnige Sandsteine des mittleren Buntsandsteins, die einen hohen Kieselsäureanteil aufweisen. Durch die sekundäre Aufkieselung im Zuge der chemischen Verwitterung liegt eine Silcrete-ähnliche Stein- und Blockfraktion vorliegt, die sich in den Hangschuttedecken selektiv anreichert. Ansonsten ist das anstehende, saprolitisierte Sedimentgestein als grabbare, lockere Varietät anstehend, dessen höhere Horizonte mit dem tropoiden Boden bereits der Abtragung zum Opfer fielen.

Weitere Nachweise der Reste einer tropoiden, autochthonen Verwitterungsdecke wurden im Rahmen umfassender geomorphologischer Untersuchungen im Spessart und angrenzenden Mittelgebirgsregionen erbracht (JUNG 2006).

Standort Kleinwallstadt 2 - Klebsandgrube

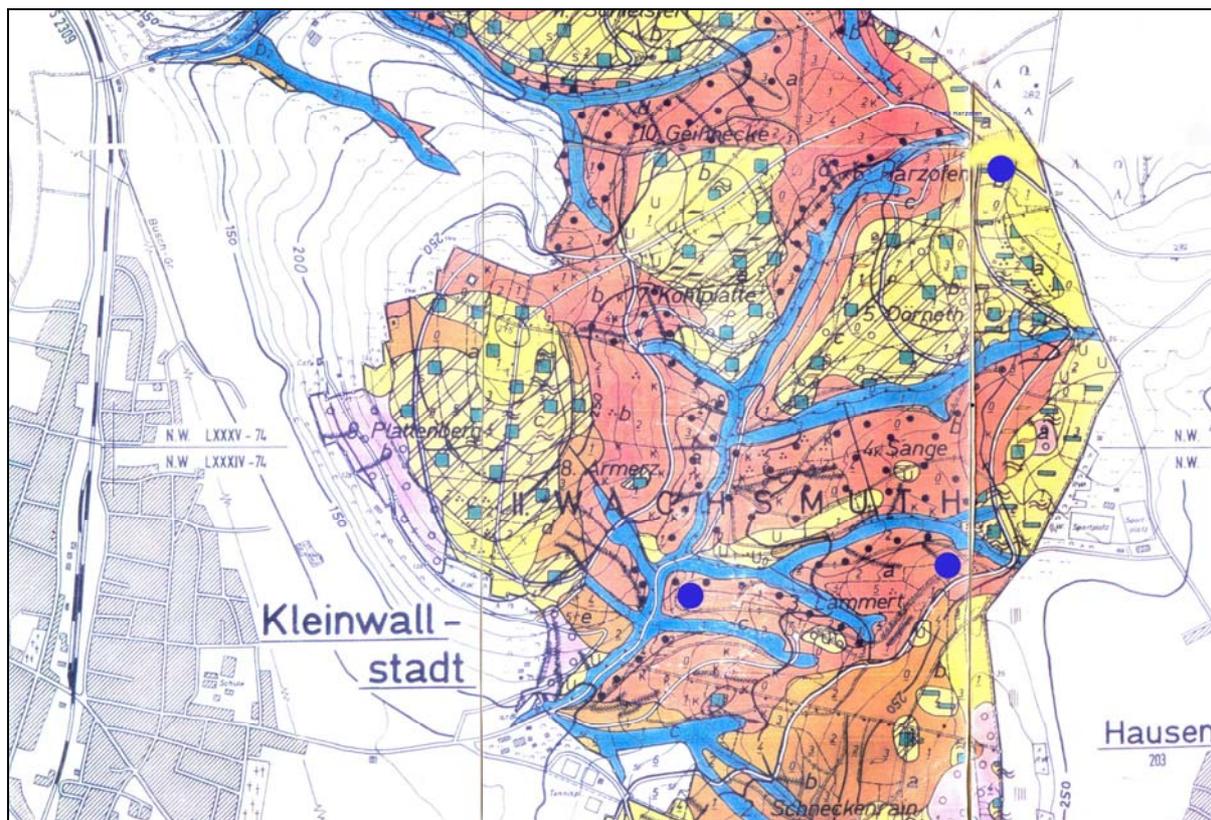


Abb. 5: Ausschnitt der Standortkarte Gemeindegewald Kleinwallstadt. - DFS (1992) [Kartenbeilage]. Legende: blau: Standorte mit kennzeichnendem Wasserhaushalt = Frische Mulden und Hangfüße; rotbraun: Schluff und Feinlehme; hellbraun: Sandige Lehme; gelb: Zwei-schichtige Standorte mit Ton im Untergrund.

Bereits am Oberhang werden die Graulehme von Lößablagerungen abgelöst, die den präpleistozänen Gesteinsuntergrund verschleiern (Abb. 5). Im Bereich der Klebsandgrube (Profil Klebsandgrube, R 3514255 H 5526480, 240 m NN) sind die Umlagerungssedimente aus der autochthonen Verwitterungsdecke unter einem mehrere Meter mächtigen Komplex von Löß-gestützten Hangschuttdecken erschlossen. Die Zweigliedrigkeit des Aufschlusses Klebsandgrube geht bereits aus der farblichen Differenzierung hervor.

Vermutlich wurde die ‚Lagerstätte‘ erstmals an der Sohle von Hohlwegen erkannt, die durch das Areal der Klebsandgrube führen und heute, durch eine Abbauwand gekappt, in der Luft ausstreichen. Der Abbau des so genannten Klebsandes geht mindestens in das Jahr 1912 zurück, als bei der Gemeinde Kleinwallstadt Anträge zum Bau einer Rollbahn und später einer Seilbahn zu einer Verladestelle am Main eingereicht wurden. Im Jahre 1925 gingen die Abbaurechte an eine Klingenberger Firma, die im Tonexportgeschäft tätig war. Im Pachtvertrag wurde eine jährliche Fördermenge von 300 Wagons zu je 200 Zentnern garantiert, die allerdings nicht eingehalten werden konnte.

Für den Verwendungszweck des Kleinwallstädter Klebsands gibt es in den Archivalien lediglich den Hinweis, dass das Material am „Niederrhein“ abgesetzt werden soll. Vermutlich beabsichtigte man, den Klebsand als Formsand in der Schwerindustrie (Eisengusstechnik) im Ruhrgebiet einzusetzen.

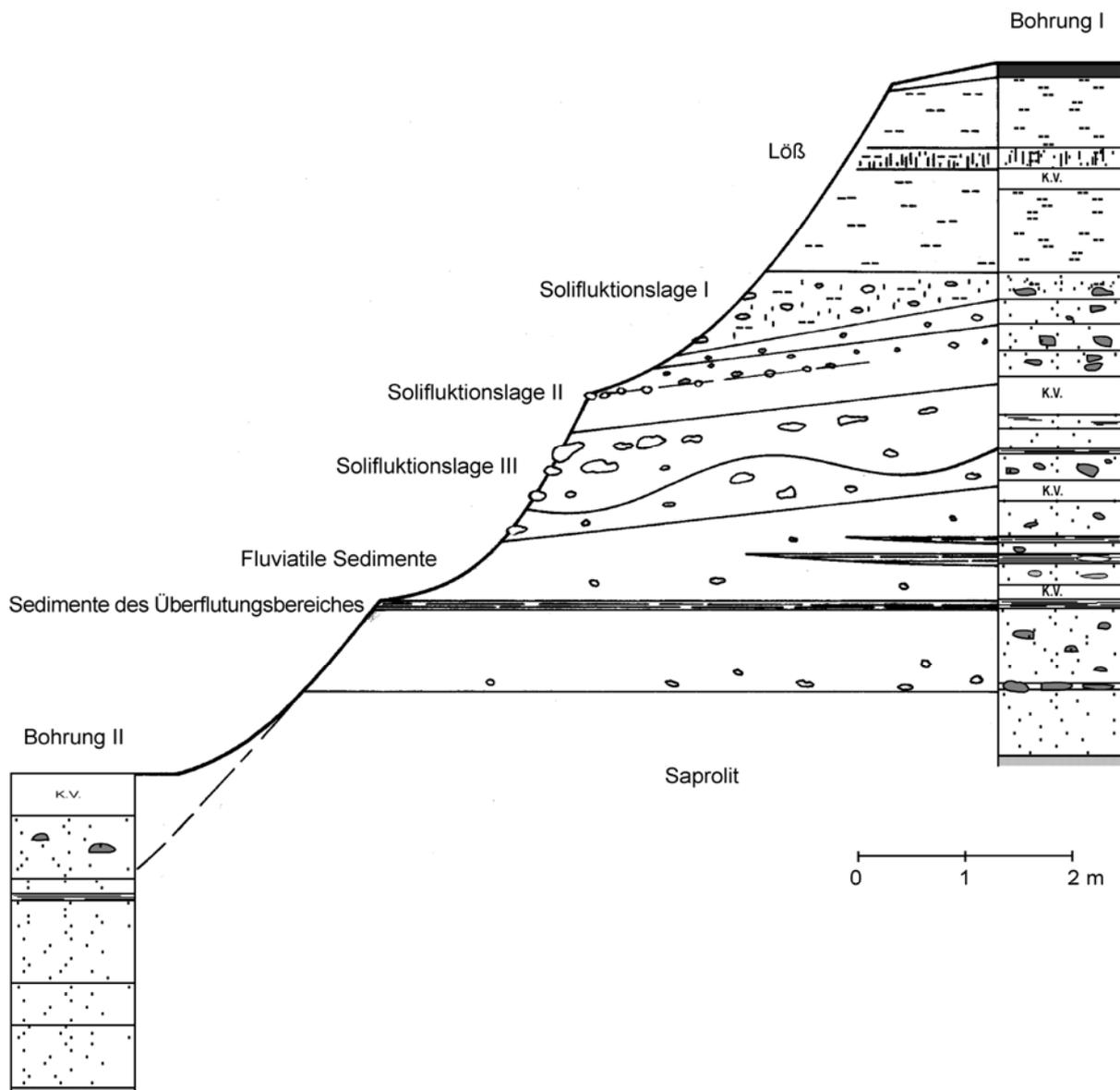


Abb. 6: Profil Klebsandgrube mit Bohrung I und Bohrung II. - Aus JUNG (2004: 62, Abb. 25).

In der ehemaligen Klebsandgrube wurde mit einem Schürf und zwei ergänzenden Rammkernsondierungen der oberflächennahe Untergrund erschlossen (Abb. 6), der ansonsten im Grubenbereich durch Versturzmateriale verschleiert ist. Die obersten Horizonte sind durch ockerfarbenen bis braunen, schwach tonigen Löß gekennzeichnet, der in einer ersten Solifluktion mit Sandstein-Blöcken angereichert ist. Die Solifluktion II erreichte noch den liegenden Graulehm und hat diesen zusammen mit kleineren Steinen eingearbeitet. Eine noch ältere solifluidale Lage hat zahlreiche und relativ große Blöcke bewegt, die im Profil Klebsandgrube im Horizont Kle 9 auch auffällig eingeregelt sind. Die liegenden Schichten führen nur relativ kleine Sandsteine und werden einem fluvialen Ablagerungsmilieu zugeordnet. Bemerkenswert ist der Tonhorizont Kle11, der eine Mächtigkeit von 15 cm erreicht und mindestens über eine Distanz von wenigen Metern aushält. Diese sandigen Tone werden als Stillwassersediment angesprochen, das Tonmaterial selbst wird als Filtrat des im Umfeld anstehenden Sandstein-Saprolits gesehen. Vorzugsweise in einer sandigen Zwischenlage und auf der Dachfläche der Tonschicht treten Linsen mit Paläosolrelikten auf. Es handelt sich um einen sandigen Rotlehm, der zur Zeit der Tonablagerung noch in besonderen Positionen vorlag und erosiv aufgearbeitet wurde.

Der liegende Horizont, ein weißer toniger Sand (eigentlicher Klebsand?) kann aufgrund der erkennbaren Strukturen (Schichtung!) bereits dem autochthonen Sandstein-Saprolit zugeordnet werden.

Standort Kleinwallstadt 3 – Altes Schloss

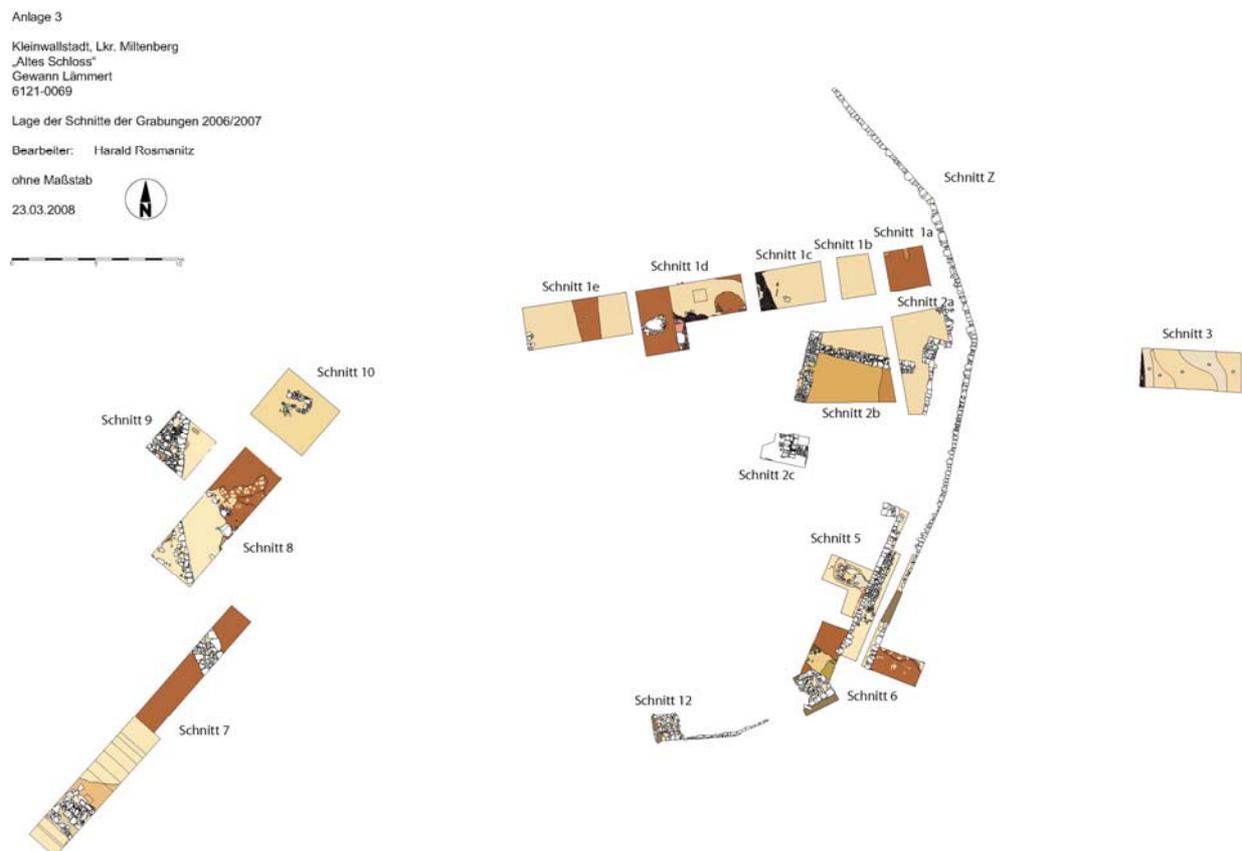


Abb. 7: Übersicht der Schnitte der Archäologischen Grabungen bis 2007. - Aus: ROSMANITZ (2008, Anlage 3)

Beim „Alten Schloss“ in der Waldabteilung Lämmert im Gemeindewald Kleinwallstadt handelt es sich um eine niedergelegte Burganlage aus dem 13. Jahrhundert. Der Bau der Anlage ist im Zusammenhang mit Machtkämpfen um die territoriale Vorherrschaft im Spessart zu se-

hen. Hier standen sich über einen langen Zeitraum die Grafen von Rieneck und die Erzbischöfe von Mainz gegenüber. Von Seiten der Geschichtsforschung wird die Laufzeit der Burg von 1183 bis 1260 angenommen (HARTMANN 1997, GRATHOFF 2005), die archäologischen Funde, z.B. über die Einordnung der Keramik, deuten aber eher auf ein noch kürzeres Bestehen der Anlage in einer späteren Phase des 13. Jahrhunderts (ROSMANITZ 2008a, 2008b). Archäologische Untersuchungen mit dem Ziel der wissenschaftlichen Erforschung und Sicherung des Bodendenkmals, fanden im Rahmen der Grabungskampagnen 2006, 2007 und 2009. Aktuell wird eine abschließende archäologische Grabung durchgeführt, um eine vermutete Turmanlage zu erschließen und die Sanierung des Mauerrestes im Bereich der südlichen Ringmauer vorzubereiten.

<http://www.spessartprojekt.de/forschung/kleinwallstadt/forschungsgeschichte/index.php>

Beispielhaft für die Grabungsschnitte der verschiedenen Grabungskampagnen soll Schnitt 6 vorgestellt werden. Hier ist im Befund 278 und 294 ein rotbrauner Lehm erschlossen, auf dem die erste Fundamentlegung der Ringmauer stattfand. Diese Lage wird vorläufig als nacheiszeitlicher Bt-Horizont angesprochen, die jeweils hangenden Schichten könnten als mineralisierte Ae-Horizonte eingeordnet werden.

Der Bau der Burg „auf der grünen Wiese“ hat offensichtlich dazu beigetragen, den Bt-Horizont zu konservieren. Er tritt in verschiedenen Grabungsschnitten unter (anthropogen verlagerten) Lößschichten auf (siehe braune Farbe in Abb. 7). Am Rande der Hauptburg streicht der Horizont in der Luft aus und steht erst wieder am Rande der Befestigung der Vorburg an. In der Vorburg selbst ist die nacheiszeitliche Bodenbildung vollständig ausgeräumt.

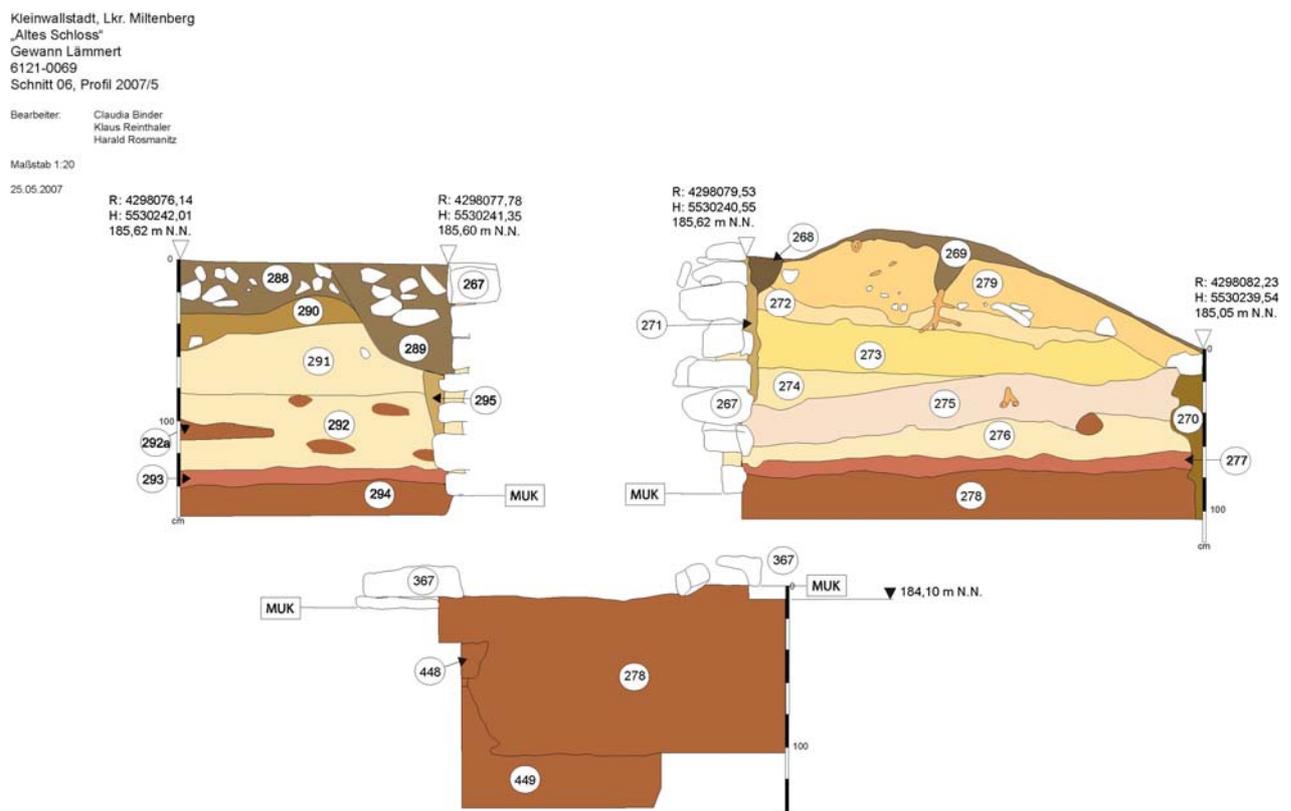


Abb. 8: Profilzeichnung der Profile 2007/5 im Schnitt 6 der Archäologischen Grabungen 2007. - Aus: ROSMANITZ (2008a)

Beschreibung der Horizonte aus ROSMANITZ (2008a)

267	Ringmauer, sorgfältig ausgearbeitet, sehr mächtig, in einem Fundamentaushub angelegt, Mauerfundament mit grob behauenen Steinen, ohne Mörtel gearbeitet
268	Vertikale Störung in der Südkante des Profils mit humoser Verfüllung. Darin Reste von durch Pilzabbau weitgehend abgebautem Holz. – neuzeitlicher Aushub
269	Bis zu 10 cm starke humose Bedeckung auf der einzig nachgewiesenen Auffüllschicht
270	Vertikale Störung in der Ostkante des Profils mit humoser Verfüllung. Darin Reste von durch Pilzabbau weitgehend abgebautem Holz. - Weitgehend verfaultes Wurzelwerk eines Pfahlwurzlers
271	Vertikale, schmale, max. 10 cm breite Verfüllung, die sich unmittelbar an die nach Osten weisende Außenkante der Ringmauer anschließt und noch in einer Tiefe von bis zu 90 cm nachgewiesen werden konnte. Die Verfüllung besteht aus beigem, zum Teil ins bräunliche neigendem Lehm. Fundfrei. - Fundamentaushub
272	Weitgehend horizontale, bis zu 15 cm mächtige Schicht aus rostbraunem, leicht sandigem Lehm. Die Schicht dünnt nach Osten merklich aus um noch vor der Ostkante des Profils spitz auszulaufen. Fundfrei.
273	Weitgehend horizontale, bis zu 40 cm mächtige Schicht aus gebändertem, rötlichem bzw. beigem sandigem Lehm. Die Schicht dünnt nach Osten merklich aus um noch vor der Ostkante des Profils spitz auszulaufen. Fundfrei.
274	An ihrer Oberkante horizontale, nach Osten hin abfallende Strate aus beigem, sandigem Lehm, die noch eine Mächtigkeit von bis zu 30 cm erreichen kann und sich in der Westhälfte des Schnittes abzeichnet. Fundfrei.
275	Weitgehend horizontale Schicht aus beigem, sandigem Lehm, mit zahlreichen Einschlüssen von rötlichem, stark viskosem Lehm. Fundfrei.
276	Weitgehend horizontale Schicht aus beigem, sandigem Lehm. Fundfrei.
277	Weitgehend horizontale Schicht aus rötlichem, sandigem Lehm. Fundfrei.
278	Bis zu 30 cm mächtige, weitgehend horizontale Schicht aus rötlichem, sandigem Lehm. Fundfrei.
279	Verfüllung aus beigem, sandigem Lehm, im Schnitt horizontal lagernd mit Gefälle nach Osten zu. - basale Lage aus Sandsteinen bis Blockgröße. - Planierschicht
288	Humose Deckschicht, Stärke bis zu 35 cm; bedeckt den Schnitt in seinem westlichen Ende; sandig-humoses Erdreich, stark durchwurzelt mit feinsten bis armdicken Wurzeln. Darin eingebettet kleine, zugehauene Sandsteine (roter und weißer Sandstein), vereinzelt Mörtelbrocken und Ziegelfragmente sowie Keramikscherben.
289	Bis 70 cm unter die Oberfläche reichende Grube, zahlreiche bis zu armlange, zugerichtete Sandsteine. Ansonsten Verfüllung mit sandigem, stark humosem Erdreich. Mörtelstücke, Ziegelfragmente. Die Grube fällt von Westen nach Osten ab.
290	Verfüllung aus beigem, sandigem Lehm im Schnitt horizontal lagernd mit leichtem Gefälle nach Westen. Darin bis zu faustgroßen Sandsteine. Stark durchwurzelt. Fundfrei.
291	Weitgehend horizontale, bis zu 40 cm mächtige Schicht aus gebändertem, rötlichem bzw. beigem sandigem Lehm. Die Schicht dünnt nach Westen aus, Fundfrei.
292	Weitgehend horizontale, bis zu 45 cm mächtige Schicht aus rostbraunem, leicht sandigem Lehm, eingeschaltet ein horizontales Band aus rötlichem Lehm.
293	horizontale Schicht aus rötlichem, sandigem Lehm. Fundfrei.
294	Bis zu 30 cm mächtige, weitgehend horizontale Schicht aus rötlichem, sandigem Lehm. Fundfrei.
295	Vertikale, schmale, max. 10 cm breite Verfüllung, die sich unmittelbar an die nach W weisende Innenkante der Ringmauer anschließt und noch in einer Tiefe von bis zu 100 cm nachgewiesen werden kann. Die Verfüllung besteht aus beigem, zum Teil bräunlichem Lehm. Fundfrei.
367	Humose Deckschicht, Stärke bis zu 15 cm, bedeckt den Schnitt dem Geländeprofil folgend in der Unterkante wellig auslaufend, stark durchwurzelt mit feinsten bis fingerdicken Wurzeln, kleine Sandsteine (roter und weißer Sandstein), vereinzelt Mörtelbrocken und Ziegelfragmente.

448	Burgzeitliche Ausbruchgrube unterhalb der südlichen Ecke der Ringmauer. Die in den rötlichen, sandigen Lehm (Befund 278) eingetieftete Ausbruchgrube war mit dem Versturz der ursprünglich darüber liegenden Ringmauer bis auf Sohltiefe angefüllt. Einige der herabgefallenen Steine wiesen deutliche Brandspuren auf. Dazu kamen kleinere Batzen von verziegeltem Lehm sowie Holzkohlesplitter.
449	In ihren Ausmaßen nur an einer Stelle erfasste Grube, verfüllt mit sandigen, rötlichem Lehm. Darin Konzentrationen von Holzkohle, verziegelten Hüttenlehm, Knochen sowie nicht scheibengedrehter Keramik.

Literatur

FELIX-HENNINGSEN, P. (1990): Die mesozoisch-tertiäre Verwitterungsdecke (MTV) im Rheinischen Schiefergebirge. - In: Relief, Boden, Paläoklima, Bd. 6, Stuttgart.

GRATHOFF, S. (2005): Mainzer Erzbischofsburgen. Erwerb, Funktion von Burgherrschaft am Beispiel der Mainzer Erzbischöfe im Hoch- und Spätmittelalter. Geschichtliche Landeskunde 58 (Stuttgart 2005).

HARTMANN, W. (1997): Zur Geschichte der Spessartburgen Waldenberg und Kugelberg und ihrer Herren. - Aschaffener Jahrbuch 19, 9ff.

JUNG, J. (1996): Die quartäre Aufbereitung der kretazotertiären Verwitterungsdecke im südwestlichen Buntsandstein-Spessart – dargestellt anhand einiger Hangprofile bei Kleinwallstadt am Main. Unveröff. Dipl.Arb., Geogr. Inst. Univ. Würzburg, 128 S.

JUNG, J. (2004): Tertiärzeitliche Verwitterungsbildungen im Buntsandstein des Südwest-Spessarts und ihre eiszeitliche Aufarbeitung. - Mitt. Naturwiss. Ver. Stadt Aschaffenburg, 23, 123 S.

JUNG, J. (2006): GIS-gestützte Rekonstruktion der neogenen Reliefentwicklung tektonisch beeinflusster Mittelgebirgslandschaften am Beispiel des Spessarts (NW-Bayern, SE-Hessen). – Diss. Univ. Würzburg, 399 S., Würzburg (http://www.opus-bayern.de/univ-wuerzburg/frontdoor.php?source_opus=2096&la=de).

ROSMANITZ, H. (2008a): „Altes Schloss“. Gewinn Lämmert, Fundstellen-Nr. 6121/0069, Archäologische Untersuchungen, Mai bis Juli 2007. - Unveröff. Grabungsbericht, Parthenstein.

ROSMANITZ, H. (2008b): Burgenforschung im Spessart: Das „Alte Schloss“ in Kleinwallstadt. - Beiträge zur Archäologie in Unterfranken (= Mainfränkische Studien Bd. 77).

Mömlingen, „Schwedenschanze“

Heinrich Thiemeyer und Susann Müller

Geologie und Landschaftsgeschichte

Westlich der Ortschaft Mömlingen befindet sich eine grabenartige Hohlform, die in den topographischen Karten als Schwedenschanze bezeichnet wird. Sie liegt am östlichen Odenwaldrand im Verbreitungsgebiet von Gesteinsserien des Unteren Buntsandsteins, am NW-exponierten Oberhang des Amorbach-Tals. Es handelt sich dabei aber nicht, wie zunächst vermutet, um eine anthropogene Form, sondern um ein Ergebnis regionaler Dehnungstektonik (vgl. Babist: dieser Band).

Den zentralen Bereich der Schwedenschanze bildet eine ca. 190 m lange abflusslose Hohlform, die durch einen bis zu 5 m hohen „Wall“ vom talseitigen Hang abgegrenzt wird. Nach Südwesten und Nordosten läuft die Senke flach aus.

Der oberflächennahe Untergrund des Untersuchungsgebietes wird durch periglaziäre Lagen und Vorkommen kalkhaltigen Lösses gebildet. Die als Folge der Dehnung entstandene Hohlform der Schwedenschanze fungierte als Sedimentfalle für äolisch, denudativ und solifluidal eingetragenes Material.

Klima

Mittl. Jahresniederschlag	700 - 750 mm
Mittl. Tagesmittel der Lufttemperatur (Jahr)	9,0 - 9,5°C
Mittl. Anteil der Schneemenge am Gesamtniederschlag	7,5 - 10%
Mittl. Anzahl der Frosttage im Jahr (Min. Lufttemperatur <0°C)	< 80 d
Mittl. Anzahl der Eistage im Jahr (Max. Lufttemperatur <0°C)	< 20 d

Quelle: DWD (1981)

Böden

Auf den Hängen in der Umgebung der Schwedenschanze dominieren zweischichtige Braunerden aus Hauptlage über Basislage. Teilweise treten kolluviale Überdeckungen oder erosive Profilverkürzungen auf. Vor allem in Bereichen schluffarmer Hauptlagen und sandreicher Kolluvien sind die Braunerden leicht bis mäßig podsoliert.

Ausgehend von beiden Hängen der Hohlform in Richtung ihrer Tiefenlinie nehmen der Skelettgehalt der Sedimentfüllung ab und ihr Schluffgehalt zu. In dem Aufschluss des angelegten Profilschnittes, der den Verlauf der Senke orthogonal schneidet, kann man außerdem beobachten, dass an den Hängen der Hohlform zweischichtige Braunerden (aus Hauptlage über Basislage) mit unterschiedlichem Podsolierungsgrad zur Tiefenlinie hin von Parabraunerde-Pseudogley-Profilen (aus Hauptlage über Mittellage) abgelöst werden, Basislagenmaterial ist dort nicht aufgeschlossen. An einer Stelle im Schnitt durch die Schwedenschanze ist kalkhaltiger Löss erhalten. Dabei handelt es sich nicht um ein singuläres Vorkommen, denn nordöstlich des Grabens wurde ein Profil einer Parabraunerde mit kalkhaltigem eICc-Horizont aufgeschlossen. Auch im südwestlichen Bereich, in dem die Schwedenschanze zum Amorbachtalhang hin ausläuft, wurden Böden (Parabraunerden) aus schluffreichem, skelettarmen Material erbohrt, die über den eigentlichen Hohlformbereich hinaus bis etwa 50 m außerhalb der Senke den Hang des Amorbachtals bedecken.

Anthropogener Einfluss

Auch wenn die Schwedenschanze selbst keine Form anthropogenen Ursprungs ist, so gibt es doch in der näheren Umgebung einige Hinweise auf die Beeinflussung des Gebietes durch den Menschen.

Zunächst wären die Hügelgräber zu nennen, die südlich und südwestlich der Schwedenschanze zu finden sind. Im Bereich, in dem die Senkenstruktur der Schwedenschanze nach Südwesten ausläuft, ist der Hang angeschnitten und das anstehende Sandsteinmaterial freigelegt. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um Reste eines kleinen Steinbruchs. Weiterhin finden sich auf der topographischen Karte des Gebietes Hinweise auf Bergbautätigkeit: Im Bereich der Eisenerzgrube Berta und am Mühlhansenloch am südostexponierten Hang des Mömlingtales ist Eisenerzgewinnung belegt. Einige Pingen und Halden sind bis heute unter Waldbedeckung als Zeugnisse erhalten geblieben. In der näheren Umgebung des Eichenwäldchens östlich der Schwedenschanze sind Reste der Kurmainzer Landwehr, einer Graben-Wall-Anlage, zu finden, die ursprünglich wohl mit Dornenbüschen bestanden war und heute teilweise rekonstruiert ist. Menschliche Eingriffe in die Landschaft in Form von Auflockerung der Vegetationsbedeckung und folgendem Bodenabtrag sind auch über erodierte Bodenprofile und Kolluvien belegt.

Exkurs: Entstehung der „Schwedenschanze“ bei Mömlingen im fränkischen Odenwald

Jochen Babist

Die „Schwedenschanze“ südwestlich der Gemeinde Mömlingen ist eine auffällige, hangparallele abflusslose Senke, für die in der Vergangenheit mehrfach eine anthropogene Entstehung postuliert wurde (Vogel 1930, mündl. Mitt. W. Hartmann 2007).

Im Rahmen der Untersuchung verschiedener geologisch-geomorphologischer Phänomene im Vorfeld der Konzeptionierung des Geopark-Pfades „Feuer und Wasser“ (Geo-Naturpark Bergstraße-Odenwald) entstand gemeinsam mit der Gemeinde Mömlingen und dem Denkmalamt die Idee, diese auffällige Geländestruktur im Frühsommer 2007 durch einen 27 m langen und bis zu 1,5 m tiefen Profilschnitt zu erschließen. Bereits im Frühjahr 2007 führte der Autor eine Übersichtskartierung des Umfeldes durch, bei der auch zahlreiche Erdfälle im Bereich des Eichel-Berges beobachtet werden konnten. Bei der Grabung in der Schwedenschanze, die von Dipl.-Geol. Petra Heinrich und Dipl.-Geol. Jochen Babist betreut wurde, zeigte sich, dass deren Sedimentfüllung aus Löss, Lösslehm und Solifluktionsschutt bestand. Spuren einer anthropogenen Entstehung oder Nutzung waren nicht vorhanden. Über den Kontakt mit Prof. Sabel (HLUG) wurde schließlich das Institut für Physische Geographie an der Universität Frankfurt in die Untersuchung der Sedimentfüllung eingebunden.

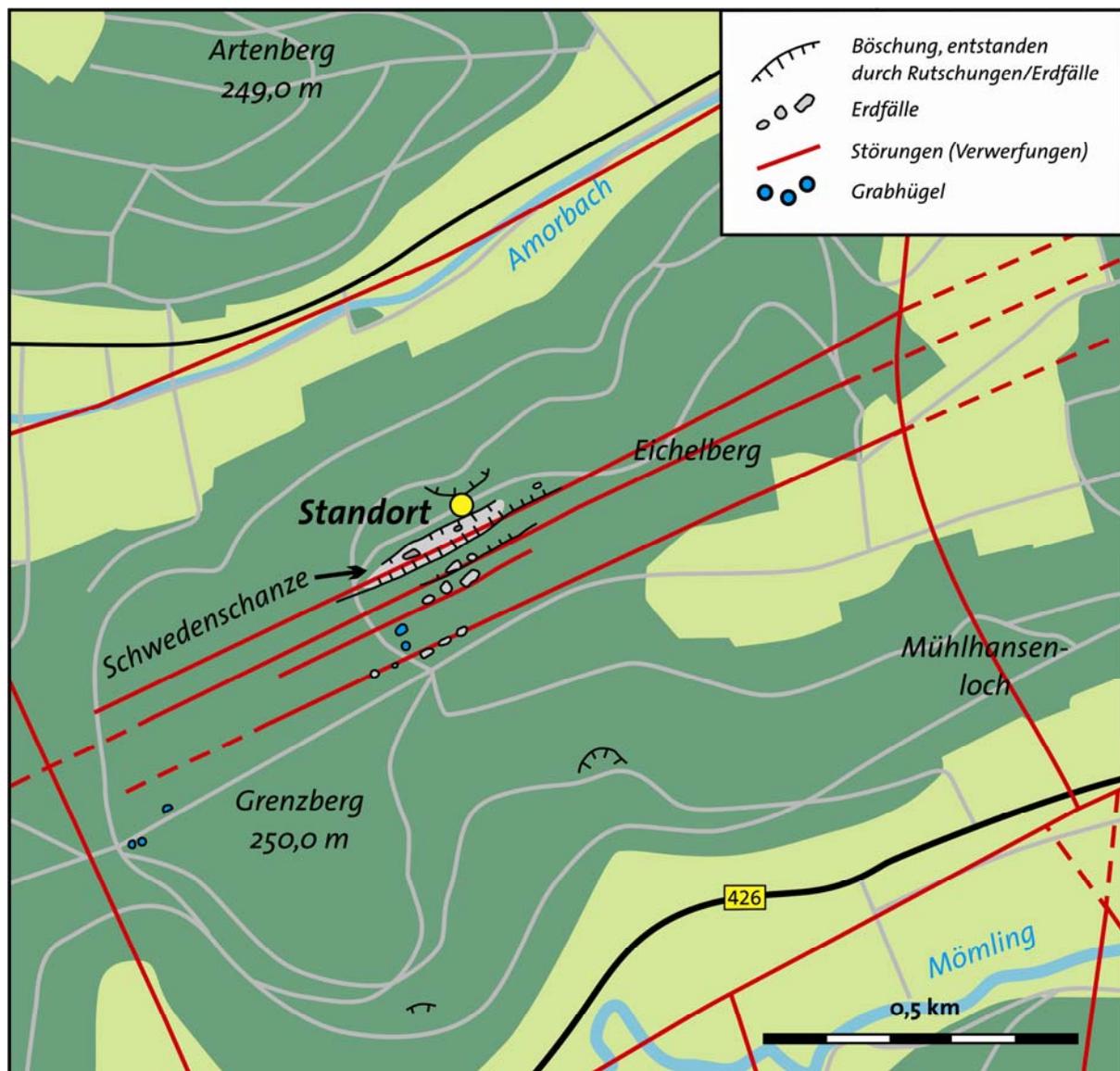


Abb. 1: schematische Übersichtskarte der „Schwedenschanze“ mit benachbarten Erdfall-Gruppen und vermutete Störungszonen.

Geometrie der „Schwedenschanze“ und benachbarter Erdfälle

Die Schwedenschanze verläuft SW-NE streichend als 300 m lange, markante Reliefstruktur parallel zum Hangstreichen des Eichel-Berges. Der ansonsten moderat einfallende Hang versteilt plötzlich bis zu einem maximalen Gefälle von 29° bei einer maximalen Sprunghöhe von 15 m. An den Enden läuft die Struktur terrassenartig aus, während im zentralen Teil zwei abflusslose Senken mit einem talseitigen „Wall“ eine anthropogene Struktur suggerieren.

In der Profilgrabung zeigte sich jedoch, dass dieser „Wall“ aus stark gestörtem anstehenden Buntsandstein besteht, also keineswegs künstlich umgelagertes Material darstellt. Die lineare Oberkante der „Schwedenschanze“ ist im zentralen Teil durch kleinere Rutschungen in die abflusslose Senke leicht modifiziert.

Am Eichel-Berg sind neben der 300 m langen „Schwedenschanze“ drei Gruppen von jeweils linear angeordneten, parallel zueinander verlaufende Erdfälle zu beobachten. Als Entstehung für diese Muldenform konnte anthropogene Materialentnahme (Bergbau, Steinbruchtätigkeit) wegen der Geometrie und fehlender Halden ebenfalls ausgeschlossen werden. Ihre Ausrichtung entspricht der Längsachse der „Schwedenschanze“. Sie markieren offenbar eine dominante tektonische Klufrichtung, die sich auch im Verlauf der benachbarten Täler der Mömling und des Amorbachs widerspiegelt (Abb. 1).

Geologie und Tektonik

Im Untersuchungsgebiet am Eichel-Berg bei Mömlingen steht unter quartären Hangschuttdecken und jungen Talfüllungen ausschließlich Unterer Buntsandstein an. Östlich von Mömlingen sind im Steinbruch „Königswald“ Sandsteine der Miltenberg-Wechselfolge (Bernburg-Folge, früher als Salmünster-Folge bezeichnet) aufgeschlossen; bei Breuberg-Hainstadt am Südhang des Esels-Berges wurde der Eck'sche Geröllsandstein (Calvörde-Folge, früher Gelnhausen-Folge) abgebaut.

Der Kontakt Grundgebirge/Deckgebirge im Liegenden des Buntsandsteins umfasst stratigraphisch z.T. karbonatisch gebundene Ton-, Silt- und Sandsteine mit eingelagerten Mergelsteinen und wenigen Feinkieslagen des Rotliegenden. In fließendem Übergang schließt sich im Hangenden eine partiell kalkhaltige Pelit-Mergelstein-Wechselfolge an. (Bohrung Wald-Amorbach, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie 2007). Sie repräsentiert die als „Schieferletten“ ausgebildete Zechstein-Formation im nördlichen Odenwald. Kupferletten wie im Spessart (vgl. z. B. Jung 2002) und Zechstein-Dolomit wie im mittleren Odenwald (vgl. Nickel & Fettel 1979) oder gar Evaporitvorkommen wie in Nordhessen treten im Mömlinger Raum nicht auf (vgl. Chelius & Klemm 1894). Die Grenze Grundgebirge/Deckgebirge liegt nach Bohrlochdaten aus der Untersuchung der Grundwasservorkommen (Genesis Umwelt Consult 2008) im Bereich der „Schwedenschanze“ sowohl im Wald-Amorbach-Tal als auch im Mömling-Tal unter dem heutigen Talsohlenniveau, das Liegende des Unteren Buntsandsteins also unter oder auf dem Niveau der Talsohlen.

Das Gebiet wird regional von einem Bruchschollenmuster gegliedert, dessen häufig orthogonal zueinander streichende Störungen größtenteils durch die Verläufe der Täler nachgezeichnet werden. Die eng begrenzten Basaltvorkommen und Tuffschlote (Lorenz & Heinrich in Vorb.) liegen auf den Hauptrichtungen dieser Störungssysteme (Chelius & Klemm 1894, Mäussnest 1978, 1985). K-Ar Datierungen des Querberg-Basaltvorkommens bei Breuberg-Raibach und weiterer Vorkommen der Region ergaben eozäne Alter (Lippolt et al. 1975). Sie belegen die Aktivität der dominanten Störungsrichtungen NNW-SSE bis NW-SE (parallel zum Obernburger Graben) und SW-NE bis WSW-ENE spätestens seit dieser Zeit. Diederich (1987) legt die Entstehung der NNW-SSE bis NW-SE streichenden Bruchsysteme auf Grund überregionaler Vergleiche mit der Bruchtektonik des Spessarts in den Zeitraum vom mittleren/oberen Oligozän bis zum jüngeren Miozän.

Die SW-NE bis WSW-ENE gerichteten Störungszonen, denen auch die Längsrichtung der „Schwedenschanze“ und die Lineamente der Erdfallgruppen folgen, sind durch die Untersuchungen zur Trinkwassergewinnung Mömlingen gut belegt. Bohrungen im SW-NE gerichteten Abschnitt des Mömlingtales belegten zudem, dass diese Störungen noch im Quartär aktiv gewesen sein müssen, da die mächtige Solifluktionsschutt-Auflage im Hangbereich ent-

lang der dort erbohrten Störung gegen fluviatile Sedimente versetzt wird (IGI Niedermeyer Institute 1996, Genesis Umwelt Consult 2001, 2001b, 2008).

Entstehungsmodell für die abflusslose Senke „Schwedenschanze“

Die im Bereich des Eichel-Berges beobachteten Geländeformen legen dilatative tektonische Prozesse als Auslöser einer Erdfalldynamik nahe. Verkarstung und Subrosion scheiden aufgrund der lithofaziellen Ausprägung des Zechsteins und Unteren Buntsandsteins aus. Suffosionserdfälle, die beispielsweise durch Verfrachtung von erosionsanfälligem Feinsand und Schluff entstehen können („Tunnelerosion“), sind wegen der fehlenden Lösslehmdecke und der Kuppenlage der Einzel-Erdfälle am Eichel-Berg ebenfalls eher unwahrscheinlich. Die Struktur der „Schwedenschanze“ mit ihrem talwärts stehen gebliebenen „Wall“ zeigt, dass Materialverlagerung in den tieferen Untergrund, also das anstehende Gestein, Ursache für die Oberflächenabsenkung gewesen sein muss.

Die auffällig lineare Oberkante der „Schwedenschanze“ und das terrassenförmige Auslaufen der Struktur ohne weitere interne Erdfallstrukturen weist außerdem auf eine während der primären Anlage aktive Abschiebungsfläche hin. In der Tat konnten aus der Auswertung von Bohrungen zu Grundwasser-Messstellen um die nordöstlich der „Schwedenschanze“ gelegenen Erdaushubdeponie stratigraphische Versätze von bis zu 30 m ermittelt werden (Genesis Umwelt Consult 2001b). Wegen der geringen Basistiefe der quartären Talfüllungen von maximal 15 m (Mömlingtal) und der geringen Höhenunterschiede kann es sich dabei aber kaum um gravitative Dehnungsprozesse (Hangzerreißung) handeln. Da die Basis des Buntsandsteins mit den Schieferletten des Zechsteins ebenfalls unter Talniveau liegt, fällt auch diese potentieller Gleithorizont für die Bildung von echten gravitativen Rutschungen aus. Beobachtungen aus der näheren Umgebung bestätigen das Auftreten weitständiger, weit klaffender Kluftsysteme - teilweise auch mehrere Dekameter unter Talsohlenniveau.

Die „Schwedenschanze“ ist in ihrer primären Anlage (lineare Struktur) daher als geomorphologischer Ausdruck einer Abschiebung (Bruchstufe) zu deuten. Die regionale Dehnungstektonik steht in Zusammenhang mit der jungen Heraushebung des Odenwaldes seit ca. 600.000 Jahren (evtl. seit ca. 800.000 Jahren), wobei kretazisch/tertiär angelegte Bruchmuster reaktiviert und die Tiefenerosion in den Tälern die Talgeometrie von breiten, flachen Tälern hin zu Tälern mit steilen Talhängen modifizierte. Eine ähnliche Entwicklung ist während dieser Zeit im Rheinischen Schiefergebirge zu beobachten (FUCHS et al. 1983, CLOETINGH & CORNU 2005, SEMMEL 2007).

Parallel zur Dehnungstektonik setzte eine starke Kluftbildung ein, die vor allem in dickbankigen Partien des Unteren Buntsandsteins zu weit klaffenden Hohlräumen führte. Der Einsturz der hangenden Schutte bzw. ein Eintrag mit Solifluktionsschutt in die so entstandenen Hohlräume führte zu den beobachteten Erdfällen, die nachfolgend auch die Störungsstruktur in der „Schwedenschanze“ überprägten und morphologisch nachzeichneten.

Weitere Untersuchungen sollen nun zeigen, ob die Sedimentation und die Dehnungsbewegung als gleichzeitige Ereignisse zu werten sind, oder inwiefern die Erdfallbildung nachträglich durch Suffosion von Feinmaterial in bestehende Kluft Hohlräume getriggert wurde.

In Zusammenhang mit den Verwerfungszonen und dem stark geklüfteten Sandstein steht auch das Vorkommen von Basalttuffen am Mühlhansenloch, SE der Schwedenschanze. Es handelt sich dabei um Reste eines vor etwa 40-50 Millionen Jahre entstandenen Maars, dessen Tephrawall und oberer Teil des Kraters im Pleistozän durch die Talbildung der Mömling abgetragen wurden (frdl. Mitt. P. Heinrich 2009).

Eine ausführliche Darstellung dieser Ergebnisse (Heinrich, P. et al., in Vorb.) soll noch in diesem Jahr erscheinen.

Literatur

- Chelius, C. & Klemm, G. (1894): Blatt Neustadt-Obernburg der Geologischen Karte 1:25000 des Großherzogthums Hessen nebst Erläuterungen. – 41. S., 1 geol. Blatt; Darmstadt (A. BergsträsserVerlag).
- Cloetingh, S.A.P.L. & Cornu, T.G.M. (Hrsg.) (2005): Neotectonics and Quaternary fault-reactivation in Europe's intraplate lithosphere. - 558 S.; Amsterdam, Boston, Heidelberg, London u.a. (Elsevier).
- Diederich, G. (1987): Bruchtektonik des nördlichen hessischen Buntsandstein-Odenwaldes. – Geol. Jb. Hessen **115**: 305-313, 1 Abb., 1 Tab. 1 Taf.; Wiesbaden.
- Fuchs, K., v. Gehlen, K., Mälzer, H., Murawski, H. & Semmel, A. (Hrsg.) (1983): Plateau uplift. The Rhenish Shield – a case history. – 411 S., 185 Abb.; Berlin, Heidelberg u.a. (Springer).
- Trinkwassergewinnung der Gemeinde Mömlingen, Erstellung eines Brunnens TB6; Bericht über die Erstellung eines Versuchsbrunnens VB6. Az 01034, Schwabach November 2001. Unveröffentlichter Bericht Gemeinde Mömlingen.
- Genesis Umwelt Consult GmbH & Co. KG (2001b): Erdaushub- und Bauschuttdeponie Mömlingen. Erstellung der Grundwassermessstelle GM14. Az 01003, Schwabach 2001. Unveröffentlichter Bericht, Gemeinde Mömlingen.
- Genesis Umwelt Consult GmbH & Co. KG (2008): Trinkwasserversorgung der Gemeinde Mömlingen. Brunnen TB4, TB 5 und TB6. Antragsunterlagen zu den wasserrechtlichen Verfahren für eine gehobene Erlaubnis zum Entnehmen und Ableiten von Grundwasser sowie zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes. Unveröffentlichter Bericht, Gemeinde Mömlingen.
- Heinrich, P.; Babist, J. & Lorenz, V. (in Vorb.): Lineare Erdfallstrukturen im Buntsandstein-Odenwald am Beispiel der Schwedenschanze bei Mömlingen und des Reichenberger Hanges bei Reichelsheim: Morphologie, Entstehungsmodelle und Georisiken.
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2007): Schichtenverzeichnis Vorbohrung Breuberg/Wald-Amorbach, Bearbeiterin N. Hug.
- IGI Niedermeyer Institute GmbH Westheim (1996): Gemeinde Mömlingen, Gewerbegebiet „Hinter dem Schlaggraben“: Hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Beurteilung im Hinblick auf die Bebaubarkeit in der Zone II (TB1) bzw. Zone III (TB2) der Trinkwassererschließung Mömlingen. Unveröffentlichter Bericht Gemeinde Mömlingen, AZ 95427.
- Jung, J. (2002): Diversitätswandel kleinräumiger Landschaftsausschnitte Zechstein-Dolomit-Standorte im Spessart. – Natur u. Museum, **132, 2**, 63-76, 6 Abb.
- Jung, J. (2004): Tertiärzeitliche Verwitterungsbildungen im Buntsandstein des Südwest-Spessarts und ihre eiszeitliche Aufarbeitung. – Mitt. naturwiss. Mus. Aschaffenburg **23**, 131 S., 43 Abb., 8 Tab.; Aschaffenburg.
- Lippolt, H.J., Baranyi, I. & Todt W. (1975): Das Kalium-Argon-Alter der postpermischen Vulkanite des nordöstlichen Oberrheingraben. – Aufschluß, Sonderband **27**: 205-212, 2 Abb.; Heidelberg.
- Mäussnest, O., (1978): Die vulkanischen Vorkommen des Messtischblattes Obernburg/Main. – Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. **60**: 167-173, 1 Abb.; Stuttgart.
- Mäussnest, O., (1985): Bergbau und Vulkane auf Blatt 6120 Obernburg a. Main. - Geologica Bavarica 87: 97-117, 9 Abb.; München.
- Nickel, E. & Fettel, M. (1979): Odenwald. Vorderer Odenwald zwischen Darmstadt und Heidelberg. - Sammlung Geologischer Führer, **65**: 202 S., 63 Abb., 6 Tab.; Berlin, Stuttgart (Gebr. Borntraeger).
- Semmel, A. (2007): Das Quartär im Rhein-Taunus und im Oberen Mittelrhein-Tal. Kolluvien, Soliflukationsdecken, Laacher Bimstuff, Rhein-Terrassen, (Exkursion F am 13. April 2007). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **89**: 217-235, 10 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- Vogel, A.O. (1930): Heimat- und Ortsgeschichte von Mömlingen. – 274 S.; Mömlingen (Eigenverlag)

Schwedenschanze Profil MITTE

Das Profil Mitte (vgl. Tab. MITTE-2) repräsentiert den Senkenbereich des Baggerschnittes durch die Schwedenschanze bei Mömlingen. Unter dem Sw-Al-Horizont in der obersten Solifluktsdecke, die einen geringen Steingehalt aufweist, folgt ein ?II Bt-Sdw-Horizont mit ähnlichen Quotienten (S:U, gU:ΣS), der sich durch den fehlenden Steingehalt sowie einen höheren Tonanteil von der hangenden Solifluktsdecke unterscheidet. Außer dem genannten Unterschied im Steingehalt – gleichwohl ein starkes Argument - fehlen sedimentologisch eindeutige Hinweise auf eine eigenständige solifluidale Genese als lösslehmreiche Mittellage. Denkbar wäre auch eine erneute Bewegung der Solifluktsdecke bei geringerer Auftautiefe, die nicht mehr die gesamte ursprüngliche Mächtigkeit erfasste. Der liegende III Bt-Sd-Horizont ist in einer Mittellage mit höherem Schluff- und geringerem Sandgehalt entwickelt. Örtlich (Profilmeter 8) trennt ein geringmächtiger Sw-Horizont mit Andeutungen von Frostspalten die beiden Lagen. Unter der Mittellage folgt ein fAh-Horizont mit einem ausgeprägten Polygonmuster, das zum einen die in situ-Erhaltung, zum anderen nachfolgende kaltzeitliche Bedingungen (Frostmuster) anzeigt. Unter der Annahme, dass sich das Modellalter einer OSL-Datierung des liegenden kalkhaltigen Lösses an Profil MG2 (s.u.) auf die vorliegende Situation übertragen lässt, wird die zeitliche Stellung des fAh-Horizontes eingegrenzt, da bei Profilmeter 3 ebenfalls noch kalkhaltiger Löss (relativstratigraphisch unterhalb des fAh-Horizontes) erhalten ist.

Tab. MITTE-1: Schwermineralanalysen; Angaben in Korn-%; +: unter 1 %; Analytiker: H. Thiemeyer

Horizont	AI-Sw	II Bt-Sdw	III Bt-Sd	IV fBt
Zirkon	19	14	14	28
Rutil	3	3	2	4
Turmalin	27	36	26	27
Augit	3	1	4	2
Br. Hornblende	5	4	8	13
Titanit	+	-	+	-
Brookit	-	-	+	-
Anatas	10	11	9	6
Granat	5	4	4	1
Staurolith	-	-	+	-
Disthen	+	1	+	+
Epidot/Zoisit	21	30	22	11
Gr. Hornblende	7	8	8	5
Apatit	+	-	1	+
Opak	46	39	36	52

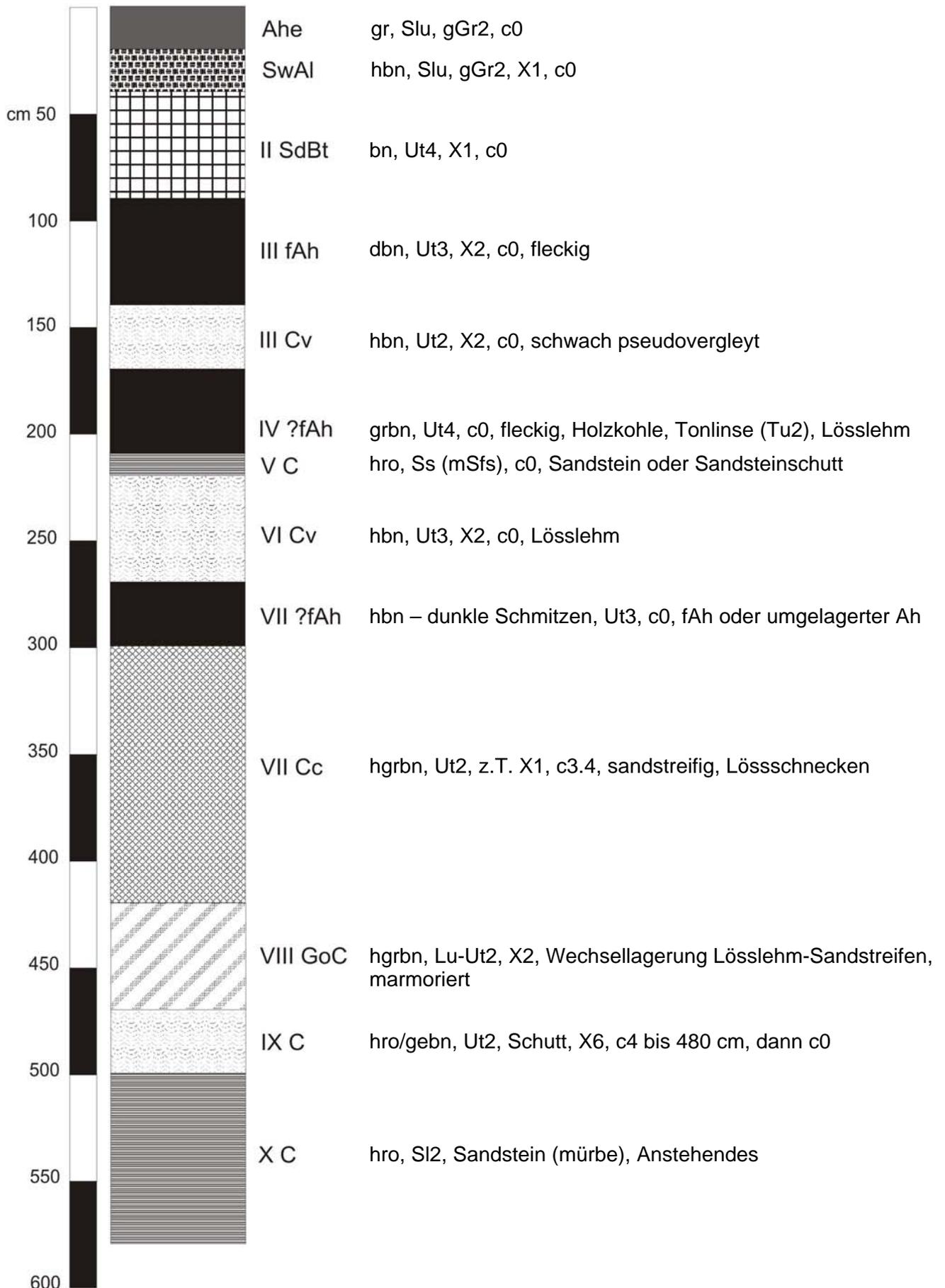
Die Schwerminerale zeigen einerseits den Einfluss des Buntsandsteins (stabile Gruppe) an, andererseits auch den Lösseintrag (v.a. Epidot und grüne Hornblende). Erstaunlich ist hier, wie auch in einigen anderen Profilen, der Anteil der dem LST zugerechneten Minerale (v. a. Augit und Braune Hornblende) bis in tiefere Bereiche, deutlich unterhalb der Hauptlage. Die IV fBt-Probe stammt aus dem östlichen Teil des Schnittes (vgl. Abb. MS) bei Profilmeter 18 aus ca. 120 cm Tiefe. Aus der geologischen Literatur geht nicht hervor, ob die durchweg frischen Braunen Hornblenden auch aus anderen Quellen stammen könnten.

Die tektonische Beanspruchung, die nach den vorliegenden Befunden vermutlich wärmzeitlich ist (es wurden keine fossilen warmzeitlichen Böden gefunden), schuf zunächst eine Hohlform mit unruhigem Relief. Diese fungierte in der Folgezeit als Sedimentfalle. Die Anwehung kalkhaltigen Lösses, insbesondere im Lee der Rutschung, führte zu kleinräumigen Unterschieden (< 1 m) in der Sedimentverbreitung. Zwei Bohrungen, etwa 5 m oberhalb, sowie 10 m unterhalb des Profilschnittes (Abb. BOHRUNGEN), erbrachten bis 800 cm unter GOF umgelagerte, z.T. schwach steinigen kalkhaltigen Löss und kalkfreien Lösslehm, in die auch Solifluktschutt eingeschaltet ist. Der fAh-Horizont zeigt, dass es unter Dauerfrostbedingungen auch morphologische Ruhephasen im Würm gegeben hat. Nachfolgend glätteten periglaziale Prozesse (LM, LH) die Oberfläche und füllten die Hohlform weiter auf. Die heutige Bodenverbreitung variiert kleinräumig in Abhängigkeit von Sedimentverbreitung und –zusammensetzung (vgl. auch weiter unten: Profile MG1 und MG2).

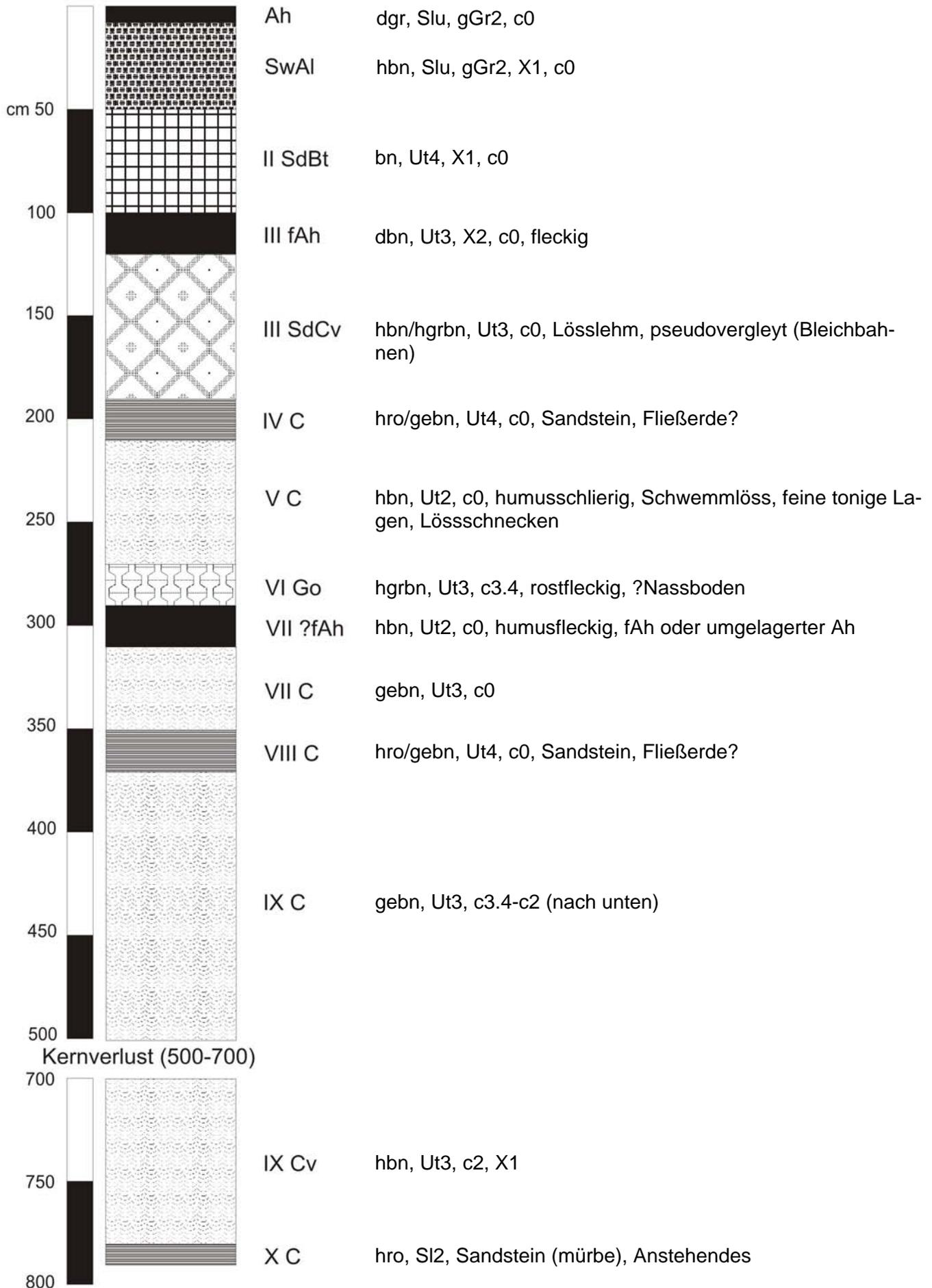
Tab. MITTE-2: Datenblatt Profil Mitte

Profil: Mitte				Untersuchungsgebiet: Mömlingen								
Position: R 3503642 H 5523712 Höhe: ca. 245 m ü. NN				Topographische Karte: 6120 Obernburg								
Horizont	Untergrenze [cm u. Flur]	Farbe [Munsell]		Gefüge	Grobboden, Stufe [KA 5]	Durchwurzelung		Hydromorphie- merkmale				
		trocken	feucht			Grobwurzeln	Feinwurzeln					
Ah	5/10	n.b.	n.b.	koh	gGr2	Wg2	Wf4					
Sw-Al	45	7.5 YR 7/3	7.5 YR 5/4	koh-sub	gGr2, X1	Wg3	Wf4					
II Bt-Sdw	60/65	7.5 YR 8/4	7.5 YR 5/4	sub-pol	gGr3	Wg3	Wf3					
III Bt-Sd	110	7.5 YR 7/4	7.5 YR 4/6	pol	gGr3	Wg1	Wf2					
IV fAh	120+	10 YR 7/4	10 YR 4/4	sub	X0	Wg0	Wf0					
Horizont	Bodenart [KA 5]	Kornfraktionen [%]							Σ U	Σ S	Kornfraktionsquotienten	
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T			S:U	gU: Σ S
Ah	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Sw-Al	Slu	1,21	17,73	30,70	22,84	12,86	5,89	8,77	41,59	49,64	1,19	0,46
II Bt-Sdw	Slu	0,93	19,61	28,72	23,60	11,33	5,66	10,15	40,59	49,26	1,21	0,48
III Bt-Sd	Lu	1,96	12,27	17,70	29,80	14,72	6,13	17,42	50,65	31,93	0,63	0,93
IV fAh	Ut4	0,47	2,11	7,16	42,73	19,79	6,05	21,68	68,57	9,75	0,14	4,4
Horizont	org. Subst. [%]	pH-Wert		Fe _o [%]	Fe _d [%]	Fe _o /Fe _d	Mn _o [%]	Mn _d [%]	Mn _o /Mn _d			
		CaCl ₂	H ₂ O									
Ah	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			
Sw-Al	1,24	3,81	4,23	0,104	0,434	0,24	0,008	0,009	0,82			
II Bt-Sdw	0,24	3,83	4,16	0,129	0,496	0,26	0,034	0,036	0,93			
III Bt-Sd	0,16	3,75	4,15	0,155	0,766	0,20	0,048	0,058	0,81			
IV fAh	0,31	3,98	4,69	0,170	0,995	0,17	0,039	0,071	0,56			

Bohrung unterhalb der MITTE (Humusaufgabe: L/Of/Oh 10 cm)



Bohrung oberhalb der MITTE (Humusauflage: L/Of/Oh 3 cm)



Schwedenschanze Profil STIRNSEITE

Etwa 10 m weiter östlich am Ende des Grabenschnittes an der steilen Hangseite liegt Profil STIRNSEITE (vgl. Tab. STIRNSEITE-2). Die Abrissnische der Rutschung ist von buntsandsteinbürtigen Sedimenten geprägt. Über die Lagerungsverhältnisse und Steingehaltsunterschiede können drei stark steinige Sedimentdecken unterschieden werden. Nach dem Geländeeindruck lassen sie sich als Holozänlage, Hauptlage und Basislage einordnen. Die Einstufung Ersterer wäre vor dem Hintergrund der Statthaftigkeit von Analogieschlüssen zu diskutieren. Die Kornverteilungen im Feinboden sind indessen vergleichsweise homogen. Das kann dadurch erklärt werden, dass das liegende Material durch erneute Aufarbeitung erfasst, außer dem Steingehalt aber kein weiteres Fremdmaterial eingebracht wurde. Die Feinboden-Quotienten scheinen dann keine Schichtung anzuzeigen. Bei relativ hohem Sandanteil ist der gU-Anteil in allen Lagen ähnlich, steigt mit der Tiefe sogar leicht an. Die Schluffgehalte sind aber im Vergleich mit Profil MITTE durchweg niedriger. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die Schluffgehalte, obwohl der Grobschluff den größeren Anteil hat, im wesentlichen gesteinsbürtig sind, da im Luv der steilen Stirnseite nur wenig Löss abgelagert werden konnte (vgl. aber unten: Schwermineralanalysen).

Zuoberst liegt ein Ae-Horizont, der in der Holozänlage ausgebildet ist. Die Quotienten S:U und gU:ΣS lassen allerdings kaum Unterschiede zur liegenden Solifluktsdecke erkennen, man muss schon den Quotienten fS:gS bemühen, um einen Sedimentunterschied im Feinboden auszumachen. Die verlagerten Sesquioxide und Humusstoffe werden in der von uns als Hauptlage angesprochenen Solifluktsdecke als II Bh- und II Bsv-Horizonte wieder ausgefällt und überprägen den oberen Teil des ursprünglichen Bv-Horizontes der Braunerde. Im Liegenden schließt sich in einer Basislage mit höherem Steingehalt der III ilCv-Horizont an.

pH-Tiefenprofil und Aktivitätsgrade deuten darauf hin, dass die Podsolierung der aktuelle bodenbildende Prozess ist. Die pH-Werte steigen erst an der Obergrenze des III ilCv-Horizontes an, dafür sinkt der Aktivitätsgrad.

Die Podsol-Braunerde geht mit Einsetzen der Mittellage in eine podsolierte Pseudogley-Parabraunerde über. Das hangabwärtige Aussetzen der Holozänlage ist aufgrabungsbedingt leider nicht zu erkennen gewesen (zum Zeitpunkt der Profilaufnahme).

Tab. STIRNSEITE-1: Schwermineralanalysen; Angaben in Korn-%; +: unter 1 %; Analytikerin: M. Guddat-Seipel

	Ae	II Bh	II B(s)v	III ICv	IV ICv
Anatas	10	8	12	8	4
Augit	+	1	2	5	1
Brookit	+	-	-	-	-
Disthen	-	-	-	+	+
Epidot	3	5	4	7	11
Granat	1	4	2	6	3
Gr. Hornbl.	+	1	2	3	4
Br. Hornbl.	2	2	3	2	4
Rutil	3	1	2	4	2
Staurolith	+	+	+	+	+
Titanit	-	2	1	-	1
Turmalin	50	50	48	38	45
Zirkon	30	26	24	27	26
Opak	51	53	50	51	53

Das Schwermineralspektrum wird entsprechend der Lössarmut der Sedimente von der „Stabilen Gruppe“ (Zi, Tu, Ru) des Buntsandsteins dominiert. Lösszeiger (Epi, Gra, Grüne Hobl) sind nur in geringen Prozentsätzen vertreten, die jedoch mit der Tiefe leicht ansteigen. Dies geht parallel zum gU-Gehalt (vgl. Tab. STIRNSEITE-2). Die Basislagen (Geländebefund) sind hier also nicht frei von Löss(lehm). Der Schluffgehalt der Basislagen wäre somit nicht gesteinsbürtig. Auch die Minerale des LST betragen jeweils nur wenige Prozent. Auch hier ist

wieder festzustellen, dass sie auch unterhalb der Hauptlage auftreten. Insbesondere für die Braune Hornblende ist eine Erklärung als bioturbate Einmischung wenig überzeugend, da die Werte nach unten hin ansteigen.

Tab. STIRNSEITE-2: Datenblatt Profil STIRNSEITE

Profil: Stirnseite					Untersuchungsgebiet: Mömlingen								
Position: R 3503650 H 5523712 Höhe: ca. 247 m ü. NN					Topographische Karte: 6120 Obernburg								
Horizont	Untergrenze [cm u. Flur]	Farbe [Munsell]		Gefüge	Grobboden, Stufe [KA 5]	Durchwurzelung		Hydromorphie- merkmale					
		trocken	feucht			Grobwurzeln	Feinwurzeln						
Ae	20	7.5 YR 6/3	7.5 YR 4/3	ein-koh	gX4	Wg1	Wf3-4						
II Bh	22	7.5 YR 6/4	7.5 YR 3/4	koh-sub	gX4	Wg1	Wf3						
II B(s)v	40/50	7.5 YR 7/4	7.5 YR 4/6	koh	gX4	Wg1	Wf3						
III ICv	li:120+/re: 80	7.5 YR 7/3	7.5 YR 5/4	ein	gX5	Wg2	Wf0-1						
IV ICv	re: 130+	7.5 YR 7/4	7.5 YR 5/4	ein									
Horizont	Bodenart [KA 5]	Kornfraktionen [%]							Σ U	Σ S	Kornfraktionsquotienten		
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T			S:U	gU: Σ S	fS:gS
Ae	Su3	0,59	26,78	37,69	14,91	8,23	5,37	6,44	28,50	65,06	2,28	0,23	62,8
II Bh	Su3	1,31	24,47	40,10	14,61	7,60	4,21	7,71	26,41	65,88	2,49	0,22	30,8
II B(s)v	Su3	2,54	25,50	35,85	15,49	8,62	5,01	6,99	29,12	63,89	2,19	0,24	14,3
III ICv	Su3	3,47	24,38	37,59	16,04	8,37	4,84	5,31	29,25	65,44	2,24	0,24	10,7
IV ICv	Sl3	3,96	23,97	25,65	18,73	11,10	5,25	11,34	35,08	53,58	1,53	0,35	6,4
Horizont	org. Subst. [%]	pH-Wert		Fe _o [%]	Fe _d [%]	Fe _o /Fe _d	Mn _o [%]	Mn _d [%]	Mn _o /Mn _d				
		CaCl ₂	H ₂ O										
Ae	1,50	3,23	3,83	0,060	0,273	0,22	0,000	0,002	0,27				
II Bh	1,78	3,30	3,82	0,189	0,503	0,38	0,002	0,002	0,77				
II B(s)v	1,21	3,75	4,12	0,170	0,345	0,49	0,001	0,002	0,32				
III ICv	n.b.	4,41	4,38	0,061	0,336	0,18	0,002	0,004	0,37				
IV ICv	n.b.	3,80	4,27	0,068	0,601	0,11	0,007	0,013	0,54				

Schwedenschanze Profil MG1

Einige Meter östlich des Schnitts durch die Schwedenschanze wurden zwei weitere Aufschlüsse angelegt. Das Profil MG1 ist dabei in zwei Profilaufnahmen geteilt: die eigentliche Aufschlusswand (Stirnwand) (vgl. Tab MG1-2) und die rechte Profilwand (vgl. Tab. MG1-3). Die Aufschlusswand zeigt ein zweischichtiges Profil aus Hauptlage über Basislage, wobei in der Hauptlage drei Horizonte (Ah-, Sw-Al, Swd-Bt) ausgebildet sind. Die Schichtentrennung stellt sich unproblematisch dar: Unterschiede in Skelettgehalt, Feinbodenart sowie ein Sprung im Kornfraktionsquotienten sind in der Summe sichere Differenzierungsmerkmale.

Mikromorphologie Stirnwand

Die Hauptlage ist sehr stark bioturbat geprägt. Zahlreiche, teils wieder verfüllte Gänge prägen die Mikrostruktur (vgl. Abb. MG1-1). Der Sw-Al-Horizont unterliegt starken Ausbleichungsprozessen in Folge der Pseudovergleyung des Bodenprofils, die Grundmasse ist überwiegend grau gefärbt. Mit zunehmender Profiltiefe sind braune bis dunkelbraune Toneinspülungen zu beobachten (vgl. Abb. MG1-2). Die Tonpartikel sind gut eingeregelt, bei der Betrachtung mit gekreuzten Polarisatoren sind scharfe Auslöschungslinien erkennbar. Der Swd-Bt Horizont zeigt unter dem Mikroskop eine Zusammensetzung aus zwei verschiedenen Materialien: Eingebettet in Sw-Al-Material finden sich viele abgerollte Aggregate tonhaltigen Materials (vgl. Abb. MG1-3). In einigen Bereichen des Dünnschliffs ist zu erkennen, dass die Form einiger dieser Aggregate durch Transport, aber vor allem durch bioturbate Prozesse aufgelöst und mit dem umgebenden Material vermischt wird (vgl. Abb. MG1-4).

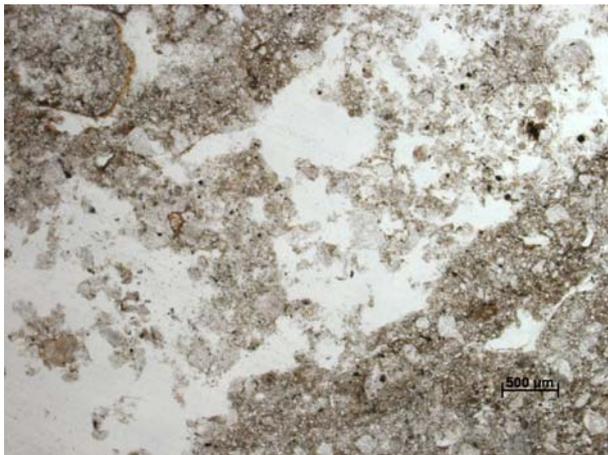


Abb. MG1-1: Lose verfüllter Gang (Sw-Al-Horizont)



Abb. MG1-2: Toneinspülung in der Hauptlage

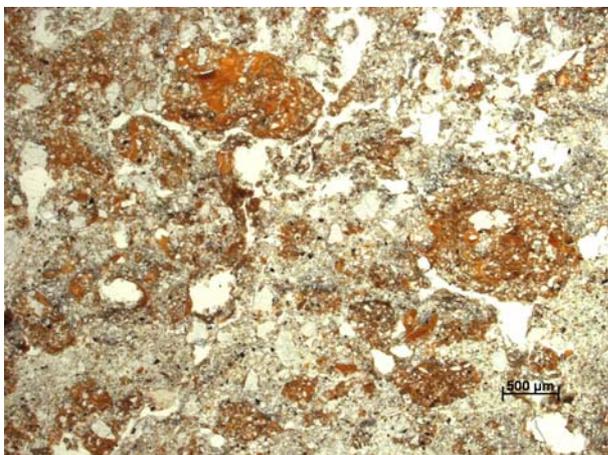


Abb. MG1-3: Tonige Aggregate in der Hauptlage



Abb. MG1-4: Bioturbate Auflösung der Aggregate

Das Bodenprofil der rechten Aufschlusswand (vgl. Tab. MG1-3) vermittelt im Gelände zunächst den Eindruck eines dreischichtigen Profilaufbaus, wobei die mittlere Schicht in Richtung der Hauptaufschlusswand auskeilt. Der Nachweis der möglicherweise vorhandenen Schichtgrenzen gestaltet sich indes schwierig. Der Grobbodengehalt nimmt mit der Tiefe

Tab. MG1-1: Schwerminerale, Angaben in Korn-%; +: <1%, Analytikerin: M. Guddat-Seipel

	Sw-Al	Sd-Bt	II ICv	III ICv
Anatas	5	6	5	8
Augit	3	2	-	-
Brookit	+	-	-	-
Disthen	2	+	1	1
Epidot	27	24	21	19
Granat	3	6	8	3
Gr. Hornbl.	7	8	10	5
Br. Hornbl.	5	4	-	+
Rutil	3	2	1	1
Sillimanit	+	+	-	-
Staurolith	2	1	+	1
Titanit	2	2	-	+
Turmalin	32	30	38	42
Zirkon	10	14	15	20
Opak	42	42	46	46

kontinuierlich ab. Die Ausweisung der ICv-Horizonte als eigenen Schichten (II ICv, III ICv) beruht zunächst auf dem Geländebefund sowie kleineren Sprüngen des Kornfraktionsquotienten.

Bestätigt wird dies durch die Ergebnisse der Schwermineralanalyse (vgl. Tab. MG1-1). Während das Laacher-See-Spektrum im Sw-Al- und im Sd-Bt-Horizont nachzuweisen ist, fallen diese Minerale im Liegenden aus. Allerdings sind in beiden ICv-Horizonten hohe Anteile von Epidot und Grüner Hornblende im Schwermineralspektrum vertreten, die als Lösszeiger dienen (vgl. Tab. MG1-1). Außerdem sind die Schluffgehalte mit jeweils über 40 % sehr hoch im Vergleich zu anderen Basislagen aus Buntsandsteinmaterial in der näheren Umgebung. Dies legt die Vermutung nahe,

dass auch hier die Basislagen nicht frei von Löss sind (vgl. Profil Stirnseite des Schnitts). Die Grenze Hauptlage/Basislage (Sd-Bt/II ICv) ist nicht scharf ausgebildet, in einem mehrere Zentimeter mächtigen Übergangsbereich kommt Material beider Horizonte nebeneinander, teilweise auch vermischt vor.

Mikromorphologie rechte Aufschlusswand

Die mikromorphologischen Merkmale dieses Profils ähneln denen des gerade Beschriebenen. Der Sw-Al-Horizont zeigt eine starke Nassbleichung des Materials und ist intensiv bioturbat beeinflusst (vgl. Abb. MG1-5). Im unteren Teil der Hauptlage (Sd-Bt-Horizont) finden sich zahlreiche Toneinspülungen, die durch hohe Eisengehalte in der Regel dunkelbraun gefärbt sind (vgl. Abb. MG1-6, Abb. MG1-7). Auch hier sind die Tonpartikel gut eingeregelt, was an der scharfen Auslöschungslinie bei gekreuzten Polarisatoren deutlich wird (vgl. Abb. MG1-8). Der größte Teil des Tons in diesem Horizont liegt allerdings in Form von tonreicher Aggregate vor (vgl. Abb. MG1-9, Abb. MG1-10).



Abb. MG1-5: Nassbleichung und bioturbate Prägung des Sw-Al-Horizontes



Abb. MG1-6: Toneinspülung (Sd-Bt-Horizont)

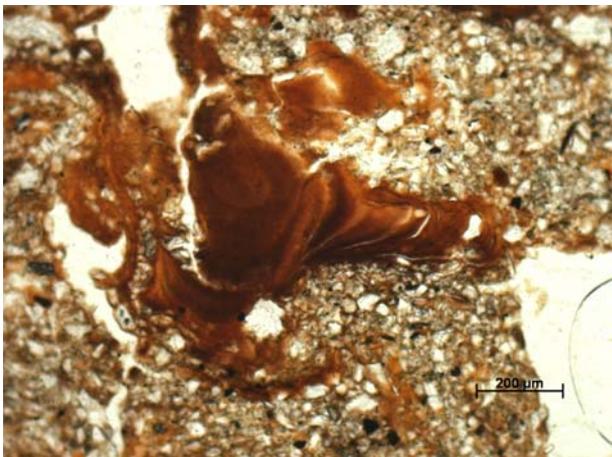


Abb. MG1-7: Toneinspülung (Sd-Bt-Horizont)

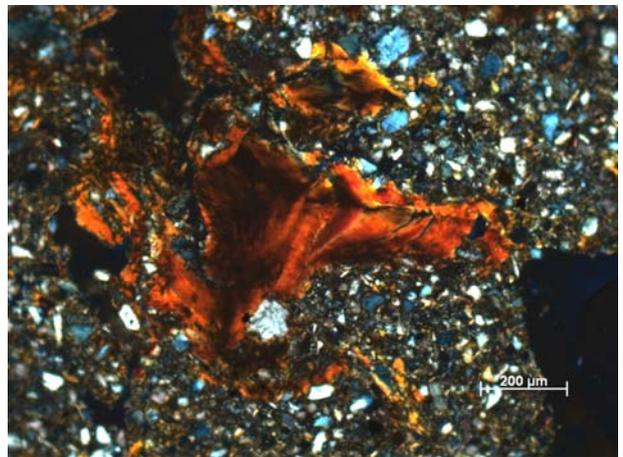


Abb. MG1-8: wie Abb. MG1-7, xpl

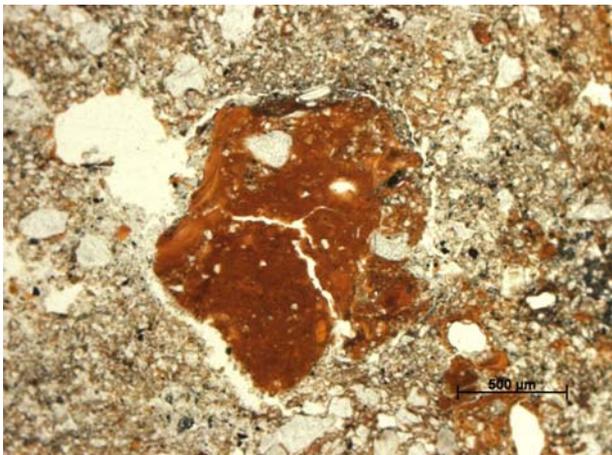


Abb. MG1-9: Tonreiches Aggregat in der Hauptlage

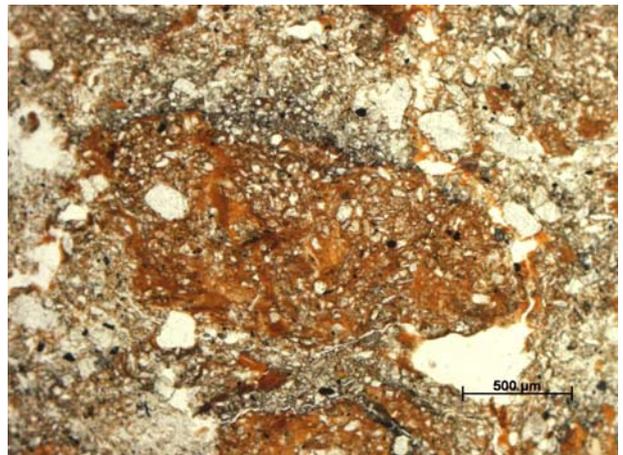


Abb. MG1-10: Tonreiches Aggregat in der Hauptlage

Tab. MG1-2: Datenblatt Profil MG1

Profil: MG 1 (Stirnwand)				Untersuchungsgebiet: Mömlingen							
Position: R 3503773 H 5523745 Höhe: ca. 245 m ü. NN				Topographische Karte: 6120 Obernburg							
Horizont	Untergrenze [cm u. Flur]	Farbe [Munsell]		Gefüge	Grobboden, Stufe [KA 5]	Durchwurzelung		Hydromorphie- merkmale			
		trocken	feucht			Grobwurzeln	Feinwurzeln				
Ah	7	10 YR 5/2	10 YR 3/1	sub	X1	Wg2	Wf2				
Sw-Al	30/40	10 YR 8/3	10 YR 5/6	sub	X2-3	Wg2	Wf3	gebleicht			
Sw-d-Bt	50	7.5 YR 8/4	7.5 YR 4/6	sub	X3	Wg1	Wf2	Rost-u. Bleichflecken			
II Sd-ICv	90+	5 YR 5/6	5 YR 4/6	sub	X4	Wg1	Wf1	Rostflecken			
Horizont	Bodenart [KA 5]	Kornfraktionen [%]							Σ U	Σ S	S:U
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T			
Ah	Us	1,62	15,30	20,70	32,23	15,56	6,74	7,84	54,54	37,62	0,69
Sw-Al	Uls	2,15	13,29	20,17	32,07	17,04	6,51	8,77	55,62	35,61	0,64
Sw-d-Bt	Uls	1,52	13,54	20,21	29,21	15,83	6,56	13,13	51,61	35,26	0,68
II Sd-ICv	St3	0,34	33,23	34,57	5,08	2,79	2,67	21,33	10,54	68,14	6,46
Horizont	org. Subst. [%]	pH-Wert		Fe _o [%]	Fe _d [%]	Fe _o /Fe _d	Mn _o [%]	Mn _d [%]	Mn _o /Mn _d		
		CaCl ₂	H ₂ O								
Ah	n.b.*	3,44	4,03	0,103	0,41	0,25	0,015	0,016	0,94		
Sw-Al	1,53	3,80	4,28	0,176	0,41	0,43	0,024	0,013	1,90		
Sw-d-Bt	0,38	3,71	4,27	0,079	0,62	0,13	0,004	0,008	0,52		
II Sd-ICv	0,16	3,52	4,15	0,02	1,11	0,02	0,001	0,004	0,14		

* : keine Angabe aufgrund eines Beprobungsfehlers

Tab. MG1-3: Datenblatt Profil MG1, rechte Aufschlusswand

Profil: MG 1 (rechte Aufschlusswand)				Untersuchungsgebiet: Mömlingen							
Position: R 3503773 H 5523745 Höhe: ca. 245 m ü. NN				Topographische Karte: 6120 Obernburg							
Horizont	Untergrenze [cm u. Flur]	Farbe [Munsell]		Gefüge	Grobboden, Stufe [KA 5]	Durchwurzelung		Hydromorphie-merkmale			
		trocken	feucht			Grobwurzeln	Feinwurzeln				
Ah	5	10 YR 5/2	10 YR 4/1	sub	X1	Wg2	Wf2				
Sw-Al	40	10 YR 8/4	10 YR 5/4	sub	X2-3	Wg2	Wf3	gebleicht			
Sd-Bt	50/80	7.5 YR 8/4	7.5 YR 5/6	sub-pol	X1-2	Wg1	Wf2	Rost-u. Bleichflecken			
II ICv	55/90	7.5 YR 6/6	7.5 YR 4/6	pol	X1	Wg0	Wf1				
III ICv	65/90+	10 YR 8/4	10 YR 5/6	sub	X1	Wg0	Wf0				
Horizont	Bodenart [KA 5]	Kornfraktionen [%]							Σ U	Σ S	S:U
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T			
Ah	Slu	0,99	12,55	29,42	20,69	15,79	7,22	13,34	43,70	42,96	0,98
Sw-Al	Uls	1,23	11,02	18,05	34,91	17,77	6,43	10,59	59,12	30,30	0,51
Sd-Bt	Lu	0,78	8,37	13,22	35,56	18,42	5,76	17,91	59,73	22,36	0,37
II ICv	Lt2	1,79	12,91	17,36	22,14	13,41	5,82	26,57	41,37	32,05	0,77
III ICv	Slu	0,81	18,34	25,60	24,25	14,29	6,00	10,72	44,54	44,74	1,00
Horizont	org. Subst. [%]	pH-Wert		Fe _o [%]	Fe _d [%]	Fe _o /Fe _d	Mn _o [%]	Mn _d [%]	Mn _o /Mn _d		
		CaCl ₂	H ₂ O								
Ah	n.b.*	3,49	4,06	0,113	0,37	0,30	0,019	0,021	0,91		
Sw-Al	1,19	3,81	4,27	0,103	0,44	0,23	0,019	0,022	0,84		
Sd-Bt	0,53	3,71	4,27	0,080	0,74	0,11	0,003	0,011	0,33		
II ICv	0,34	4,04	4,96	0,084	1,03	0,08	0,016	0,019	0,87		
III ICv	0,12	4,60	5,47	0,066	0,48	0,14	0,028	0,028	1,00		

* : keine Angabe aufgrund eines Beprobungsfehlers

Schwedenschanze Profil MG2

Das Profil MG2 liegt nur etwa 1,5 m neben Profil MG1. Beide Profile sind lithologisch dreigeteilt, wobei das Liegende des Profils MG2 nicht aus Basislagen besteht, sondern als kalkhaltiger Löss in Erscheinung tritt (vgl. Tab. MG2-2). Schon durch den Geländebefund wird

Tab. MG2-1: Schwerminerale, Angaben in Korn-%; +: <1%, Analytikerin: M. Guddat-Seipel

	Ah	Sw-Al	Swd-Bt	II Sd-Bt	III eICc
Anatas	4	4	2	1	1
Andalusit	-	-	1	1	+
Apatit	-	+	1	-	-
Augit	5	6	2	+	2
Brookit	-	-	-	+	-
Disthen	2	1	+	1	2
Epidot	23	37	42	26	34
Glaukophan	-	-	+	-	-
Glimmer	-	-	-	+	1
Granat	2	3	7	28	24
Gr. Hornbl.	14	8	13	29	24
Br. Hornbl.	4	10	4	+	-
Rutil	2	1	+	+	1
Sillimanit	-	-	+	+	-
Staurolith	2	2	2	1	2
Titanit	5	2	2	-	-
Turmalin	21	18	16	9	5
Zirkon	16	9	6	1	4
Opak	44	42	29	31	31

klar, dass es sich nicht um eine ungeschichtete Parabraunerdebildung aus Löss handeln kann, denn im oberen Profilteil (Ah- und Sw-Al-Horizont) sind Steine in der LH vorhanden, ebenso am Übergang vom II Sd-Bt-Horizont zum kalkhaltigen Löss (III eICc-Horizont).

Der Swd-Bt-Horizont ist, ähnlich dem eben beschriebenen Profil, noch der Hauptlage zuzuordnen, da erst im Liegenden die Laacher See-Zeigerminerale in der Schwermineralverteilung ausfallen (Ausnahme: Augit, vgl. Tab. MG2-1). Die unteren beiden Horizonte weisen hohe Gehalte der Lösszeigerminerale auf (Epidot, Granat, Grüne Hornblende), dafür treten die buntsandsteinbürtigen Schwerminerale (v.a. Turmalin, Zirkon) in ihren Anteilen stark zurück. Aus dem

kalkhaltigen Löss wurde eine Probe für eine IRSL-Datierung entnommen, die im Lumineszenzlabor der Universität Heidelberg datiert wurde (HD 1533). Sie erbrachte ein Alter von 17 ± 1 ka (siehe Kapitel Altersbestimmung).

Mikromorphologie

Das Material des Sw-Al-Horizontes ist im Vergleich zum benachbarten Profil weniger stark ausgebleicht. Ähnlich den schon beschriebenen Verhältnissen zeigt sich die bioturbate Überformung des Materials: Bioturbationsstrukturen prägen das Mikrogefüge (vgl. Abb. MG2-1). Schon im unteren Teil des Sw-Al-Horizontes sind einige Toneinspülungen erkennbar (vgl. MG2-1). Der Swd-Bt-Horizont ist aus zwei verschiedenen Materialien zusammengesetzt, einem vorwiegend schluffigen und einem tonigeren, die teilweise sehr scharf voneinander getrennt sind (vgl. Abb. MG2-2). Im unteren Teil der Hauptlage finden sich wieder tonige Aggregate, die in schluffigem Material eingeschlossen sind (vgl. Abb. MG2-3). Teilweise sind die Aggregate durch bioturbate Prozesse aufgelöst oder von schluffig verfüllten Gängen durchbrochen (vgl. Abb. MG2-4, Abb. Mg2-5). Zwar treten auch hier Toneinspülungen auf, allerdings macht der Ton in den Aggregaten den größten Anteil des im Horizont enthaltenen Tons aus.

Der II Sd-Bt-Horizont ist im Gelände durch ein Polyedergefüge gekennzeichnet, das auf den einzelnen Aggregaten relativ dicke Toncutane aufweist. Dies lässt sich auch mikromorphologisch gut nachvollziehen: Die Aggregatzwischenräume sind nahezu überall komplett durch Ton-Schluff-Einspülungen ausgefüllt (vgl. Abb. MG2-6, Abb. MG2-7).

Der Übergang zum kalkhaltigen Löss erfolgt entgegen dem Geländebefund nicht kontinuierlich. Stattdessen gibt es eine Übergangszone in denen das tonige Material des II Sd-Bt-Horizontes in Aggregatform mit dem kalkhaltigen Löss vermischt ist (vgl. Abb. MG2-8). Der III eICc-Horizont ist durch starke Anreicherungen von Sekundärcarbonat im Bereich der

Hohlräume gekennzeichnet (vgl. Abb. MG2-9). Teilweise sind auch in diesem Horizont Toneinschlümmungen zu finden, die sich auf den Sekundärkalkanreicherungen abgelagert haben (vgl. Abb. MG2-10).

Verknüpft man nun die Geländebefunde mit den mikromorphologischen Befunden, lässt sich etwa folgende Profiligenese für das Profil MG2 ableiten:

1. Nach der Bildung der Hohlform wurde Löss abgelagert;
2. Danach hat eine Bt-Bildung, zumindest eine Verlehmung stattgefunden;
3. Die Bodenbildung wurde umgelagert (Aggregate an der Basis des II Sd-Bt-Horizontes);
4. Es folgte eine erneute Durchschlammung (dicke Toncutane und Ton-Schluff-Einspülungen im II Sd-Bt-Horizont);
5. Aufarbeitung des liegenden Horizontes im Zuge der Hauptlagenbildung (tonige Aggregate in schluffiger Matrix des Swd-Bt-Horizontes);
6. Holozäne Bodenbildung (Parabraunerde) die erneut den Swd-Bt-Horizont sowie den II Sd-Bt-Horizont erfasste und überprägte (Toncutane);

Die holozäne Tonverlagerung ist vergleichsweise schwach. Die könnte mit dem bereits recht sauren Milieu zusammenhängen, das nur für kurze Zeit eine Tonverlagerung zuließ, die, folgt man den aktuellen pH-Werten, heute bereits wieder beendet ist. Es stellt sich die Frage, wann die einzelnen Prozesse abgelaufen sind.



Abb. MG2-1: Teilweise verfüllter Gang und Toneinspülungen im Sw-Al-Horizont

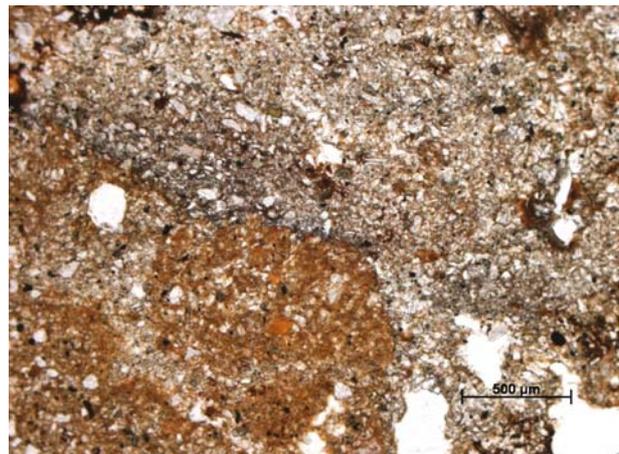


Abb. MG2-2: scharf abgegrenztes toniges und schluffiges Material im Swd-Bt-Horizont

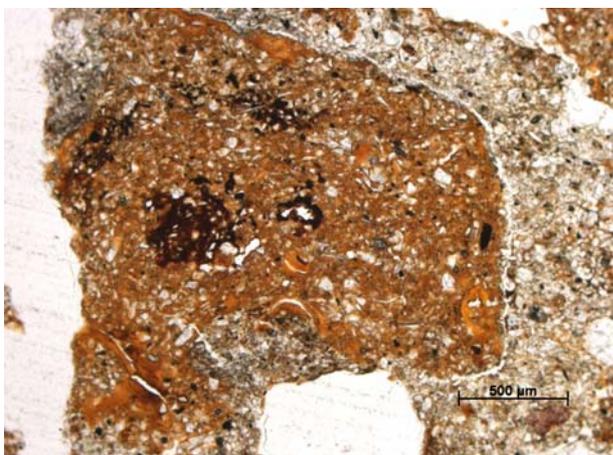


Abb. MG2-3: Toniges Aggregat im Swd-Bt-Horizont



Abb. MG2-4: Tonige Aggregate im Swd-Bt-Horizont, teilweise bioturbat aufgelöst



Abb. MG2-5: Von einem schluffig verfülltem Gang durchbrochenes, toniges Aggregat



Abb. MG2-6: Mit Ton-Schluff-Einspülungen verfüllte Aggregatzwischenräume im II Sd-Bt-Horizont

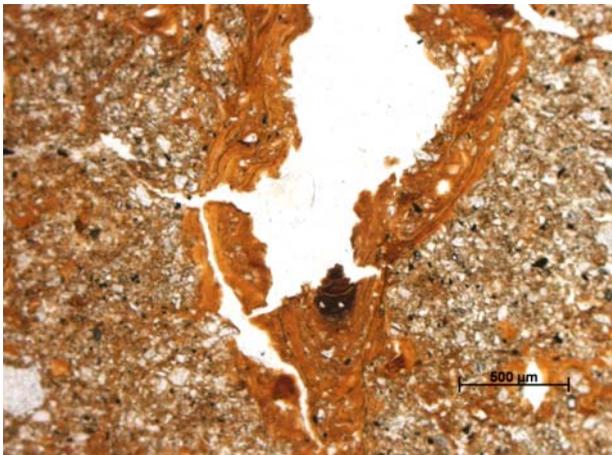


Abb. MG2-7: Ton-Schluff-Einspülung im II Sd-Bt-Horizont

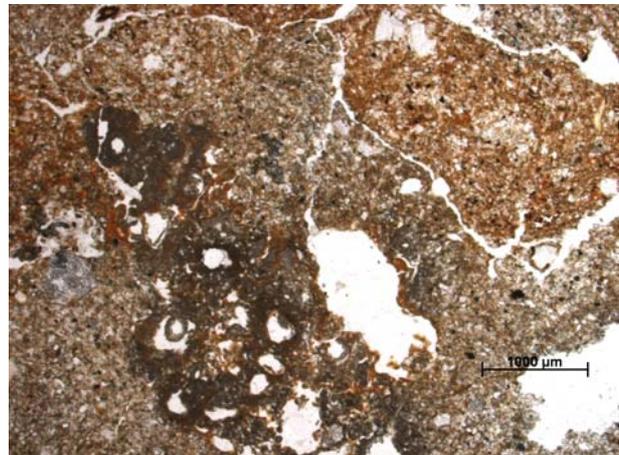


Abb. MG2-8: Toniges Aggregat (oben rechts) im III eIcC-Horizont

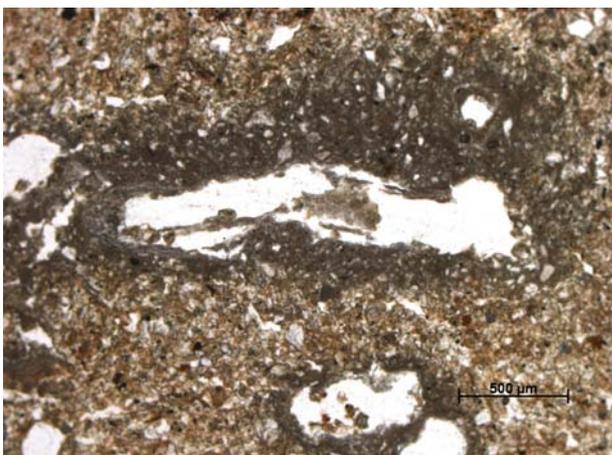


Abb. MG2-9: Sekundärcarbonatische Anreicherungen im Bereich von Hohlräumen (III eIcC-Horizont)



Abb. MG2-10: Toneinschlammung auf Sekundärkalkanreicherung

Tab. MG2-2: Profildatenblatt Profil MG2

Profil: MG2				Untersuchungsgebiet: Mömlingen							
Position: R 3503773 H 5523745 Höhe: ca. 245 m ü. NN				Topographische Karte:							
Horizont	Untergrenze [cm u. Flur]	Farbe [Munsell]		Gefüge	Grobboden, Stufe [KA 5]	Durchwurzelung		Hydromorphie- merkmale			
		trocken	feucht			Grobwurzeln	Feinwurzeln				
Ah	5	10 YR 5/2	10 YR 3/1	kru-koh	X1	Wg1	Wf3				
Sw-Al	50	10 YR 8/3	10 YR 5/6	koh	X2	Wg1	Wf2	gebleicht			
Sw-Bt	75	10 YR 7/6	10 YR 5/6	sub-pol	X0	Wg1	Wf2	Rost-u. Bleichflecken			
II Sd-Bt	90	10 YR 6/6	10 YR 4/4	pol	X0	Wg2	Wf2	Rost-u. Bleichflecken			
III eICc	110+	10 YR 7/4	10 YR 5/6	sub	X0	Wg0	Wf0				
Horizont	Bodenart [KA 5]	Kornfraktionen [%]							Σ U	Σ S	S:U
		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T			
Ah	Ut2	0,48	8,99	14,06	41,16	20,46	6,74	8,11	68,36	23,53	0,34
Sw-Al	Ut2	0,54	7,30	13,40	40,79	20,14	7,52	10,32	68,44	21,23	0,31
Sw-Bt	Lu	0,16	2,62	6,75	37,66	20,13	6,99	25,70	64,77	9,53	0,15
II Sd-Bt	Tu3	0,25	0,86	4,21	29,19	19,90	6,75	38,83	55,84	5,33	0,10
III eICc	Ut4	1,33	2,19	6,68	39,24	21,02	10,04	19,50	70,30	10,19	0,14
Horizont	org. Subst. [%]	pH-Wert		Fe _o [%]	Fe _d [%]	Fe _o /Fe _d	Mn _o [%]	Mn _d [%]	Mn _o /Mn _d		
		CaCl ₂	H ₂ O								
Ah	n.b.*	3,19	3,70	0,122	0,41	0,30	0,008	0,011	0,76		
Sw-Al	1,28	3,87	4,23	0,115	0,41	0,28	0,020	0,021	0,94		
Sw-Bt	0,34	3,70	4,36	0,112	0,89	0,13	0,021	0,026	0,82		
II Sd-Bt	0,33	6,72	7,09	0,098	1,18	0,08	0,048	0,048	0,99		
III eICc	0,55	7,53	8,22	0,043	0,66	0,07	0,028	0,028	1,00		

* : keine Angabe aufgrund eines Beprobungsfehlers

Altersbestimmung am Profil Mömlingen

Annette Kadereit, Karsten Leopold & Heinrich Thiemeyer

Ca. 30 m nördlich der Lokalität „Schwedenschanze“ wurde aus dem kalkhaltigen Löß (elCc-Horizont) in einer Tiefe von 110 cm unter Geländeoberkante eine Probe für eine Lumineszenzdatierung entnommen (**Abb. 1**), die im Lumineszenzlabor des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg datiert wurde (Probe HDS-1533). Stratigraphisch befindet sich die Lößauflage im Liegenden der Haupt- und Mittellage, die in der direkt benachbarten Grube aufgeschlossen sind. Eine Altersbestimmung an der Lößauflage würde gleichzeitig ein Mindestalter für den überlagernden Solifluktuionsdeckenkomplex an der Schwedenschanze liefern. Die Berechnung der Dosisleistung beruht auf low-level Gammastrahlungsmessungen von Uran, Thorium und Kalium (**Tab. 1**), die im Institute of Radiation Protection des Helmholtz-Zentrums München durchgeführt wurden. Die Bestimmung der Elementkonzentrationen ergab, dass sich die Zerfallsreihe von ^{238}U im radioaktiven Gleichgewicht befindet.



Abb. 1: Entnahme der Probe Mömlingen / HDS-1533 (Photo H. Thiemeyer)

Probe HDS-1533 erbrachte ein vorläufiges Lumineszenzalter von 17.4 ± 1.1 ka bzw. 16.6 ± 1.20 ka (1-Sigma). Die Bestimmung der Äquivalenzdosis (D_E) erfolgte mittels Infra-Rot stimulierter Lumineszenztechnik (IRSL) (**Abb. 2-1, 2-2**). Verwendet wurde ein Multiple-Aliquot (MA) Protokoll unter Aufbau einer additiven Wachstumskurve (MAA, **Abb. 2-1/2-2 d-e**). Analysiert wurde die blaue (410 nm) Emission der in der polymineralischen Feinkornfraktion (4-11 μm) enthaltenen Feldspatkomponente (für eine detaillierte Beschreibung der IRSL-MAA-Datierung siehe Kadereit et al. 2006). Der Altersbestimmung liegt ein Feuchtegehalt des Sediments von 1.22 ± 0.06 (Verhältnis Feucht- zu Trockengewicht) zugrunde. Die Äquivalenzdosis- und α -Wert-Bestimmungen wurden jeweils zweimal durchgeführt (Messung-A, Messung-B). Im Zuge von Messung-A wurde ein Fading-Schnelltest durchgeführt, bei dem geprüft wurde, ob das Lumineszenzsignal der mit der höchsten additiven Labordosis bestrahlten Dosisgruppe (5 Aliquots, hier mit 253.8 Gy) einer nach 4 Wochen Lagerung gemessenen Probe (**Abb. 2-1**), mit dem Signal einer Gruppe von 5 Aliquots übereinstimmt, die unmittelbar vor der Messung-A bestrahlt und mitgemessen wurden. Der Fading-Schnelltest

zeigte eine Tendenz zum Signalschwund, wobei die Ergebnisse jedoch im Rahmen der Fehler noch übereinstimmen (0.85 ± 0.16 , Übereinstimmung im 2-Sigma-Fehlerbereich). Bei der Wiederholungsmessung (Messung-B) wurde ein Fadingtest integriert, wie er üblicherweise im Heidelberger Lumineszenzlabor angewendet wird, wobei ein zusätzlicher Satz von 5 Aliquots mit der höchsten Beta-Äquivalenzdosis (hier 282.3 Gy, **Abb. 2-2**) nach der Äquivalenzdosisbestimmung noch mindestens zwei Monate gelagert wird, ehe das Auslesen des Lumineszenzsignals erfolgt. Das Ergebnis des Fading-Tests mit üblicher Lagerungsdauer beträgt 1.0 ± 0.1 und belegt damit die Signalstabilität, die sich nach 4 Wochen Lagerung zwischen der Laborbestrahlung und der Äquivalenzdosisbestimmung mittels Lumineszenztechnik eingestellt hat. Damit zeigen die Ergebnisse der beiden Fading-Tests, dass eine Lagerung bei Raumtemperatur der künstlich bestrahlten Aliquots von mindestens 4 Wochen angebracht ist und so die Ermittlung von Mindestaltern selbst bei Proben umgangen werden kann, die kurz nach der Bestrahlung noch zu anomalem Signalverlust neigen.

Die beiden im Rahmen der Fehler identischen Werte von 17.4 ± 1.1 ka bzw. 16.6 ± 1.20 ka belegen somit ein typisches spät-mittelpoleniglaziales Alter der Lößauflage, so wie es auch für andere Löss in Deutschland ermittelt wurde. Dies macht eine Bildung des Solifluktsdeckenkomplexes an der Schwedenschanze im Zeitraum der letztmaligen, post-allerød- und/oder bøllingzeitlichen Kälterückschläge in der Älteren und/oder Jüngeren Tundrenzeit wahrscheinlich.

Tab. 1: Bestimmung der Dosisleistung

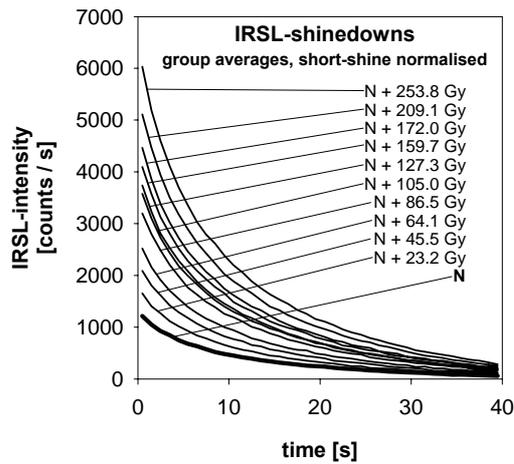
²³⁸ Uran [µg/g]	²³² Thorium [µg/g]	⁴⁰ K [Gew.-%]	Feuchte Δ	a-Wert	effektive Gesamt- dosisleistung [Gy/ka]
2.58 ± 0.11	8.78 ± 0.44	1.40 ± 0.06	1.22	$0.081 \pm 0.002^{1)}$ $0.070 \pm 0.003^{2)}$	$3.13 \pm 0.19^{1)}$ $3.02 \pm 0.18^{2)}$

¹⁾ Messung-A

²⁾ Messung-B

Literatur:

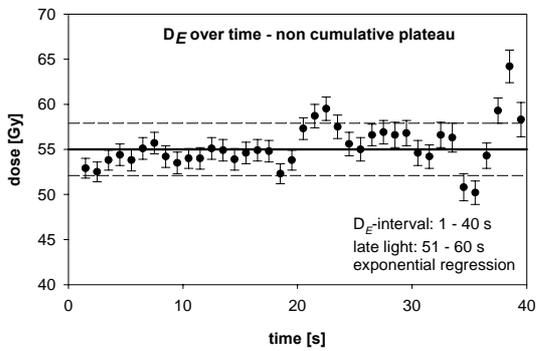
Kadereit, A., Sponholz, B., Rösch, M., Schier, W., Kromer, B. & Wagner, G.A. (2006): Chronology of Holocene environmental changes at the tell site of Uivar, Romania, and its significance for late Neolithic tell evolution in the temperate Balkans.- Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Vol. 142: 19-45.



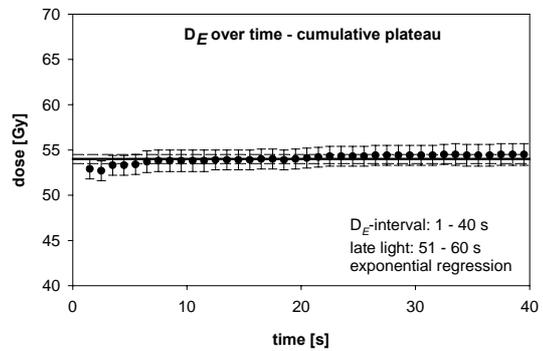
(a)

Abb. 2-1: IRSL-Datierung der Probe HDS-1533 (Messung-A):

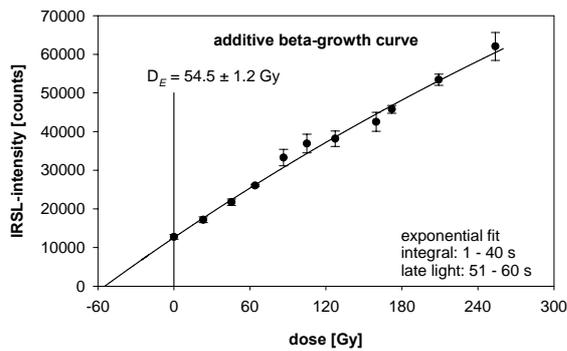
- (a) IRSL-Ausleuchtkurven,
- (b) und (c) Plateautests,
- (d) Bestimmung der Beta-Äquivalenzdosis,
- (e) Bestimmung der Alpha-Äquivalenzdosis.



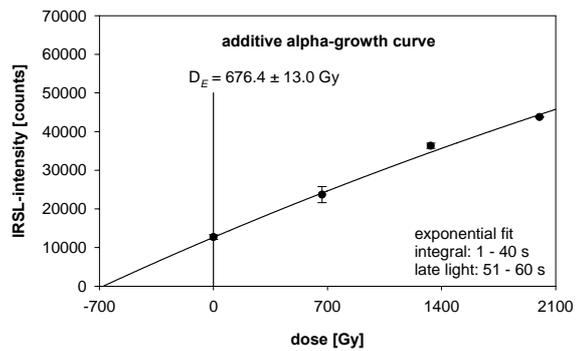
(b)



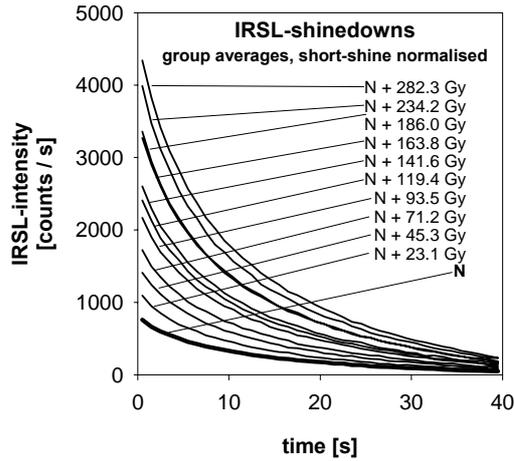
(c)



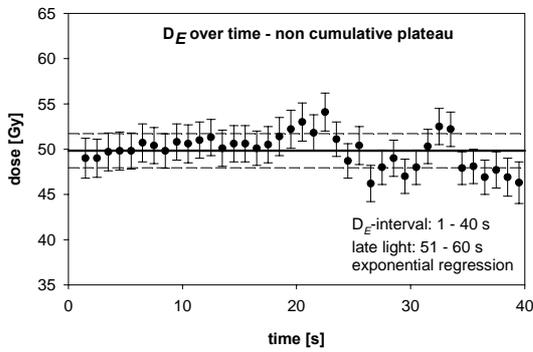
(d)



(e)



(a)



(b)

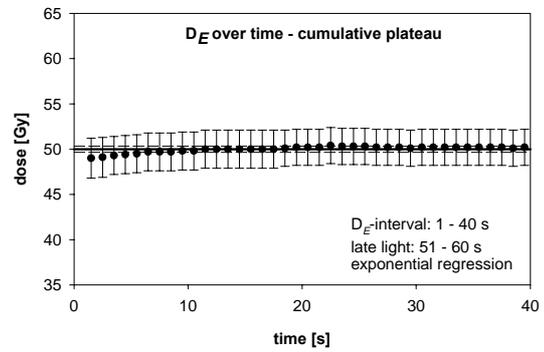
Abb. 2-2: IRSL-Datierung der Probe HDS-1533 (Messung-B):

(a) IRSL-Ausleuchtcurven,

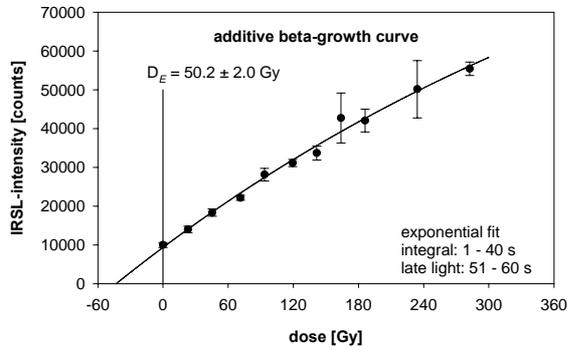
(b) und (c) Plateautests,

(d) Bestimmung der Beta-Äquivalenzdosis,

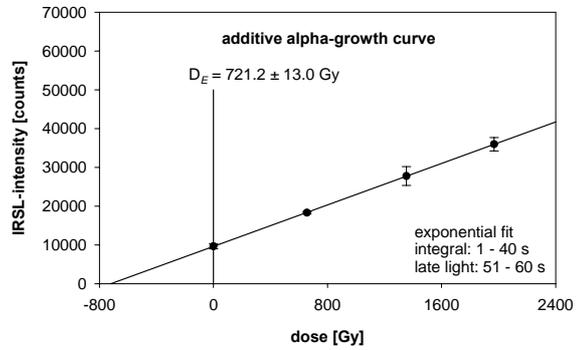
(e) Bestimmung der Alpha-Äquivalenzdosis.



(c)



(d)



(e)

Exkursion 2 – Nördliche Oberrheinebene: Reliktböden auf alt- und mittelholozänen Rheinmäandern (Sonntag, 16.05.2010)

Exkursionsroute: Frankfurt am Main – Gernsheim – Wattenheim – Trebur-Hessenaue – Frankfurt am Main

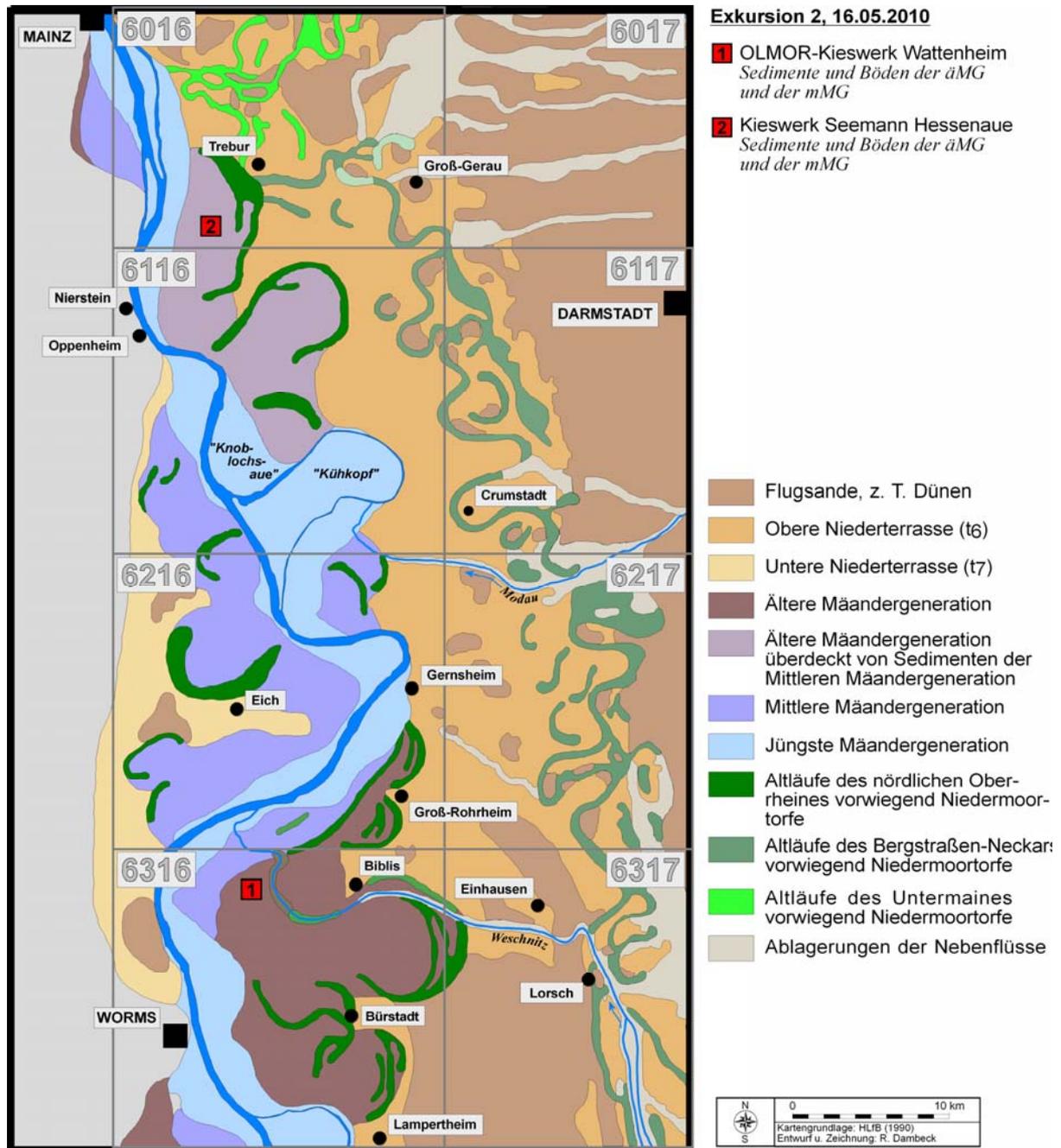


Abb. 2.1: Lage der Exkursionsstandorte in der nördlichen Oberrheinebene (DAMBECK 2005, verändert).

In der nördlichen Oberrheinniederung lassen sich drei Mäandergenerationen unterscheiden, die durch unterschiedlichen Sedimentaufbau gekennzeichnet sind (HLfB 1990, DAMBECK 2005). Die Böden der so genannten „Älteren Mäandergeneration“ (äMG) sind in vorwiegend sandig-lehmigen Hochflutsedimenten ab dem Präboreal entstanden. Es dominieren „Graue Tschernoseme“ (ZAKOSEK 1962), die bei zunehmenden Sandanteilen der Ausgangssubstrate

in Parabraunerden übergehen. Übergänge zwischen beiden Bodentypen sowie Standorte mit Parabraunerden sind zurzeit leider nicht aufgeschlossen. Am ersten Halt soll unter anderem die Frage diskutiert werden, welchen Verlauf die holozäne Bodenbildung im Anschluss an das kontinental geprägte Boreal genommen hat und welche Bodenmerkmale der Grauen Tschernoseme als reliktsch anzusehen sind (Abb. 2.1).

Der zweite Halt liegt auf der so genannten „Mittleren Mäandergeneration“ (mMG), für die schwarze, tonige Hochflutsedimente charakteristisch sind (Abb. 2.1). Die Besonderheit in der Kiesgrube Seemann in Hessenaue ist, dass unter den mittelholozänen „Schwarzen Tonen“, die etwa ab dem späten Atlantikum bis gegen Ende des Subboreals sedimentiert wurden, altholozäne schluffige Hochflutlehme mit Resten des Grauen Tschernosems zu finden sind, während in den tonigen Ablagerungen verbreitet Auenpelosol entwickelt ist. Die örtliche Vergleyung und Rheinweißbildung in den Profilen ist je nach der Position im Mikrorelief unterschiedlich ausgeprägt. Dass zwei holozäne Bodenbildungen in einem Profil übereinander liegen, ist der Mäanderposition nahe der Nackenheimer Schwelle zuzuschreiben, die die Einschneidung der Mäander im Verlauf des Holozäns steuerte (DAMBECK 2005). Die Einschneidungsbeträge sind sehr gering, so dass mittelholozäne Sedimente auch auf ältere Rheinmäander der äMG übergreifen konnten. An Beispielen werden die zeitliche Abfolge der sedimentologischen und pedogenen Prozesse sowie die bodentypologische Einordnung diskutiert.

2. Beschreibung des Exkursionsgebietes

2.1 Lage und naturräumliche Gliederung

Die Landschaftseinheit „nördliche Oberrheinebene“ umfasst den Raum, der sichtbar durch die fluviale Tätigkeit des Rheins geschaffen und weitergebildet wurde, d. h. das pleistozäne Hochgestade (Obere Niederterrasse) und die jüngstpleistozäne und vor allem holozäne Aue. Eingeschlossen ist aber auch das jungpleistozäne Mäandersystem des Altneckars, der bis unmittelbar vor Beginn des Holozäns entlang der Bergstraße nach Nordwesten floss und erst ab etwa Groß-Gerau in westliche Richtung zum Rhein abknickte.

Infolge der Hochwassergefährdung ist die nördliche Oberrheinniederung bis auf wenige Ausnahmen siedlungsfrei. Die Siedlungen liegen vorwiegend auf der hochwasserfreien Niederterrasse an der Grenze zur Rheinaue (HLfB 1990).

2.2 Geologie und Geomorphologie

Die oberflächennahen Sedimente im nördlichen Oberrheingraben (im Untergrund meist Kies, überlagert von Sanden, Schluffen und Tonen, in Altläufen auch Torfe) sind ausschließlich jungpleistozänen und holozänen Alters (HLfB 1990). Landschaftlich prägend sind das über weite Strecken relativ flachwellige Relief und der dem Talgefälle entsprechende, schwach nach Norden geneigte Charakter. Für die Rheinniederung sind Geländehöhen von 84-90 m ü. NN kennzeichnend, für das etwas höhere Hochgestade ein Höhenniveau von 86-95 m ü. NN. Dort treten stärkere Reliefunterschiede in den Flugsandgebieten auf, die häufig Höhen von 92-95 m ü. NN aufweisen, nach Osten zum Odenwald hin jedoch auch ca. 130 m ü. NN erreichen können.

Die verlandeten Rheinmäander und Teile des Hochgestades im Hessischen Ried sind von ausgesprochener Reliefarmut geprägt. Im Norden gehen die flachwelligen, mit spätglazialen kalkhaltigen Flugsanden überdeckten Bereiche des Hochgestades fließend in die schmale, aus alt- bis jungpleistozänen Sedimenten aufgebaute, meist lössbedeckte Bergstraße über. Im Süden bildet der zu Beginn des Holozäns deaktivierte und mit Niedermoor verlandete Bergstraßen-Neckar ein prägendes Landschaftselement (HLfB 1990).

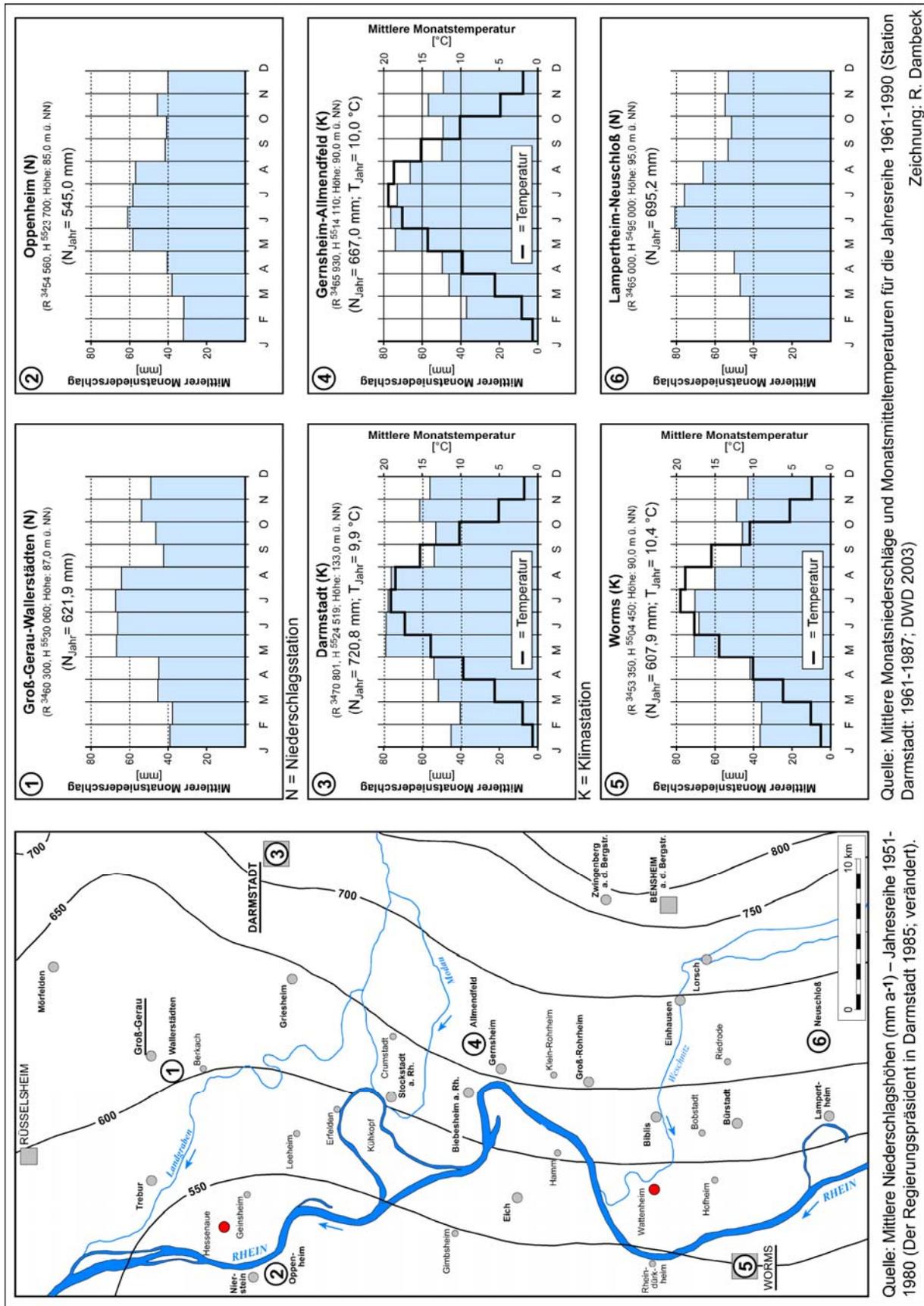


Abb. 2.2: Ausgewählte Klimadaten von Stationen in der nördlichen Oberrheinebene (rote Punkte = Exkursionsstandorte in Wattenheim und Hessenaue).

2.3 Klima

Der Oberrheingraben ist klimatisch begünstigt. Bei einer Jahresmitteltemperatur von 9,5 °C und mittleren Jahresniederschlägen von 600-700 mm weist die Niederschlagsverteilung einen deutlichen West-Ost-Gradienten auf (Abb. 2.2). Die linksrheinischen Gebiete, vor allem im äußersten Nordwesten, liegen mit z.T. deutlich weniger als 600 mm a⁻¹ unter dem großflächigen Jahresmittel und gehören zu den edaphisch trockensten Lagen in der Region. Nach Osten steigt die Summe der jährlichen Niederschläge bis an die Bergstraße durch den Stauereffekt des Odenwaldes bedingt auf 750-800 mm an. Während der Vegetationsperiode herrscht eine negative klimatische Wasserbilanz.

2.4. Vegetation

In der nördlichen Oberrheinebene dominiert die landwirtschaftliche Nutzung. Restbestände der früher großflächig verbreiteten Auwaldvegetation existieren heute nur noch an wenigen Altwässern, z.B. am Stockstadt-Erfeldener-Altrhein mit dem NSG „Kühkopf/Knoblochsaue“. Zum größten Teil handelt es sich jedoch um Sekundärvegetation. Auf dem Hochgestade mit dem Altneckarlauf sind rezent größere Areale mit Eichen-Buchen-Mischwald bestockt. In Flugsandgebieten (z.B. Lorsche Wald) herrschen verbreitet Kiefernwälder vor, die dort seit dem Spätglazial überdauern (BOS et al. 2008; DAMBECK & BOS 2002). Örtlich unterliegen die Dünenlande landwirtschaftlicher Sondernutzung (z.B. Spargel) und sind dann waldfrei.

2.5. Bodengesellschaften der nördlichen Oberrheinebene

In der nördlichen Oberrheinebene sind verschiedene Bodenlandschaften zu unterscheiden, die in ihrer Anlage deutliche Beziehungen zum Relief und zu der von den morphologischen Verhältnissen gesteuerten räumlichen Sedimentverteilung erkennen lassen (DAMBECK 2005; SABEL et al. 2005). Von den ältesten (Obere Niederterrasse) zu den jüngsten Flächen in der rezenten Rheinaue (Jüngste Mäandergeneration) ist eine pedostratigraphische Abfolge sich abschwächender Intensität der Bodenentwicklung i. S. der Entwicklungsreihe Parabraunerde – Grauer Tschernosem – Auengley-Auenpelosol – Auenpararendzina/Auengley ausgebildet (THIEMEYER et al. 2005).

Das Hochgestade ist die Fläche, die gegen Mitte der letzten Kaltzeit (Würm/Weichsel) als Obere Niederterrasse aufgeschottert und abschließend vor allem im Norden mit vornehmlich sandig-lehmigen Hochflutsedimenten bedeckt wurde. Südlich der Linie Bensheim – Worms wurden die Schotter hingegen von Flugsand überweht (HLfB 1990; SCHEER 1978).

In das Hochgestade ist die Niederung des Rheins entlang einer meist deutlich erkennbaren Geländekante eingetieft. Das Landschaftsbild prägen zahlreiche flachwellige Umlaufflächen von sich morphologisch schneidenden Paläomäandern (z.B. GK 6216 Gernsheim, GK 6316 Worms), die als Auenterrassen bezeichnet und verschiedenen Niveaus zugeordnet werden. Der unterschiedliche lithologische Aufbau der einzelnen Landschaftselemente belegt einen mehrmaligen Wandel der fluvialen Morphodynamik in der jüngeren Flussgeschichte, der zur Entstehung von drei Mäandergenerationen mit unterschiedlichen Bodengesellschaften führte (DAMBECK 2005).

Die Sedimentation erster Hochflutlehme auf der Unteren Niederterrasse datiert in die Zeit vor dem Laacher See-Event (ca. 12.900 cal. BP), d.h. zu jener Zeit war die kaltzeitlich-furkative Schotterakkumulation bereits abgeschlossen und der Umbruch zur Mäanderdynamik hatte eingesetzt. Die ältesten Auenterrassen der äMG wurden spätestens in der Jüngeren Dryas angelegt und ab dem Boreal bis zum mittleren Atlantikum inaktiviert. Auf ein entsprechendes Alter deuten auch neolithische Artefakte hin, die zudem die frühe Inkulturnahme der Flächen belegen. Die Umlaufflächen der äMG sind von vorwiegend sandig-schluffigen Sedimenten aufgebaut und tragen reliktsch vergleyte Kalktschernoseme, die örtlich eng mit Parabraunerden aus sandiger Fazies vergesellschaftet sind (DAMBECK 2005). Die auffallend breiten, in sich gegliederten Altläufe sind überwiegend vermoort. Durch die intensive Nutzung, die mor-

phologisch auch als Netz von Ackerbergen sichtbar wird, hat sich vielerorts als Folge der Bodenerosion eine Kolluvisol-Pararendzina-Bodengesellschaft entwickelt.

Ab dem späten Atlantikum ist ein Umbruch der fluviolen Geomorphodynamik zu beobachten, der die Ausprägung der mMG einleitete. Es werden verschiedene Ursachen diskutiert (z.B. der Beginn feuchterer Klimabedingungen), wobei neueste Erkenntnisse dafür sprechen, dass diese Entwicklung zumindest teilweise noch als Reaktion des Flusses auf die klimatischen Änderungen vom Spätglazial zum Holozän zu verstehen ist (ERKENS 2009; ERKENS et al. 2009). Die vorwiegend schluffig-tonigen, sehr dunkel (10 YR 2-5/1) gefärbten Hochflutsedimente der Umlaufflächen greifen vor allem im Süden (TK25 Blatt 6216 Gernsheim, TK25 Blatt 6316 Worms) auch noch in Rinnen der äMG hinein. Im Norden der Oberrheinebene (TK25 Blatt 6016 Groß-Gerau, TK25 Blatt 6116 Oppenheim) überdecken die schwarzen Hochfluttone die sandig-lehmigen Hochflutablagerungen der altholozänen Rheinmäander sogar flächenhaft (DAMBECK 2005). Die so genannten Schwarzen Tone (DAMBECK 2007) tragen eine teilweise grundwasserbeeinflusste Bodengesellschaft mit (Relikt-)Auengley-Pelosol als Leitbodenform, begleitet von Auengley und Vega. In den Altläufen ist Niedermoor verbreitet (HLfB 1990).

Der Übergang vom Subboreal zum Subatlantikum, mit dem überregional in Mitteleuropa der Beginn kälterer und feuchterer Klimabedingungen einhergeht, führte zur Ausbildung der so genannten „Jüngeren Mäandergeneration“ (jMG), für die eine Vergrößerung der Auenfazies und die Zunahme der in der Aue abgelagerten Sedimentmengen kennzeichnend ist (ERKENS 2009). Auf den vornehmlich sandig-schluffigen Sedimenten der jMG bildete sich rezent bei durchweg hohem Grundwasserstand eine Vega-Auengley-Bodengesellschaft aus, ohne das für die älteren Mäandergenerationen so typische Rheinweiß.

3. Exkursionspunkte

3.1. Wattenheim (OLMOR-Kieswerk)

Der Standort liegt auf einer der ältesten Mäanderflächen in der Rheinniederung ca. 2 km südwestlich des Kernkraftwerks Biblis und repräsentiert die typischen Sediment- und Bodenverhältnisse der äMG (Abb. 2.1). Kennzeichnend für die Umlauffläche (Normalfazies) ist eine vorwiegend sandig-schluffige bis sandig-lehmige Sedimentdecke, in der als Leitbodentypen Reliktgley-Kalktschernoseme entwickelt sind (SABEL et al. 2005; Abb. 2.3). Diese früher von ZAKOSEK (1962) als „Rheintal-Tschernoseme“ bezeichneten Bodenbildungen sind in der Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene als Graue Auenttschernoseme ausgewiesen (HLfB 1990). Es handelt sich um Relikte der frühholozänen Bodenentwicklung im nördlichen Oberrheintal. Daher besitzen diese Böden eine pedostratigraphische Zeigerfunktion. Ein früherer Beginn (Spätglazial) der Tschernosemgenese ist nicht zu belegen. Bisher wurde angenommen, dass im Entstehungszeitraum der Tschernoseme in der nördlichen Oberrheinebene zumindest zeitweise steppenähnliche Umweltbedingungen vorherrschten (ZAKOSEK 1962). Die jüngsten Pollenanalysen an Altläufen der äMG scheinen diese Ansicht zu widerlegen und deuten auf eine Pedogenese in lichten, krautreichen Auenwäldern hin (BOS et al. 2008; DAMBECK & BOS 2002).

Eine bodenkundliche Besonderheit sind die so genannten „Rheinweiß“- (Goc-)Horizonte, die ein Charakteristikum der Profile der äMG darstellen (DAMBECK 2005). Die Entstehung der Kalkanreicherungshorizonte ist auf sekundäre Ausfällung von Carbonaten im Kapillarsaum zurückzuführen. Carbonatgehalte von bis zu 80% täuschen eine Schluffdominanz vor, was i.d.R. nicht die Maskierung von Schichtgrenzen nach sich zieht, jedoch die Ansprache der Bodenart im Gelände erschwert. Infolge von Austrocknung können diese Horizonte bankig aushärten und stellen dann eine physiologische Barriere für das Wurzelwachstum dar. In Abhängigkeit von Grundwasserschwankungen sind örtlich innerhalb eines Profils mehrere Rheinweiß-Horizonte übereinander, d.h. in verschiedenen Tiefen, ausgebildet. Jeder dieser Horizonte für sich markiert ein in früheren Zeiten entwickeltes Grundwasserniveau. Die Zu-

fuhr von Carbonaten mit aufsteigenden Wässern wirkt der Entkalkung der Substrate entgegen und begünstigt somit die Erhaltung der reliktschen Bodenbildungen.

Wir stellen folgenden Ablauf der Sedimentologie und Pedogenese zur Diskussion:

1. (Ab dem Allerød) Ablagerung von vorwiegend sandig-lehmigen bis schluffig-lehmigen Hochflutsedimenten auf der Unteren Niederterrasse und Umlaufflächen der äMG.
2. (Bis Ende des Boreals) Ausbildung von Grauer Tschernosem unter Verhältnissen mit vergleichsweise niedrigem Grundwasserspiegel.
3. Anstieg des Grundwassers bedingt Ausbildung von Hydromorphiemerkmalen sowie Ausfällung von Rheinweiß (Goc-Horizonte).
4. Entstehung der mMG geht einher mit Tieferlegung des Auenniveaus und verursacht rasche Absenkung der Grundwasseroberfläche; gleichzeitig erfolgt Klimawandel zu feuchteren Verhältnissen mit abwärtiger Wasserbewegung in den Böden (begünstigt Entkalkung und Verlehmung).
5. Verstärkte Landnutzung und Ausbildung einer Kultursteppe im jüngeren Holozän mit entsprechenden Bodenwasserverhältnissen im Jahresgang, Wiederaufkalkung der (schwach degradierten) Tschernoseme unter Bildung von Pseudomycelien.
6. (Neuzeit) Nutzungsbedingt gewinnt mechanische Bodenerosion an Bedeutung und resultiert in der Ausbildung einer Kolluvisol-Pararendzina-Bodengesellschaft.

Die Vorkommen von Grauer Tschernosem sind räumlich auf die Untere Niederterrasse und die Umlaufflächen der spätpleistozän-altholozänen Rheinmäander begrenzt. Mit Ausnahme der an den Rändern des rechtsrheinischen Hochgestades entwickelten Tschernitzen (HLfB 1990: Bodeneinheit 48), kommen Tschernoseme und tschernosemartige Böden weder auf älteren Flächen (z.B. Obere Niederterrasse) noch in der jüngeren Rheinaue vor. Ähnliche Bodenverhältnisse wie auf der Unteren Niederterrasse sind im linksrheinischen Gebiet nach Süden bis in den Raum Frankenthal – Grünstadt zu verfolgen (HARKE & WOURTSAKIS 1988; SCHEER & WOURTSAKIS 1986), so dass Grauer Tschernosem die Bodenverhältnisse am Westrand des nördlichen Oberrheingraben über größere Entfernungen hinweg prägt. Lokal ist Grauer Tschernosem mit Tschernitza vergesellschaftet (ROSENBERGER & WEIDNER 1995). Exogene Faktoren scheiden als Ursache der Bodenvergesellschaftung aus. Tschernitza ist an feuchtere Reliefpositionen in Geländesenken und Aurrinnen gebunden, während Grauer Tschernosem vor allem in grundwasserfernen Standorten der flachwelligen bis verebneten Umlaufflächen entwickelt ist. Das belegt, dass das Paläorelief in der Rheinaue von ausschlaggebender Bedeutung für die Vergesellschaftung der variierenden Bodenbildungen ist.

Ungestörte Profile von Grauer Tschernosem sind aufgrund der intensiven ackerbaulichen Nutzung nicht mehr vorzufinden. Die Oberböden der Profile sind in der Mächtigkeit reduziert. Der Betrag der Profilverkürzung lässt sich in vielen Fällen über die Mächtigkeit des Ap-Horizontes abschätzen und dürfte im Mittel zwischen 25 – 40 cm liegen. Aussagen zur nativen Pedogenese sind vor allem im Hinblick auf die von ZAKOSEK (1962) vermutete Degradationsphase (Entkalkung, Verlehmung/Verbraunung, Gefügeumbildung) dieser Böden im mittleren Atlantikum schwierig. Nach der kurzen Phase der Degradation hätten diese Böden später (spätes Atlantikum, Subboreal) ein Stadium der Regradation durchlaufen. Während der Regradationsphase seien die vollständig entkalkten Steppenböden mit Kalk aus dem Cc-Horizont angereichert worden (ZAKOSEK 1962). Dem steht die Auffassung von WALDMANN (1989) gegenüber, der die primäre Entkalkung dieser Bodenbildungen aufgrund der klimatischen Bedingungen als eher gering einstuft. ZAKOSEK et al. (1991) vermuten in dem Zusammenhang, dass der Prozess sekundärer Aufkalkung – aus klimatischen Gründen und durch Ackerbau begünstigt – bis heute anhält. Mikromorphologische Übersichtsanalysen (P. Kühn, Tübingen) an Bodendünnschliffen lieferten neben dem Nachweis schwarzerdespezifischer Merkmale (z.B. Schwammgefüge) auch Anhaltspunkte für eine weitgehende Entkalkung der Profile vor der sekundären Wiederaufkalkung der Substrate mit Rheinweiß. Dagegen lassen sich in den untersuchten Kalktschernoseme keine eindeutigen Merkmale der von ZAKOSEK (1962) angenommenen Verlehmung/Verbraunung erkennen. Zum Top der Profile ist i.d.R. eine graduelle Zunahme des Tonanteils zu beobachten. Die lehmigere Bodenart

und das im Unterschied zu den tieferen Profilvereichen schwach subpolyedrische Gefüge in den höheren Partien des Oberbodens muss aber nicht zwingend mit Bodenbildungsprozessen erklärt werden, sondern könnte auch auf eine synsedimentär bedingte Verfeinerung der Körnung zurückzuführen sein. Eine Verbraunung lässt sich ebenfalls nicht eindeutig belegen. Wegen der geringen Anzahl an Dünnschliffpräparaten reichen diese Erkenntnisse allerdings zur abschließenden Beweisführung noch nicht aus.

Auf den Umlaufflächen der äMG kommen lokal Vergesellschaftungen von Tschernosemen mit Parabraunerden vor (HLfB 1990). Beide Bodentypen gehen lokal ineinander über und dürften sich zeitgleich gebildet haben. Aufgrund der engen Verzahnung scheiden klimatische Gründe als Steuerungsfaktor aus. Verantwortlich für die Variabilität der Pedogenese sind Faziesunterschiede im oberflächennahen Untergrund. Die Ursachen liegen in der räumlichen Sedimentverteilung begründet und stehen in engem Zusammenhang mit dem Paläorelief zur Zeit der Mäanderbildung. Grauer Tschernosem ist nahezu flächenhaft in den ausgedehnten Bereichen der Umlaufflächen mit sandig-schluffigen Hochflutlehmen entwickelt, während die Parabraunerden inselartige Vorkommen innerhalb dieser Flächen bilden und in Bezug auf die Genese an sandige Rückenpositionen gekoppelt sind, die rezent jedoch morphologisch häufig nicht mehr in Erscheinung treten. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Art der Pedogenese dürfte das Mittelsand:Feinsand-Verhältnis sein. Dominiert in den Ausgangssubstraten die Mittelsandfraktion tritt Parabraunerde auf, herrscht die Feinsand- oder Schluffkomponente vor, ist Grauer Tschernosem entwickelt (DAMBECK 2005). Zurzeit sind Übergänge dieser Bodentypen in der nördlichen Oberrheinebene nicht aufgeschlossen.

3.2. Hessenaue (Kiesgrube Seemann)

Die Lokalität befindet sich ca. 8 km südwestlich Groß-Gerau auf dem Betriebsgelände der Kiesgrube Seemann bei Trebur-Hessenaue (Abb. 2.1). Der Standort zeigt den charakteristischen Aufbau der von stark tonigen und sehr dunkel gefärbten Auensedimenten bedeckten Umlaufflächen der mMG. Die Genese, insbesondere die Frage, ob es sich hierbei um Sedimente oder Bodenbildungen handelt, ist nicht geklärt. Daher wurden die schwarzen Auentone im Rahmen von Forschungen zur spät- und postglazialen Flussgeschichte des nördlichen Oberrheines untersucht (DAMBECK & SABEL 2001; DAMBECK & THIEMEYER 2002).

Als Leitbodenform der Umlaufflächen-Normalfazies sind (Relikt-)Auengley-Pelosole aus Schwarzen Tonen“ entwickelt. Typischerweise ist in den tonigen Ausgangssubstraten (45 – 70 % Ton) dieser Böden ein schwarz gefärbter (2,5 Y 2.5/1) P-Ah-Horizont mit Rissgefüge ausgebildet. Die Humusgehalte im humosen Oberboden liegen häufig zwischen 2 – 5 %, die Carbonatgehalte zwischen 2 – 10 %. Auffällig ist die Zusammensetzung der Tonmineralgarnitur, die eine deutliche Dominanz von Smectit (bis zu 80 %) aufweist (Tab. 2.1).

Aus sedimentologischer und pedogenetischer Sicht lassen die Profile der Umlaufflächen-Normalfazies i.d.R. eine charakteristische Dreiteilung erkennen. Im Liegenden der Schwarzen Tone kommen in sandig-lehmigen bis schluffig-lehmigen Auensedimenten fossile Bodenreste von Kalktschernosem vor (vgl. Halt 1), die wiederum graue Feinsande überlagern. Diese markieren die Landoberfläche des Altholozäns, die vor allem im nördlichsten Teil der Oberrheinniederung ab dem späten Atlantikum mit tonigen Auenablagerungen überdeckt wurde. Örtlich werden die Profile von jüngeren, bräunlich gefärbten Auentonen überdeckt, so dass dann eine lithostratigraphische Viergliederung erkennbar ist (vgl. HLOG 2009). Zur Zeit der Sedimentation der Schwarzen Tone ragten lokal einige exponierte Reliefpositionen aus den Überflutungsbereichen der altholozänen Flächen heraus. Im Bereich dieser morphologischen Rücken kommt örtlich Reliktgley-Kalktschernosem aus sandig-schluffigen bis sandig-lehmigen Auensedimenten vor. Schwarze Tone fehlen hier, so dass Grauer Tschernosem an der Oberfläche erhalten ist.

Wir stellen folgenden Ablauf der Sedimentologie und Pedogenese zur Diskussion:

1. (Ab dem Allerød) Sedimentation der schluffig-lehmigen Hochflutsedimente auf der Unteren Niederterrasse und Umlaufflächen der äMG.

2. (Bis Ende des Boreals) Ausbildung von Grauer Tschernosem bei vergleichsweise niedrigem Grundwasserspiegel.
3. Anstieg des Grundwassers bedingt Ausbildung von Grundwassermerkmalen sowie Ausfällung von Rheinweiß (Goc-Horizonte).
4. Ausbildung der mMG und Überdeckung der äMG mit Schwarzen Tonen.
5. Ausbildung des Auenpelosols bei gleichzeitig hoch anstehendem GW.

Die im nördlichsten Teil der Oberrheinniederung nahezu flächenhaft zu beobachtende Überdeckung der altholozänen Landoberfläche mit Schwarzen Tonen ist sehr wahrscheinlich durch die tektonisch wirksame „Nackenheimer Schwelle“ (SCHMITT & STEUER 1974) beeinflusst. Sie stellt während des gesamten Holozäns die lokale Erosionsbasis dar, so dass die jüngeren Mäander sich nur unmerklich in die älteren einschneiden konnten. Vor allem in Phasen erhöhter Wasserführung wurden die Schwarzen Tone bei großflächigen Überflutungen auch auf altholozänen Mäandern sedimentiert. Dadurch lässt sich die lokale Vergesellschaftung von Auenpelosol mit Kalktschernosem auf den Umlauflächen der mMG hinreichend erklären. Stromabwärts dieses tektonischen Hebungsgebietes ändert sich die Talkonfiguration und das Rheintal verengt sich.

Rückstauwirkungen der Nackenheimer Schwelle können für die Genese der Schwarzen Tone nicht als alleiniger Faktor ausschlaggebend gewesen sein, weil solche Sedimente auch in flussabwärts gelegenen Streckenabschnitten des Rheintales vorkommen (HLfB 1990). Die relativ hohen Tonanteile lassen auf ruhige Ablagerungsbedingungen bzw. Sedimentation in Stillwasserbereichen schließen. Im Bildungszeitraum der Schwarzen Tone existierten am Oberrhein ausgedehnte Auenwälder (DAMBECK 2005, 2007). Möglicherweise macht sich der Einfluss der Vegetation auf die Auendynamik bemerkbar. Die relativ dichte Bewaldung der Rheinaue im Entstehungszeitraum der Schwarzen Tone könnte bei Überflutungen zu Auskämmeffekten geführt und damit in den Überschwemmungsgebieten die Reduktion der Fließgeschwindigkeit bewirkt haben, so dass vorwiegend Tone abgelagert wurden. Gleichzeitig ist eine starke Produktion von Biomasse während der Vegetationsperiode zu erwarten. Der Bestandsabfall wurde vermutlich vorwiegend während der sommerlichen Trockenphase biogen aufgearbeitet und dem Boden als Humus zugeführt. Bedingt durch die regelmäßigen Überflutungen und die schwankenden Grundwasserstände war der Abbau der organischen Substanz sicherlich jahreszeitlich gehemmt. Hinsichtlich der Entstehung der Schwarzen Tone wäre somit folgendes Szenario denkbar:

1. Produktion von Biomasse in dichten Auenwäldern,
2. Durchmischung/Einarbeitung von Bestandesabfall durch Bodenfauna während trockenerer Jahreszeiten, und
3. anschließend gehemmter Abbau der organischen Substanz in Phasen mit hoch anstehendem Grundwasser (DAMBECK 2005, 2007).

Hinsichtlich der Genese der Schwarzen Tone ist anzunehmen, dass es sich um allochthone Sedimente handelt, die pedogenetisch (Auenpelosol) überprägt wurden. Die abweichende Zusammensetzung der Tonmineralgarnitur im Vergleich zu den altholozänen Sedimenten im Liegenden belegt eine signifikante Änderung des Stoffbestandes. Im Tonmineralbestand der Schwarzen Tonen dominiert Smectit mit Anteilen von bis zu 80 %, während in den liegenden Schichten vorherrschend Illit/Vermiculit nachzuweisen sind (Tab. 2.1). Ebenso deutet der zumeist sprunghafte Anstieg der Tonanteile an der Grenze zu den unterlagernden Schichten auf einen geologischen Schichtwechsel hin. Die Herkunft der Schwarzen Tone und die Ursachen der hohen Smectitanteile sind noch nicht geklärt.

In den Schwarzen Tonen sind Auenpelosole bzw. bodentypologische Varietäten entwickelt (HLfB 1990). Die i.d.R. erkennbare graduelle Zunahme des Tongehaltes von der Basis der Tone zum Top ist als synsedimentäre Eigenschaft zu interpretieren. Das typische Rissgefüge sowie die auf den Aggregatoberflächen der Gefügepolyeder ausgebildeten Gleitflächen („*slicken sides*“) deuten indes auf Peloturbation und eine Vertisolen ähnliche Pedogenese hin. Die einhergehenden Quellungs- und Schrumpfungsprozesse können jedoch nicht zu einer

stärkeren Homogenisierung der meist sehr tonigen Sedimente geführt haben, da sonst der Gradient in der Korngrößenverteilung sicherlich nicht mehr ausgeprägt wäre. Als Fazit lässt sich somit festhalten, dass für die Schwarzen Tone eine Entstehung im Zuge einer Kombination von langsamer Sedimentanlandung und Pedogenese anzunehmen ist, was auf Parallelen in der Entwicklung zum „Schwarzen Auenboden“ hindeutet (vgl. HOUBEN et al. 2001, RITTWEGER 2000).

Tab. 2.1a: Tonmineralanalysen an ausgewählten Horizonten von ¹Profil HESS-1 (DAMBECK 2005, verändert).

Horizont	Tiefe [cm u. GOF]	Relative Tonmineralanteile [%]					
		Smectite	Vermiculite	Mixed layer (Vermiculite/Illite)	Illite	Kaolinite	“Chlorite”
aeAh-eP	40-50	79,1	0,0	0,0	4,8	13,4	2,7
aeAh-eP	70-85	85,8	0,0	0,0	1,9	6,6	5,7
II faeAcxh+raeGco	90-100	32,7	20,8	26,7	3,3	7,5	9,0

¹Profil ist nicht identisch mit dem im Anhang dargestellten Profil.

Tab. 2.1b: Tonmineralanalysen an ausgewählten Horizonten von ¹Profil GEIN-3 (DAMBECK 2005, verändert).

Horizont	Tiefe [cm u. GOF]	Relative Tonmineralanteile [%]					
		Smectite	Vermiculite	Mixed layer (Vermiculite/Illite)	Illite	Kaolinite	“Chlorite”
aeAh-eP	40-50	88,6	0,0	0,0	0,6	7,3	3,5
aeAh-eP	50-60	88,9	0,0	0,0	0,0	6,5	4,6
aeAh-eP	60-65	88,7	0,0	0,0	1,3	5,3	4,8
II raeGco+faeAcxh	75-82	44,4	18,5	23,7	0,0	7,9	5,5
II aGor	100-107	30,4	17,9	42,8	2,1	7,6	6,8

¹Profil ist nicht identisch mit dem im Anhang dargestellten Profil.

Wie sich an frischen Gefügebruchstücken im Gelände zeigt, sind die Schwarzen Tone stellenweise carbonatfrei, was auf die Bodenbildung zurückzuführen sein dürfte. Im Labor wurde im Allgemeinen in den höchsten Partien dennoch ein geringer Carbonatgehalt nachgewiesen. Das lässt sich mit sekundären Kalkanreicherungen erklären, die punktuell bzw. häufig auch als röhrenförmige Auskleidungen in der Matrix vorkommen. Im Unterschied dazu weisen die Horizontabschnitte an der Basis einen im Vergleich dazu deutlich erhöhten Kalkgehalt auf. Das hängt mit der Rheinweiß-Bildung im Liegenden zusammen, die auch die untersten Bereiche der *Schwarzen Tone* erfasst hat, weshalb die Schichtgrenze zu den in tieferen Schichten anstehenden, altholozänen Umlaufflächensedimenten i.d.R. überprägt ist. Auch die mit der Tiefe abnehmenden C_{ORG}-Gehalte sind möglicherweise das Ergebnis von Pedogenese. Es ist aber nicht auszuschließen, dass die höheren Anteile an organischer Substanz in den höchsten Partien der Schwarzen Tone mit den höheren Anteilen toniger Partikel in diesen Profilabschnitten korrespondieren. Dabei liegen die Humusgehalte i.d.R. bei < 3 %, selten auch darüber. Generell lässt die charakteristische grauschwarze Färbung (5Y2-4/1) der *Schwarzen Tone* höhere Humusgehalte vermuten. Die Herkunft der dunklen Farbgebung ist unklar. Die geschätzte Menge an organischem Kohlenstoff per Partikel ist sehr niedrig (< 0,10 mg OC m⁻²; schriftl. Mitt. C. Wiseman, Frankfurt am Main).

4. Zitierte und weiterführende Literatur

- BOS, J.A.A., DAMBECK, R., KALIS, A.J., SCHWEIZER, A. & THIEMEYER, H. (2008): Palaeo-environmental changes and vegetation history of the northern Upper Rhine Graben (southwestern Germany) since the Lateglacial. – *Netherlands J. Geosc. – Geol. Mijnb.*, **87**(1): 65-88, 12 figs., 3 tabs.; Utrecht/NL.
- DAMBECK, R. (2005): Beiträge zur spät- und postglazialen Fluss- und Landschaftsentwicklung im nördlichen Oberrheingraben. – PhD-Thesis., Fachbereich Geowiss./Geographie Universität Frankfurt/M.: 246 S., 54 Abb., 21 Tab.; Frankfurt/M.[online-publication].
[URL: <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/volltexte/2005/908/>].
- DAMBECK, R. (2007): „Schwarze Tone“ am nördlichen Oberrhein – ein Leithorizont der holozänen Auenentwicklung. – *Jber. Wetterau. Ges. ges. Naturkde.*, **155-157**: 105-120, 3 Abb., 5 Tab. Hanau.
- DAMBECK, R. & BOS, J. A. A. (2002): Lateglacial and Early Holocene landscape evolution of the northern Upper Rhine River Valley, south-western Germany. – *Z. Geomorph. N. F.*, Suppl.-Bd., **128**: 101-127, 10 figs., 4 tabs.; Berlin.
- DAMBECK, R. & SABEL, K.-J. (2001): Spät- und postglazialer Wandel der Flusslandschaft am nördlichen Oberrhein und Altneckar im Hessischen Ried. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F.*, **83**: 131-143, 5 Abb., 1 Tab. Stuttgart.
- DAMBECK, R. & THIEMEYER, H. (2002): Fluvial History of the northern Upper Rhine river (south-western Germany) during the Lateglacial and Holocene Times. – *Quatern. International*, **93/94**: 53-63, 5 figs., 1 tab.; Amsterdam.
- ERKENS, G. (2009): Sediment dynamics in the Rhine catchment. Quantification of fluvial response to climate change and human impact. – *Nederlands Geogr. Stud.*, **388**: 278 S.; Utrecht (The Netherlands).
- ERKENS, G., DAMBECK, R., VOLLEBERG, K. P., BOUMAN, M.T.I.J., BOS, J.A.A., COHEN, K.M., WALLINGA, J. & HOEK, W.Z. (2009): Fluvial terrace formation in the northern Upper Rhine Graben during the last 20,000 years as a result of allogenic controls and autogenic evolution. – *Geomorphology*, **103**(3): 476-495, 10 figs., 3 tabs.
- FETZER, K. D., LARRES, K., SABEL, K.-J., SPIES, E.-D. & WEIDENFELLER, M. (1995): Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland. – In: BENDA, L. [Hrsg.]: *Das Quartär Deutschlands*. – 220-254, 10 Abb., 4 Tab.; Berlin (Borntreger).
- HLfB (= Hessisches Landesamt für Bodenforschung) [Hrsg.] (1990): *Bodenkarte der nördlichen Oberrheinebene 1:50 000*; Wiesbaden.
- HLUG (= Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) [Hrsg.] (2009): *Geologische Karte von Hessen 1:25000, Blatt 6216 Gernsheim*; Wiesbaden (Digitalausgabe).
- HOUBEN, P., NOLTE, S., RITTEWEGER, H. & WUNDERLICH, J. (2001): Lateglacial and Holocene environmental change indicated by floodplain deposits of the Hessian Depression (Central Germany). – In: MADDY, D., MACKLIN, M. G. & WOODWARD, J. C. [eds.]: *River Basin Sediment Systems: Archives of Environmental Change*: 249-264, 7 figs., 1 tab.; Lisse (Balkema).
- KESS, R., DAMBECK, R., THIEMEYER, H. & SABEL, K.-J. (1999): Bodengesellschaft Bänderparabraunerde/Grauer Tschernosem im Verzahnungsbereich von Flugsanden und Hochflut-sedimenten im nördlichen Oberrheingraben. – *Mitt. dt. bodenkdl. Ges.*, **91**: 1045-1048, 3 Abb.; Oldenburg.
- LESSMANN, U. (1983): *Pollenanalytische Untersuchungen an Böden im nördlichen Oberrheintal unter besonderer Berücksichtigung der Steppenböden*. – Inaug.-Diss. Hohe landwirtschaftl. Fak., Rhein. F.-Wilhelms-Univ. Bonn: 108 S., 5 Abb., 9 Tab., 12 Taf.; Bonn.

- LESSMANN-SCHOCH, U. (1986): Pollenanalytische Ergebnisse zur Pedogenese von Rheintal-Tschernosemen und Smonicen in Rheinhessen. – Mainzer geowiss. Mitt., **15**: 77-118, 18 Abb., 5 Tab.; Mainz.
- LESSMANN-SCHOCH, U., SCHLESER, H., ZAKOSEK, H. & ZHANG, T. (1986): Vegetation und Klima während der Tschernosem-Bildung im nördlichen Oberrheintal. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **59**(2): 931-932; Göttingen.
- LESSMANN-SCHOCH, U., SCHÖBEL, T. & STEPHAN, S. (1988): Zur systematischen Stellung und Bodenentwicklung des Tschernosems des Oberrheintales und der Smonica in Rheinhessen. – Z. Pflanzenernähr. Bodenkde., **151**: 9-14, 4 Abb., 3 Tab.; Weinheim/Bergstr.
- RITTWEGER, H. (2000): The "Black Floodplain Soil" in the Amöneburger Becken, Germany: a lower Holocene marker horizon and indicator of an upper Atlantic to Subboreal dry period in Central Europe? – Catena, **41**: 143-164, 10 figs.; Amsterdam.
- ROSENBERGER, W. & WEIDNER, E. (1995): Bodenkarte von Hessen 1:25 000, Blatt 6216 Gernsheim, digitale Ausgabe; Wiesbaden.
- SABEL, K.-J., THIEMEYER, H. & DAMBECK, R. (2005): Z1. Bodenlandschaften Südhessens. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., **105**: 52-67, 1 Abb. 1 Tab.; Oldenburg.
- SCHARPFF, H.-J. m. Beitr. v. ANDERLE, H.-J., BÖKE, E., BRELIE, G., VAN DER, DIEDERICH, G., KARSCHNY, A., PRINZ, H., REICHMANN, H., SCHWARZ, E., ULRICH, H.-J. & WENDLER, R. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 6316 Worms: 282 S., 42 Abb., 5 Tab.; Wiesbaden.
- SCHEER, H.-D. & WOURTSAKIS, A., u. Mitarb. v. HARKE, R. & OTTENSTEIN, J. m. Beitr. v. HEITTELE, H., WAGNER, W. & WAHL, P. (1986): Erläuterungen zur Bodenkarte von Rheinland-Pfalz 1:25 000, Blatt 6415 Grünstadt-Ost. – 143 S., 4 Abb., 1 Tab.; Mainz.
- SCHEER, H.-D. (1978): Gliederung und Aufbau der Niederterrassen von Rhein und Main im nördlichen Oberrheintalgraben. – Geol. Jb. Hessen, **106**: 273-289, 4 Abb.; Wiesbaden.
- SCHIRMER, W., BOS, J.A.A., DAMBECK, R., HINDERER, M., PRESTON, N., SCHULTE, A., SCHWALB, A. & WESSELS, M. (2005): Holocene fluvial processes and valley history in the Rhine river catchment. – Erdkde., **59**: 199-215, 11 figs., 1 tab.; Berlin.
- SCHMITT, O. & STEUER, A., m. Beitr. v. ANDERLE, H.-J., KARSCHNY, A., KUTSCHER, F., PRINZ, H., REICHMANN, H., SCHWARZ, E., STRAUB, E., THEWS, J.-D. & WENDLER, R. (1974): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 6016 Groß-Gerau. – 2. Aufl.: 202 S., 13 Abb., 5 Tab., 3 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- SCHRÖDER, D. (1983): Beziehungen zwischen Stratigraphie und Bodengenese bei Hochflutlehmen des Niederrheins. – Geol. Jb., **A71**: 73-107, 15 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- THIEMEYER, H. (1989a): Aufbau und Eigenschaften typischer Böden im Hessischen Ried. – Geol. Jb. Hessen, **117**: 217-236, 4 Abb., 7 Tab., 6 Prof.; Wiesbaden.
- THIEMEYER, H. (1989b): Schwermetallgehalte von typischen Böden einer Toposequenz im Hessischen Ried. – Geoökodyn., **10**: 47-63, 8 Abb., 3 Tab., 11 Prof.; Bensheim/Bergstr.
- THIEMEYER, H., BLÜMEL, W.-D., DAMBECK, R., DIECKMANN, B., EBERLE, J., GLADE, TH., HECHT, S., HOUBEN, P., MOLDENHAUER, K.-M., SCHROTT, L., SCHULTE, A., VOGT, R. & WUNDERLICH, J. (2005): Soils, sediments and slope processes and their effects on sediment fluxes into the River Rhine. – Erdkde., **59**: 184-198, 2 figs., 3 tabs., 1 photo; Berlin.
- WALDMANN, F. (1989): Beziehungen zwischen Stratigraphie und Bodenbildungen aus spät-glazialen und holozänen Sedimenten in der nördlichen Oberrheinebene. – Diss. Geowiss. Fak., Univ. Freiburg: 166 S., 53 Abb., 5 Tab., 1 Kt.; Freiburg/Br.
- ZAKOSEK, H. (1962): Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **37**: 1-46, 1 Abb., 19 Tab.; Wiesbaden.

- ZAKOSEK, H. (1989): Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintalgraben. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **59**(2): 1021-1024; Göttingen.
- ZAKOSEK, H. (1991): Zur Genese und Gliederung des Rheintal-Tschernosems im nördlichen Oberrheingraben. – Mainzer geowiss. Mitt., **20**: 159-176, 6 Tab.; Mainz.

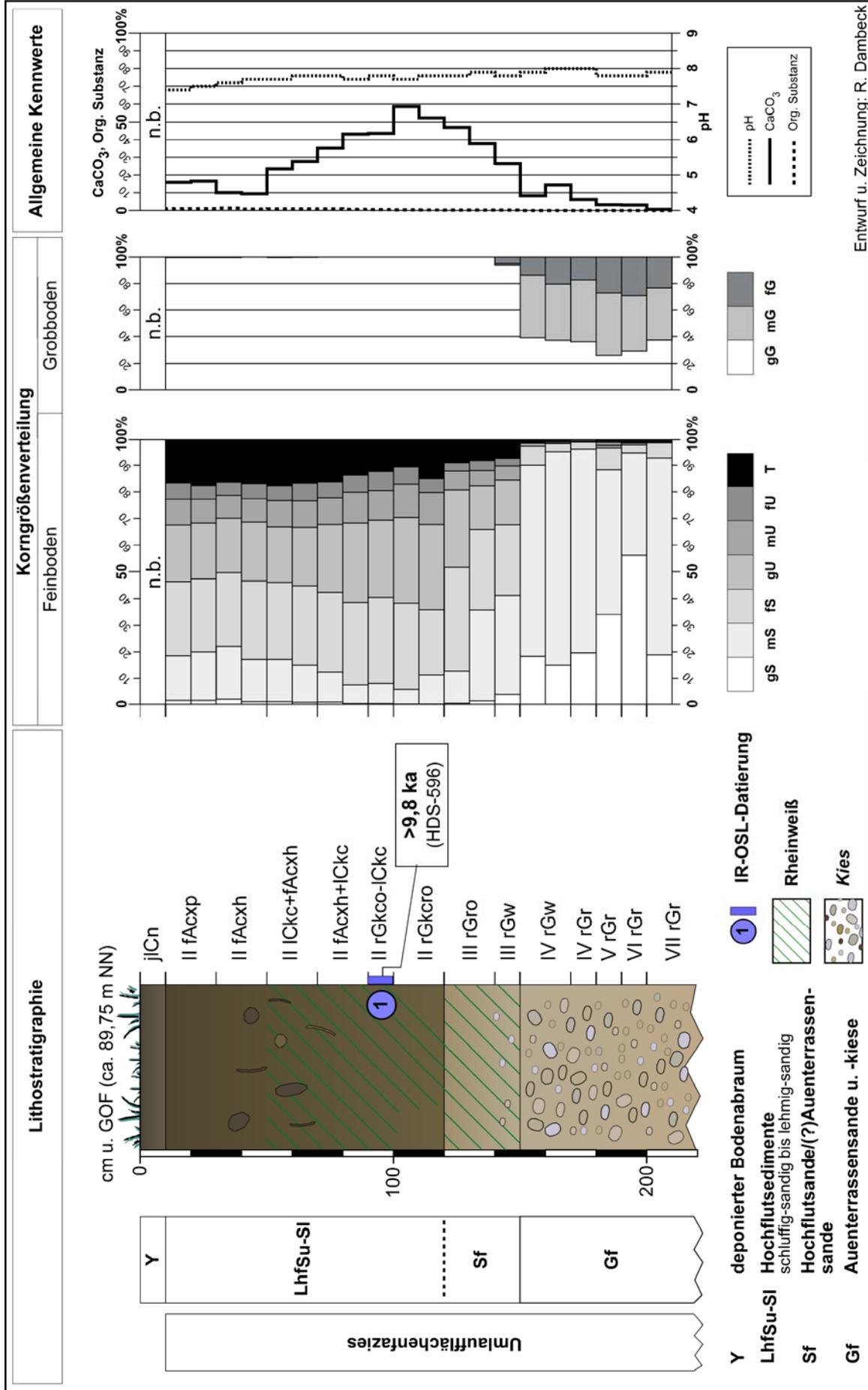
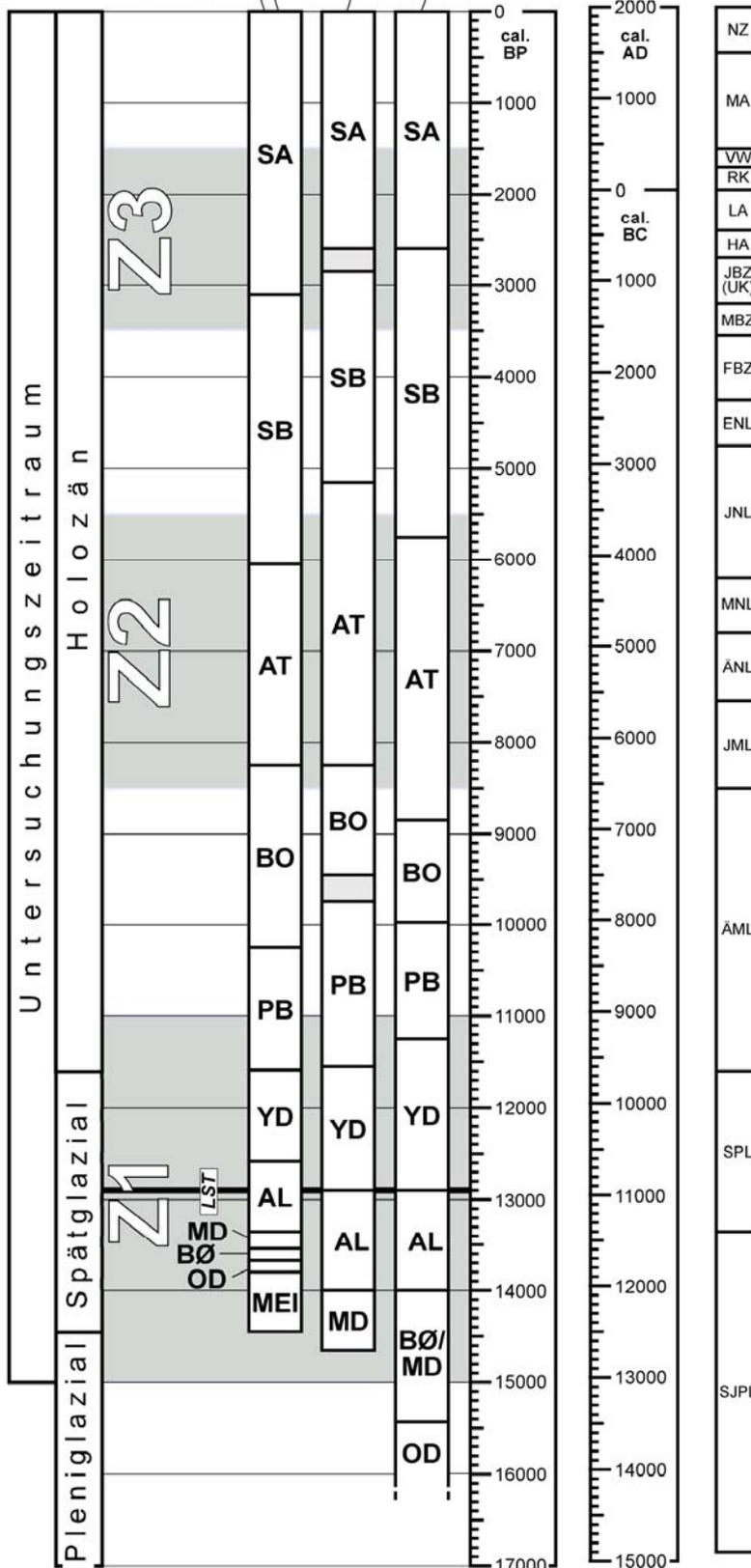


Abb. 2.3: Profil WAT-4 – Reliktley Kalktschernosem aus Hochflutsedimenten mit „Rheinweiß“ über Auensanden und -kiesen (DAMBECK 2005).

Holozän:
STOBBE (1996)
Spätglazial:
BRAUER et al. (1999b)
LITT & STEBICH (1999)

Im Vergleich dazu:
FIRBAS (1949)
MANGERUD et al. (1974)



Abkürzungen:

Bio-/Chrono-/Pollenzonen:

- SA Subatlantikum
- SB Subboreal
- AT Atlantikum
- BO Boreal
- PB Präboreal
- YD Jüngere Dryas
- AL Allerød
- MD Mittlere Dryas (=Ältere Dryas)
- BØ Bølling
- OD Älteste Dryas
- MEI Meindorf

Kulturepochen:

- NZ Neuzeit
- MA Mittelalter
- VW Völkerwanderungszeit
- RK Römische Kaiserzeit
- LA Latènezeit
- HA Hallstattzeit
- JBZ (UK) Jüngere Bronzezeit (Urnenfelderzeit)
- MBZ Mittlere Bronzezeit
- FBZ Frühe Bronzezeit
- ENL Endneolithikum
- JNL Jüngeres Neolithikum
- MNL Mittleres Neolithikum
- ANL Älteres Neolithikum
- JML Jüngeres Mesolithikum
- ÄML Älteres Mesolithikum
- SPL Spät-Paläolithikum
- SJPL Spätes Jung-Paläolithikum

Sonstige:

- LST Laacher See Tephra (ca. 12900 cal. BP nach SCHMINCKE et al. 1999)
- Z1, Z2, Z3 Zeitscheiben im SPP "Wandel der Geo-Biosphäre" (WGB 15)

Zeitscheibenschema für das Weichsel-Spätglazial und Holozän (Zusammenstellung nach diversen Autoren, DAMBECK 2005).

Wattenheim, OLMOR-Kieswerk (Standort 1)

Bearbeiter: Rainer Dambeck, Heinrich Thiemeyer

TK25: 6316 Worms

Datum: 24.06.1997

Lage: RW: 3456960 H: 5506050 89,7 m NN

Kreis: Bergstraße

Nutzung: Kiesgrube Vegetation: Ruderalflora

Humusform: -

Relief: ebener Tiefenbereich (Umlauffläche Paläomäander des Rheins)

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	<i>II reAp fo-csl(Lfo)</i>	0/30	Stark lehmiger Sand (SI4), sehr dunkelgrünlichbraun/dunkelgrünlichbraun (2.5Y3-4/2) ¹ , schwach humos, mittlere bis hohe Lagerungsdichte, Plattengefüge, carbonatreich, sehr schwach durchwurzelt, ebene deutliche Grenze <i>Fluvi-Kalksandlehm (aus Hochflutablagerungen)</i>
2	<i>II reAcxh fo-csl(Lfo)</i>	-50	Stark lehmiger Sand (SI4), dunkelgrünlichbraun (2.5Y4/2) ¹ , schwach humos, geringe bis mittlere Lagerungsdichte, kohärent, carbonathaltig, sehr schwach durchwurzelt, Pseudomycelien, gefleckt, diffuse Grenze <i>Fluvi-Kalksandlehm (aus Hochflutablagerungen)</i>
3	<i>II elCkc+reAcxh q-slc(Mw)</i>	o. q-Mw -70	Stark lehmiger Sand (SI4), dunkelgrünlichbraun/grünlichbraun (2.5Y4-5/2) ¹ , sehr schwach humos, geringe Lagerungsdichte, kohärent, carbonatreich, Carbonatkonkretionen, verfestigt, sehr schwach durchwurzelt, Pseudomycelien, örtlich diffus-wolkige Humusanreicherungen, diffuse Grenze <i>Fluvi-Sandlehm (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)</i>
4	<i>II reAcxh+elCkc q-slc(Mw)</i>	o. q-Mw -90	Schluffig lehmiger Sand (Slu), faholiv (5Y6/3) ¹ , sehr schwach humos, geringe Lagerungsdichte, kohärent, carbonatreich, Carbonatkonkretionen, verfestigt, Pseudomycelien, örtlich diffus-wolkige Humusanreicherungen, zungenförmige Grenze <i>Fluvi-Sandlehm (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)</i>
5	<i>II eGkcro q-slc(Mw)</i>	o. q-Mw -120	Schluffig lehmiger Sand (Slu), hell olivgrau/faholiv (5Y6/2-3) ¹ , geringe Lagerungsdichte, kohärent, extrem carbonatreich, Carbonatkonkretionen, verfestigt, rostfleckig, diffuse Grenze <i>Fluvi-Sandlehm (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)</i>
6	<i>III eGro q-lsc(Mw)</i>	o. q-Mw -150	Mittel lehmiger Sand (SI3), hellbräunlichgrau/hellgrau (10YR6-7/2) ¹ , geringe Lagerungsdichte, kohärent, sehr carbonatreich, schwach verfestigt, rostfleckig, scharfe Grenze <i>Fluvi-Lehmsandkalk (aus Auensand, „Rheinweiß“)</i>
7	<i>IV eGw fo-css(Sfo)</i>	-180	Reinsand (mS), hellgrau (5YR7/1) ¹ , sehr geringe Lagerungsdichte, einzelkörnig, sehr stark kiesig <i>Fluvi-Kalkreinsand (aus Auenterrassenschüttung)</i>

¹ = feldfeucht

Bodenformensymbol:	rGG-TC: f-l(Lhf)//f-es(Sf)//f-es(Gf)
Bodenformenbezeichnung:	Reliktgley-Kalktschermosem aus Fluvilehm mit „Rheinweiß“ über tiefen Carbonat-Fluvisanden und -kiesen

Anmerkungen: Bodenabraum, der im Zuge der Erweiterung des Grubengeländes abgeschoben und am Standort deponiert wurde, überlagert das Profil. Daher müsste den Horizonten 1 – 4 im Grunde als Zusatzsymbol "f" vorangestellt werden.
6. Horizont: II, wenn q-Mw! 7. Horizont: Kalkgehalt sicherlich < 25 M.-% in einem Sand, der Auensand sein müsste, wenn es sich nicht um einen erodierten Rest einer Terrasse handelt.

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der carbonat- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
II reAp	0-30	0,5	1,4	17,8	27,6	21,1	9,4	5,6	17,1	n.b.
II reAcxh	-50	0,3	1,5	18,2	28,6	21,2	8,7	5,3	16,6	
II elCkc+reAcxh	-70	0,4	0,9	15,1	29,4	21,4	9,9	6,1	17,3	
II reAcxh+elCkc	-90	0,0	0,5	9,4	30,5	27,6	10,8	6,3	14,9	
II eGkcro	-120	0,1	0,1	6,8	32,4	30,5	11,8	6,9	11,6	
III eGro	-150	3,1	2,5	36,0	28,3	16,6	5,6	3,4	7,6	
IV eGw	-180	62,6	18,9	74,3	5,1	0,8	0,1	0,1	0,7	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%
<i>1</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>26</i>	<i>27</i>	<i>28</i>	<i>29</i>
II reAp	16,3	n.b.	7,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
II reAcxh	9,8		7,7						
II elCkc+reAcxh	25,7		7,8						
II reAcxh+elCkc	39,2		7,8						
II eGkcro	51,1		7,8						
III eGro	32,3		7,9						

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} /KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · kg ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>36</i>	<i>37</i>
II reAp	n.b.	n.b.	n.b.	0,9	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
II reAcxh				0,6				
II elCkc+reAcxh				0,5				
II reAcxh+elCkc				0,4				
II eGkcro				0,3				
III eGro				n.b.				

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	² Mn _d	Si _d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹	
<i>1</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>43</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>46</i>
II reAp	0,2	3,7	0,05	n.b.	0,03	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
II reAcxh	0,2	3,4	0,06						
II elCkc+reAcxh	0,1	3,9	0,02						
II reAcxh+elCkc	0,1	3,7	0,01						
II eGkcro	0,1	3,8	0,01						
III eGro	0,1	3,6	0,02						

Trebur-Hessenaue, Kiesgrube Seemann (Standort 2)

Bearbeiter: Heinrich Thiemeyer, Rainer Dambeck

TK25: 6116 Oppenheim Datum: 13.06.2003

Lage: R 3455700 H 5529820 84,0 m ü. NN

Kreis: Groß Gerau

Nutzung: Kiesgrube Vegetation: Ruderalflora

Humusform: -

Relief: ebener Tiefenbereich (Umlaufläche Paläomäander des Rheins),

Hor. Nr.	Horizont-/ Substrat-symbol	Ober-/ Unter-grenze	Horizontbeschreibung
1	<i>raeAp</i> fo-clt(Tfo)	0/15	schwarzer (2,5 Y 2.5/1) Ton, Polyedergefüge, schwach humos, Fluvi-Kalkton (aus Hochflutablagerungen)
2	<i>aeAh-eP</i> fo-clt(Tfo)	15/45	schwarzer (2,5 Y 2.5/1) Ton, Polyedergefüge, humos, Fluvi-Kalkton (aus Hochflutablagerungen)
3	II raeGco+faeAcxh q-tuc(Mw)	45/75 o. q-Mw	dunkelgrünlichbrauner/grünlichbrauner (2,5 Y 4-5/2) schluffiger Lehm, humos, Subpolyedergefüge, sehr stark carbonathaltig Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
4	II faeAcxh+raeGco q-tuc(Mw)	75/95 o. q-Mw	hellolivbrauner (2,5 Y 5/3) schluffiger Lehm, schwach humos, rostfleckig, Kittgefüge, sehr stark carbonathaltig Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
5	II raeGco₁ q-tuc(Mw)	95/110 o. q-Mw	grauer/hellbräunlichgrauer (2,5 Y 6/1-2) stark toniger Schluff, rostfleckig, stark carbonathaltig, Kohärentgefüge, Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
6	II raeGco₂ q-tuc(Mw)	110/125 o. q-Mw	hellbräunlichgrauer (2,5 Y 6/2) schluffiger Lehm, schwach rostfleckig, stark carbonathaltig, Einzelkorngefüge Fluvi-Tonschluffkalk (aus Hochflutablagerungen, „Rheinweiß“)
7	III eGor fo-css(Sfo)	125/135	grünlichbrauner (2,5 Y 5/2) Reinsand, Einzelkorngefüge, schwach karbonathaltig Fluvi-Kalkreinsand (aus Auensand)

Bodenformensymbol:	DD/GG: f-et(Tfo)/q-Mw//f-es(Sfo) oder .../q-eu(Mw)///... oder rGGc-vDDa/gAT: fo-clt(Tfo)/q-ctu(Mw)//fo-css(Sfo)
Bodenformenbezeichnung:	(Relikt-)Auengley-Pelosol aus Fluvi-Kalkton über fossilem Auentschernosem aus Fluvi-Kalkschluff (aus Hochflutablagerungen) über tiefem Fluvi-Kalksand (aus Auensand)

Anmerkungen: Bei Überlagerungsfällen ist das zu verwendende syst. Niveau i.d.R. höher zu verwenden. Fraglich erscheint die Bodenartenangabe beim Rheinweiß auch in Beziehung zum Profil Wattenheim mit den Schwankungen. q-Mw wäre da sicherlich ausreichend.

Horizont	Tiefe	Skelett	Textur (Mas-% der kalk- und humusfreien Feinerde)							d _B
	cm	Mas-%	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	g·cm ⁻³
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	<i>raeAp</i>	- 10	0,34	0,82	1,41	3,30	8,41	17,17	68,60	
	<i>aeAh-eP</i>	- 45	2,52	1,75	1,57	4,94	7,35	12,75	69,12	
II	<i>raeGco+faeAcxh</i>	- 75	5,88	4,24	5,75	21,66	21,03	15,08	26,35	
III	<i>faeAcxh+raeGco</i>	- 95	n.n.	4,86	4,16	9,15	23,31	20,09	14,38	n.b.
	III <i>reGco₁</i>	- 110	0,23	1,34	12,19	32,93	20,13	13,73	19,43	
	III <i>reGco₂</i>	- 125	3,44	1,70	7,89	22,92	24,45	16,81	22,79	
	IV <i>eGor</i>	- 135	7,86	68,07	16,81	3,15	1,81	1,05	1,24	

Horizont	Carbonat	pH	pH	Austauschbare Kationen (cmol _c · kg ⁻¹)					BS	
	Mas-%	(H ₂ O)	(CaCl ₂)	Na	K	Mg	Ca	H + Al	%	
<i>I</i>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
	<i>raeAp</i>	4,6	7,7	7,6	0,37	0,01	0,31	3,74	0	100
	<i>aeAh-eP</i>	8,7	7,7	7,7	0,87	0,04	1,34	15,25	0	100
II	<i>raeGco+faeAcxh</i>	51,4	8,0	7,7	0,82	0,04	1,29	12,78	0	100
II	<i>faeAcxh+raeGco</i>	46,5	7,7	7,8	0,92	0,04	1,65	21,52	0	100
	III <i>reGco₁</i>	33,1	7,7	7,6	1,93	0,01	1,96	22,42	0	100
	III <i>reGco₂</i>	44,0	7,8	7,6	2,25	0,04	2,79	60,42	0	100
	IV <i>eGor</i>	4,1	7,8	7,6	4,18	0,24	5,05	50,44	0	100

Horizont	KAK _p	KAK _{eff}	KAK _{eff} / KAK _p	C _{org}	N _{org}	C _{org} /N _{org}	P _(CAL)	K _(CAL)
	cmol _c · g ⁻¹	cmol _c · kg ⁻¹		Mas-%	Mas-%		mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹	mg · 100 ⁻¹ · g ⁻¹
<i>I</i>	30	31	32	33	34	35	36	37
	<i>raeAp</i>	4,43		4,2	0,4	11,1	21,9	5,5
	<i>aeAh-eP</i>	17,50		2,2	0,1	16,0	0,4	0,3
II	<i>raeGco+faeAcxh</i>	14,93		0,8	0,1	15,3	1,4	0,3
II	<i>faeAcxh+raeGco</i>	24,12	n.b.	0,7	0,0	14,9	0,2	0,8
	III <i>reGco₁</i>	26,32		0,9	0,0	24,5	1,1	1,5
	III <i>reGco₂</i>	65,50		0,6	n.b.	n.b.	0,7	1,0
	IV <i>eGor</i>	59,91		0,3	n.b.	n.b.	0,4	1,0

Horizont	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Al _d	Mn _d	Si _d	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	
	mg · g ⁻¹	mg · g ⁻¹		mg · g ⁻¹						
<i>I</i>	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
	<i>raeAp</i>	0,08	0,80	0,11	0,16	0,02	0,14	80,82	5,03	16,08
	<i>aeAh-eP</i>	0,05	1,37	0,03	0,20	0,01	0,12	38,25	8,24	4,64
II	<i>raeGco+faeAcxh</i>	0,07	0,37	0,20	0,06	0,01	0,11	41,47	8,59	4,83
II	<i>faeAcxh+raeGco</i>	0,10	1,05	0,09	0,10	0,01	0,15	20,02	7,25	2,76
	III <i>reGco₁</i>	0,04	0,18	0,21	0,03	0,01	0,08	19,00	8,16	2,33
	III <i>reGco₂</i>	0,06	0,34	0,18	0,04	0,01	0,08	42,20	15,74	2,68
	IV <i>eGor</i>	0,03	0,10	0,30	0,01	0,00	0,07	46,32	16,35	2,83

n.b. = nicht bestimmt; n.n. = nicht nachweisbar