

Brandenburg. geowiss. Beitr./ Arbeitsber. Bodendenkmalpfl. Brandenburg	Cottbus/ Wünsdorf	22 (2015), 2/ 28 (2016) Sonderband 2016	S. 123–139	6 Abb., 1 Tab., 38 Zit.
--	----------------------	---	------------	-------------------------

Sedimentologische und geochemische Untersuchungen an Schichten der ausgehenden Saale-Kaltzeit von Jänschwalde (Niederlausitz, Brandenburg) in Hinblick auf die Paläoumwelt des Neandertalers

Sedimentological and geochemical studies on a Late Saalian sequence of Jaenschwalde (Lower Lusatia, Brandenburg) referring to the palaeoenvironment of the Neanderthal man

ANNETTE KOSSLER, MAXIMILIAN NÖLSCHER & PHILIPP HOELZMANN

1 Einleitung

Wie schon in neueren Arbeiten aufgeführt (u. a. KÜHNER et al. 2008, KOSSLER et al. 2013, BÖNISCH & SCHNEIDER 2014, KOSSLER 2014), ist in den Deckschichten des Braunkohlentagebaus Jänschwalde eine N–S-streichende Beckenstruktur überliefert, welche mit saale- und eemzeitlichen Ablagerungen verfüllt ist (vgl. auch KÜHNER in diesem Band). Diese Untersuchungen haben aufgezeigt, dass sich das Becken von Jänschwalde erst mit dem vollständigen Austauen des Toteises am Ende des Saale-Spätglazials und bis zum Beginn der Eem-Warmzeit beträchtlich vertieft. Schon die älteren saalezeitlichen Beckenbildungen (Bänderschluften) belegen (vgl. KÜHNER in diesem Band), dass hier seit dem ausgehenden Saale-Hochglazial eine flache morphologische Depression angelegt war, in der nachfolgend die jüngsten saalezeitlichen Sedimente kontinuierlich zur Ablagerung kamen. Die aus diesen Sedimenten zu Tage gekommenen Artefakte des Neandertalers sind die bisher ältesten Nachweise in Brandenburg (BÖNISCH & SCHNEIDER 2014, BÖNISCH et al. 2014 sowie BÖNISCH & SCHNEIDER in diesem Band). Erstmals liegen hier mittelpaläolithische Hominiden-Funde aus einem definierten stratigraphischen Niveau vor, den sogenannten Sanddorn-Schichten, die in die Pollenzone B (PZ B = Zeit der Sanddorn-Gebüsche) des Saale-Spätglazials datieren (KOSSLER 2014, STRAHL in diesem Band). Im Gegensatz zu anderen möglicherweise zeitgleichen Funden aus Brandenburg, bei denen es sich meistens um umgelagerte Funde aus Kiesgruben handelt, die keine präzisen Aussagen zur stratigraphischen Einstufung und zur Paläoumwelt erlauben (BÖNISCH & SCHNEIDER 2014 und in diesem Band), konnten hier die Begleitsedimente für diese Fragestellungen intensiv untersucht werden. Dabei geben nicht nur die überlieferten Reste von Flora und Fauna (u. a. KÜHNER et al. 2008, KOSSLER 2014, RAUFUSS 2014, Beiträge KOSSLER, RAUFUSS & BREDÄ sowie STRAHL in diesem Band) wertvolle Hinweise zu den Ablagerungs- und Umweltbedingungen, sondern auch sedimentologische und geochemische Untersuchungen der Sedimente sind für die Interpretation des Lebensraumes hilfreich. In diesem Zusammenhang wurden die spätsaalezeitlichen Sedimente im Rahmen einer

Bachelor-Arbeit detailliert untersucht (NÖLSCHER 2015). Die Ergebnisse dieser Bachelor-Arbeit werden hier zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

2 Lokalität und Probennahme

Die Beckenstruktur von Jänschwalde lässt sich morphologisch in ein Nord- und Südbecken unterteilen (KÜHNER 2014 und in diesem Band). Da die spätsaalezeitliche Sedimentabfolge im Südbecken zwischen den sandigen Sanddorn-Schichten und dem Einsetzen der limnischen Schluffmudden einen Hiatus aufweist (KOSSLER 2014 sowie Beiträge KOSSLER und STRAHL in diesem Band), wurde für die vorliegende Untersuchung das Nordbecken ausgewählt, das zwar generell ein komplexeres Sedimentationsgeschehen, aber in einigen Bereichen auch eine weniger gestörte und somit vollständigere Überlieferung der Sedimentabfolge aufwies. Hier wurde ein Profil aufgenommen, welches durch seine anscheinend ungestörte Schichtabfolge, eine möglichst lückenlose Erfassung der Klima- und Umweltbedingungen der ausgehenden Saale-Kaltzeit versprach (vgl. auch die Beiträge von KOSSLER und STRAHL in diesem Band).

Die sedimentologische Probennahme im Nordbecken (Schnitt 52) erfolgte durch die Autoren am 14.07.2014. In diesem Zusammenhang wurde in den spätsaalezeitlichen Sedimenten ein 1,7 m mächtiges Teilprofil aufgenommen (Topographische Karte 1 : 25 000, Blatt 4153, Groß Gastrose, H: 5747770,28, R: 5467749,67, z: ca. 50,85–52,55 m NHN). Das Profil umfasste vor allem die älteren saalespätglazialen Sande, aber auch noch die Basisschichten der limnischen Schluffmudden (Abb. 1, 3). Im Gelände wurde das Profil zunächst freigelegt, gesäubert und nach sedimentologischen Makro-Kriterien von der Basis zum Top in neun Schichtpakete unterteilt (Abb. 1). Nach Erfassung der Geländedaten wurden von jedem Schichtpaket mehrere Proben genommen. Insgesamt standen 40 Sedimentproben à 50 g für die nachfolgenden Untersuchungen bzw. Analysen zur Verfügung (Tab. 1). Parallel wurden die Sedimente sowohl auf botanische und faunistische Makroreste (vgl. Beitrag

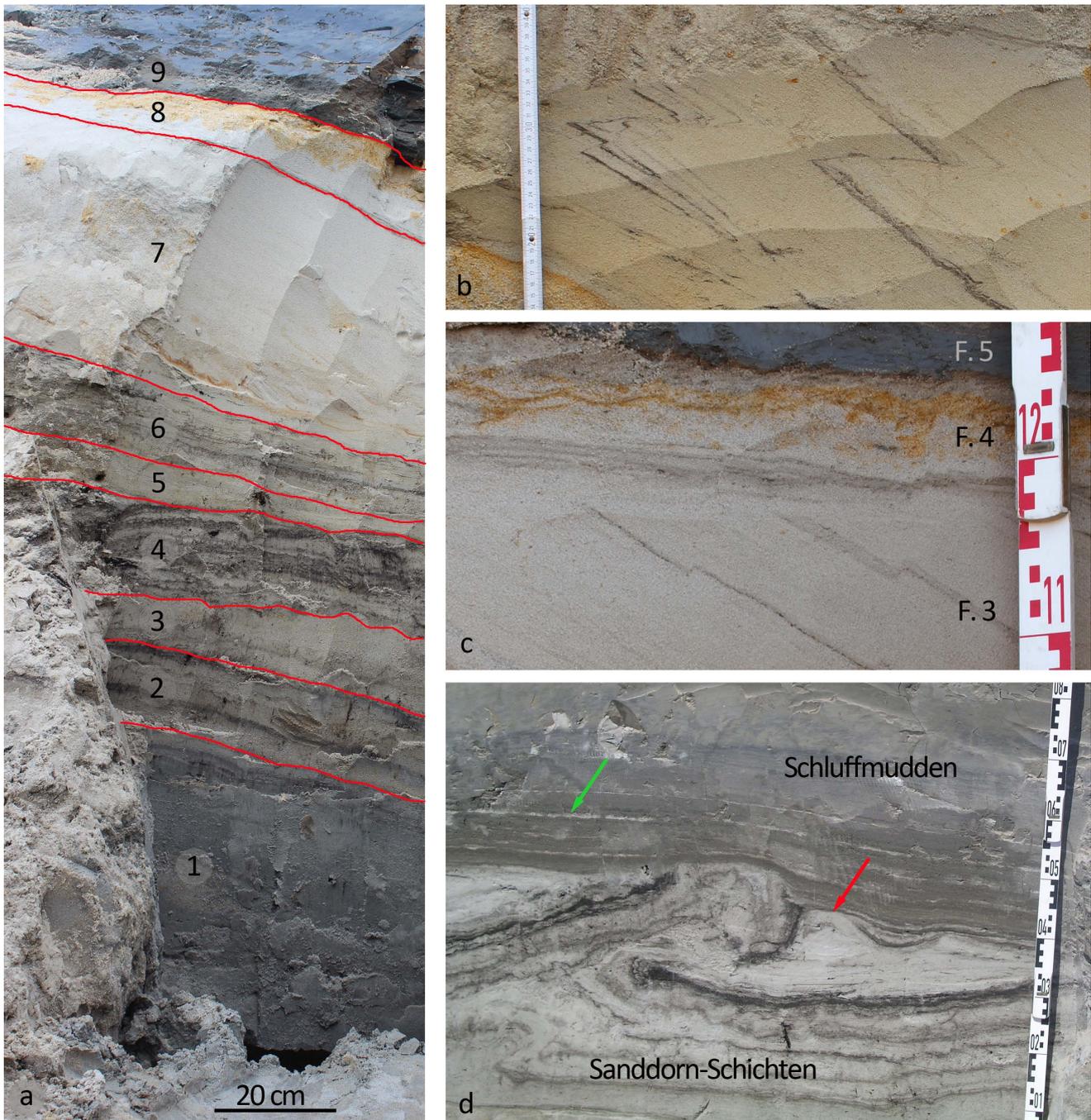


Abb. 1: a – Profilaufnahme im Nordbecken der Beckenstruktur von Jänschwalde. Das Foto zeigt die Sedimentabfolge mit der im Gelände vorgenommenen Unterteilung in neun Schichtpakete. Das Schichtpaket 1 (Faziestyp 1) zeigt, abgesehen vom Topbereich, keine Sedimentstrukturen. Die Schichtpakete 2–6 (Faziestyp 2) entsprechen den sogenannten Sanddorn-Schichten.
 b – Setzungsstörungen in den äolischen Sanden des Faziestyps 3 dokumentieren, dass sich das Becken von Jänschwalde erst nach der Ablagerung dieser Sande signifikant vertiefte.
 c – Detailaufnahme des oberen Profilabschnittes mit den schräg geschichteten Dünenanden (Faziestyp 3), den diskordant überlagernden aquatischen Sanden mit kleinskaliger Rippel-Schrägschichtung (Faziestyp 4) sowie den limnischen Schluffmudden (Faziestyp 5). Die Sande des Faziestyps 4 zeigen im oberen Bereich Rostverfärbungen, was auf schwankende Grundwasserspiegel zurückzuführen ist.
 d – Sedimentabfolge des Südbeckens (Fundplatz der Pferde-Knochen), deutlich zu erkennen ist der Hiatus (roter Pfeil) zwischen den hier kryoturpat verfalteten Sanddorn-Schichten (Faziestyp 2) und den limnischen Schluffmudden (Faziestyp 5). Dünne, helle Einschaltungen von Sanden (grüner Pfeil) sind für die Basisschichten der Schluffmudden charakteristisch.

*Fig. 1: a – Section in the northern basin of the Jaenschwalde basin structure. The picture shows the sediment succession and its subdivision into nine sediment units. With the exception of the uppermost layers, no sediment structures could be recognized within the sediment unit 1 (facies 1). The sediment units 2–6 correlate to the so-called sea buckthorn layers.
b – Faults within the aeolian sands of facies 3 document that a significant sagging of the Jaenschwalde basin first occurred after the deposition of the sands.
c – Detail photo of the upper part of the section with the cross-bedded dune sands (facies 3), the discordant overlying aquatic sands with ripple cross-lamination (facies 4), and the limnic gyttjas (facies 5). Rust stains in the upper part of the sands of facies 4 can be traced back to fluctuating groundwater tables.
d – Sediment succession of the southern basin (place of finding of the horse bones). Here, the sea buckthorn layers (facies 2) are cryoturbated. A sedimentation hiatus (red arrow) between the sea buckthorn layers and the discordant overlying limnic gyttjas (facies 5) is clearly recognizable. Pale intercalations of thin sand layers (green arrow) are characteristic of the lowermost layers of the gyttja sedimentation.*

KOSSLER in diesem Band) als auch nachfolgend pollenanalytisch untersucht (vgl. STRAHL in diesem Band: Schnitt 52, Profil vom 09.09.2014). Die Sedimentschichten zeigten, dass sie hinsichtlich Mächtigkeit und Ausbildung schon auf kurzer Distanz lateral stark variieren. Das von STRAHL in unmittelbarer Nähe aufgenommene Profil unterscheidet sich daher etwas von der hier vorgestellten Sedimentabfolge, ließ sich aber noch ohne weiteres miteinander korrelieren. Die Verstellung der Schichten (Abb. 1), die auf das post-sedimentäre Austauen der Toteisblöcke zurückzuführen ist, wird hier nicht näher berücksichtigt.

3 Methodik

Die Aufbereitung der Proben und die Analysen wurden im Labor der Fachrichtung Physische Geographie des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität (FU) Berlin durchgeführt. Für das Erfassen der Sedimenteigenschaften wurden verschiedene standardisierte und allgemein gebräuchliche Labormethoden angewandt; für detaillierte Beschreibungen der Präparations- und Untersuchungsmethoden siehe auch NÖLSCHER (2015) und VOGEL et al. (2016). Die Korngrößenanalyse (< 1,0 bis 0,04 µm; Abb. 2) wurde mit einem Beckman Coulter LS13320 PIDS („Laser Diffraction Particle Size Analyser“) durchgeführt. Zur Bestimmung der Element-Gehalte (Sr, Ca, Mg, Fe, Mn, S, P; Abb. 3) mittels eines optischen Emissionsspektrometers PE Optima 2100 DV der Fa. Perkin Elmer wurden die Sedimentproben zuvor mit Königswasser nach DIN EN 13346 (ANONYM 2001) aufgeschlossenen. Zur Bestimmung des anorganischen Kohlenstoffgehalts (TIC) kam die Kohlenstoffbestimmungsapparatur Carmograph C16 der Fa. Wösthoff zum Einsatz. Die Bestimmung des Gesamtkohlenstoffgehalts (TC) erfolgte mit einem LECO Truspec CHN + S-Add-On Elementaranalysator. Durch Messen des Gesamt- und anorganischen Kohlenstoffgehaltes konnte der organische Kohlenstoffgehalt (TOC = TC - TIC) berechnet werden (Abb. 3).

Zusätzlich wurden am Institut für Geologische Wissenschaften (Fachrichtung Paläontologie) der FU Berlin an einigen ausgewählten Proben (Faziestyp 2: Proben-Nr. 140714/14

und -/19; Faziestyp 3: Proben-Nr. 140714/27; Faziestyp 4: Proben-Nr. 140714/30) die Kornoberflächen der Sedimentpartikel mit Hilfe eines Zeiss Supra 40VP Rasterelektronenmikroskops nach VOS, VANDENBERGHE & ELSSEN (2014) auf sedimentäre Transportmarken untersucht.

Für den Vergleich einzelner Proben wurden nach TUCKER (1996) verschiedene granulometrische statistische Parameter wie Sortierung, Modalwert, Schiefe und Wölbung mit Hilfe des Programms GRADISTATv.7 (BLOTT & PYE 2001) berechnet und graphisch dargestellt (NÖLSCHER 2015). Um aus der Korngrößenverteilung auf das Ablagerungsmilieu zu schließen, wurden die Daten nach STEWART (1958) und FOLK (1966) in bivariaten Diagrammen geplottet (Abb. 4, 5). Darüber hinaus wurde nach SAHU (1964) eine lineare Diskriminanzanalyse durchgeführt und ebenfalls graphisch dargestellt (Abb. 6). Diese Methoden wurden von den vorgenannten Autoren jedoch an wenigen allgemeinen Sediment-Faziestypen wie „Fluss“, „Strand“, „Düne“, „küstennah“ und „submarine Habitate“ entwickelt. Daher lassen sich diese Ergebnisse sicherlich nicht ohne weiteres auf terrestrische Systeme übertragen und sollten mit Zurückhaltung interpretiert werden (vgl. TUCKER 1996). Dennoch lassen sich mit diesen Methoden und Darstellungen zumindest Abgrenzungen bzw. Überlagerungen von verschiedenen Sedimentationsprozessen erkennen und deutlich machen.

4 Ergebnisse der sedimentologischen und geochemischen Untersuchung und Identifikation von Faziestypen

Basierend auf den Geländebeobachtungen, den sedimentologischen und geochemischen Analysen sowie den sedimentologisch-statistischen Auswertungen der Proben (NÖLSCHER 2015) konnten fünf Sediment-Faziestypen unterschieden werden, denen die neun Schichtpakete des Profils zugeordnet wurden (Tab. 1, Abb. 3):

Faziestyp 1, Profilmeter 0 bis 0,37 m: Schichtpaket 1, Sedimentproben 140714/1 bis -/5

Der basale Abschnitt des Profils umfasst das Schichtpaket 1, welches durch blaugraue, relativ homogene und unge-

Profil vom 14.07.2014, nördliches Teilbecken der Beckenstruktur von Jänschwalde	Schichtpakete	Sedimente	Probennummern	von/bei (cm)	bis (cm)	Faziestypen	Pollenzonen nach STRAHL
	9	Schluffmudden mit dünnen Sandlagen im Basisbereich	140714/40	169	170	5	C1
			140714/39	168	169		
			140714/38	166	168		
			140714/37	164	166		
			140714/36	162	164		
			140714/35	160	162		
	8	Fein- bis Mittelsand, kleinskalige Schrägschichtung	140714/33	155	158	4	B4
			140714/32	152	155		
			140714/31	149	152		
140714/30			146	149			
7	Fein- bis Mittelsande mit Schrägschichtung	140714/29	143	145	3	B3	
		140714/28	135	138			
		140714/27	125	128			
		140714/26	115	118			
		140714/25	105	108			
6	Fein- bis Mittelsande, +/- horizontale Schichtung, wenig Organik	140714/24	104,5	105	2	B2	
		140714/23	96				
		140714/22	92				
		140714/21	90				
5	Fein- bis Mittelsande, +/- horizontale Schichtung, sehr wenig Organik	140714/20	86	88	1	A	
		140714/19	84	86			
		140714/18	82	84			
4	Fein- bis Mittelsande, +/-horizontale Schichtung, viele organikreiche Lagen	140714/17	78	82	1	A	
		140714/16	75	78			
		140714/15	72	75			
		140714/14	69	72			
3	Fein- bis Mittelsande, +/-horizontale Schichtung, wenig Organik	140714/13	66	69	1	A	
		140714/12	61	64			
		140714/11	57	60			
		140714/10	54	56			
2	Fein- bis Mittelsande, +/-horizontale Schichtung, organikreiche Lagen	140714/09	51	54	1	A	
		140714/08	44	45			
		140714/07	43	44			
		140714/06	40	43			
1	Fein- bis Mittelsande, strukturlos, dünne organikreiche Lagen am Top	140714/05	32	35	1	A	
		140714/04	25	28			
		140714/03	18	21			
		140714/02	10	13			
		140714/01	3	6			

Tab. 1: Übersicht der Proben sowie Zuordnung zu Schichtpaketen und Faziestypen (modifiziert nach NÖLSCHER 2015, Abb. 8 und STRAHL in diesem Band). Gelb markiert ist der Profilschnitt, der mit der Fundschicht der Neandertaler-Artefakte korreliert. Die sich deutlich von den unterlagernden Sanden abgrenzenden limnischen Schluffmudden sind hier grün hinterlegt.

Tab. 1: Sample numbers, sediment units, facies, and pollen zones (table modified according to NÖLSCHER 2015, fig. 8 and STRAHL, in this volume). The part of the section that stratigraphically correlates with the sediments, which have yielded the Neanderthal stone artefacts, is marked in yellow. The limnic gyttja sediments which differ distinctly from the underlying sands are marked in green.

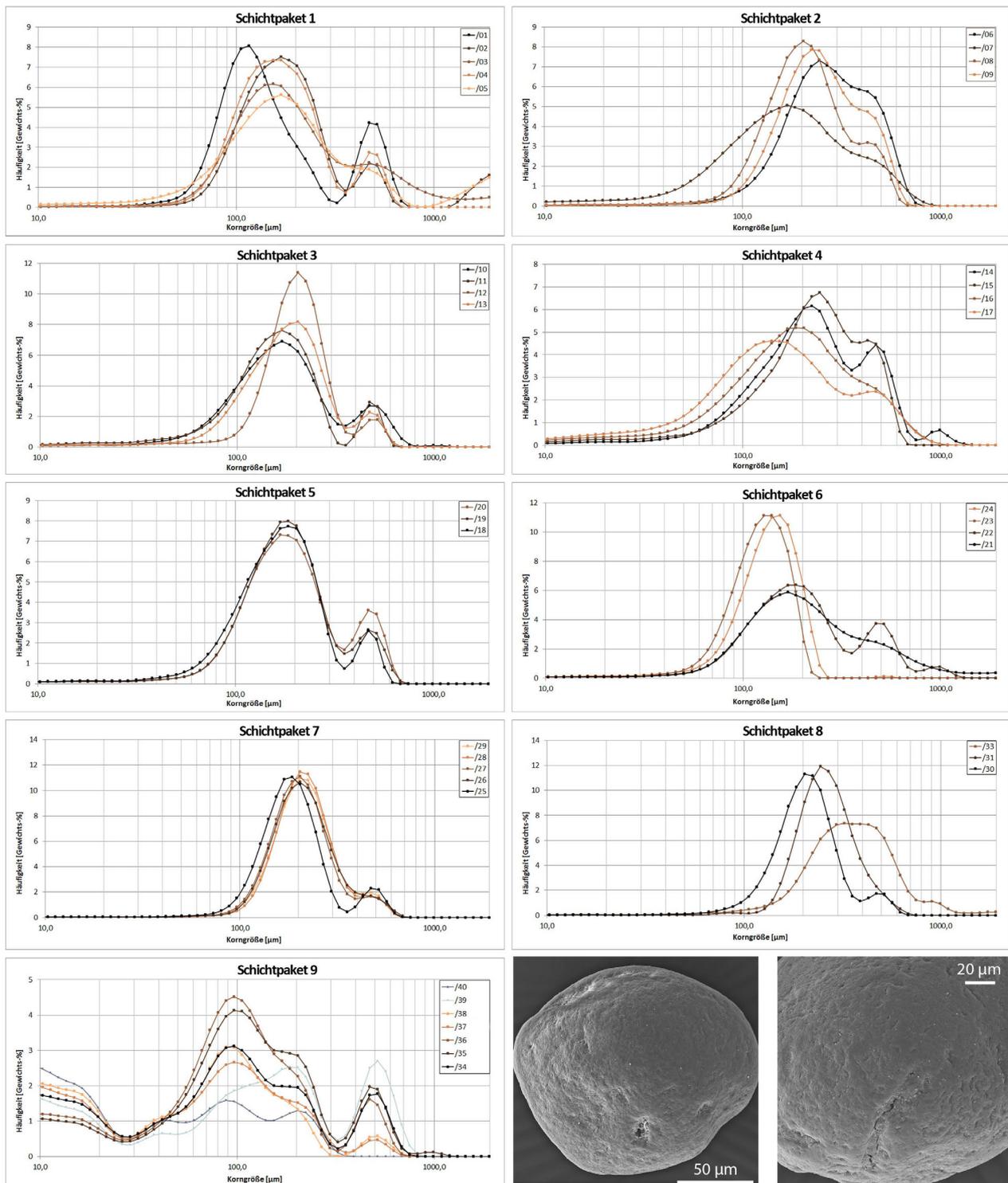


Abb. 2: Kornverteilungskurven der untersuchten 40 Sedimentproben aus den 9 Schichtpaketen. Der Feinsandanteil ist für die Schichtpakete 1 bis 8, die hauptsächlich auf äolische Sedimentationsprozesse zurückzuführen sind, dominierend. Rechts unten REM-Aufnahmen von äolisch überprägten Sandkörnern mit den charakteristischen glatten und abgerundeten Oberflächen: Linkes Korn = Probennummer 140714/30, Schichtpaket 8, Faziestyp 4; rechtes Korn = Probennummer 140714/14, Schichtpaket 4, Faziestyp 2. Alle Abbildungen leicht modifiziert aus NÖLSCHER (2015).

Fig. 2: Grain size distribution curves of the 40 analyzed sediment samples from the 9 sediment units. The sediment units 1–8, which can mainly be traced back to aeolian sedimentation processes, show a high content of fine sand. SEM-images (down right) of aeolian-transported sand grains show the characteristically smooth and rounded surfaces: left grain = sample number 140714/39, sediment unit 8, facies 4; right grain = sample number 140714/14, sediment unit 4, facies 2. All figures slightly modified from NÖLSCHER (2015).

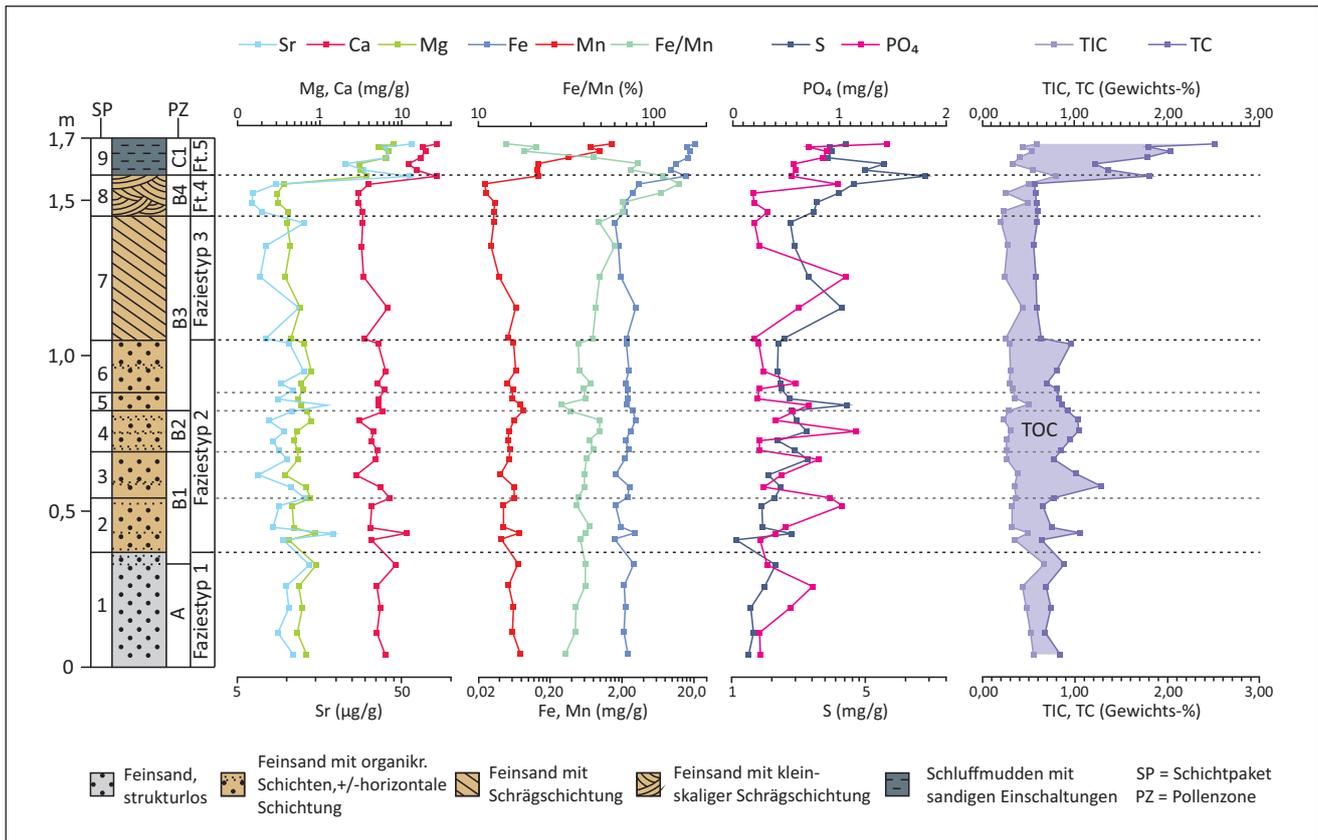


Abb. 3: Schematische Profildarstellung mit der Zuordnung von Schichtpaketen (SP), Pollenzonen (PZ) und Faziestypen sowie den Ergebnissen der Element- und Kohlenstoffanalyse. Abbildung modifiziert aus NÖLSCHER (2015).

Fig. 3: Schematic drawing of the studied section illustrates sediment units (SP), facies, pollen zones (PZ) as well as the results of the element- and the carbon analysis. Figure modified from NÖLSCHER (2015).

schichtete Sande charakterisiert ist (Abb. 1). Sehr dünne, schwach organikreiche Lagen sind nur im Topbereich zu beobachten. Abgesehen von diesen Lagen und vereinzelt postsedimentären Durchwurzungen im Topbereich der Sedimenteinheit, treten keine weiteren Sedimentstrukturen auf.

Nach der Korngrößenanalyse handelt es sich um mäßig bis schlecht sortierte, überwiegend bimodale Feinsande (Abb. 2). Sowohl bei den bivariaten Diagrammen als auch bei der linearen Diskriminanzanalyse weisen die Werte der Proben untereinander eine deutliche Streuung auf (Abb. 4, 5, 6). Die geochemischen Element-Analysen zeigen bei den Gehalten an Sr, Ca, Mg, Fe, Mn und S sehr niedrige Werte und eine recht konstante Verteilung an. Abweichend weist nur der PO_4 -Gehalt Schwankungen auf. Der TOC-Gehalt der gesamten Schicht liegt unter 0,3 % und auch die TIC-Gehalte mit 0,45–0,7 % sind ebenfalls sehr niedrig (Abb. 3).

Faziestyp 2, Profilmeter 0,37 bis 1,05 m: Schichtpakete 2 bis 6, Proben 140714/6 bis -/24

Dieser Profilabschnitt umfasst die Sedimente der Schichtpakete 2 bis 6, die den sogenannten Sanddorn-Schichten entsprechen (Abb. 1). Den bräunlichen Sanden, die eine

unregelmäßig-wellige, mehr oder weniger horizontale Parallelschichtung aufweisen, sind nun wiederholt dünne, dunkelbraune organikreiche Lagen mit Mächtigkeiten von wenigen mm bis zu 1–2 cm zwischengeschaltet. Das Schichtpaket 2 und insbesondere das Schichtpaket 4 sind durch eine dichtere Wechsellagerung von sandigen und organikreichen Lagen gekennzeichnet. Besonders auffällig sind die häufig auftretenden Wurzelreste, die eine starke Durchwurzlung der Sedimente dokumentieren und welche für die Sanddorn-Schichten charakteristisch sind.

Nach der Korngrößenanalyse handelt es sich größtenteils um mäßig bis schlecht sortierte, uni- bis bimodale Feinsande, abweichend davon liegt nur im Topbereich des Schichtpakets 6 (Probe 140714/23 und -/24) eine mäßig gute Sortierung vor (Abb. 2, 4). Bei der Betrachtung mit dem REM konnten bei ausgewählten Sedimentkörnern sowohl durch glazigene, (glazio)fluviatile als auch durch äolische Prozesse entstandene Marken auf den Kornoberflächen beobachtet werden. Wie beim Faziestyp 1, sind die Gehalte an Sr, Ca, Mg, Fe, Mn und S ähnlich niedrig (Abb. 3). Der TOC-Gehalt ist mit bis 1,3 % deutlich höher als beim Faziestyp 1 und beim PO_4 -Gehalt zeigen sich variable Werte. Der TIC-Gehalt zeigt die niedrigsten Werte des gesamten Profils (< 0,3 %).

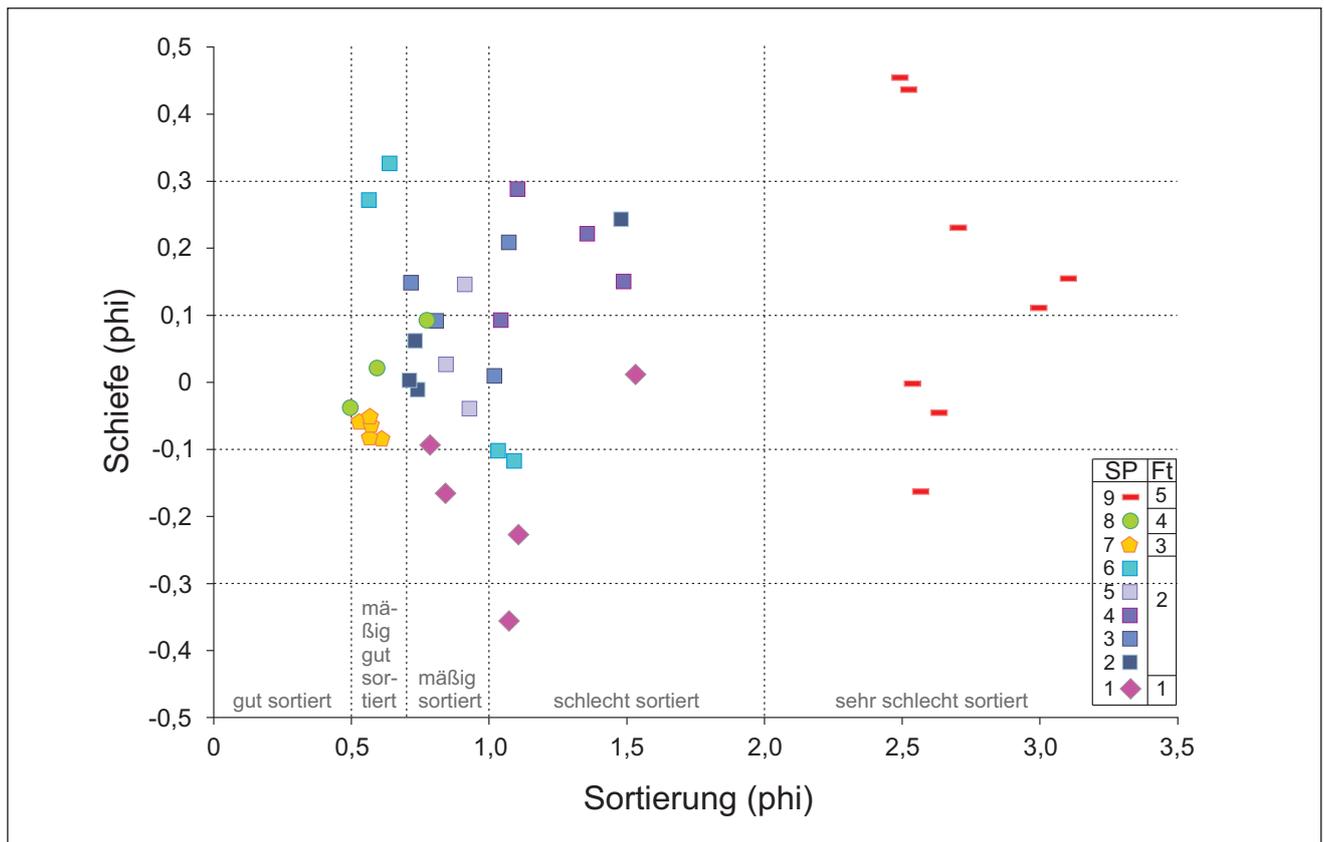


Abb. 4: Bivariate Darstellung der statistischen Sedimentparameter Sortierung und Schiefe nach FOLK (1966). Gestrichelte vertikale Linien unterteilen den Sortierungsgrad von „gut sortiert“ bis „sehr schlecht sortiert“. Gestrichelte horizontale Linien grenzen die Bereiche der Schiefe von „sehr rechts schief“ (unten) bis „sehr links schief“ (oben) ab. Die Proben der Faziestypen 1–4 zeigen untereinander eine weite Streuung auf, was auf unterschiedliche Sedimentationsbedingungen hinweist. Die Proben des Faziestyps 3 (Schichtpaket 7) plotten jedoch recht dicht beieinander und dokumentieren somit recht einheitliche Ablagerungsbedingungen. Deutlich zu erkennen ist, dass sich die limnischen Sedimente des Faziestyps 5 merklich von den äolisch geprägten Faziestypen absetzen. Abbildung leicht modifiziert aus NÖLSCHER (2015). SP = Schichtpaket, Ft = Faziestyp

Fig. 4: Bivariate presentation of the statistic sediment parameters of sorting and skewness according to FOLK (1966). Dashed vertical lines classify the order of sorting from "well sorted" to "very poorly sorted". Dashed horizontal lines give information about the skewness from "very right skewed" (down) to "very left-skewed" (top). The samples of the facies 1–4 can neither be clearly differentiated from each other nor distinctly classified, which most probably reflects changeable sedimentation conditions. Only the samples of the facies 3 (sediment unit 7) plot close to each other, which documents quite stable sedimentary conditions. The limnic sediments of facies 5 are clearly separated from the aeolian sands of the other facies. Figure modified from NÖLSCHER (2015). SP = strata, Ft = facies

Faziestyp 3, Profilmeter 1,05 m bis 1,46 m: Schichtpaket 7, Proben 140714/25 bis -/29

Die Sedimentabfolge dieses Profilabschnitts ist durch hellbraune, schräggeschichtete Feinsande (Abb. 1) charakterisiert. Vereinzelt weisen einzelne Schrägschichtungsblätter einen höheren Gehalt an organischem Material auf. Auffällig sind postsedimentäre Deformationen durch Setzungsbrüche.

Nach der Korngrößenanalyse handelt es sich um mäßig gut sortierte, uni- bis bimodale Feinsande (Abb. 2, 4), die fast identische Korngrößenverteilungskurven aufweisen. Bei der Betrachtung mit dem REM war bei den ausgewählten Sedimentpartikeln eine deutliche Dominanz von gut gerundeten Körnern mit sehr glatten Kornoberflächen und

charakteristischen äolischen Marken zu beobachten. Die Element-Gehalte von Sr, Ca, Mg, Fe, Mn, S und PO_4 weisen weiterhin sehr niedrige Werte auf, was auch auf den TOC- und TIC Gehalt zutrifft (Abb. 3).

Faziestyp 4, Profilmeter 1,46 m bis 1,58 m: Schichtpaket 8, Proben 140714/30 bis -/33

Dieser Profilabschnitt zeichnet sich durch kleinräumig schräggeschichtete hellbraune Sande aus, die mit diskordantem Kontakt die Sedimente des Faziestyps 3 überlagern. Der obere Bereich dieser Sedimenteinheit weist deutliche Verfärbungen von Rost- bzw. Oxidationsflecken sowie eine Abnahme der Korngrößen auf (Abb. 1, 2). Auch hier sind postsedimentäre Deformationen durch Setzungsbrüche zu beobachten.

Nach der Korngrößenanalyse handelt es sich um mäßig gut (Probe -/30), gut (Probe -/31) sowie mäßig sortierte (Probe -/33), uni- bis bimodale Fein- bis Mittelsande. Generell ist eine Zunahme der Korngröße zum Top zu beobachten (Abb. 2, 4). Bei der Betrachtung mit dem REM waren bei den ausgewählten Sedimentkörnern sowohl durch glazigene, (glazio)fluviale als auch durch äolische Prozesse entstandene Marken auf den Kornoberflächen zu sehen. Die geochemische Analyse weist nach wie vor niedrige Elementgehalte auf, zum Top des Schichtpaketes und nahe des Übergangs zum Schichtpaket 9 (Faziestyp 5) ist ein deutlicher Anstieg der Fe-, S- und PO_4 -Gehalte zu beobachten (Abb. 3). Auffällig ist auch der stetige Anstieg des Fe/Mn-Verhältnisses zum Topbereich, das hier die höchsten Werte der gesamten Sedimentabfolge erreicht. Sowohl TOC- als auch TIC-Gehalt ähneln denen des Faziestyp 3.

Faziestyp 5, Profilmeter 1,58 m bis 1,70 m: Schichtpaket 9, Proben 140714/34 bis -/40

Der oberste Abschnitt des Profils unterscheidet sich deutlich von den unterlagernden Sanden. Mit scharfem Kontakt setzt eine dunkelgraue, organikreiche Schluffmudde ein (Abb. 1), der zunächst noch im Basisbereich sandige Schüttungen im mm-Bereich zwischengeschaltet sind, die jedoch zum Top dieser Einheit nicht mehr zu beobachten sind.

Nach der Korngrößenanalyse handelt es sich um sehr schlecht sortierte, tri- bis polymodale tonige Silte bzw. Schluffmudden (vgl. HINZE et al. 1989), bei den sandigen Einschaltungen um sehr schlecht sortierte, trimodale Feinsande (Abb. 2). Mit dem Einsetzen der Schluffmudden ist generell ein starker Anstieg der Elementgehalte zu verzeichnen (Abb. 3), welcher durch die sandigen Einschaltungen unterbrochen wird. Dennoch sind auch in diesen Bereichen die Gehalte von Sr, Ca, Mg, Fe, Mn, S und PO_4 deutlich höher als bei den unterlagernden Sanden. Einzig das Fe/Mn-Verhältnis nimmt zum Top dieser Sedimenteinheit immer stärker ab und weist auch für die gesamte Sedimentationsabfolge die niedrigsten Werte auf, was durch den stärker ansteigenden Mn-Gehalt begründet ist. Der TC-Gehalt zeigt mit Werten bis zu 2,5 % ebenfalls einen sehr deutlichen Anstieg, was vor allem an einem starken Anstieg des TOC-Gehalts liegt (Abb. 3).

5 Diskussion und Interpretation der spätsaalezeitlichen Sedimente

5.1 Faziestyp 1

Die stratigraphisch zwischen den Bänderschluften und den Sanddorn-Schichten liegenden 3 bis 4 m mächtigen, fossilereen Sande (KOSSLER 2014, Beiträge KÜHNER und KOSSLER in diesem Band), deren Topbereich im hier untersuchten Profil noch erfasst ist (= Schichtpaket 1, Faziestyp 1), zeichnen sich im Südbecken durch eine überwiegend primär horizontale bzw. flachwinkelige Schichtung aus. Davon abweichend, liegen im hier untersuchten Profil des Nordbeckens fast strukturelose Feinsande vor. Wie im Südbecken, sind die Sedimen-

te, bis auf eine Ausnahme, durch das Fehlen von synsedimentären Makrofossilresten und durch eine extreme Pollenarmut gekennzeichnet (vgl. die Beiträge von KOSSLER und STRAHL in diesem Band), was anzeigt, dass sie noch unter arktischen, lebensfeindlichen Klimabedingungen abgelagert wurden. Nach neueren Untersuchungen fällt die Ablagerung der Sedimente vorwiegend in die Zeit der PZ A (Waldlose Zeit), welches noch dem ausgehenden Saale-Hochglazial bzw. Saale-Pleniglazial entspricht (vgl. STRAHL in diesem Band). Nur der Topbereich, der dünne organische Lagen aufweist, datiert nach STRAHL schon in den ältesten Abschnitt der PZ B (= Subzone B1) des Saale-Spätglazials (Tab. 1, Abb. 3).

Eine sehr geringe biogene Produktivität wird ebenfalls durch die sehr niedrigen organischen Kohlenstoffgehalte bestätigt (Abb. 3). Die vereinzelt beobachteten Wurzelreste stammen von tiefreichenden Wurzeln der Vegetation der überlagernden jüngeren Sanddorn-Schichten und sind somit postsedimentär. Die etwas stärkeren Schwankungen des PO_4 -Gehalts lassen sich eventuell auf diese Wurzelreste oder auf umgelagertes Pflanzenmaterial zurückführen. Hierbei kommen kleinste, aufgearbeitete Holzpartikel aus älteren quartären Ablagerungen bzw. aus den miozänen Braunkohlen (KOSSLER 2014) in Frage. Die niedrigen Ca-Gehalte sind auf detritische Karbonate wie umgelagerte kreidezeitliche Sedimentpartikel und Organismenreste zurückzuführen, die ebenfalls bei der Durchsicht der Sedimente unter dem Stereomikroskop nachgewiesen wurden. Die schon bei der Profilaufnahme beobachtete leichte Zunahme an organischem Material im Topbereich des Schichtpaketes 1 zeigt sich auch in den leicht erhöhten Werten der TOC-Analysen. Dies lässt sich mit einer ersten leichten Klimaerwärmung korrelieren, welche sich in der biogenen Produktivität niederschlägt und die beginnende Klimaerwärmung des Saale-Spätglazials anzeigt, wie es auch pollenanalytisch nachgewiesen wurde (vgl. STRAHL in diesem Band). Die statistischen Werte zu den Korngrößen der Proben weisen in den graphischen Darstellungen (Abb. 4, 5 und 6) zwar eine Streuung auf, dennoch zeigen die relativ homogene Ausbildung der Sedimente, das weitestgehende Fehlen von Sedimentstrukturen und die einheitlichen geochemischen Werte einen gleichartigen Sedimentationsprozess für die Sedimente dieses Faziestyps auf. Von einer Zuordnung zu einer fluvialen Fazies (vgl. KÜHNER 2014 und in diesem Band) wird hier abgesehen, da charakteristische fluviale Sedimentstrukturen, wie z. B. Rinnen mit Schrägschichtungskörpern, Erosions- bzw. Akkumulationsterrassen etc., fehlen. Bioturbationen, welche für die Durchmischung und somit für die Zerstörung primärer Sedimentstrukturen verantwortlich sein könnten, werden hier aufgrund der oben genannten lebensfeindlichen Klimabedingungen ebenfalls ausgeschlossen. Daher kommen für diese strukturlosen Sande eher niveo-äolische Sedimentationsprozesse in Frage, die für kalte Klimazonen durchaus charakteristisch sind (u. a. KOSTER 1988, KOSTER & DIJKMANS 1988, PYE & TSOAR 2009). Bei niveo-äolischen Ablagerungen handelt es sich um windverdriftete Mischungen aus Schnee- und Sedimentpartikeln, die überwiegend flächenhaft sedimen-

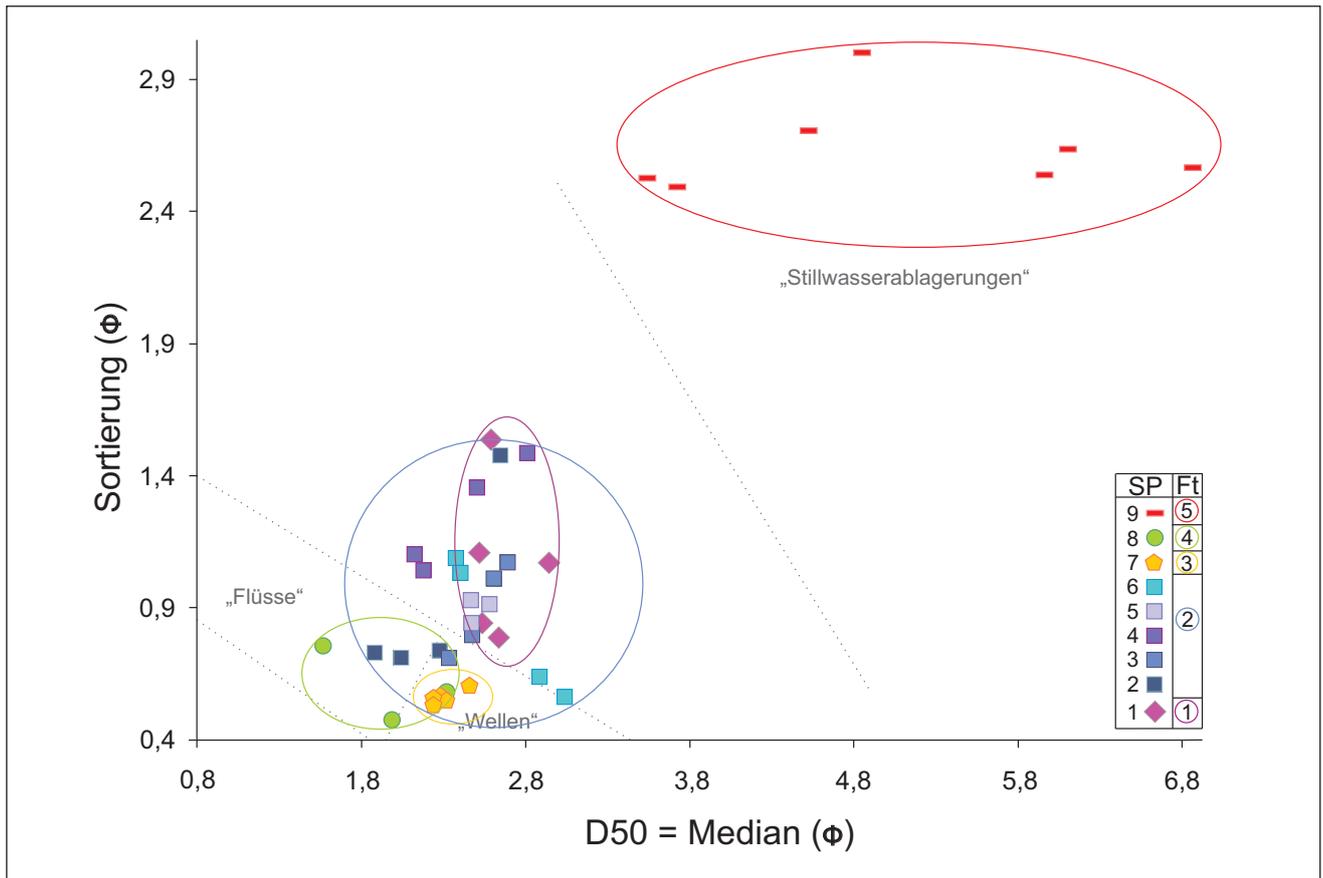


Abb. 5: Bivariate Darstellung der statistischen Sedimentparameter von Sortierung und Median nach STEWART (1958). Die von STEWART (1958) ermittelten Einteilungen zu bestimmten Ablagerungsprozessen sind in Anführungsstriche gesetzt. Die limnischen Schluffmudden (Faziestyp 5), die sich hier auch deutlich von den anderen Faziestypen 1–4 absetzen, plotten im Bereich „Stillwasserablagerungen“, was auch der Interpretation der vorliegenden Studie entspricht. Dagegen lassen sich die Sedimente der Faziestypen 1–4 nicht mit den Einteilungen von STEWART (1958) in Einklang bringen, was die Problematik der Anwendung dieser Methodik bei terrestrischen bzw. kontinentalen Sedimenten verdeutlicht. Trotzdem lassen sich gewisse Abgrenzungen bzw. Überlagerungen von Ablagerungsprozessen erkennen. So plotten die Proben des Schichtpakets 7 (Faziestyp 3) im Gegensatz zu den Proben der Faziestypen 1, 2 und 4 auch hier relativ dicht beieinander, was wieder für einen recht einheitlichen Sedimentationsprozess während der Ablagerung des Schichtpakets 7 spricht. Abbildung leicht modifiziert aus NÖLSCHER (2015, Abb. 9). SP = Schichtpaket, Ft = Faziestyp

Fig. 5: Bivariate presentation of the statistic sediment parameters of sorting and median according to STEWART (1958). Certain sedimentation environments were calculated by STEWART (1958), which are here given in quotation marks. The limnic gyttja (facies 5) corresponds well to the classification of the still water sediments. In contrast, the sediments of facies 1–4 are inconsistent with STEWART's classification. This illustrates clearly the limitation of this method, if it is applied to terrestrial and continental sediments respectively. However, the method allows for recognizing certain distinctions and overlaps of sedimentation processes. In contrast to facies 1, 2, 4, the samples of the sediment unit 7 (facies 3) plot close to each other, which again give evidence that the sediment unit 7 was deposited under quite uniform sedimentary conditions. Figure modified from NÖLSCHER (2015). SP = strata, Ft = facies

tiert werden. Nach KOSTER (1988), DIJKMANS (1990) und MCKENNA NEUMANN (1990) kommt es vor allem unter trockenen, (sub)arktischen Wetter- und/oder Klimaverhältnissen, wenn nur eine geringe Schneebedeckung vorliegt, zu niveo-äolischen Ablagerungen. Häufig zu beobachten ist die Bildung solcher Ablagerungen auch im Spätherbst bzw. zu Beginn des Winters, wenn die Schneedecke ebenfalls noch unzureichend ausgebildet ist. Bei exponierten Oberflächen verschwindet dann durch Sublimation und Evaporation das

oberflächennahe gefrorene Porenwasser, welches die obersten Sedimentschichten vor Abtragung schützen würde. Dadurch liegen die Sedimente selbst in den kalten Monaten bis zu einer Tiefe von 10–20 cm als Lockersediment vor (DIJKMANS 1990, MOUNTNEY & RUSSELL 2004) und können somit während der starken Herbst- und Winterstürme äolisch verlagert werden. Als Liefergebiete würden hier u. a. die nördlich gelegenen saalezeitlichen Sanderflächen und glaziofluviatilen Schwemmebenen in Frage kommen, die

sicherlich dem zurückweichenden Saale-Inlandeis vorge-lagert waren. Niveo-äolische Sedimente sind zwar primär durch eine mehr oder weniger horizontale Schichtung charakterisiert, beim Abschmelzen im Frühjahr kommt es aber neben Deformationsstrukturen (KOSTER & DIJKMANS 1988, PYE & TSOAR 2009) auch häufig zur Homogenisierung der Sedimente und zum Verlust der ursprünglichen Schichtung (BROOKFIELD 2011, VANDENBERGHE 2011), wodurch letztendlich entschichtete Sande vorliegen. Während die zeitgleichen Sande im Südbecken hinsichtlich ihrer Korngrößen und Sedimentstrukturen als äolische Decksande („cover sands“, vgl. RUEGG 1983, FRENCH 2011, SITZIA et al. 2015) interpretiert werden können, handelt es sich bei den Sanden des Faziestyps 1 höchstwahrscheinlich um niveo-äolische Ablagerungen, die hier lokal sedimentiert wurden. Abhängig von den meteorologischen Bedingungen, können sich niveo-äolische Sedimente in kalten Klimaten überall bilden, wobei sie häufig mit äolischen Decksanden vergesellschaftet sind (DIJKMANS 1990).

5.2 Faziestyp 2

Die Sedimente des Faziestyps 2, die den sogenannten Sanddorn-Schichten entsprechen, zeigen ein wesentlich komplexeres Bild im Vergleich zum Faziestyp 1. Nach den Ergebnissen von KÜHNER et al. (2008) und KOSSLER (2014) spiegelt sich in diesen Sedimenten nun deutlich die Klimaerwärmung des Saale-Spätglazials wider (vgl. auch die Beiträge von KOSSLER und STRAHL in diesem Band). Neben etlichen zwischengeschalteten organikreichen Lagen wird dieses vor allem auch durch die Präsenz von synsedimentären botanischen Makroresten und deutlich höheren Pollengehalten aufgezeigt. Die Sedimente des Faziestyps 2 werden der frühen PZ B (Subzonen B1 und B2) zugeordnet, nur der Topbereich fällt schon in die obere Subzone B3 (Abb. 3; vgl. STRAHL in diesem Band). Die Analyse der Pflanzenreste belegt, dass sich hinsichtlich der botanischen Makroreste (KOSSLER 2014 sowie in diesem Band) und der Polleninhalte vor allem die Schichten des Schichtpakets 4 (PZ B2; vgl. STRAHL in diesem Band), mit der Fundschicht der Pferde-Knochen und der Artefakte des Neandertalers im Südbecken korrelieren lassen (BÖNISCH & SCHNEIDER in diesem Band).

Die unter dem REM beobachteten glazigenen, (glazio)fluviatilen und äolischen Marken auf den Kornoberflächen (NÖLSCHER 2015) deuten auf die Aufarbeitung glazigener/ (glazio)fluviatiler Ablagerungen und belegen darüber hinaus erneut einen äolischen Sedimenteintrag. Besonders deutlich wird dieser Trend im Topbereich des Schichtpakets 6, wo die Sedimente (Proben 140714/23 und -/24) eine mäßig gute Sortierung aufweisen (Abb. 4). Vermutlich ist nicht nur der Topbereich dieses Profilabschnitts, sondern auch der gesamte Profilabschnitt hauptsächlich durch äolischen Sedimenteintrag geprägt, was aus dem Fehlen von fluviatilen Sedimentstrukturen gefolgert werden kann. Die hier vorliegenden, hinsichtlich der Sortierung und des Rundungsgrads der Sedimentkörner weniger reifen Sedimente sind für äoli-

sche Sedimente kalter Klimazonen durchaus charakteristisch (BROOKFIELD 2011). Generell wird der äolische Sedimenteintrag in kälteren Klimaten häufig unterschätzt, dabei sind nach MCKENNA NEUMANN (2003, 2004) in Kältewüsten die Sandtransportraten bei vergleichbaren Windgeschwindigkeiten bis zu 70 % höher als in Wüsten warmer Klimazonen. Vergleichbare äolische Ablagerungen, die wie die vorliegenden Sande des Faziestyps 2 durch bimodale, mehr oder weniger horizontal bis flachwinklig geschichtete Sande mit unregelmäßig-welligen Schichtflächen charakterisiert sind, werden u. a. von KOCUREK & HAVHOLM (1993), MOUNTNEY & RUSSELL (2004) und SITZIA et al. (2015) als „wet sandsheets“ und „interdune deposits“ beschrieben, die in vom Grundwasser kontrollierten Sedimentationsräumen zur Ablagerung kommen. Es liegt daher nahe, dass auch hier die Ablagerungen des Faziestyps 2 solch feuchten Flugsanddecken („wet sandsheets“) zugeordnet werden können. Diese zeichnen sich durch eine flächenhafte Ablagerung mit durch Rippeln geprägten Oberflächen aus. Durch Adhäsionskräfte wird dabei u. a. die Anlagerung von Sedimentpartikeln begünstigt. Von einem oberflächennahen Grundwasserspiegel zur Zeit der Sanddorn-Schichten kann insofern ausgegangen werden, da durch den noch vorhandenen Permafrost im tiefen Untergrund, Niederschläge und Schmelzwässer nicht in die Tiefe versickern konnten. Die hier ebenfalls nachgewiesenen Sanddorn-, Weiden- und Birken-Sträucher besiedelten vermutlich trockenere Standorte wie Nebkas bzw. Rippenkämme von Megarippen und fungierten ebenfalls als Sedimentfänger, wobei es eventuell auch zur Ausbildung von kleinen Kupstendünen kam (DIJKMANS 1990). Generell zeichnen sich die Sanddorn-Schichten durch ein sehr unruhiges Relief mit kleinen flachen morphologischen Erhöhungen aus. Schon in KOSSLER (2014) wurde der Ablagerungsraum zur Zeit der PZ B als flache Niederungssenke interpretiert, die durch trockene, aber auch feuchte bzw. vernässte Standorte charakterisiert war, was u. a. auch durch den paläontologischen Befund gestützt wird. Nicht nur Pflanzen feuchter Standorte konnten nachgewiesen werden, auch die Nachweise echter Wasserpflanzen waren eindeutige Belege, dass es hier in den Senkenbereichen zur Etablierung flacher Gewässer kam. Die sedimentologischen Daten zeigen nun auf, dass in der noch flachen Beckenstruktur von Jänschwalde vor allem äolische Sedimenteinträge eine sehr große Rolle spielten. Somit erklären sich auch die außergewöhnlich hohen Pollenwerte des Sanddorns (STRAHL in diesem Band), der als Pionierpflanze unkonsolidierte kalkhaltige Sandböden bevorzugt und auch heutzutage in Deutschland seine natürliche Verbreitung u. a. in den Küstendünengebieten der Ostsee hat (ROTHMALER 2002). Sowohl die paläontologischen Auswertungen (vgl. die Beiträge von KOSSLER und STRAHL in diesem Band) als auch die sedimentologischen Daten weisen für die Sanddorn-Schichten auf nicht konstante Ablagerungsbedingungen hin. Besonders deutlich wird dies durch die Wechsellagerung von Schichtpaketen, die Lagen von Rohböden bzw. semi-lakustrinen Ablagerungen mit Anreicherungen von Pflanzenmaterial aufweisen (z. B. Schichtpakete 2 und 4) mit Schichtpaketen (Schichtpakete 3, 5, 6),

die stärker sandig ausgebildet sind. Die Ergebnisse der Sedimentanalyse zeigen ebenfalls eine Kombination bzw. Überlagerung verschiedener Sedimentationsprozesse auf, was auch durch die Verteilung der Proben in den bivariaten Darstellungen (Abb. 4 bis 6) angezeigt wird, in denen die Proben weite Bereiche abdecken. Auffällig sind nun auch die variableren Element- und Kohlenstoff-Werte (Abb. 3), die ebenfalls auf wechselnde Sedimentationsbedingungen hinweisen. Ansteigende Werte sind dabei vor allem durch die organikreicheren Lagen begründet. Die Wechsel im Sedimentationsgeschehen haben sicherlich saisonale Ursachen (z. B. Änderungen der Windrichtung und -stärke, Vegetationsperiode etc.), sind aber auch auf instabile klimatische Verhältnisse mit kurzfristigen Klimaschwankungen zurückzuführen. Nach den hier gewonnenen neuen Erkenntnissen wird die PZ B des Saale-Spätglazials nun in vier Subzonen unterteilt (PZ B1 bis B4; vgl. STRAHL in diesem Band), die deutliche Wechsel im Klimageschehen dokumentieren. Der hier betrachtete Faziestyp 2 lässt sich vor allem den PZ B1 und B2 zuordnen (Abb. 3), wobei letztere durch allgemein günstigere klimatische Bedingungen charakterisiert ist. Dieses wird nicht nur durch die Maximalausbreitung des Sanddorns (vgl. STRAHL in diesem Band) und durch die verstärkte Ausbildung von Rohböden bzw. Akkumulation von Pflanzenmaterial sowie semi-lakustrinen Ablagerungen (z. B. Schichtpaket 4) angezeigt, sondern auch durch die aus diesem Zeitraum belegte Nachweise des Neandertalers (vgl. zusef. BÖNISCH & SCHNEIDER in diesem Band). Kühlere und trockenere Bedingungen als die hier angenommenen führten danach wieder zur Vegetationsöffnung und folglich zur stärkeren äolischen Umlagerung von Sedimentmaterial und zum Eintrag sandiger Einschaltungen, wie es auch durch die niedrigere Element- und TOC-Werte angezeigt wird (Abb. 3). Die Rolle der Vegetation spielt dabei eine große Rolle, da ein effektiver äolischer Sandtransport erst bei einer Vegetationsbedeckung von weniger als 45 % der Fläche stattfinden kann (WASSON & NANNINGA 1986, SITZIA et al. 2015). Da im Saale-Spätglazial noch von einer sehr offenen Vegetation ausgegangen werden kann (STRAHL in diesem Band), dürfte sich ein Rückgang der Vegetation auch deutlich in einem Anstieg der äolischen Sedimentationsrate widerspiegeln. Dieses wird, wie auch schon weiter oben diskutiert, vor allem im Topbereich dieses Profilabschnittes (Schichtpakete 5 und 6) angezeigt (Abb. 1 und 3), der auch schon zu den überlagernden Sedimenten des Faziestyps 3 überleitet. Hier spiegelt sich nun eine zunehmende Abkühlung wider, die in die PZ B3 datiert (siehe Diskussion unter 5.3 sowie die Beiträge von KOSSLER und STRAHL in diesem Band). Die Proben des Schichtpaketes 6 plotten in den Abbildungen 4 bis 6 (türkisfarbene Quadrate) in zwei deutlich voneinander abgrenzbaren Bereichen, so dass von einem deutlichen Wechsel der Sedimentationsbedingungen während der unteren PZ B3 auszugehen ist. Insbesondere die jüngsten Proben des Schichtpaketes 6 (Probennummern 140714/23 und -/24) weisen wie die Proben des nächstfolgenden Faziestyps eine mäßig gute Sortierung auf (Abb. 4) und zeigen somit Verhältnisse an, die zu den äolischen Sedimentationsbedingun-

gen des Faziestyps 3 überleiten. Auffällig sind auch grobklastische, schräggeschichtete Einschaltungen, die im Profil nicht erfasst wurden, die sich aber, wenn man die Schichtenfolge des Schichtpakets 6 im Aufschluss lateral verfolgte, quasi im „Topbereich dieses Profilabschnitts“ beobachten ließen (vgl. Abb. 3 und 8 zum Profil des Schnitts 52 im Beitrag STRAHL in diesem Band). Grobklastische, äolische Ablagerungen sind in sehr kalten Regionen keinesfalls selten und könnten Belege für Zibars bzw. auch kiesige Megarippen sein (u. a. NIELSON & KOCUREK 1986, MOUNTNEY & RUSSELL 2004, MCKENNA NEUMANN 2004, BROOKFIELD 2011). Darüber hinaus dürften beim Eintrag und bei der Verteilung von Sedimentmaterial im Ablagerungsraum auch saisonale Auswirkungen von Wetterereignissen wie heftige Stürme, Starkregen, starke Schneeschmelzen, Tauprozesse sowie Überschwemmungen im Frühjahr, aber auch schwankende Grundwasserspiegel eine nicht zu unterschätzende Rolle gespielt haben.

5.3 Faziestyp 3

Die schräggeschichteten Sande des Schichtpakets 7, die dem Faziestyp 3 entsprechen, setzen sich deutlich von den unter- und überlagernden Sanden der Faziestypen 2 und 4 ab (Abb. 1). Nach neueren pollenanalytischen Untersuchungen können die Sedimente der PZ B3 zugeordnet werden (vgl. STRAHL in diesem Band).

Die Sedimente zeigen hinsichtlich ihrer Korngrößenstatistik eine recht einheitliche Ausprägung (Abb. 4 bis 6). Die mäßig gute Sortierung der Feinsande, die Sedimentstrukturen, die niedrigen Element- und geringen Kohlenstoffgehalte sowie die Auswertung der Kornmorphologien, welche eine Dominanz von äolischen Marken zeigt (Abb. 1; NÖLSCHER 2015), belegen erneut einen recht einheitlichen äolischen Sedimentationsprozess, der hier lokal zur Ablagerung von Dünenanden führte. Dieser Faziestyp wurde bisher nur in der Sedimentabfolge des Nordbeckens nachgewiesen. Aufgrund seiner vermutlich exponierteren Lage, weist das Südbecken in der Sedimentabfolge zwischen Sanddorn-Schichten und limnischer Schluffmudden-Sedimentation einen Hiatus auf (vgl. KOSSLER in diesem Band). Wie bereits in KOSSLER (2014) diskutiert, lässt sich diese Schichtlücke im Südbecken, wo es zu einer Sedimentationsunterbrechung bzw. zur Abtragung kam, vermutlich mit der kurzfristigen Abkühlung des Heinrich-Events 11 (HE 11) bei ca. 128 000 Jahren v. h. korrelieren, welches für das Saale-Spätglazial aus marinen Sedimenten des Nordatlantiks (u. a. HEINRICH 1988, LOTOTSKAYA & GANSSSEN 1999, OPPO, McMANUS & CULLEN 2006) und aus dem südlichen Europa (TZEDAKIS 2007) nachgewiesen ist. Es liegt daher nahe, dass die hier im Profil des Nordbeckens zwischengeschalteten Dünenande ebenfalls direkt mit dem HE 11 im Zusammenhang stehen. Nach OPPO, McMANUS & CULLEN (2006) beträgt die Abkühlung für das HE 11 zumindest 5 °C, wodurch sich wieder trockenere und kältere Klimaverhältnisse einstellten, was sicherlich mit einer weiteren merklichen Öffnung der Vegeta-

tion (siehe auch Diskussion unter 5.2 und STRAHL in diesem Band) sowie einer verstärkten Mobilisation von Sedimentmaterial verbunden war. Dies erläutert auch das Fehlen von botanischen Makroresten (vgl. KOSSLER in diesem Band) und die sehr pollenarmen bzw. -leeren Sedimente (vgl. STRAHL in diesem Band). Gelegentlich auftretende postsedimentäre kryoturbate Strukturen in den Sanddorn-Schichten des Südbeckens (Abb. 1d) sind vermutlich ebenfalls auf die deutliche Abkühlung des HE 11 zurückzuführen, die lokal wieder zu einer stärkeren Ausbildung des Permafrostes führte, wodurch es stellenweise zu einer Überprägung der Sedimente durch Kryoturbationen kam. Die bei einigen der nachgewiesenen Pferde-Knochen beobachtete Dislokation innerhalb der Sanddorn-Schichten ist höchstwahrscheinlich auch auf diese Prozesse zurückzuführen.

5.4 Faziestyp 4

Die Sande des geringmächtigen Schichtpakets 8, die dem Faziestyp 4 entsprechen (Abb. 1), werden nun der PZ B4 zugeordnet (vgl. STRAHL in diesem Band). Sie überlagern mit diskordantem Kontakt die Dünensande des Faziestyps 3, die sich hier auch anscheinend aufgearbeitet finden.

Die im Gelände beobachteten kleinskaligen Schrägschichtungsstrukturen, die höchstwahrscheinlich auf Wellen- bzw. Strömungsrippeln zurückzuführen sind, weisen auf einen flachen, aquatischen Ablagerungsbereich hin. Dieses wird auch durch die Analyse des Fossilinhalts gestützt (vgl. KOSSLER in diesem Band), welcher ebenfalls ein aquatisches Milieu belegt. Die Etablierung eines flachen Gewässers geht mit einer erneuten tiefgreifenden Erwärmung einher, die das Austauen von Toteis im Untergrund vorantrieb. Nach OPPO, McMANUS & CULLEN (2006) erfolgte nach dem HE 11 eine sehr rasche und starke Erwärmung um zumindest 8 °C, die sich anscheinend auch hier nachweisen lässt (vgl. die Beiträge von KOSSLER und STRAHL in diesem Band). Hinweise für das Abschmelzen von Toteis im Untergrund sind u. a. auch die im Schichtpaket 7 (Faziestyp 3) beobachteten Setzungsbrüche (Abb. 1), die auf das Nachsacken von Sediment über abschmelzendem Toteis zurückzuführen sind und die die Vertiefung des Ablagerungsraumes belegen. Unter feuchteren und wärmeren Bedingungen führt ein ansteigender Grundwasserspiegel zur Vernässung von Senken und zur Bildung von flachen Gewässern. Die zunächst auf Geländebeobachtungen basierende Annahme, dass es sich

bei den Sedimenten des Schichtpaketes 8 um aufgearbeitete Dünensande des Faziestyps 3 handelt, wird auch durch die sedimentstatistischen Werte verdeutlicht. Diese zeigen auf, dass die Proben des Schichtpaketes 8 (grüne Kreise) in den Abbildungen 4 bis 6 relativ dicht bei den Proben des Faziestyps 3 plotten. Auch die mit dem REM betrachteten Sedimentkörner (Probennummer 140714/30, Tab. 1) zeigen häufig noch eine gute Rundung mit niedrigem Relief und die typischen Marken, wie sie für äolischen Transport charakteristisch sind (Abb. 2). Die weiterhin niedrigen Element- und Kohlenstoffgehalte sind nach wie vor in den hohen Sandgehalten begründet und belegen eine noch geringe biogene Produktion und nährstoffarme Trophieverhältnisse. Auffällig sind die Rostverfärbungen im Topbereich dieser Sedimenteinheit (Abb. 1), die auf noch stark schwankende Grundwasserspiegel hinweisen, wodurch es durch Sauerstoffkontakt zur Ausfällung von Eisenoxiden kam. Dieses wird auch durch das Fe/Mn-Verhältnis angezeigt (Abb. 3), welches hier für das gesamte Profil die höchsten Werte aufweist. Die oberen Proben dieses Schichtpaketes deuten mit erhöhten Element- und Kohlenstoffgehalten (PO₄ und TOC) dann bereits den Übergang in den limnisch geprägten Faziestyp 5 an.

5.5 Faziestyp 5

Die dunkelgrauen Schluffmudden des Faziestyps 5, die den Abschluss des Profils bilden (Abb. 1, 3), werden der PZ C1 des Saale-Spätglazials (Zeit der Birken-Wacholder-Sanddorn-Gemeinschaften) zugeordnet (vgl. STRAHL in diesem Band). Die im Südbecken gefundenen Knochen des Steppen-Bisons (*Bison priscus*) und die Geweihschaukel eines Elchs (*Alces alces*) stammen aus entsprechenden Schichten (KOSSLER et al. 2013, RAUFUSS 2014 sowie RAUFUSS & BREDÄ in diesem Band) und können somit auch dieser Zeit zugeordnet werden.

Dass sich die Sedimente des Faziestyps 5 von den bisher beschriebenen Faziestypen unterscheiden, war nicht nur schon deutlich im Gelände zu sehen (Abb. 1), auch in den statistischen Korngrößendaten wird dieses offensichtlich (Abb. 4 bis 6). Die statistischen Werte der Proben dieses Profilschnittes unterscheiden sich merklich von den Proben der unterlagernden Sedimente und können daher einem anderen Sedimentationsprozess zugeordnet werden. Auch die Ergebnisse der geochemischen Analysen spiegeln dies wider

Abb. 6: Lineare Diskriminanzanalyse nach SAHU (1964), welche auf den Kornverteilungen und den spezifischen statistischen Parametern der Proben basiert:

a – Darstellung der Funktionen Y1 und Y3; b – Darstellung der Funktionen Y1 und Y4 (modifiziert nach NÖLSCHER 2015, Abb. 11 und 12). Die von SAHU (1964) ermittelten Einteilungen zu bestimmten Ablagerungsprozessen sind in Anführungsstriche gesetzt. Auch hier zeigt sich wieder die Problematik dieser Methodik, die nicht ohne weiteres auf terrestrische bzw. kontinentale Sedimente übertragen werden kann. Wie bei der Methode von STEWART (vgl. Abb. 5), grenzen sich die Sedimente des Faziestyps 5 jedoch wieder deutlich von den anderen Faziestypen ab. Die Sedimente des Faziestyps 3 plotten hier ebenfalls wieder dicht beieinander, was erneut einen recht einheitlichen Sedimentationsprozess für diese Sedimente belegt. SP = Schichtpaket, Ft = Faziestyp

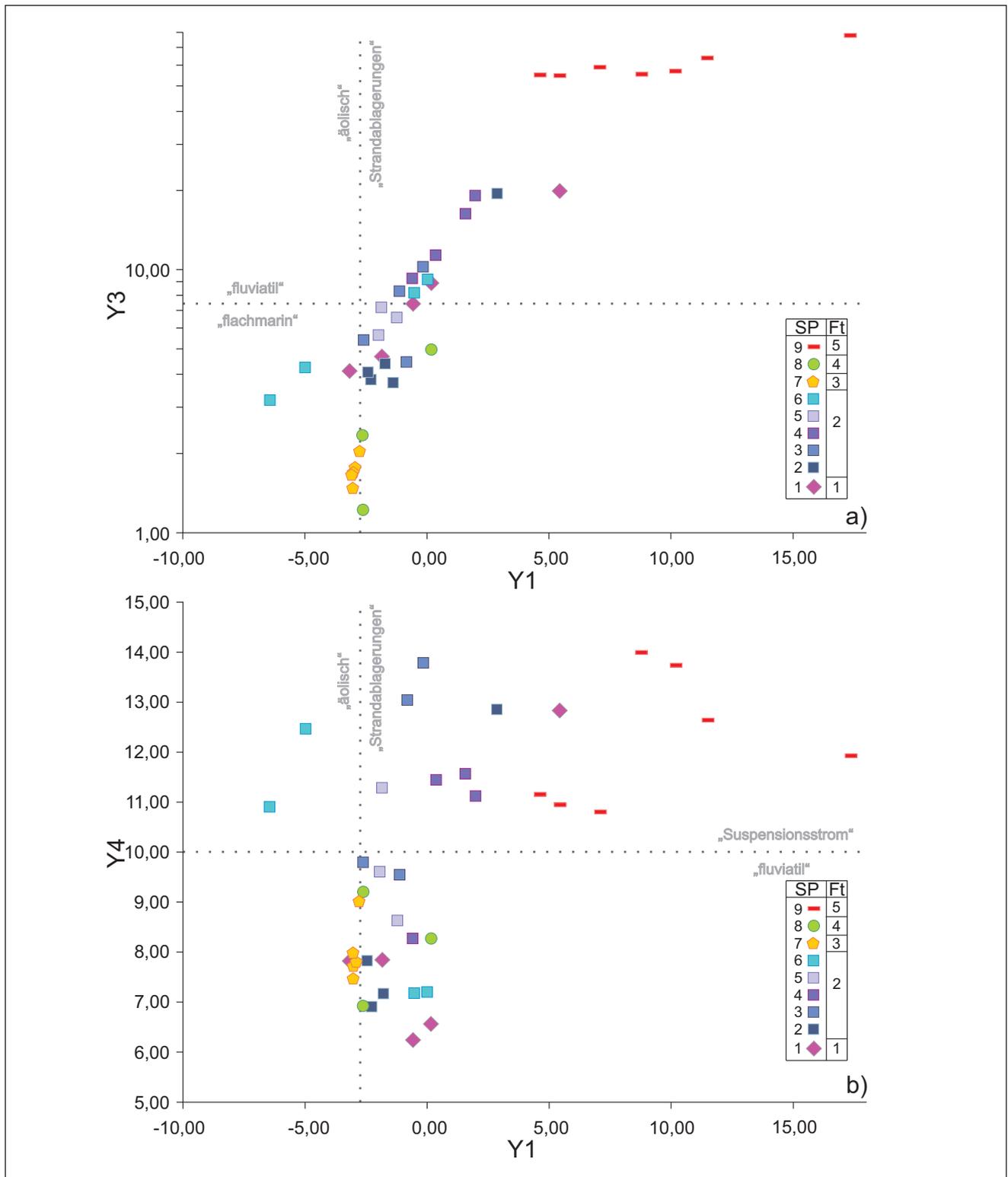


Fig. 6: Linear discriminant analysis based on grain distribution and the specific statistical parameters of the samples according to SAHU (1964): a – diagram of the function Y1 and Y3, b – diagram of the function Y1 and Y4 (slightly modified from NÖLSCHER 2015, fig. 11 and 12). In his method, SAHU (1964) calculated some certain sedimentary processes, which are here given in quotation marks. Again, the data of the Jaenschwalde samples demonstrate the limitation of this method concerning terrestrial and continental sediments respectively. However, similar to STEWART'S method (see fig. 5), the sediments of facies 5 are clearly separated from the other ones. The samples of the sediment unit 7 (facies 3) again plot close to each other. This method also gives further evidence that the sediment unit 7 was deposited under quite uniform sedimentary conditions. SP = strata, Ft = facies

(Abb. 3). Mit dem Einsetzen der Schluffmudden zeigen die TOC-Gehalte Werte um 2 %, bis zum Top des Schichtpaketes steigen diese auf 2,5 % an. Dementsprechend sind auch die Elementgehalte erhöht (Abb. 3). Diese Veränderung reflektiert einen signifikanten Wechsel zu nährstoffreichen Bedingungen und einer gesteigerten biogenen Produktion, der unmittelbar mit der zunehmenden Klimaerwärmung während des ausgehenden Saale-Spätglazials im Zusammenhang steht (vgl. die Beiträge von KOSSLER und STRAHL in diesem Band). Die nun ebenfalls tiefer in den Untergrund dringende Erwärmung führte zu einem stärkeren Abschmelzen der Toteisblöcke im Untergrund, was eine rasch voranschreitende, jedoch noch bis zu Beginn der Eem-Warmzeit andauernde Eintiefung des Sedimentationsraumes zur Folge hatte (KÜHNER et al. 2008, KOSSLER et al. 2013, KOSSLER 2014 sowie Beiträge KOSSLER, KÜHNER und STRAHL in diesem Band). Einhergehend mit der sukzessiv entstehenden tiefen Beckenstruktur und einem Anstieg des Grundwasserspiegels, konnte sich letztendlich ein stabiler limnischer Wasserkörper mit einer ausgeprägten Stillwasser-Sedimentation etablieren, was heute noch durch die bis zu 8 m mächtigen, monotonen Seeablagerungen in Form von Schluff- und Diatomeenmudden (vgl. HINZE et al. 1989) dokumentiert ist (KÜHNER et al. 2008, KOSSLER et al. 2013 sowie die Beiträge von KÜHNER und KOSSLER in diesem Band). Wie tief sich das Becken letztendlich einsenkte, lässt sich jedoch nicht mehr quantifizieren, da die eemzeitliche Sedimentabfolge durch nachfolgende Erosionsprozesse nur noch unvollständig erhalten ist. Die Genese des ehemaligen Sees von Jänschwalde wird auch durch die paläontologischen Daten angezeigt, die belegen, dass sich der See von einem zunächst mesotrophen, flachen Gewässer allmählich zu einem eutrophen und wahrscheinlich recht tiefen und großen See entwickelte (vgl. KOSSLER in diesem Band). Die hier am Top des Profils erfassten Basisschichten der Schluffmudden-Sedimentation spiegeln dabei die Initialphase des ehemaligen Jänschwalder Sees wider, als sich dieser noch durch recht geringe Wassertiefen und eher mesotrophe Nährstoffverhältnisse auszeichnete. Der Anstieg der Ca- und Sr-Werte in diesen Schichten lässt sich vermutlich auf authigen gebildete Karbonate zurückführen, u. a. kämen hier Ostrakoden und Armleuchteralgen als mögliche Karbonat-Lieferanten in Frage, die ebenfalls aus diesen Sedimenten nachgewiesen wurden (vgl. KOSSLER in diesem Band). Wie unter Kapitel 4 aufgeführt, sind die Schwankungen der Element- und Kohlenstoff-Gehalte auf die schluffig-sandigen Einschaltungen zurückzuführen, die gerade für die Basisschichten der beginnenden limnischen Schluffmudden-Sedimentation noch charakteristisch sind (vgl. KÜHNER in diesem Band). Bei diesen Schüttungen handelt es sich höchstwahrscheinlich um kurzfristige Ereignisse, die mit Schneeschmelzen im Frühjahr und/oder stärkeren Wetterereignissen wie z. B. Stürmen in Zusammenhang stehen, wodurch wieder gröberes Sedimentmaterial in das Seebecken hineingebracht wurde. Die sandigen Einschaltungen sind aber auch schon zum Top des hier betrachteten Profils nicht mehr ausgebildet und treten auch in der weiteren überlieferten, bis zu 8 m mächtigen Schluffmudden-Abfolge in der Regel nicht mehr auf. Dieses

lässt sich mit der zunehmenden Vertiefung und Expansion des Sees sowie der Ausbildung einer dichten Ufervegetation erklären, wodurch der Transport von gröberem Sedimentmaterial in die tieferen Beckenbereiche verhindert wurde. Größere Schüttungen ließen sich nur noch vereinzelt in den Flankenbereichen der Beckenstruktur beobachten (vgl. die Beiträge von KÜHNER und KOSSLER in diesem Band). Generell sind sowohl im Süd- als auch im Nordbecken nur noch die uferfernen Beckensedimente überliefert. Die Randbereiche des ehemaligen Sees wurden durch weichselzeitliche Prozesse erodiert und sind somit nicht mehr erhalten, daher liegen aus der eemzeitlichen Abfolge auch keine Sedimente der Flachwasserfazies vor. Man muss also davon ausgehen, dass der Jänschwalder See letztendlich eine wesentlich größere Ausdehnung hatte als es heutzutage durch die überlieferten Sedimente angezeigt wird.

6 Schlussbetrachtung

Für fundierte Paläoumweltrekonstruktionen sollten möglichst viele Daten verschiedener Methoden Verwendung finden. Wie die vorliegende Studie aufzeigt, hat auch hier die Anwendung von sedimentologischen und geochemischen Standardmethoden zu einem verbesserten Verständnis der Paläoumwelt des Neandertalers von Jänschwalde beigetragen. Die gewonnenen Daten korrelieren sehr gut mit den paläontologischen Befunden und haben somit nicht nur die bisherigen Ergebnisse untermauert, sondern darüber hinaus auch weiter verfeinert. So zeigen die Daten, dass der Ablagerungsraum während der ausgehenden Saale-Kaltzeit zunächst von äolischen Sedimentationsprozessen unter generell noch recht instabilen Klimaverhältnissen gestaltet wurde. Während des ausgehenden Saale-Pleniglazials lagerten sich über den Bänderschluften unter noch sehr kalten und trockenen Klimabedingungen vor allem Flugsanddecken („cover sands“) sowie niveo-äolische Sande (Faziestyp 1) ab. Im Nordbecken, welches generell ein komplexeres Sedimentationsgeschehen aufweist, kam es während des Saale-Pleniglazials auch stellenweise zur Ablagerung von schräggeschichteten grobklastischen Sanden und Kiesen (vgl. KOSSLER in diesem Band), die eventuell auf Zibars (u. a. NIELSON & KOCUREK 1986, BROOKFIELD 2011) zurückzuführen sind. Mit der Erwärmung im Saale-Spätglazial (PZ B1, B2) stellte sich ein durch Grundwasser kontrolliertes Regime ein, was durch feuchte Flugsanddecken („wet sandsheets“), semi-lakustrine Sedimente und Rohböden geprägt war (Faziestyp 2). Die günstigeren Umweltbedingungen während der PZ B2 erlaubten nun ein Vordringen des Neandertalers in den Lebensraum, wie auch die Artefakte und die anthropogen bearbeiteten Pferde-Knochen aus diesen Schichten bezeugen (vgl. BÖNISCH & SCHNEIDER in diesem Band sowie CHAPUT 2014). Die Abkühlung während des HE 11 (PZ B3), die noch einmal sehr trocken-kalte Klimaverhältnisse bedingte, führte wieder zu deutlich schlechteren Lebensbedingungen und zu einer verstärkten äolischen Mobilisation von Sedimentpartikeln, wodurch es sogar lokal im Nordbecken zur Bildung von Dünen (Faziestyp 3)

kam. Im Südbecken wirkte sich diese Abkühlung dagegen vereinzelt in kryoturbaten Deformationen der Sedimente aus. Erneute feuchtere und wärmere Bedingungen (PZ B4) führten dann zu einem stärkeren Tieftauen der Toteisblöcke im Untergrund, zur allmählichen Beckenvertiefung und zur Einstellung von flach-aquatischen Ablagerungsverhältnissen (Faziestyp 4), die jedoch noch von stark schwankenden Grundwasserspiegeln geprägt waren. Mit der zunehmenden Klimaerwärmung (PZ C1 und C2, vgl. STRAHL in diesem Band) und der einhergehenden signifikanten Beckenvertiefung kam es letztendlich zur Etablierung stabiler limnischer Verhältnisse und zur Sedimentation von Schluffmudden. Die Nachweise von Steppen-Bison und Elch in den Basischichten der Schluffmudden (= Faziestyp 5, PZ C1) belegen geeignete Lebensbedingungen für den Neandertaler. Aufgrund der nicht mehr erhaltenen Uferregionen sind nun weitere Nachweise dieses Frühmenschen in den Sedimenten höchst unwahrscheinlich bzw. nur noch indirekt über bearbeitete und letztendlich in das Becken verdriftete Kadaverreste von Beutetieren möglich.

Zusammenfassung

Die aus dem Braunkohlentagebau Jänschwalde (Niederlausitz, Brandenburg) stammenden Nachweise des Neandertalers datieren ins Saale-Spätglazial (PZ B2). Um die Paläoumwelt des Frühmenschen von Jänschwalde zu rekonstruieren und besser zu verstehen, wurden zusätzlich zu den paläontologischen Analysen sedimentologisch-geochemische Untersuchungsmethoden angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Ablagerungsraum unter instabilen Klimaverhältnissen zunächst von äolischen Sedimentationsprozessen geprägt war. Erst mit der zunehmenden Erwärmung im Saale-Spätglazial und einer signifikanten Vertiefung der Beckenstruktur stellte sich, auch begleitet durch einen Grundwasseranstieg, ab der PZ C1 unter limnischen Bedingungen eine kontinuierliche Schluffmudden-Sedimentation ein.

Summary

The evidence of the Neanderthal man from the lignite opencast mine Jänschwalde (Lower Lusatia, Brandenburg) can be assigned to the Late Saalian (pollen subzone B2). In addition to palaeontological analysis, sedimentological-geochemical research methods were performed for a better understanding and the reconstruction of the palaeoenvironment of the early men from Jaenschwalde. The results indicate that the depositional environment was first of all formed by aeolian sedimentation processes under unstable climatic conditions. But from the pollen subzone C1 on, a continuous limnic gyttja sedimentation took place, which resulted from the distinct climatic amelioration and a significant deepening of the basin structure accompanied by an increasing groundwater table.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt dem Grabungsteam des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum. Zudem danken wir der Vattenfall Europe Mining AG für finanzielle und technische Unterstützung und hier besonders Herrn Dipl.-Ing. (FH) Ralf Kühner. Für die Betreuung der Bachelor-Arbeit danken wir ebenfalls Herrn Dr. Robert Bussert, TU Berlin.

Literatur

- ANONYM (2001): DIN EN 13346, April 2001. Charakterisierung von Schlämmen – Bestimmung von Spurenelementen und Phosphor – Extraktionsverfahren mit Königswasser. – Deutsche Fassung EN 13346 (2000), 17 S., Berlin (Beuth Verlag)
- BÖNISCH, E. & M. SCHNEIDER (2014): Neandertaler in der Niederlausitz. Ausgrabungen auf dem ältesten Fundplatz des Landes Brandenburg. – Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg **27**, S. 17–43, Wünsdorf
- BÖNISCH, E., KOSSLER, A., KÜHNER, R., RAUFUSS, I. & M. SCHNEIDER (2014): Tierknochen und ein Schaber – Erstmals Funde aus der Zeit des Neandertalers in Brandenburg. – Archäologie in Deutschland **1**, S. 6, Darmstadt
- BROOKFIELD, M. E. (2011): Aeolian processes and features in cool climates. – In: MARTINI, I. P., FRENCH, H. M. & A. PÉREZ ALBERTI (Hrsg.): Ice-Marginal and Periglacial Processes and Sediments. – Geol. Soc. Spec. Publ. **354**, S. 241–258, London (The Geological Society of London)
- CHAPUT, F. (2014): Ein Pferd aus dem Saalespätglazial von Jänschwalde. – Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg **27**, S. 121–134, Wünsdorf
- DIJKMANS, J. W. A. (1990): Niveo-aeolian Sedimentation and Resulting Sedimentary Structures; Søndre Strømfjord area, Western Greenland. – Permafrost and Periglacial Processes **1**, S. 83–96, New York
- FOLK, R. L. (1966): A review of grain-size parameters. – Sedimentology **6**, 2, S. 73–93, Amsterdam
- FRENCH, H. M. (2011): The Periglacial Environment. – 3. Aufl., 458 S., Chichester (John Wiley & Sons)
- HEINRICH, H. (1988): Origin and Consequences of Cyclic Ice Rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the Past 130,000 Years. – Quaternary Research **29**, S. 142–152, Amsterdam
- HINZE, C., JERZ, H., MENKE, B. & H. STAUDE (1989): Geogenetische Definitionen quartärer Lockergesteine für die Geologische Karte 1 : 25 000 (GK 25). – Geol. Jb. A **112**, 243 S., Hannover

- KOSSLER, A. (2014): Pflanzenreste aus den spätsaalezeitlichen Sanddorn-Schichten des Tagebaus Jänschwalde – Hinweise zur Paläoumwelt des Neandertalers. – *Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg* **27**, S. 83–95, Wünsdorf
- KOSSLER, A., RAUFUSS, I., SCHNEIDER, M., KÜHNER, R., RÖSLER, H. & E. BÖNISCH (2013): Die Saale-Spätglazial/Eem-Interglazial-Grabung von Jänschwalde (Niederlausitz, Brandenburg). – In: RAAB, T., HIRSCH, F., RAAB, A., SCHOPPER, F. & K. FREYTAG (Hrsg.): Tagungsband und Exkursionsführer zur Arbeitskreis Geoarchäologie-Jahrestagung 2013. – *Geopedology and Landscape Development, Research Series* **2**, S. 65–73, Cottbus
- KOCUREK, G. & K. G. HAVHOLM (1993): Eolian sequence stratigraphy – a conceptual framework. – In: WEIMER, P. & H. POSAMENTIER (Hrsg.): *Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications*. – *AAPG Memoir* **58**, S. 393–409, Tulsa
- KOSTER, E. A. (1988): Ancient and modern cold-climate aeolian sand deposition: a review. – *Journal of Quaternary Science* **3**, S. 69–83, New York
- KOSTER, E. A. & J. W. A. DIJKMANS (1988): Niveo-aeolian deposits and denivation forms, with special reference to the Great Kobuk sand dunes, northwestern Alaska. – *Earth Surface Processes and Landforms* **13**, S. 153–170, New York
- KÜHNER, R. (2014): Entstehung, Schichtenfolge und Lageverhältnisse des Eem-Vorkommens Jänschwalde. – *Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg* **27**, S. 71–82, Wünsdorf
- KÜHNER, R., STRAHL, J., SÜSSMILCH, P. & H. U. THIEKE (2008): Lithologische und pollenanalytische Befunde aus dem saalefrühglazialen Fluviatilkomplex (Tranitzer Fluviatil) und dem Eem-Interglazial im Tagebau Jänschwalde, Südbrandenburg. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **15**, 1/2, S. 1–21, Kleinmachnow
- LOTOTSKAYA, A. & G. M. GANSEN (1999): The structure of Termination II (penultimate deglaciation and Eemian) in the North Atlantic. – *Quaternary Science Reviews* **18**, S. 1641–1654, Oxford
- McKENNA NEUMANN, CH. (1990): Observations of Winter Aeolian Transport and Niveo-aeolian Deposition at Crater Lake, Pagnirtung Pass, N. W. T., Canada. – *Permafrost and Periglacial Processes* **1**, S. 235–247, New York
- McKENNA NEUMANN, CH. (2003): Effects of temperature and humidity upon the entrainment of sedimentary particles by wind. – *Boundary-Layer Meteorology* **108**, S. 61–89, Dordrecht
- McKENNA NEUMANN, CH. (2004): Effects of temperature and humidity upon the transport of sedimentary particles by wind. – *Sedimentology* **51**, S. 1–17, Oxford
- MOUNTNEY, N. P. & A. J. RUSSELL (2004): Sedimentology of cold-climate aeolian sandsheet deposits in the Askja region of northeast Iceland. – *Sedimentary Geology* **166**, S. 223–244, Amsterdam
- NIELSON, J. & G. KOCUREK (1986): Climbing zibars of the Algodones. – *Sedimentary Geology* **48**, S. 1–15, Amsterdam
- NÖLSCHER, M. (2015): Interpretation von Ablagerungsbedingungen und -prozessen saalespätglazialer Sedimente aus dem Braunkohletagebau Jänschwalde. – Bachelorarbeit, TU Berlin, Fachgebiet für Explorationsgeologie, 54 S., Berlin (unveröffentl.)
- OPPO, D. W., McMANUS, J. F. & J. L. CULLEN (2006): Evolution and demise of the Last Interglacial warmth in the subpolar North Atlantic. – *Quaternary Science Reviews* **25**, S. 3268–3277, Oxford
- PYE, K. & H. TSOAR (2009): *Aeolian Sand and Sand Dunes*. – 458 S., Berlin, Heidelberg (Springer Verlag)
- RAUFUSS, I. (2014): Ökosystemanalyse durch vermeintlich nichtsignifikante Wirbeltierfunde aus Jänschwalde – Faunenwandel am Übergang von der Saale-Kaltzeit zur Eem-Warmzeit. – *Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg* **27**, S. 99–119, Wünsdorf
- ROTHMALER, W. (2002): *Exkursionsflora von Deutschland, Band 4, Gefäßpflanzen: Kritischer Band*. – 948 S., Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag)
- RUEGG, G. H. J. (1983): Periglacial eolian evenly laminated sandy deposits in the Late Pleistocene of NW Europe, a facies unrecorded in modern sedimentological handbooks. – In: BROOKFIELD, M. E. & T. S. AHLBRANDT (Hrsg.): *Eolian Sediments and Processes*. – *Development in Sedimentology* **38**, S. 455–482, Amsterdam (Elsevier)
- SAHU, B. K. (1964): Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. – *Journal of Sedimentary Petrology* **34**, S. 73–83, Tulsa
- SITZIA, L., BERTRAN, P., BAHAIN, J.-J., BATEMAN, M. D., HERNANDEZ, M., GARON, H., LAFONTAINE, D. G., MERCIER, N., LEROYER, C., QUEFFELEC, A. & P. VOINCHET (2015): The Quaternary coversands of southwest France. – *Quaternary Science Reviews* **124**, S. 84–105, Oxford
- STEWART, H. B. JR. (1958): Sedimentary reflections on depositional environments in San Miguel Lagoon, Baja California, Mexico. – *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.* **42**, S. 2567–2618, Ort?

TUCKER, M. (1996): Methoden der Sedimentologie. – 366 S., Stuttgart (Enke)

TZEDAKIS, P. (2007): Pollen records, Last Interglacial of Europe. – In: ELIAS, S. A. (Hrsg.): Encyclopedia of Quaternary Sciences. – S. 2597–2605, Amsterdam (Elsevier)

VANDENBERGHE, J. (2011): Periglacial sediments: do they exist? – In: MARTINI, I. P., FRENCH, H. M. & A. PÉREZ ALBERTI (Hrsg.): Ice-Marginal and Periglacial Processes and Sediments. – Geol. Soc. Spec. Publ. **354**, S. 205–212, London (The Geological Society of London)

VOGEL, S., MÄRKER, M., RELLINI, I., HOELZMANN, P., WULFF, S., ROBINSON, M., STEINHÜBEL, L., DI MAIO, G., IMPERATORE, C., KASTENMEIER, P., LIEBMANN, L., ESPOSITO, D. & F. SEILER (2016): From a stratigraphic sequence to a landscape evolution model: Late Pleistocene and Holocene volcanism, soil formation and land use in the shade of Mount Vesuvius (Italy). – Quaternary International **394**, S. 155–179, Amsterdam

VOS, K., VANDENBERGHE, N. & J. ELSSEN (2014): Surface textural analyses of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environmental interpretation. – Earth-Science Reviews **128**, S. 93–104, Amsterdam

WASSON, R. J. & P. M. NANNINGA (1986): Estimating wind transport of sand on vegetated surfaces. – Earth Surface Processes and Landforms **11**, S. 505–514, New York

Anschriften der Autoren

Dr. ANNETTE KOSSLER
Freie Universität Berlin,
Institut für Geologische Wissenschaften,
Fachrichtung Paläontologie
Malteserstraße 74–100, Haus D
D-12249 Berlin
kossler@zedat.fu-berlin.de

MAXIMILIAN NÖLSCHER
Stockholmer Straße 31
13359 Berlin
maxnoelscher@aol.com

Dr. PHILIPP HOELZMANN
Freie Universität Berlin,
Institut für Geographische Wissenschaften,
Fachrichtung Physische Geographie
Malteserstraße 74–100, Haus B
D-12249 Berlin
phoe@zedat.fu-berlin.de