



**Geologie
und Paläontologie
in Westfalen
Heft 28**

Die Mammutfunde von Stuckenbusch bei Herten

EKKE W. GUENTHER

**Aufbau, Zusammensetzung und Alter
der Flugsand- und Dünenbildungen
im Bereich der Senne (Östliches Münsterland)**

KLAUS SKUPIN

Hinweise für Autoren

In der Schriftenreihe **Geologie und Paläontologie in Westfalen** werden geowissenschaftliche Beiträge veröffentlicht, die den Raum Westfalen betreffen.

Druckfertige Manuskripte sind an die Schriftleitung zu schicken.

Aufbau des Manuskriptes

1. Titel kurz und bezeichnend.
2. Klare Gliederung.
3. Zusammenfassung in Deutsch am Anfang der Arbeit.

Äußere Form

4. Manuskriptblätter einseitig und weitzeilig beschreiben; Maschinschrift, Verbesserungen in Druckschrift.
5. Unter der Überschrift: Name des Autors (ausgeschrieben), Anzahl der Abbildungen, Tabellen und Tafeln; Anschrift des Autors auf der 1. Seite unten.
6. Literaturzitate im Text werden wie folgt ausgeführt: (AUTOR, Erscheinungsjahr: evtl. Seite) oder AUTOR (Erscheinungsjahr: evtl. Seite). Angeführte Schriften werden am Schluß der Arbeit geschlossen als Literaturverzeichnis nach den Autoren alphabetisch geordnet. Das Literaturverzeichnis ist nach folgendem Muster anzuordnen:

SIEGFRIED, P. (1959): Das Mammut von Ahlen (*Mammonteus primigenius* BLUMENB.). - Paläont. Z. **30,3**: 172-184, 3 Abb., 4 Taf.; Stuttgart.

WEGNER, T. (1926): Geologie Westfalens und der angrenzenden Gebiete. 2. Aufl. - 500 S., 1 Taf., 244 Abb.; Paderborn (Schöningh).

7. Schrifttypen im Text:

doppelt unterstrichen = **Fettdruck**

einfach unterstrichen oder g e s p e r r t = S p e r r u n g.

Gattungs- und Artnamen unterschlängeln = *Kursivdruck*

Autorennamen durch GROSSBUCHSTABEN wiedergeben.

Abbildungsvorlagen

8. In den Text eingefügte Bild Darstellungen sind Abbildungen (Abb. 2). Auf den Tafeln stehen Figuren (Taf. 3, Fig. 2) oder Profile (Taf. 5, Profil 2).
9. Strichzeichnungen können auf Transparentpapier oder Photohochglanzpapier vorgelegt werden. Photographien müssen auf Hochglanzpapier abgezogen sein.

Korrekturen

10. Korrekturfahnen werden den Autoren einmalig zugestellt. Korrekturen gegen das Manuskript gehen auf Rechnung des Autors.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

Schriftleitung: Dr. Peter Lanser
Westfälisches Museum für Naturkunde
Sentruper Straße 285
48161 Münster

Geologie und Paläontologie in Westfalen

Heft 28

Herausgeber:
Dr. Alfred Hendricks
im Auftrag des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe

Dieses Heft wurde finanziert
durch das Ministerium für Stadtentwicklung
und Verkehr des Landes
Nordrhein-Westfalen als oberste Denkmalbehörde

Die Mammutfunde von Stuckenbusch bei Herten

Ekke W. Guenther

Aufbau, Zusammensetzung und Alter der Flugsand- und Dünenbildungen im Bereich der Senne (östliches Münsterland)

Klaus Skupin

Geol. Paläont. Westf.	28	72 S.	26 Abb. 11 Tab.	Münster August 1994
--------------------------	-----------	-------	--------------------	------------------------

ISS N 0176-148X
ISBN 3-924590-39-7

© 1994 Landschaftsverband Westfalen-Lippe

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des LWL reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhalt

	Seite
Ekke W. Guenther	Die Mammutfunde von Stuckenbusch bei Herten 7
Klaus Skupin	Aufbau, Zusammensetzung und Alter der Flugsand- und Dünenbildungen im Bereich der Senne (Östliches Münsterland) 41

Geol. Paläont. Westf.	28	7–40	12 Abb. 5 Tab.	Münster August 1994
--------------------------	-----------	------	-------------------	------------------------

Die Mammutfunde von Stuckenbusch bei Herten

Ekke W. Guenther*

Kurzfassung

Von der Fundstelle Stuckenbusch werden 25 Mammut-Molare der Ober- und Unter-Kiefer untersucht und mit Zähnen von unterschiedlich alten, europäischen Elefanten-Faunen verglichen. Dabei findet die Trennung der individuellen Tracht von Einzeltieren, von den ererbten Stammesmerkmalen der Gesamtpopulation besondere Beachtung, da nur die letztere Auskunft gibt über die phylogenetische Entwicklungshöhe einer Population.

Danach werden die Mammutfunde von Stuckenbusch in die Alt-Würm-Kaltzeit gestellt.

Abstractum

We present a detailed study of 25 woolly mammoth molars from the 'Stuckenbusch' localities. The material contains upper jaw and lower jaw as well. We distinguish between the individual appearance of the individuals, and the inherited features of the whole population, since just the latter seems to be able to be suitable to find the phylogenetic height of the evolution of this population. From this we undertake a detailed age estimate of the findings.

We conclude that the woolly mammoth findings are from the older 'Würm' Ice age.

Inhaltsverzeichnis

1.	Bemerkungen zur Untersuchung und Auswertung der Backenzähne von Elefanten	8
1.1.	Eerbte Stammesmerkmale und individuelle Tracht	8
1.2.	Zur Klassifikation pleistozäner Elefanten	9
1.3.	Die Bestimmung des Lebensalters von Elefanten nach ihren Backenzähnen und daraus mögliche Hinweise auf die Todesursache	10
2.	Mammutfunde von Stuckenbusch und von anderen Fundplätzen, die zu Vergleichen zugezogen werden	11

* Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Ekke W. Guenther, Lehenhof, 79238 Ehrenkirchen

2.1.	Einige besondere Eigenschaften der Zähne von Stuckenbusch	13
2.2.	Die Lamellenzahl.....	14
2.3.	Die Breitenwerte der zweiten und dritten Molaren	15
2.4.	Die Zahn­längen	17
2.5.	Die Zahn­höhen	18
2.6.	Der Zahnschmelz	21
2.7.	Das Deckzement und die Mammillen	23
2.8.	Der Werdegang eines Backenzahns	24
2.9.	Rechen-Quotienten	25
	2.9.1. Der Längen-Lamellen-Quotient (LLQ)	25
	2.9.2. Der Lamellen-Zwischenzement-Quotient (LZQ)	27
3.	Einzelbeschreibung einiger Elefantenbackenzähne der Population von Stuckenbusch	28
4.	Zusammenfassung und Ergebnisse	35
	Danksagung	39
5.	Literatur	39

1. Bemerkungen zur Untersuchung und Auswertung der Backenzähne von Elefanten

1.1. Ererbte Stammesmerkmale und individuelle Tracht

Das Erscheinungsbild, der Typ eines Lebewesens, wird bedingt einmal durch die ererbten Stammesmerkmale und zum anderen durch die individuelle Tracht.

Bei einer nicht zu kleinen Anzahl von Untersuchungsobjekten variieren die Stammesmerkmale zumeist innerhalb gewisser Grenzen. Sie lassen sich häufig mit einer eingipfligen Gaußschen Verteilungskurve darstellen. Bei Tieren mit einem deutlichen Geschlechtsdimorphismus ist für einige Merkmale, z. B. das der Größe, eine zweigipflige Verteilungskurve zu erwarten, was sich in erster Linie auf die voll ausgewachsenen, adulten Tiere bezieht.

Das Ausmaß der Variationsmöglichkeiten einiger Merkmale wird bestimmt durch die Lebensbedingungen. Sind diese streng und nur für bestimmte Erscheinungsformen beste Existenzbedingungen gegeben, so sind die Variationsmöglichkeiten eines Teils der Merkmale eng umrissen. Erlauben jedoch die Umwelt- und Lebens-Bedingungen für bestimmte Eigenschaften größere Variationen, ohne daß das Lebewesen in seiner Existenz besonders gefährdet wäre, so werden bestimmte Merkmale breiter gefächerte Variationen aufweisen. Dies ist in der Regel bei den Elefanten der Fall, die sich in vielen Merkmalen größere Variationen erlauben können, ohne daß die Tiere dadurch in ihrer Existenz besonders beeinträchtigt würden.

Der Holotypus einer Tierart sollte nach fossilen Resten aufgestellt werden, deren zur Bestimmung wesentliche Merkmale im Maximum der Verteilungskurve liegen. Dies setzt jedoch voraus, daß der Holotypus aus einem reichhaltigeren Material ausgewählt werden kann.

Ändern sich die Umwelt- und damit die Lebens-Bedingungen, was im Ablauf der Erdgeschichte immer wieder der Fall war, so z. B. bei den verschiedenen Eiszeiten, die das Klima der Erde grundlegend veränderten, so bietet vielleicht eine am Rande der Verteilungskurve liegende Variation besonders günstige Existenzbedingungen. Hieraus kann sich dann vielleicht eine neue Art entwickeln, die den veränderten Lebensbedingungen besonders gut entspricht.

Mitunter stellen Autoren nach am Rande der Variationen liegenden Eigenschaften, z. B. einer besonderen Größe, eine neue Art auf. (Beispiel: *ELEPHAS FRAASI*, DIETRICH 1912).

Die ererbten Stammesmerkmale erkennt man bei einem Einzelindividuum oft nur schlecht oder auch nicht. Hierzu benötigt man ein größeres Spektrum, das nur bei einer zahlreichen Überlieferung gegeben ist, so daß sich möglichst gesicherte mittlere Werte der einzelnen Merkmale errechnen lassen.

Der Umfang des – der Untersuchung zur Verfügung stehenden – Materials ist also von entscheidender Bedeutung. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß nicht durch besondere Umstände bereits eine Auswahl vorliegt, so z. B., daß die Funde aus einer natürlichen Todesfalle stammen. Oder es handelt sich um die Reste menschlicher Jagdbeute. Oder die Tiere hatten bevorzugte Sterbeorte aufgesucht. Manche Großsäuger suchen, wenn sie krank oder verwundet sind und sie den Tod herannahen fühlen, Wasser auf. Vielleicht ein Grund, daß man in Flußablagerungen besonders reichlich die Reste von Elefanten findet. Auch der Waldelefant von Lehringen starb in einem Mergel-Sumpf-Loch.

Treiben Leichen im Wasser, gibt es wesentliche Unterschiede beim Abfaulen und zu Boden-Sinken der einzelnen Körperteile. Auch bei der Fossilisation kann eine Auslese stattfinden. Die harten Unterkiefer sind in besonderem Maße erhaltungsfähig. Wirbel und Rippen dagegen nur wenig. Zähne erhalten sich zumeist besonders gut. Auch bei der Fundbergung wird häufig eine Auswahl getroffen. Größere fossile Reste, wie z. B. Molare der Elefanten werden leichter gefunden als die kleinen Milchmolare.

Bei der Auswertung fossiler Funde ist die Berücksichtigung der individuellen Tracht der einzelnen Merkmale in der Ausbildung der Gebisse und Skeletteile von wesentlicher Bedeutung. Diese wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst, von denen hier einige angeführt seien. Wichtig sind das Alter des Tieres und seine Konstitution, die u. a. von dem Ernährungszustand abhängig ist. Die Umweltbedingungen spielen hierbei eine wesentliche Rolle. Gerade bei den Elefanten gibt es Fehlbildungen, die den Gesundheitszustand beeinträchtigen. (GUENTHER, 1955).

Das Alter der Tiere läßt sich näherungsweise an den Backenzähnen, deren Einordnung in die Dentitionsreihe, unter Berücksichtigung des Ausmaßes der Abrasion, eingrenzen. Auf den Gesundheitszustand der letzten Lebensjahre weisen Rillen im Deckzement der Seitenwände der Zahnkrone, sogenannte "Hypoplasien", hin.

Das Wachstum erfolgt zumeist nicht kontinuierlich, sondern in Schüben. Diese Schübe sind wohl weniger abhängig von der jeweiligen Konstitution des Tieres. Vielmehr gibt es Sammelzeiten der Ruhe und dann Phasen eines Wachstumsschubes. Die Schübe sind besonders gut an den Wurzeln der Elefantenbackenzähne zu erkennen.

Die individuelle Tracht hat bei den Elefanten eine besonders große Variationsbreite. In der Regel gibt es bei den eiszeitlichen Elefantenbackenzähnen derart deutlich getrennte individuelle Ausbildungen, daß es möglich ist, gefundene Backenzähne der rechten und linken Kieferseite desselben Tieres einander zuzuordnen. Vielfach kann man auch erkennen, ob Zähne des Ober- und des Unterkiefers aus demselben Gebiß stammen. Gute indische Elefantenkenner können bei wilden Herden die Nachfahren eines bestimmten Bullen allein nach äußerlichen Merkmalen als Abkömmlinge desselben erkennen (Bullenpraedominanz).

Die oft starke individuelle Ausbildung einiger Merkmale ist bei nur sehr wenigen Funden häufig nicht zu eliminieren. Sie sollte jedoch bei der Aufstellung eines Holotypus berücksichtigt werden.

1.2. Zur Klassifikation pleistozäner Elefanten

Die Klassifizierung und Benennung der einzelnen Elefantenarten des europäischen Pleistozäns variiert bei den verschiedenen Autoren. So finden sich z. B. für die jungeszeitlichen europäischen Mammute als Genera-Bezeichnungen: *ELEPHAS*, *MAMMUTHUS*, *MAMMONTEUS* und *MAMMUT*. Einen Eindruck von der hier herrschenden Verwirrung vermittelt MAGLIO (1973), der einen Teil der Synonyma, die bei den einzelnen Spezies Verwendung fanden, zusammengestellt hat. Es kommt sogar vor, daß ein Autor in seinen Publikationen verschiedene Gattungsnamen verwendet, so z. B. ADAM mit *ELEPHAS*, *MAMMUTHUS* und *MAMMONTEUS*.

Basierend vor allem auf russischen Publikationen scheint die hier angeführte Klassifikation geeignet, Unklarheiten zu beseitigen.

Klasse (classis): Mammalia; Ordnung (Ordo): Proboscidea; Familie (familia): Elephantidae (GRAY, 1821); Unterfamilie (subfamilia): Elephantinae (GILL, 1872); Gattung (genus): *MAMMUTHUS* (BURNETT, 1830); Art (spezies): *MAMMUTHUS PRIMIGENIUS* (BLUMENBACH, 1863).

Als weitere Genera würden dann zu nennen sein: *ARCHIDISCODON* (POHLIG), *PARELEPHAS* (POHLIG), *PALAEOLOXODON* (MATSUMOTO, 1924).

Hierdurch würde die Verwirrung in der Klassifikation vermieden werden, doch liegt es auf der Hand, daß Autoren, die sich – vor allem mit dem Argument der Erstbenennung – bereits anders festgelegt haben, mit diesem Vorschlag nicht einverstanden sein werden.

1.3 Die Bestimmung des Lebensalters von Elefanten nach ihren Backenzähnen und mögliche Hinweise auf die Todesursachen

Nach der Eingliederung eines Backenzahnes in die Dentitionsfolge und dessen Abrasionsgrad ist innerhalb gewisser Grenzen ein Schluß möglich auf das Lebensalter, welches das Tier erreichte. Die in Tabelle 1 genannten Zahlen geben dabei mittlere Werte zwischen einer Reihe von Jahren an. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Abrasion die Zähne nicht immer gleich stark abnützte, wie Funde von anderen Plätzen gezeigt haben, wo rechter und linker Zahn in demselben Kiefer eine verschieden starke Abrasion aufwiesen. Auch dürfte der Zahnwechsel bei der Dentition nicht immer in genau demselben Lebensalter stattgefunden haben. Vielleicht besteht ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Abrasion und dem Zahnwechsel.

Von solchen Einschränkungen abgesehen, erlaubt jedoch bei einem Teil der Fundstellen die Bestimmung des Sterbealters einer Elefantenpopulation Hinweise darauf, wie weit eine natürliche Thanatozönose vorliegt, oder ob sich besondere Einflüsse geltend gemacht haben.

Bei einer natürlichen Sterbegemeinschaft dominieren in der Regel die älteren und alten Tiere eines spätadulten und eines gerontischen Alters. Hierzu gibt auf Tabelle 1 die Fundstelle Süßenborn bei Weimar mit 56% alten Tieren ein Beispiel.

	mm1, mm2	mm3, M1	M2	M3		
	embryonal	ephebisches	frühadult	spätadult – senil		
Lebensalter in Jahren	bis 5	4–18	16–45	über 35	Anzahl der Zähne	Autoren
Stuckenbusch <i>M. primig.</i>	–	24%	44%	32%	25	GUENTHER, 1993
Salzgitter <i>M. primig.</i>	8%	52%	17%	21%	23	GUENTHER, 1991
Předmostí <i>M. primig.</i>	20%	43%	18%	18%	361	MUSIL, 1968
Bilzingsleben <i>Pal. antiquus</i>	35%	32%	18%	15%	125	GUENTHER, 1989
Süßenborn <i>Parelephas trog.</i>	1%	20%	21%	56%	240	GUENTHER, 1973

Tab. 1: Lebensalter von Proboscidiern in Prozenten, von verschiedenen Fundplätzen

Mitunter gibt es naturgegebene Fallen, die eine Auslese bewirken. Ein gutes Beispiel hierfür sind die Ölsümpfe der Rancho la Brea in Los Angeles, in die zunächst pflanzenfressende Säuger gerieten und wo dann Raubtiere (*Smilodon*), eine leichte Beute erhoffend, in größerer Zahl umkamen. Vielleicht gab es auch bei der Fundstelle Untermaßfeld bei Meiningen, wo das Institut für Quartärpaläontologie Weimar seit einigen Jahren gräbt, eine solche natürliche Falle. Reste von Proboscidiern fehlen, mit Ausnahme von einem Zahn.

Bei Schlüssen auf die Altersverteilung ist jedoch zu berücksichtigen, daß bereits bei der Fundbergung in vielen Fällen eine Auslese stattgefunden hat. Besteht die Fundschicht z. B. aus Schottern, werden in erster Linie die größeren Reste wie die Molare von Elefanten gefunden, während die kleineren Milchmolare sehr leicht übersehen werden. Bei anderen Fundstellen, vor allem wenn eine Grabung auf fossile Tierreste stattgefunden hat, wie das bei Bilzingsleben und auch bei Salzgitter-Lebenstedt der Fall war, wo man mit großer Akribie gearbeitet hat, wurden wohl auch kleinste Tierreste nicht übersehen. Hier geben die Funde einen guten Einblick in die Alterseingliederung der Thanatocoenose.

Auf Tabelle 1 wird die prozentuale Altersverteilung von Elefanten-Backenzähnen einiger Fundstellen gezeigt. Bei Süßenborn handelt es sich um eine natürliche Sterbegemeinschaft mit 56% alten und sehr alten Elefanten. Bei Salzgitter-Lebenstedt, Předmostí und Bilzingsleben beweist die große Menge von Artefakten, daß man es mit menschlicher Jagdbeute zu tun hat. Hier überwiegen die wenig wehrhaften embryonischen und nepionischen Proboscidiern mit mehr als 60%. Sicher lagen hier für die Jagd besonders günstige Bedingungen vor. Stuckenbusch ist ein Sonderfall mit einem besonders hohen Anteil an frühadulten Tieren, also Elefanten in bestem Alter. Elefantenbabys fehlen und lediglich ein Zahn stammt von einem gerontischen Tier.

Diese Altersverteilung ist nicht leicht zu erklären. Im Wildschutzgebiet der Etoscha-Pfanne in Namibia konnte ich beobachten, daß frühadulte Tiere vorangeschickt wurden, um zu erkunden, ob die Herde eine Wasserstelle gefahrlos aufsuchen könne. Sollte hierin eine besondere Gefährdung gerade dieser Altersklasse vorliegen?

2. Mammutfunde von Stuckenbusch und von anderen Fundplätzen, die zu Vergleichen zugezogen werden

Von der Fundstelle Stuckenbusch konnten 25 Backenzähne untersucht werden. Es waren dies: 8 dritte Molare (6 des Ober- und 2 des Unterkiefers), 11 zweite Molare (4 des Ober- und 7 des Unterkiefers), 6 erste Molare (2 des Ober- und 4 des Unterkiefers).

16 der Zähne, die von den Aufsammlungen der Jahre 1931, 1932 und 1936 stammen, befinden sich im Museum des geologischen Institutes der Universität Münster und 9 Backenzähne besitzt das Westfälische Museum für Naturkunde, ebenfalls in Münster / Westfalen. Letztere wurden 1986 geborgen. Die Zähne des Geologischen Institutes lagen bereits Prof. Dr. H. WEHRLI vor, der 1956, nachdem er von Münster nach Greifswald umgezogen war, einen Bericht veröffentlicht hat, in welchem er einen Einblick gab in Geologie, Stratonomie, Flora und Fauna der beiden Fundstellen Stuckenbusch bei Herten und Ternsche bei Selm.

Bei den Elefanten machte er darin lediglich kurze Angaben zum Längen-Lamellen-Quotienten und der Schmelzstärke und zog den Schluß auf ein höheres phylogenetisches Alter der Elefanten von Stuckenbusch, denjenigen von Ternsche gegenüber. Hierbei wäre jedoch zu bedenken, daß die individuelle Tracht, bei der geringen Anzahl von Zähnen, er bezieht sich lediglich auf 10 dritte Molare, die ererbten Stammesmerkmale überschattet. WEHRLI stellt die Fundstelle Stuckenbusch in die frühe Würm-Kaltzeit, früher als Ternsche, da bei Stuckenbusch ein stärkerer interglazialer Einschlag (gemeint ist das Eem-Interglazial) zu erkennen sei. Zur Frage der stratigraphischen Einordnung und zur Altersdatierung von Stuckenbusch werden im folgenden Backenzähne von Proboscidiern einiger anderer Fundstellen zugezogen, deren Datierung im wesentlichen geklärt zu sein scheint. Es sind dies:

Das Valdarno: Elefantenfunde dieses bedeutenden Fundgebietes wurden in den Museen von Florenz, Montevarchi und Basel untersucht. Die Fundschichten gehören in das obere Pliozän und vor allem in das unterste Pleistozän.

AZZAROLI (1983) nennt *Archidiscodon meridionalis meridionalis* NESTI aus den Sedimenten des Olivola und Tasso, die nach GIULI (1983) dem untersten Pleistozän (oberes Villafranchiano) zuzuordnen sind. Unter dem Fundgut gab es auch einige Backenzähne von *Archidiscodon gromovi* (ALEKSEEVA und GARUTT) der Monopoli-Fauna, die nach GIULI (1983) in das obere Pliozän (unteres Villafranchiano) gehören. Da letztere einen phylogenetisch älteren Habitus haben als *A. meridionalis*, sind die mittleren Werte der Valdarno-Proboscider in den Diagrammen phylogenetisch vielleicht etwas zu primitiv eingesetzt.

Die Hauptfunde des *Parelephas trogontherii* von Mauer und Mosbach dürften aus Schichten gekommen sein, die über denjenigen der Cromer-Warmzeit einzuordnen sind.

Süßenborn gehört in einen unteren Abschnitt der Mindel-Kaltzeit. (KAHLKE et alii, 1969). Die Schotter scheinen in einem längeren Zeitraum abgelagert zu sein. So gibt WÜST (1900) metrische und morphologische Charakteristika sowie Abbildungen von 7 Elefanten-Molaren (M1–M3), die er zu *Palaeoloxodon antiquus* FALC. stellt. Sie wurden in einer Zeit vor 1900 in Süßenborn gesammelt und befanden sich im Geologischen Institut der Universität Halle/Saale.

Man kann annehmen, daß in jener Zeit Schotter abgebaut wurden, die eine andere Elefanten-Population enthielten, als die Hauptmasse der Kiese und Sande, die durch *Parelephas trogontherii* POHL. gekennzeichnet sind.

Markkleeberg: Die Elefanten-Backenzähne dieser Fundstelle hat RÜHL (1939) bearbeitet. Die Fossilien scheinen bei einer Bombardierung von Leipzig, bei der auch das Geologische Institut zerstört wurde, vernichtet worden zu sein. GRAHMANN (1956) stellt die Ablagerungen, aus denen die prähistorischen Artefakte und wohl auch die Elefantenzähne stammen, in die Rißkaltzeit. MANIA (1983) hat in einer grundlegenden Bearbeitung der Fundstelle Markkleeberg zur Alterseingliederung der Artefakte Stellung genommen und stellt fest: "Für das Alter der Artefakte kommt soweit nur eine Zeit vor der Saale (Drenthe)-Eisbedeckung in Betracht, somit der Zeitraum Holsteinwarmzeit bis frühe Saale-Kaltzeit." (Da *Palaeoloxodon antiquus* fehlt, kommt eine Warmzeit jedoch nicht in Frage).

Ehringsdorf: Die Mammute dieser berühmten Travertin-Fundstelle kommen, mit Ausnahme einiger weniger älterer Funde, aus dem oberen Travertin I, der über dem interglazial-warmzeitlichen unteren Travertin (mit *Palaeoloxodon antiquus*) folgt, lediglich durch die dünne Schicht des "Parisers" von diesem getrennt. Man kann daher annehmen, daß diese Proboscider, ebenso wie diejenigen von Weimar-Stadt (bei der Belvedere-Allee) bald nach dem Eem-Interglazial, also in die Zeit der unteren Würm-Kaltzeit einzuordnen sind.

U. und W. STEINER (1984) stellen allerdings die Frage, ob nicht die unteren Bereiche der Travertine in Interstadial-Perioden der Saale-Eiszeit entstanden seien, was allerdings bei dem warmzeitlich interglazialen Charakter von Fauna und Flora des unteren Travertins erstaunlich wäre. Auch die absolute Altersdatierung der unteren Travertine von Ehringsdorf mit rund 260.000 Jahren b. p. dürfte indiskutabel sein.

Die Knochenkiese des Emschertales

Im Emschertal zwischen Dortmund und Duisburg wurden bei Baggararbeiten für den Rhein-Herne-Kanal erhebliche Mengen von Knochen und Zähnen einer eiszeitlichen Tierwelt zu Tage gefördert. Sie wurden in verschiedenen Museen, wie dem Museum für Ur- und Orts-Geschichte in Bottrop, dem Ruhrland-Museum in Essen, dem Museum in Herne sowie in Magazinen der Humboldt-Universität und dem Naturkunde-Museum in Berlin aufbewahrt.

Die Fauna bestätigt kalte (glaziale), warme (interglaziale) Phasen und zwischen diesen liegende Übergangszeiten. So nennt HEINRICH (1990) den kaltzeitlichen Moschusochsen (*Ovibos moschatus*) neben dem warmzeitlichen Auerochsen (*Bos primigenius*), das Ren (*Rangifer tarandus*) neben dem Reh (*Capreolus capreolus*), den Vielfraß (*Gulo gulo*) neben dem Dachs (*Meles meles*) und das Waldnashorn (*Dicerorhinus kirchbergensis*) neben dem Wollnashorn (*Coelodonta antiquitatis*). Von den Elefanten jedoch lediglich Tiere der Mammutstammreihe (*Mammuthus trogontherii* und *M. primigenius*).

Verf. hat in den Museen von Bottrop 109 und von Herne 16 Elefantenbackenzähne untersucht und KELLER (1939) gibt aus dem Museum von Essen Daten von 90 Zähnen, die alle aus Baggergut im Emschertal stammen. Bei diesen 215 Backenzähnen handelt es sich ausschließlich um Gebißteile von Tieren der Mammutstammreihe, Zähne der interglazialen Waldelefanten (*Palaeoloxodon antiquus*), die zumeist gemeinsam mit Resten des Waldnashorns gefunden werden, fehlen.

Das Alter der Knochenkiese ist noch nicht genau präzisiert. KRÄUSEL und STEUSLOFF (Zitat nach LANSER, 1982) datieren nach Pflanzenresten und Mollusken die Entstehung der Knochenkiese an das Ende der Eem-Warmzeit und den Beginn der Weichsel-Kaltzeit. BRUNACKER (1982) meint, daß der Aufbau der Sedimente so gedeutet werden könne, daß die Knochenkiese an den Anfang der Weichsel-Kaltzeit gehörten. Demgegenüber ist KAHLE (1975) nach den Ergebnissen der Untersuchung eines Schädels der Saiga-Antilope (*Saiga tatarica*) der Ansicht, daß eine Datierung in die späte Saale-Kaltzeit möglich sei.

Da die Fauna einen längeren Zeitraum mit glazialen, interglazialen und einem zwischen diesen Extremen liegenden Zeitraum beweist, erscheint eine Altersdatierung der Knochenkiese sowie der hangenden Schnecken- und Tal-Sande und vielleicht noch der liegenden Schichten, die als Baggergut nicht voneinander zu trennen waren, in einen Zeitraum von der oberen Saale-Kaltzeit bis zur unteren Weichsel-Kaltzeit nicht unmöglich. Hierbei bleibt jedoch das Fehlen des Waldelefanten (*Palaeoloxodon antiquus*) unverständlich.

Die Mammutpopulation der Vogelherd-Höhle wird von der Mehrzahl der Autoren in das Aurignac-Interstadial gestellt, das wohl zwischen unterem und mittlerem Weichsel einzuordnen ist. Zuerst in den Höhlensedimenten fand sich der Molar eines Waldelefanten (*Palaeoloxodon antiquus*), der aus dem vorausgehenden Eem stammen dürfte.

P ř e d m o s t í ist die – bei den hier angesprochenen – jüngste Fundstelle. MUSIL (1968), der in einer besonders wertvollen Arbeit, die dort gefundenen Mammut-Backenzähne bearbeitet hat, stellt mit anderen Autoren die Hauptkultur-Schicht in die Zeit des Würm 2/3 Interstadials (Mittel-Würm bis Spätwürm) "Die Elefanten entstammen einer Periode, die wachsende Anzeichen des Aussterbens der Mammute zeige." Das durchschnittliche Alter der Tiere habe sich beträchtlich gesenkt und der Zeitpunkt ihres endgültigen Aussterbens begänne sich unaufhaltsam abzuzeichnen.

2.1. Einige besondere Eigenschaften der Molaren von Stuckenbusch

Dentin und Deckzement der Molaren von Stuckenbusch sind unterschiedlich: braun bis graubraun bis grau gefärbt. In verschiedenen Schattierungen gibt es schwarze, dann auch hellbraune bis nahezu weiße Backenzähne. Der Schmelz ist milchglasartig, wie weißes Mattglas, jedoch äußerlich von einer graubraunen Haut überzogen.

Das Deckzement ist bei fast allen Zähnen erhalten und nur selten einmal an einigen Stellen abgeplatzt. Es bildet sich, auch wenn ein Zahn bereits in Funktion ist, immer weiter und zwar am stärksten an den Teilen der Zahnkrone, die zunächst in Abrasion kommen. Wird ein Zahn beim Dentitionswechsel in das Gebiß vorgeschoben, ist das Deckzement zunächst noch sehr dünn (unter 1 mm), nimmt dann aber im Verlaufe der Abkautung deutlich an Dicke zu (bis ca. 3 mm und mehr).

An den proximalen und distalen Zahnseiten gibt es nicht selten Impressionen, entstanden offenbar durch die Pressung des nachfolgenden auf den vorangehenden Zahn (Abb. 12). Der proximalen Seite eines dritten Molaren muß, da ihm kein weiterer Zahn folgt, eine derartige Impression fehlen, was in Zweifelsfällen die Möglichkeit gibt, zu bestimmen, ob es sich um einen zweiten oder dritten Molaren handelt. Bei 10 Molaren der Zähne von Stuckenbusch (also bei 40%) gibt es solche Impressionen. Es ist dies im Vergleich mit den Populationen anderer Fundstellen ein sehr hoher Prozentsatz.

Die Mammute haben an ihrer distalen Zahnseite ein oder mitunter auch zwei oder mehr Vorderwurzeln. Häufig sind diese durch einen tiefen Einschnitt, eine Zäsur, von dem nach proximal anschließenden Wurzelbereich getrennt. Auf diesem distalen Wurzelteil stehen in den Zahnkronen der distale Talon und zumeist zwei oder drei Lamellen.

Sind die Zahnkronen um ungefähr 40% ihrer Gesamthöhe abradert, beginnt bereits die Resorption der Vorderwurzel zunächst mit der Bildung von tiefen Kavernen, bis dann der Rest der Vorderwurzel die Verbindung mit der Zahnkrone verliert (Abb. 12).

Vor allem an den Vorderwurzeln gibt es quer zur Wurzellänge verlaufende wulstförmige Verdickungen, die verschiedentlich mehr oder weniger die Wurzel umlaufen. Man kann in ihnen Bildungen von Wachstumsrhythmen vermuten. Zumeist sind es mehrere nacheinander folgende derartige Wülste.

Bei den Molaren von Stuckenbusch ergaben sich von Wulstmitte zu Wulstmitte folgende mittlere Abstände:

Bei den dritten Molaren = ca. 9 mm,

bei den zweiten Molaren = ca. 8 mm,

bei den ersten Molaren = ca. 7 mm.

An den Zahnkronen der Backenzähne, vor allem der dritten Molaren, gibt es nicht sehr selten Rillen, die in geringer Entfernung von der Kaufläche, parallel zu dieser, mehr oder weniger in das Deckzement eingetieft sind. Im Schmelz von menschlichen Incisiven sieht man mitunter ähnliche Rillen und hier bezeichnet man sie als "Hypoplasie". Bei den Molaren von Mammuten anderer Fundstellen, die an einer Geschwulstbildung, einem Odontom, litten, fanden sich ähnliche, besonders deutlich ausgebildete Rillen. Es liegt somit der Schluß nahe, daß diese als Folge eines schlechten oder krankhaften Zustandes entstehen, z. B. auch einer unzureichenden Ernährung, einem Mangel an Vitaminen, vor allem an solchen, die bei dem Kalkstoffwechsel eine Rolle spielen (Abb. 12, Zahn 13 u. 14).

Bei 8 Zähnen (also 32% der Zähne von Stuckenbusch) gibt es solche Hypoplasie-Rillen. Sie folgen einander mit einem mittleren Abstand von Rillenmitte zu Rillenmitte von 6,3 mm. Es ist nicht völlig ausgeschlossen, daß diese Rillen jahreszeitlich in den Zeiten einer ungünstigeren Ernährung, z. B. im Winter, entstanden. Der Wert von ca. 6,3 mm entspräche dann der jährlichen Abrasion der Zahnkrone.

Die Zähne von Stuckenbusch lassen mit wenigen Ausnahmen keine Spuren einer Abrollung erkennen. Sie wurden demnach schnell eingebettet und lagen auch nicht auf dem Boden eines schnell fließenden, Schotter transportierenden Gewässers. Nur bei einigen Zähnen sind Lamellen einer Seite angeschlagen, Verletzungen, die aber auch bei der Bergung entstanden sein konnten.

2.2. Die Lamellenzahl

Die Anzahl der Lamellen, die eine Zahnkrone enthält, ist ein wesentliches Merkmal zur Eingliederung eines Backenzahnes in die Dentitionsfolge sowie zur phylogenetischen Artbestimmung eines Proboscidi-ers.

Die erste und die letzte Lamelle, die man jeweils als Talon bezeichnet, sind in der Mehrzahl der Fälle anders ausgebildet als die übrigen Lamellen. Sie werden daher nicht in die Anzahl der Lamellen mit einbezogen, sondern lediglich durch ein x gekennzeichnet. Die Talone sind häufig schmaler und kürzer als die anderen Lamellen, und oft ist ihr wurzelseitiges Ende mit der anschließenden Lamelle verschmolzen, so daß die Pulpen des Talons in diejenigen dieser Lamelle einmünden.

Im Verlaufe der phylogenetischen Weiterbildung nimmt bei der Stammlinie der Mammute die Anzahl der Lamellen (vor allem bei den Molaren) unter deren Dünnerwerden zu. *Archidiscodon* aus dem Arnotal hat im mittleren Wert der dritten Molaren 12,5 Lamellen. Es gibt aber auch Molare mit nur 10 Lamellen. Bei *Parelephas* von Mosbach und Süßenborn war die niedrigste mehrfach festgestellte Lamellenzahl der dritten Molaren 13, die höchste 21. Der mittlere Wert lag um 16,5. Die Anzahl der Lamellen der Fundstelle Předměstí liegt bei den 3. Molaren nach MUSIL (1968) zwischen 17 und 25, der mittlere Wert bei ungefähr 22 Lamellen.

Auf dem Diagramm Abb. 1 werden mit den schräg schraffierten Feldern die Variationsbreiten, innerhalb deren die Lamellenzahlen variieren, gekennzeichnet. Die mittleren Werte aller untersuchten 2. und 3. Molaren sind in den schräg schraffierten Feldern eingeschrieben. Diese liegen keineswegs immer in der Mitte der Variationsbreiten, sie sind vielmehr mehrfach nach oben oder nach unten verschoben. Die Zahlen an der Unterseite des Diagramms nennen die je Fundstelle vermessene Anzahl der Zähne.

Bei den dritten Molaren der Elefanten des oberen Pleistozäns schwankt die mittlere Anzahl der Lamellen bei den verschiedenen Fundstellen nur unerheblich zwischen 20,5 und 22,5. Trotz der geringen Anzahl der je Fundstelle vorliegenden Molaren hätte man einen größeren Einfluß einzelner individueller Ausbildungen und damit stärker variierende mittlere Werte erwarten können.

Die zweiten Molaren haben eine Zunahme der Lamellen von Alt- zu Mittel- zu Jung-Pleistozän von 10,2 zu 13,8 zu ca. 15,0. Die Zunahme im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung ist also geringer als bei

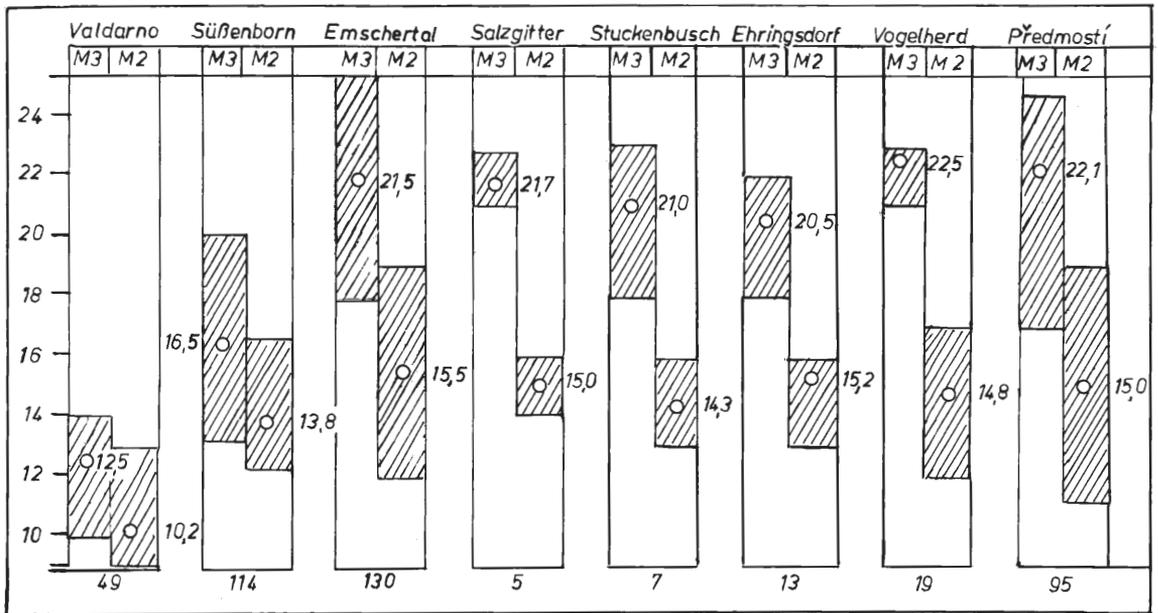


Abb. 1: Anzahl der Lamellen von 2. und 3. Molaren einiger verschieden alter Elefantenpopulationen vom ältesten zum jüngsten Pleistozän.

Die Zahlen unter den Säulen nennen die Anzahl von Molaren, die je Fundstelle untersucht werden konnten. Die schraffierten Felder zeigen die Variationsbreiten und die danebenstehenden Zahlen geben die jeweiligen mittleren Werte.

den dritten Molaren. Dies hat zur Folge, daß bei den jungpleistozänen 2. und 3. Molaren Variationsbreite und mittlerer Wert verschiedentlich auseinanderklaffen, ein Verhalten, das begünstigt wird durch die jeweils nur geringe Anzahl von Untersuchungsobjekten. Bei den nahezu 100 Molaren von Předmostí überschneiden sich die Felder der Variationsbreiten der zweiten Molaren mit den meisten Lamellen und der dritten Molaren mit den wenigsten Lamellen, allerdings nicht sehr beträchtlich.

Es ist demnach festzustellen: Die Vermehrung der Lamellen im Verlaufe der phylogenetischen Weiterbildung ist bei den dritten Molaren deutlich, bei den zweiten Molaren dagegen wesentlich geringer. Das Merkmal ist also lediglich bei den dritten Molaren zur Beurteilung der phylogenetischen Entwicklungshöhe ausreichend aussagekräftig.

Die Lamellenzahl der 3. Molaren von Stuckenbusch entspricht nahezu derjenigen von Salzgitter-Lebenstedt und derjenigen der Knochenkiese aus dem Rhein-Herne-Kanal. Auch die Unterschiede zu den entsprechenden Zähnen aus der Vogelherdhöhle und der Fundstelle Předmostí, die im mittleren Wert etwas mehr Lamellen haben, sind ohne ausreichende Aussagekraft zur phylogenetischen Einstufung.

2.3. Die Breitenwerte der zweiten und dritten Molaren

In dem Diagramm Abb. 2 sind vor allem Zahnbreiten ausgewertet, deren Deckzement noch erhalten ist. In einigen Fällen, wenn von einer Fundstelle nur wenige Backenzähne vorlagen, wurden auch einige Molare mit einbezogen, deren Deckzement an der breitesten Stelle der Zahnkrone fehlte. Der größte Breitenwert der dritten Molaren liegt bevorzugt zwischen der dritten und sechsten Lamelle, bei einer Abrasion von ungefähr 30%. Geht die Abrasion über diesen Wert hinaus, verringert sich die Breite häufig wieder, um einen geringen Betrag.

Bei den mitverwendeten Molaren, deren Deckzement nicht mehr erhalten war, wurde dessen Dicke abgeschätzt, häufig nach noch an anderer Stelle der Zahnkrone, erhaltenen Resten. Die Dicke des Deckzements liegt zumeist zwischen 1 und 3 mm. Die entsprechenden Beträge wurden den beiden Seiten des Molaren zuaddiert.

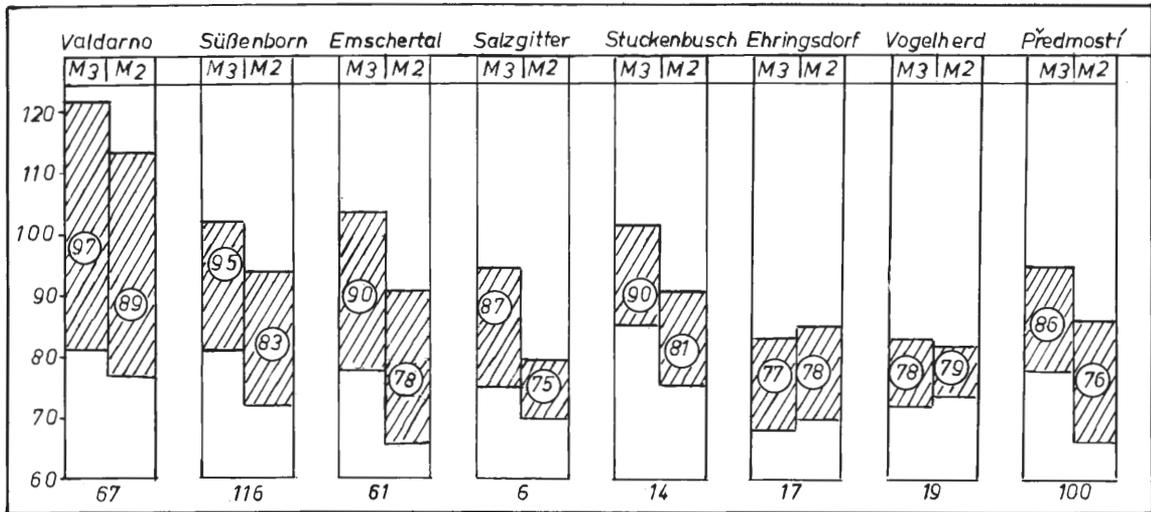


Abb. 2: Die Zahnbreiten von 2. und 3. Molaren einiger verschieden alter europäischer Fundplätze. Valdarno (*Archidiscodon*), Süßenborn (*Parelephas*). Die übrigen Populationen (*Mammuthus*).

Das Diagramm zeigt in den Feldern mit schräger Schraffur die jeweiligen Schwankungsdifferenzen. Eingeschrieben sind die mittleren Werte der Zahnbreiten. Die unten stehende Zahl nennt die Anzahl der Molaren, die jeweils vermessen werden konnten.

Es zeigt sich, daß die Breitenwerte generell von geologisch alt zu jung abnehmen. Vom altpleistozänen *Archidiscodon* aus dem Arnotal, zum mittelpleistozänen *Parelephas* aus Süßenborn, zu den jungpleistozänen Mammuten der Fundstelle Předmostí in Mähren. Dabei ist die Schwankungsdifferenz zwischen breitesten und schmalsten Molaren bei den Zähnen aus dem Valdarno am größten. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß diese Funde nicht aus einem enger zu umgrenzenden Zeitraum stammen. Wesentlich geringer ist die Schwankung bei den Zähnen aus Předmostí, obschon von dieser Fundstelle fast doppelt so viele Molare vorliegen, wie von den Fundgebieten des Valdarno. Die geringeren Differenzen bei den übrigen Fundstellen sind wohl zu überwiegenden Teilen auf die geringe Menge der untersuchten Molaren zurückzuführen.

Die Breitenwerte der jungpleistozänen Backenzähne zeigen keine eindeutigen Unterschiede, die irgendwelche Schlüsse zuließen.

Die dritten Molaren von Stuckenbusch haben den gleichen mittleren Breitenwert, wie die entsprechenden Zähne aus den Knochenkiesen des Rhein-Herne-Kanals. Auch die Molare von Salzgitter-Lebenstedt unterscheiden sich von ihnen nicht, oder nur unwesentlich.

Die geringsten Breitenwerte zeigen die Molare von Ehringsdorf und der Vogelherdhöhle. Doch ist bei den wenigen Funden dieser Orte ein Schluß nicht sinnvoll, da die individuelle Tracht einiger weniger Zähne die erbten Stammesmerkmale unterdrückt. Bei den Ehringsdorfer Molaren ist sogar die Breite der zweiten Molaren um ein Geringes größer als diejenige der dritten Molaren, wohl die Folge eines unzureichenden Materials.

Bei anderen Untersuchungen hat es sich allerdings gezeigt, daß in Zeiten, die wärmeren Abschnitten folgten, (z. B. dem Eem-Interglazial) bei Mammutpopulationen vermehrt diminutive Formen auftraten. Und die Mammut-Zähne von Ehringsdorf fanden sich im oberen Travertin I, der lediglich durch die Schicht des "Parisers" von dem unteren Travertin getrennt ist, bei dem es sich um die Ablagerung eines Interglazials handelt, wie die Fauna mit den Waldelefanten (*Palaeoloxodon antiquus*) bezeugt. Die Breitenwerte der Molaren von Stuckenbusch unterscheiden sich nicht oder nur unwesentlich von denen aus den Knochenkiesen sowie denjenigen von den Fundstellen Salzgitter-Lebenstedt und Předmostí. Bei den geringen Mengen an Untersuchungsmaterial sind jedoch hieraus keine Schlüsse zu ziehen.

2.4. Die Zahnlängen

Die maximalen Längen von Elefantenbackenzähnen sind in der Regel nur bei einem Teil des Fundgutes zu messen, da bei vielen Zahnkronen vor allem die distalen Vorderseiten nicht mehr erhalten sind. Diese sind bereits weitgehend abradert und ihre Reste sind abgebrochen. Um ein Beispiel anzuführen: Bei insgesamt 45 dritten Molaren des Oberkiefers des Fundgebietes von Předmostí (MUSIL 1968) ließen sich nur von 23 Zähnen die größten Längenwerte ermitteln und bei 27 entsprechenden Zähnen des Unterkiefers nur von 14 Molaren. Dabei wurden auch Zähne mit einbezogen, deren distaler Talon und die anschließende Lamelle bereits fehlten. Deren Längenwerte ließen sich jedoch abschätzen und dem erhaltenen Längenmaß zuaddieren, wobei kein wesentlicher Fehler möglich war.

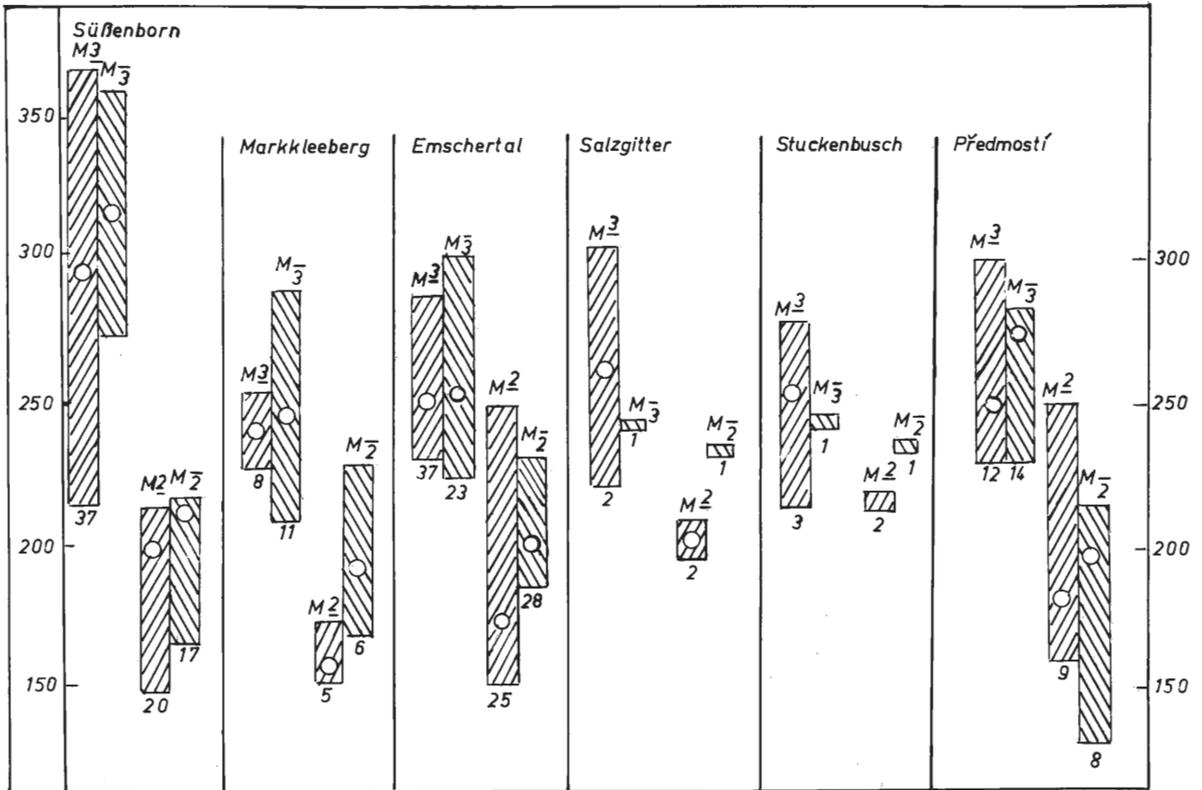


Abb. 3 Zahnlängen von 2. und 3. Molaren der Ober- und Unterkiefer

Das Diagramm Abb. 3 zeigt die Variationsbreiten und die mittleren Werte der Längenmaße von 2. und 3. Molaren einiger zum Teil verschieden alter Fundstellen. Wie die unter die Säulen geschriebenen Zahlen besagen, ist die Anzahl der je Fundplatz verwertbaren Molaren unterschiedlich groß. Dies hat verständlicherweise seine Auswirkung auf die Zuverlässigkeit von Variationsbreite und mittleren Wert einiger Fundstellen. Die Unterkieferzähne sind 10 bis 25 mm länger als die zugehörigen Zähne der Oberkiefer. Eine größte Differenz haben lediglich die Backenzähne aus den Knochenkiesen des Emschertales mit einem Unterschied von 32 mm.

Nur bei einem Teil der Zähne liegen die mittleren Werte ungefähr in der Mitte der Variationsbreiten. Die individuelle Tracht der Längenmaße einiger weniger besonders langer oder besonders kurzer Zähne wirkt sich in den Variationsbreiten aus, wie z. B. bei den 2. Molaren von Süßenborn und den 2. Molaren von Předmostí.

Die 3. Molaren des *Parelephas trogontherii* von Süßenborn weisen sowohl in den mittleren Werten wie in den Variationsbreiten besonders große Längen auf. Die 2. Molaren der Fundstelle sind jedoch wesentlich kürzer und unterscheiden sich in diesem Maße nicht oder nur unwesentlich von den Backenzähnen einiger anderer Populationen mit *Mammuthus*. Man könnte nach dem biogenetischen Grundgesetz HAECKELS, das besagt, daß in der Ontogenese vielfach eine unvollständige Rekapitulation der Phylogenese stattfin-

det, vermuten, daß die besondere Länge der dritten Molaren der Elefanten von Süßenborn eine mehr oder weniger neu erworbene Eigenschaft ist. Die sehr viel älteren dritten Molaren der Archidiscodonten aus dem Valdarno, deren Werte im Diagramm nicht gezeigt werden, entsprechen – bei sehr viel geringeren Variationsbreiten – in den mittleren Werten der Längen nahezu denjenigen aus den Knochenkiesen.

Im Ganzen zeigen die uns hier besonders interessierenden Zähne aus Stuckenbusch keine wesentlichen Unterschiede zu denjenigen von Salzgitter-Lebenstedt, doch liegen für eine gesicherte Aussage der beiden Fundstellen zu wenige Backenzähne vor. Dies bezieht sich auch auf die Unterschiede zu den Zähnen aus den Knochenkiesen und denjenigen von der Fundstelle Markkleeberg. Eine teilweise Reduktion der Längenmaße zu den anderen Fundstellen könnten die Backenzähne von Předmostí erkennen lassen, doch entsprechen sie in diesem Maß gut den dentitionsgleichen aber weit älteren Molaren von Markkleeberg. Als Ergebnis ist also festzustellen, daß die Längenmaße der 2. und 3. weichselzeitlichen Molaren keine deutlichen Änderungen in der phylogenetischen Weiterentwicklung erkennen lassen. Die individuelle Tracht weniger Zähne beherrscht bei den weichselzeitlichen Funden weitgehend die Variationsbreiten.

2.5. Die Zahnhöhen

Die maximale Höhe eines Elefanten-Backenzahns entspricht der größten Länge der längsten Lamelle. Die größte Höhe kann in verschiedenen Abschnitten der Zahnkrone liegen und lediglich die hinteren Lamellen der proximalen Zahnseite werden zunehmend kürzer. Die geringste Höhe hat der proximale Talon. Wenn die Zähne sich bereits in Abrasion befinden, ist die erste nicht angekaute Lamelle in der Regel auch die längste.

Bei der Untersuchung von Elefanten-Backenzähnen aus Rheinschottern, die sich im Landesmuseum Darmstadt befinden, (Frau Dr. S. von Hatten-Huch hat sie dankenswerterweise für mich untersucht) ergab sich bei 41 dritten Molaren von Mammuthus folgende Verteilung: Bei einer Gesamtzahl von 20 bis 24 Lamellen je Zahnkrone lagen die größten Höhenwerte im Bereich zwischen der 7. und der 15. Lamelle, diese beiden mit inbegriffen. Vor der 7. und nach der 15. Lamelle gab es fast keine größten Höhenmaße mehr. Die längsten Lamellen lagen also nahezu im mittleren Drittel der Zahnkrone, vielleicht um ein wenig in Richtung zur distalen Zahnseite hin verschoben.

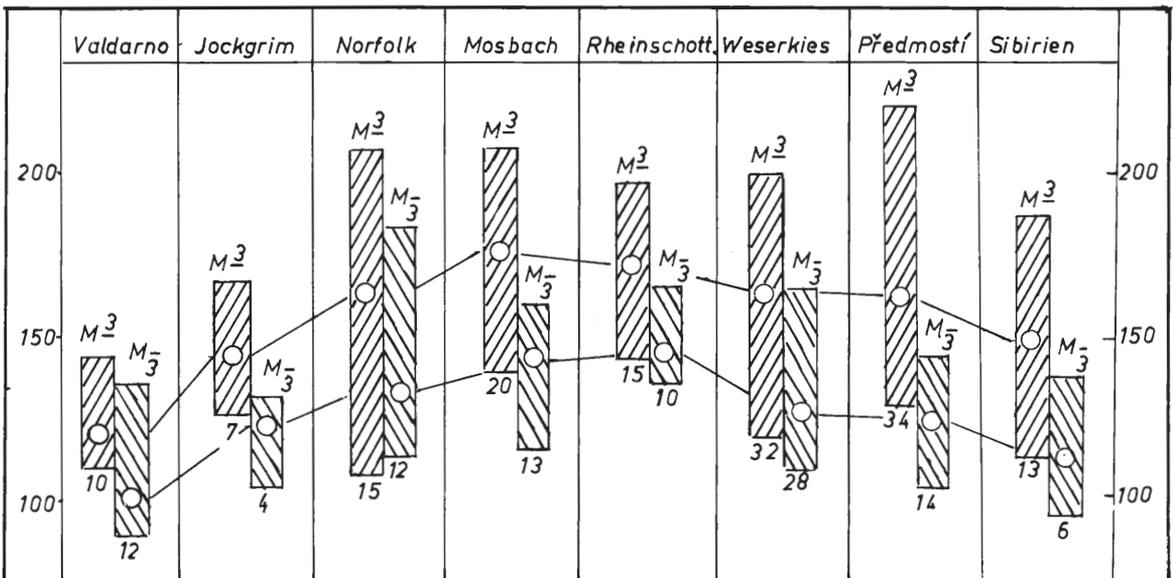


Abb. 4: Zahnhöhen von 3. Molaren der Ober- und Unter-Kiefer von Elefantenfaunen verschieden alter Fundplätze, vom ältesten zum jüngsten Pleistozän. Valdarno, Jockgrim und Teile von Norfolk (*Archidiscodon*); andere Teile von Norfolk und Mosbach (*Parelephas*); Rheinschotter, Weserkiese, Předmostí und Sibirien (*Mammuthus*).

Die allgemeine Lehrmeinung geht davon aus, daß die Elefanten-Backenzähne im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung vom ältest- zum jüngst-Pleistozän immer höher werden. Zur Überprüfung dieses Sachverhaltes wurden bei verschiedenen Fundstellen die dritten Molaren (Abb. 4) und zweiten und dritten Molaren (Abb. 5) auf die Variationsbreiten der Zahnhöhen hin untersucht und die mittleren Werte errechnet. Auf den Diagrammen sind die Fundstellen nach ihrem geologischen Alter von links nach rechts, von ältest zu jüngst, angeordnet.

Zu einigen Fundstellen, die bisher noch nicht berücksichtigt wurden, sind kurze Bemerkungen erforderlich:

1. Jockgrim in der Rheinpfalz

In Tonen und Schluffen von Jockgrim, unweit von Karlsruhe, jedoch auf der linken Rheinseite, wurden beim Abbau (für die Ludowici-Ziegelwerke) Reste einer Fauna gefunden. Bei den Sedimenten handelt es sich um alt und mittelpleistozäne Ablagerungen, entstanden in Altwässern des Rheins. Aus den unteren Lagen stammten die Backenzähne von *Archidiscodon meridionalis*, aus den höheren Schichten einige wenige Molare von *Parelelephas trogontherii*. Auch *Palaeoloxodon antiquus* wurde nachgewiesen. Die Fauna entspricht zum Teil derjenigen aus dem Valdarno, zum anderen Teil Proboscidiern aus jüngeren Zeiten, jedoch wohl älter als die Cromer-Warmzeit. (GUENTHER-MAI 1977 und MAI 1977)

Für Abb. 4 wurden lediglich die Maße der *meridionalis*-Zähne ausgewertet.

2. Norfolk

An der Ostküste Englands, von King's Lynn im Norden bis Clacton on Sea im Süden, bildet die Norfolk-Küste einen Halbkreis. Hier brandet die See gegen Kliffs, die aus Schichten des Crag und der darüber folgenden pleistozänen Sedimente bestehen. Es gibt eine Anzahl von verschiedenen Aufschlüssen, die voneinander isoliert sind. Elefantenbackenzähne, die vor allem aus den Kliffs herausgewaschen worden sind, befinden sich zum Teil im British Museum (Natural History) in London. Die einzelnen Fundstellen sind altersmäßig nur schlecht aufzugliedern.

Die Elefantenmolaren ergaben die folgende Zuteilung der einzelnen Arten zu den verschiedenen Fundstellen:

Fundstelle	<i>meridionalis</i> Fauna	<i>antiquus</i> Fauna	<i>trogontherii</i> Fauna
1. Bacton	+		
2. Cromer		+	+
3. Overstrand	+	+?	+
4. Mundesley	+		+
5. East Runton			+
6. West Runton	+		
7. Pakefield		+	+
8. Trimmingham			+
9. Sidestrand	+	?	+

Tab. 2: Proboscidier der englischen Norfolk-Küste

Im Diagramm Abb. 4 sind die Höhenmaße dieser Fundstellen mit ihren verschiedenen und unterschiedlich alten Elefantenmolaren zusammengefaßt, was die verhältnismäßig großen Variationsbreiten erklärt.

3. Sibirien

Die Elefanten-Backenzähne aus Sibirien werden in Moskau in verschiedenen Museen aufbewahrt sowie im Zoologischen Museum der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg. Es handelt sich zum Teil um Oberflächen-Funde, zum anderen Teil um Molare, die aus geringen Tiefen kommen. Die Tiere stammen also weit überwiegend aus der letzten, der Würm-Kaltzeit. Die zeitlich jüngsten Tiere könnten in der Alleröd-Zeit gelebt haben. Die Fauna dokumentiert vor allem also die letzte Phase der Existenz der Mammute.

Aus den Untersuchungen, verdeutlicht durch die Diagramme, ergibt sich folgendes:

1. Die Oberkiefer-Backenzähne sind immer höher als diejenigen der Unterkiefer.
2. Die mittleren Werte liegen zumeist mehr oder weniger in der Mitte der Variationsbreiten. Nur bei einigen Populationen, so den dritten Molaren aus dem Valdarno, den Unterkiefer-Molaren aus Norfolk, den Rheinschottern und den Weserkiesen gibt es eine Anzahl von besonders hohen Backenzähnen, welche die Variationsbreiten in Richtung zu den höheren Maßen hin verschieben.

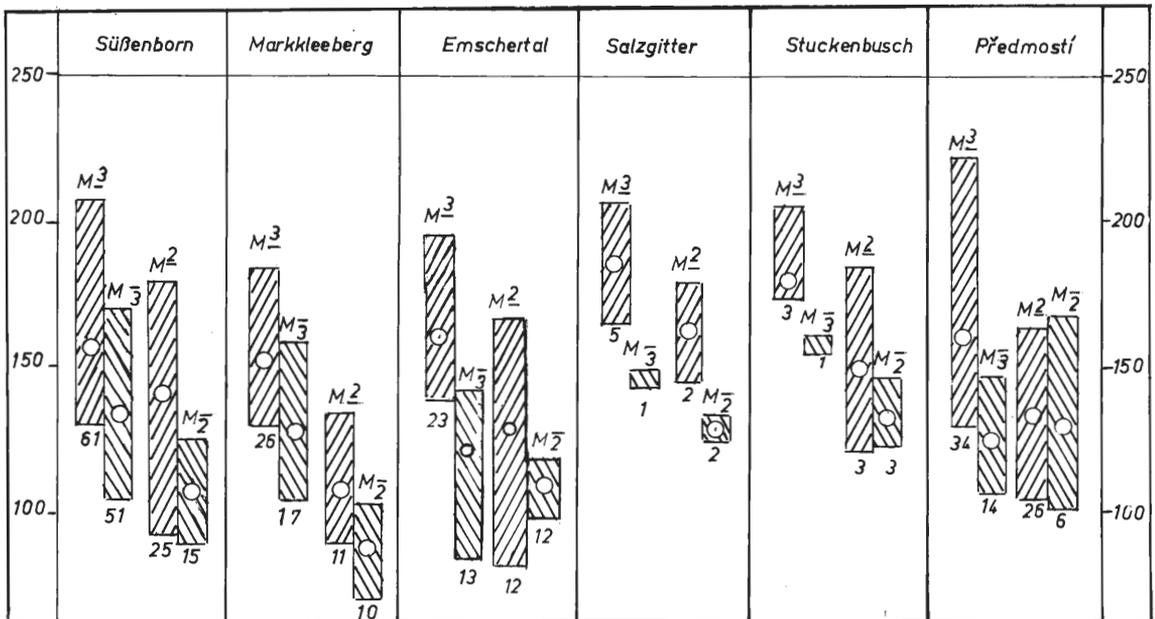


Abb. 5: Zahnhöhen von 2. und 3. Molaren der Ober- und Unter-Kiefer von deutschen Fundstellen und einem Fundplatz der Tschechoslowakei.

3. Abb. 4 zeigt einen in der Hauptsache parallelen Verlauf der Änderungen der Höhenmaße von Ober- und Unter-Kiefer-Molaren der verschiedenen Fundstellen, was die Zuverlässigkeit der Darstellung bestätigt.
4. Die Werte von Süßenborn, die auf Abb. 5 gezeigt werden, entsprechen nahezu denjenigen von Norfolk und liegen in den mittleren Werten unter denen von Mosbach, nicht jedoch in den Variationsbreiten.
5. Die Zahnhöhen nehmen sehr deutlich vom ältest-Pleistozän bis Mosbach und Süßenborn zu (also bis zur unteren Mindel-Kaltzeit) und verringern sich bei den jungpleistozänen Elefanten dann wieder.
6. Bei Předmostí, also gegen Ende der Würmkaltzeit, eine Fundstelle, die wegen ihrer Bedeutung auf beiden Diagrammen gezeigt wird, sind die Backenzähne schon deutlich niedriger geworden. Besonders geringe Höhenwerte weisen die sibirischen Populationen auf. Hier hat mit dem Auftreten von Dimutivformen bereits eine deutliche Verzweigung eingesetzt. Es zeichnet sich ein Niedergang der Mammutvorkommen ab, dem das Erlöschen dieses Stammes folgt.
7. Bei der geringen Anzahl von Höhenmaßen, welche für die Fundstelle Stuckenbusch zur Verfügung standen, ist eine Einordnung dieser Population in das Schema der Längenwerte nicht möglich. Die

persönliche Tracht von nur wenigen Molaren verhindert eine Schlußfolgerung auf etwaige ererbte Stammesmerkmale. Unter Vorbehalt könnte man darauf hinweisen, daß die Höhenwerte bei Stuckenbusch und Salzgitter-Lebenstedt auffallend hoch liegen. Es ist wohl so, daß wenige besonders hohe Molare, vielleicht von männlichen Tieren, sich hierbei auswirken. Es fällt auf, daß bei nur drei Molaren, bei einigen Zahnarten, eine überraschend große Variationsbreite des Merkmals auftritt, daß also jeweils ein besonders großer und ein besonders kleiner Zahn die Variationsbreiten bestimmen. Besonders kleine Molare von sogenannten Diminutivformen bei Mammuten gibt es in den Interglazialzeiten (GUENTHER 1954) und auch noch in den direkt darauf folgenden ersten Phasen einer anschließenden Kaltzeit.

2.6. Der Zahnschmelz

Der Schmelz, als härteste Komponente der Zahnkrone, wird auf der Kaufläche durch den Kauprozeß herauspräpariert, da sich Dentin und Zement in Rillen eintiefen. Hierdurch entsteht eine Art von Striegel mit quer laufenden Rippen, die bei einer Vor- und Rückwärts-Bewegung des Unterkiefers, zugleich mit einem pressenden Druck, die pflanzliche Nahrung des Elefanten verkleinern und zerfetzen. Dadurch wird diese besonders gut aufbereitet, was bei dem erheblichen Nahrungsbedarf der Elefanten wesentlich ist.

Sehr alte Tiere, deren Lamellen schon zum Teil abradiert sind, haben auf einem Teil der Kaufläche eine mehr oder weniger glatte Dentinebene, mit der die Nahrung nur noch gequetscht werden kann. Sie wird dadurch nicht ausreichend aufbereitet, was zur allmählichen Schwächung der Tiere führen mußte.

Die Dicke der Schmelzleisten ändert sich im Verlauf der Abrasion. Zuerst sind sie schmal, nehmen aber bald an Breite zu und erreichen ihre größte Stärke, wenn der Zahn bis zur Kronenbasis abgekaut ist. Auch auf derselben Kaufläche variieren die Schmelzbreiten zumeist um Bruchteile von Millimetern, so daß exakte Messungen derselben auf Schwierigkeiten stoßen.

Im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung von alt zu jung werden – zugleich mit der Verschmälerung der Lamellen – auch die Schmelzleisten dünner, wie dies die folgende Tabelle zeigt.

Elefantenart	Fundstelle	Schwankungsdifferenz	mittlerer Wert
<i>Archidiscodon</i>	Valdarno	2,4–5,0	2,7
<i>Parelephas</i>	Süßenborn	1,8–3,3	2,5
<i>Mammuthus</i>	Salzgitter-Lebenstedt	1,4–2,0	1,7
<i>Mammuthus</i>	Stuckenbusch	1,0–2,7	1,8
<i>Mammuthus</i>	Předmostí	1,0–2,7	1,6

Tab. 3: Dicke des Schmelzes von 3. Molaren

Die Dickenwerte des Schmelzes der Molaren von Stuckenbusch entsprechen denjenigen der würmzeitlichen Mammute. Sie sind vielleicht im Mittel um einen sehr geringen Betrag größer als diejenigen von Předmostí.

Der Schmelz ist, wie man auf den Kauflächen erkennen kann, zumeist gefältelt. Hierbei lassen sich verschiedene Typen der Fältelung unterscheiden:

1. Der Schmelz verläuft im wesentlichen bandförmig, ohne wesentliche Fältelung, doch ist seine Oberfläche mitunter schwach gezähnt, gekörnelt (schwache Schmelzfältelung).

2. Der Schmelz ist mittelstark gefältelt und dabei auch gezähnelte (mittelstarke Schmelzfältelung).
3. Der Schmelz ist zerschlitze und hat eine perlartige Struktur (starke Schmelzfältelung).

Die folgende Tabelle zeigt für einige Fundstellen die ungefähre Stärke der Schmelzfältelung.

Fundort	Elefantenart	stark	mittelstark	schwach
Valdarno	<i>Archidiscodon</i>	24%	35%	40%
Süßenborn	<i>Parelephas</i>	25%	26%	49%
Předmostí	<i>Mammuthus</i>	23%	37%	39%
Stuckenbusch	<i>Mammuthus</i>	20%	20%	60%

Tab. 4: Fältelung des Schmelzes

Die Oberfläche des Schmelzes ist zumeist bei einer nur geringen Abrasion eben und glatt. Bei zunehmender Abkautung bildet sich schon bald eine sehr feine Zähnelung. Diese zeigt sich deutlich, wenn man der Kaufläche ein Stück dünnes Papier auflegt und mit der Rückseite eines Bleistiftes die Schmelzleisten durchpaust. Häufig erkennt man dann eine feine Körnelung, eine Zähnelung. Bei groben Mustern ist die Körnelung mitunter geradezu perlschnurartig.

Bei den Zähnen von Stuckenbusch erkennt man, daß die Fältelung – abgesehen von einigen Ausnahmen – weitgehend abhängig ist von dem Ausmaß der Abrasion. Ist diese gering, sind die Schmelzleisten meist nur wenig gefältelt. Nimmt sie zu, zeigen zunächst die distalen, am stärksten abradierten Lamellen, eine gewisse Fältelung, während die Schmelzleisten der proximalen Zahnseite in der Hauptsache noch gerade und glatt sind. Erst bei einer Abrasion von 35 bis 45% werden Fältelung und Zähnelung auf der ganzen Kaufläche deutlich. Hiervon gibt es jedoch Ausnahmen: Zahn 1 von Stuckenbusch, ein besonders großer 3. Molar des Oberkiefers, hat – bei einer Abrasion von 20 bis 25% – bereits eine deutliche Kräuselung und eine Zähnelung der Schmelzoberfläche.

Der Schmelz, der die Lamellen umgibt, bildet mit seinen Leisten die sogenannten "Schmelzfiguren". Diese dienen, mit Einschränkungen, der Trennung der Waldelefanten (*Palaeoloxodon*) einerseits von den Steppen- (*Parelephas*) und Tundra- (*Mammuthus*) Elefanten andererseits. Bei *Palaeoloxodon* haben die Lamellen und damit die sie umgebenden Schmelzfiguren auf der Kaufläche eine rhombische Form, bei den Elefanten der Mammutstammreihe sind sie zunächst breit (bei der phylogenetischen Weiterbildung immer schmaler werdend), aber bandförmig ausgebildet.

Bei *Archidiscodon* gibt es beide Arten von Schmelzfiguren, rhombische (mit ca. 20%) und breitbandförmige (mit ca. 80%). Auch bei den Steppenelefanten von Süßenborn beschreibt WÜST (1900) Molare eines unterschiedlichen Abrasionsgrades mit rhombisch ausgebildeten Schmelzleisten. Er stellt sie zu *Palaeoloxodon*.

Auch bei starker Abrasion nehmen Lamellen der Mammutstammreihe verschiedentlich einen rhombischen Querschnitt an. Bei den Molaren von Stuckenbusch tendieren einige durch eine Verbreiterung des mittleren Lamellenabschnittes zu einem schwach rhombischen Querschnitt (Zahn 13 und 15), obschon die Abrasion erst bei 55–60% liegt. Ein entsprechendes Verhalten findet sich auch bei den Zähnen der Fundstelle Salzgitter-Lebenstedt (GUENTHER 1991). In keinem Falle entspricht diese Ausbildung jedoch den rhombischen Querschnitten der Lamellen von *Palaeoloxodon*.

Bei etwa 10% bis 80% der dritten Molaren der Waldelefanten – sehr unterschiedlich bei verschiedenen Populationen – wird die rhombische Form durch eine oder zwei nach proximal und oder nach distal gerichtete Mittelzacken verdeutlicht. Bei den Elefanten der Mammutstammreihe scheint die Mittelzacke zu fehlen. Lediglich bei *Archidiscodon* findet sie sich bei 10% bis 16%.

Die einzelnen Lamellen teilen sich in Richtung zur Kaufläche in drei "Pfeiler" auf und diese dann wiederum in eine Anzahl von Mammillen. Bei dem Zusammenwachsen der drei Pfeiler spricht man von

“Verschmelzung”. Die Breite der Pfeiler bei der Verschmelzung gilt ebenfalls als Indiz zur Bestimmung der Elefantenart. Im Regelfalle ist bei der Verschmelzung der Zähne von *Palaeoloxodon* der Mittelpfeiler breit, die beiden Seitenpfeiler dagegen sind schmal, was durch dieses Signum gekennzeichnet wird (• – •). Bei den Tieren der Mammutstammreihe ist der Mittelpfeiler schmal, die Seitenpfeiler sind hingegen breit (– • –). Doch gibt es hiervon zahlreiche Ausnahmen, wenige bei den Waldelefanten; doch bei den Tieren der Mammutstammreihe sind sie nicht selten. Häufig sind drei Pfeiler gleich breit (– – –) oder ein Seitenpfeiler ist schmal, der Mittelpfeiler und der andere Seitenpfeiler hingegen sind breit. (– – •). Eine Tabelle zeigt hierzu das Verhalten bei den Elefanten verschiedener Fundstellen.

	• – •	– – –	– • –
Bilzingsleben (<i>Palaeoloxodon</i>)	85%	15%	
Valdarno (<i>Archidiscodon</i>)	9%	44%	47%
Süßenborn (<i>Parelephas</i>)	18%	41%	40%
Mosbach (<i>Parelephas</i>)	36%	34%	30%
Předmostí (<i>Mammuthus</i>)	26%	41%	33%
Salzgitter (<i>Mammuthus</i>)	23%	47%	30%
Stuckenbusch (<i>Mammuthus</i>)	22%	59%	17%

Tab. 5: Ausbildung der Verschmelzung bei 3. Molaren einiger verschieden alter Fundstellen

2.7. Das Deckzement und die Mammillen

Zähnen, die gerade erst aus dem Alveolarraum in den Mund vorgeschoben worden sind und erst wenig, bis vielleicht ca. 5 Prozent, abradert sind, fehlt die Deckzement-Auflage noch oder sie besteht erst aus einer nur sehr dünnen Haut. Wird dann der Zahn stärker in den Kauprozeß einbezogen, und auch die weiter proximal liegenden Lamellen kommen in den Abrasionsbereich, verstärkt sich das Deckzement immer mehr und zwar vor allem in den Teilen der Zahnkrone, die zunächst abgekaut werden. Bei Unterkieferzähnen also direkt unter und bei Oberkieferzähnen dicht über den Kauflächen. Verschiedentlich bildet sich zwischen dieser verstärkten Auflage und dem angrenzenden Teil der Zahnkrone ein kleiner Absatz. Allmählich verdickt sich dann am ganzen Zahn die Deckzementschicht und erreicht bei den 2. und 3. Molaren Auflagen von 1,0 bis 2,5 mm und mehr.

Bei den Zähnen von Stuckenbusch liegt die Dicke der Deckzementschicht vorwiegend im Bereich von 1–1,5 mm. Bei diesen Auflagen pausen sich die Seiten der Lamellen zumeist noch mehr oder weniger deutlich durch. Stärkere Auflagen von 2 mm und mehr haben an einigen Teilen der Zahnkrone die Zähne Nr. 3, 6, 7, 11, 13, 17 und 23. Es sind dies alles Zähne, die bereits stärker niedergekaut sind, die also schon länger in Gebrauch waren.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Lamellen mit Annäherung zu den Lamellenenden, also zur (zukünftigen) Kaufläche, sich in drei “Säulen” aufteilen. (Die Bezeichnung “Säulen” ist unglücklich gewählt, da es sich nicht um runde, sondern um flache, mehr oder weniger dicke “Platten”-förmige Körper handelt).

Die drei Pfeiler gliedern sich bei weiterer Annäherung zum wurzelfernen Ende der Lamellen in einzelne “Mammillen” auf. Sind diese auf den Kauflächen angeschnitten, haben sie meist einen kreisrunden bis breit-ovalen Querschnitt. Man kann sie bevorzugt an wenig abraderten, proximalen Enden der Kauflächen untersuchen. Der proximale Talon bleibt unberücksichtigt, da an diesem die Anzahl der Mammillen meist reduziert ist.

Bei der Untersuchung von Backenzähnen der Elefanten von Stuckenbusch ergibt sich kein eindeutiger Unterschied in der Anzahl der Mammillen an Lamellen der Molaren von Ober- und Unterkiefer sowie zwischen den Molaren der verschiedenen Dentitionsstufen. Es zeigt sich lediglich, daß die Mammillen bei den großen dritten Oberkiefermolaren besonders große Durchmesser haben.

Bei den 25 Backenzähnen von Stuckenbusch waren bei 5 Molaren alle Mammillen bereits abradiert. Bei den übrigen schwankt ihre Anzahl mit Werten zwischen 5 und 9. Nahezu 40% der Molaren von Stuckenbusch und Salzgitter-Lebenstedt – aller Definitionsstufen – haben 6 Mammillen. Es ergibt sich eine eingipflige Verteilungskurve mit einem deutlichen Maximum von 6–7 Mammillen. Errechnet man von 43 Zähnen der beiden Fundstellen den mittleren Wert der Mammillenzahl, so ergibt sich die Zahl 6,5.

Mehrfach wurde beobachtet, daß die Mammillen von großen dritten Molaren zwar besonders lang und dick waren, ihre Anzahl jedoch bei nur 5 lag, während bei den Zähnen früherer Dentitionsstufen sie zwar geringere Durchmesser hatten, ihre Anzahl jedoch bei 8 in einigen Fällen sogar bei 9 lagen.

Die Länge der Mammillen bis zu ihrer Verschmelzung in den "Säulen" variiert erheblich. Auch ist der Verschmelzungspunkt oft nicht genau zu präzisieren. Größte Längenwerte bei dritten Molaren des Oberkiefers lagen bei ca. 30 bis 35 mm.

2.8. Der Werdegang eines Backenzahns

Der gute Erhaltungszustand der Elefantenbackenzähne der Fundstellen Stuckenbusch und Salzgitter-Lebenstedt ermöglichte die Untersuchungen einiger Besonderheiten im Aufbau und Abbau der Zähne, wie sie bei anderen Funden – z. B. solchen aus Flußschottern – nicht möglich sind. Es sind dies vor allem Beobachtungen des Zahnbaus, insbesondere der Wuzelbildung, der Plombierung, der Pulpen und der Resorption sowie der Abscheidung von Deckzement. Da diese die Zähne fortlaufend ändern, kann man sie am besten aufzeigen, indem man Aufbau und Abbau eines Zahnes Schritt für Schritt verfolgt (Abb. 11).

1. Im Alveolarraum, der hinter und nicht unter oder über dem sich gerade in Gebrauch befindenden Zahn liegt, bilden sich zunächst voneinander getrennte Einzellamellen, die aus einem Dentinkern (substantia eburnea) bestehen, der von einer Schmelzschicht (substantia adamantina) umschlossen ist.

2. Die Lamellen verbinden sich miteinander durch die Ausscheidung von Zwischenzement (substantia ossea). Diese Verkittung beginnt an den distalen Enden des Zahnes, also dem Teil, welcher der zukünftigen Kaufläche zunächst liegt. Es ist dies der Zahnabschnitt, der demnächst in den Kauprozeß einbezogen wird.

3. An der Wurzelseite der Lamellen bilden sich Schmelzbrücken, welche die einzelnen Lamellen miteinander verbinden, ebenfalls beginnend am distalen Zahnende und langsam nach proximal fortschreitend.

4. Nun wird auch im Mittelteil der Zahnkrone, zwischen den Lamellen, "Zwischenzement" eingelagert. Noch bevor dieser Vorgang den proximalen Zahnteil erreicht hat, beginnt am distalen Zahnende und zwar in Kaufächennähe, die Abscheidung von Deckzement, zunächst mit einer nur dünnen Auflage. Der Vorderteil des Zahnes wird so bereits kompakt, während oft am hinteren Ende die einzelnen Lamellen noch nicht mit der entstehenden Zahnkrone verbunden sind. Dies erklärt, warum bei noch nicht oder kaum abradierten Zähnen verschiedentlich die proximalen Zahnabschnitte fehlen. (Abb. 11, Zahn 24)

5. Der Zahn wandert nun in den Mundraum vor, wobei häufig "Impressionen" entstehen, das sind Eintiefungen an der Rückseite des vorausgehenden und an der Vorderseite des nachfolgenden Zahnes. Da die Zähne zumeist dicht aufeinandergepresst sind, kann sich in dem Berührungsbereich kein Deckzement ablagern, was die Impressionen noch deutlicher werden läßt (Abb. 12, Zahn 10 u. 25).

6. Da der Zahn immer weiter in den Mundraum vorstößt, wird er immer stärker in den Kauprozeß mit einbezogen, was sich an der zunehmenden Abrasion erkennen läßt. Die mahlende Bewegung des Unterkiefer- gegen den Oberkiefer-Zahn abradiert die beiden Kauflächen, wobei verschiedentlich auf eine Abkautung von 4 bis 8 mm je Jahr geschlossen werden konnte. Die Stärke der Abrasion ist abhängig von der Art der Nahrung und vor allem auch von den Beimengungen von Erde, Sand und Staub, wobei letztere in Zeiten der Lößverblässung besonders groß gewesen sein müssen, da sich dabei auch die harten Quarzkörnchen auf den Pflanzen ablagerten. Zugleich verstärkt sich auch die Bildung von Deckzement jeweils am stärksten an den Teilen der Zahnkrone, die zunächst in den Kauprozeß mit einbezogen werden.

7. Die Zähne werden nicht nur vorgeschoben, sondern auch mit dem distalen Teil gegen den Gegenzahn gekippt. Das Ausmaß der Kippung ist unterschiedlich groß, bei den Zähnen der ersten Dentitionsstufen zumeist gering, am stärksten bei den dritten Molaren.

8. Von der Basis der Zahnkrone aus bilden sich, etwa gleichzeitig mit der beginnenden Abrasion, Wurzeln. Hierbei lassen sich folgende Wurzelbereiche unterscheiden:

a. Ein oder mehrere, maximal 3 bis 4 Vorderwurzeln. Sie sind von dem anschließenden mittleren Teil der Zahnkronenbasis verschiedentlich – nicht immer – durch einen tiefen Einschnitt, eine “Zäsur”, getrennt. Auf dem Vorderwurzel-Bereich stehen der distale Talon und 1 bis 3 Lamellen. Auch auf der “Zäsur” stehen eine oder zwei Lamellen. Mitunter verschmilzt der Talon mit der vordersten Lamelle, so daß beide mit einer gemeinsamen Pulpa enden. Die Pulpen sind zunächst weit geöffnet. Häufig ist die vorderste Wurzel im Umriß dem Talon oder der ersten Lamelle ähnlich ausgebildet.

b. Im Bereich des mittleren Teils der Zahnkrone entstehen unterschiedlich viele, ungefähr 4–6 Einzelwurzeln. Ihre Pulpen sind zunächst noch weit geöffnet. Die Wurzelbildung schreitet langsam von distal nach proximal vorwärts.

c. Am proximalen Zahnende entstehen die Hinterwurzeln. Verschiedentlich ist die letzte Wurzel wieder breit (ähnlich der vordersten Wurzel) im Umriß einer Lamelle ähnlich, meist jedoch etwas schmaler, doch relativ dick.

d. Bei dem proximalen Zahnabschnitt verlängern sich nicht selten die beiden Seitenwände und die Rückwand der Zahnkrone, und anstelle einer oder mehrerer Wurzeln bildet sich eine Art von nach außen offenem “Kasten”.

Dieser Kasten kann später die Basis zu einer starken und langen Wurzel bilden, die bei weitgehender Abrasion der mittleren Zahnkrone den letzten Rest des Zahnes mit etwa 6–8 Lamellenresten und dem proximalen Talon im Kiefer festigt. Dieser Reststumpfen bildet sich erst bei einer Abrasion von ca. 90%.

9. Bei einer Abrasion von ca. 50% sind zumeist die Lamellen der distalen Seite der dritten Molaren weitgehend abradert und auf der Kaufläche entsteht ein Dentinplanum. Die Pulpen der distalen Zahnseite sind nun plombiert. Bei diesem Stadium etwa beginnt die Resorption des distalen Zahnabschnitts und vor allem des Wurzelhalses der Vorderwurzeln mit der Bildung von Kavernen. Die Vorderwurzeln werden hierdurch von den Zahnkronen getrennt und immer mehr resorbiert. Ein vorderster Teil des Dentins der Zahnkrone, der noch als Rest übrig geblieben ist, kann nun abbrechen, wodurch die Kaufläche verkürzt wird.

10. Die Schließung der Pulpen schreitet von distal nach proximal vorwärts. Zuletzt besteht der Zahn nur noch aus dem bereits beschriebenen Abrasionsrest, bis auch dieser herausgekaut wird oder – wie mir der Elefantenwärter des Nürnberger Zoologischen Gartens sagte – auch selbst mit dem Rüssel herausgezogen wird.

11. Durch diese Art des Zahnnachschiebens kann der Elefant fünf Mal sein Gebiß wechseln, wobei jedesmal der von proximal nachfolgende Zahn immer mehr die Kaufunktion übernimmt und damit den vorausgehenden ersetzt.

Da den dritten Molaren kein weiterer Zahn folgt, wird von diesem der Abrasionsrest nicht ausgeworfen, sondern er wird durch Anlagerung von Dentin verstärkt. Da dann aber die als Raspel dienenden Lamellen weitgehend fehlen, bildet sich immer mehr ein glattes Dentinplanum heraus, durch welches die Pflanzennahrung nur noch gequetscht werden kann. Sie wird dadurch nicht ausreichend aufbereitet, was zu einer Schwächung des Tieres führen muß. Dies geschieht jedoch erst bei einem senilen Alter des Tieres.

2.9. Rechen-Quotienten

2.9.1. Der Längen-Lamellen-Quotient

Der Längen-Lamellen-Quotient ist ein besonders kennzeichnendes Merkmal für Fragen der phylogenetischen Entwicklungshöhe eines Elefantenzahnes, wobei allerdings einige Einschränkungen zu berücksichtigen sind. Er wird von den meisten Autoren auf der Kaufläche festgelegt, indem man eine bestimmte Strecke durch die Anzahl der Lamellen, die auf ihr enden, dividiert. Bei Oberkiefer-Backenzähnen, deren Lamellen zumeist parallel zueinander stehen, ändert sich der LLQ bei zunehmender Abrasion meist nicht wesentlich. Anders bei den Unterkiefer-Backenzähnen, deren Lamellen in Richtung zur Wurzelenseite divergieren. Bei ihnen wächst der LLQ mit zunehmender Abrasion.

Es ist ferner zu berücksichtigen, daß die Größen der Backenzähne, auch bei Tieren derselben Population, häufig nicht unerheblich variieren. Als Folge des Geschlechtsdimorphismusses haben die Elefantenbullen zumeist die größeren – vor allem dritten – Molaren. Die Anzahl der Lamellen ist bei großen und

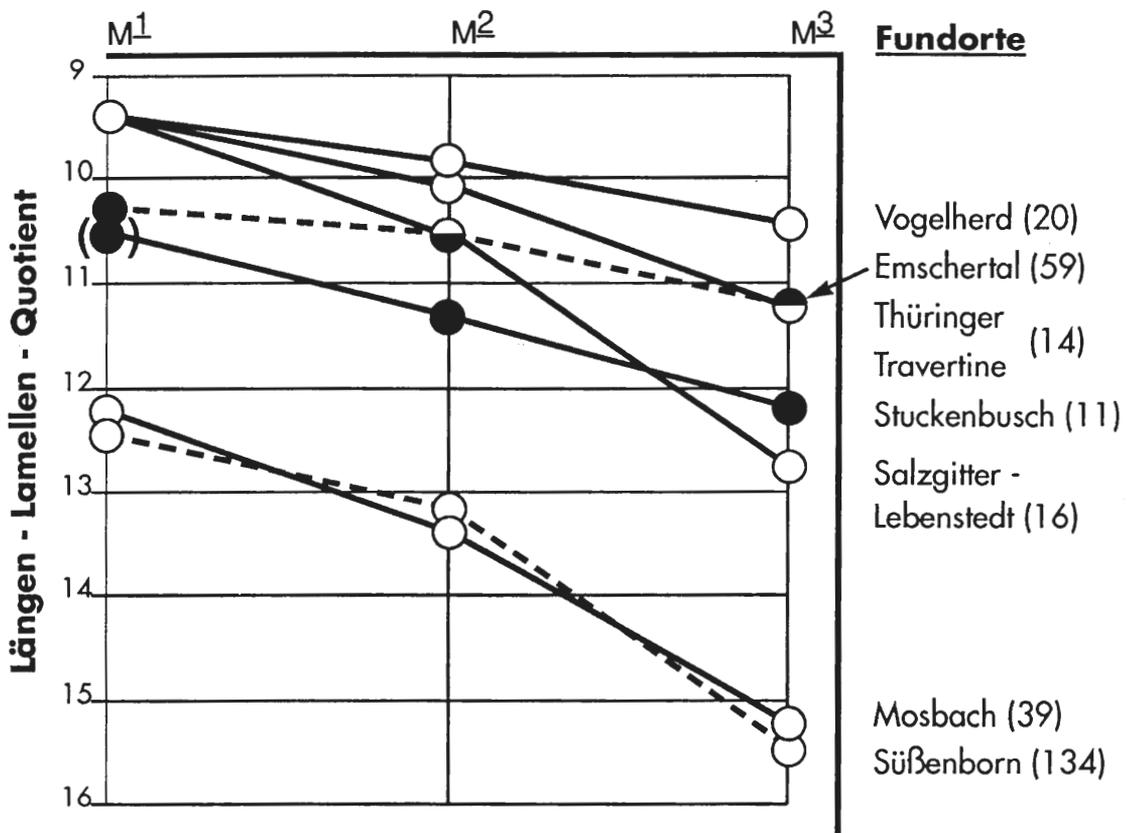


Abb. 6: Längen-Lamellen-Quotienten der Oberkiefer-Molaren von Elefantenpopulationen einiger deutscher, unterschiedlich alter Fundplätze.

kleinen Zähnen jedoch in der Regel ungefähr gleich. Dies hat zur Folge, daß große Zähne einen größeren Wert des LLQ errechnen lassen und dadurch phylogenetisch älter zu sein scheinen, als kleine Zähne. Vor allem Diminutivformen zeichnen sich durch ganz besonders niedrige Längen-Lamellen-Quotienten aus. So der Zahn Nr. 2 von Stuckenbusch mit einem LLQ von nur 8.4.

Wenn also Autoren allein nach diesem Merkmal die phylogenetische Entwicklungshöhe und damit auch die Elefantenart bestimmen, überfordern sie die Aussagekraft des LLQ und geraten in Gefahr, Tiere mit großen und Tiere mit kleine Molaren, auch derselben Population, verschiedenen Elefantenarten zuzuordnen. Oder aber wenig abgekaute Unterkiefer-Backenzähne mit kleinerem LLQ anders zu bestimmen als stark abradierete Unterkiefer-Backenzähne mit größerem LLQ.

Liegen zahlreiche Backenzähne derselben Population vor, läßt sich – bei der Errechnung eines mittleren Wertes des LLQ – ein wesentlicher Fehler weitgehend verkleinern oder auch vermeiden.

Die Diagramme der Abbildungen 6 und 7 zeigen mittlere Werte des LLQ von Populationen verschiedener Fundstellen. Dabei bezieht sich Abb. 6 auf die mittleren Werte der Längen-Lamellen-Quotienten der ersten bis dritten Oberkiefer-Molaren und Abb. 7 auf Variationsbreiten und mittlere Werte des LLQ der 2. und 3. Ober- und Unter-Kiefermolaren. Abb. 6 läßt bei den Oberkiefermolaren erkennen, daß die Werte des LLQ bei der Dentition von erstem bis drittem Molaren zunehmen.

Auch die Abnahme des LLQ-Wertes von geologisch alten zu geologisch jüngeren Backenzähnen tritt auf Abb. 6 für die Molaren deutlich hervor. Sie ist in erster Linie eine Folge der Vermehrung der Lamellen, bei wenig veränderter Länge der Zähne.

Von Süßenborn, Mosbach, den Knochenkiesen des Emschertales und Předmostí liegen genügend Backenzähne vor, um die mittleren Werte des LLQ ausreichend abzusichern. Bei den hier interessieren-

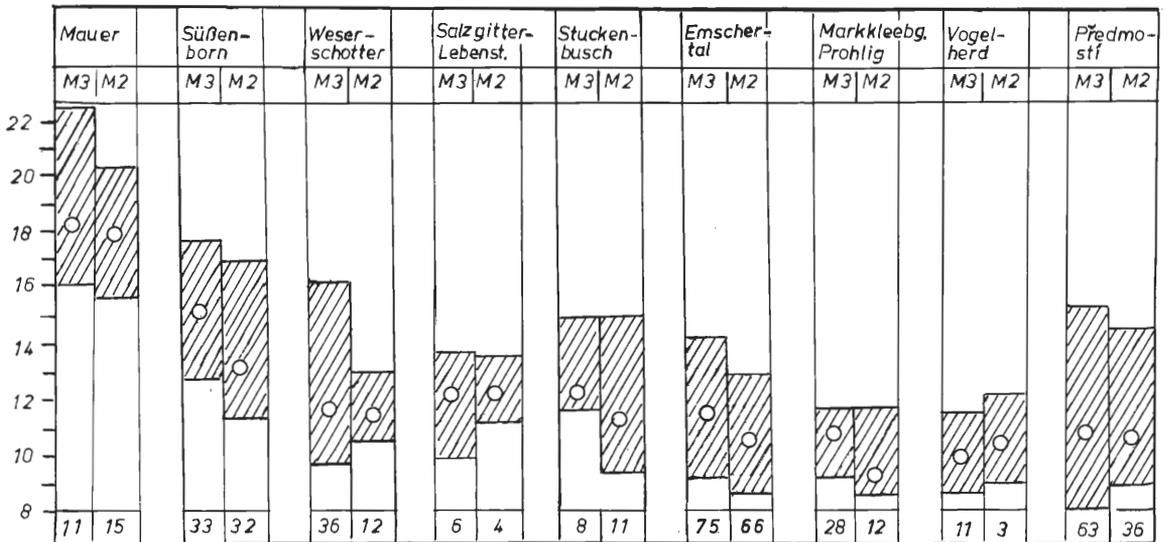


Abb. 7: Längen-Lamellen-Quotienten der 2. und 3. Molaren von Proboscidiern verschiedener deutscher Populationen und einem tschechoslowakischen Fundplatz. Die schraffierten Felder zeigen die Variationsbreiten des Quotienten, der Kreis innerhalb derselben den jeweiligen mittleren Wert.

den Fundstellen Stuckenbusch und Salzgitter-Lebenstedt dagegen gibt es für die einzelnen Zahnarten weniger als 10 erste und zweite Molare (mit Ausnahme der zweiten Molaren von Stuckenbusch mit 11 Zähnen), so daß die Variationsbreiten nur sehr eng umgrenzt und auch die mittleren Werte nicht sehr gut gesichert sind. Die wenigen verwertbaren Quotienten der zwei Fundstellen sprechen jedoch nicht gegen eine phylogenetisch ungefähr gleiche Entwicklungshöhe. Sie ist etwas primitiver als diejenige der Backenzähne vom Vogelherd und von Předmostí, was der geologischen Altersdatierung entspricht.

Daß die Zähne von Fundstellen aus der Umgebung von Leipzig-Markkleeberg und Prohlig, die wenigstens zum Teil geologisch älter sind, ebenfalls einen niedrigen mittleren LLQ errechnen lassen, kann vielleicht damit zusammenhängen, daß einige Molare aus Schichten kommen, die ungefähr in der Nähe der Zeit des Eem-Interglazials sedimentiert wurden. In Zeiten also, in denen mit einem vermehrten Auftreten von Kümmerformen zu rechnen ist. Es hätte dann die individuelle Tracht einiger weniger Funde den Wert des mittleren LLQ reduziert.

2.9.2. Der Lamellen-Zwischenzement-Quotient (LZQ)

Der Lamellen-Zwischenzement-Quotient gibt an, ein wie großer Teil der Kaufläche eines Backenzahns den Lamellen-Querschnitten und welcher Anteil dem Zwischenzement zukommt. Man errechnet ihn, indem man auf den Kauflächen die Anteile der Querschnitte der Lamellen und diejenigen des Zwischenzements auf mehreren Strecken abgreift und dann die Summe der Lamellenquerschnitte durch diejenige der Querschnitte des Zwischenzements dividiert (GUENTHER 1973, 1989, 1991). Erhält man die Zahl 1,0, wie dies bei den Valdarno-Zähnen der Fall ist (Abb. 8), nehmen die Lamellenquerschnitte und die Querschnitte des Zwischenzements gleichgroße Flächen ein. Liegt der Quotient über 1,0, beanspruchen die Lamellen-Querschnitte die größeren Flächen. Bei den 3. Molaren von Předmostí, mit einem mittleren Wert des LZQ von 1,9 beanspruchen die Querschnitte der Lamellen gegenüber dem Zwischenzement nahezu die doppelte Fläche.

Die phylogenetische Entwicklung verläuft so, daß vom ältesten zum jüngsten Pleistozän die Lamellenquerschnitte auf den Kauflächen einen zunehmend größeren Anteil einnehmen.

Jede Lamelle besteht aus zwei Schmelzleisten – den härtesten Bestandteilen der Zahnkrone – und einer von diesen umschlossenen Dentinleiste. Das Zwischenzement, das sich zwischen die Lamellen gelegt hat, bildet den am wenigsten widerstandsfähigen Teil der Kaufläche. Durch den Kauprozeß werden die einzelnen Bauteile unterschiedlich stark abgenützt. Hierdurch entsteht eine Art von Raspel, die besonders gut die pflanzliche Nahrung aufbereiten kann. Bei den altpleistozänen Elefanten, mit weniger aber

breiteren Lamellen, ist die Raspel noch grob. Im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung werden die Lamellen immer mehr und immer schmäler und auch das Zwischenzement nimmt an Breite ab. Die Raspel verfeinert sich also.

Die Entwicklungstendenz strebt eine Verlängerung der Verwendungsdauer der Zähne an, was besonders bei den Molaren deutlich wird. Dies wird erreicht einmal durch ein Höherwerden der Zahnkrone und zum anderen durch eine Vergrößerung der widerstandsfähigeren Bauteile. Eine Schwächung erfolgt allerdings durch das Schmälerwerden der Schmelzleisten. Abb. 8 zeigt für einige verschiedene alte europäische Fundstellen die jeweiligen LZQ-Werte der dritten Molaren der Oberkiefer. Von den altpleistozänen Elefanten des Valdarno über die mittelpleistozänen Proboscider von Mosbach und Süßenborn zu den jungpleistozänen Tieren verschiedener Fundstellen und zuletzt den jüngsten Elefanten von Předměstí nimmt der LZQ generell zu.

Mit Ausnahme von den Zähnen aus dem Emschertal und von Předměstí basieren die jungpleistozänen Funde auf nur wenigen Werten, und es liegt auf der Hand, daß die Zuverlässigkeit des Merkmals weitgehend abhängig ist von der Anzahl der jeweils zur Verfügung stehenden Zähne. Bei Ehringsdorf konnten nur 7, bei Stuckenbusch 8 und bei Salzgitter-Lebenstedt lediglich 4 dritte Molaren auf ihren LZQ überprüft werden. Stuckenbusch paßt mit diesem Merkmal zu den altwürmzeitlichen Elefanten von Ehringsdorf, während Salzgitter-Lebenstedt mit Süßenborn einen gleichen mittleren Wert aufweist, wobei allerdings die Variationsbreite bei Süßenborn bis zu dem sehr hohen LZQ-Wert von 3,8 reicht. Bei einer Einbeziehung auch der Unterkiefermolaren bleibt die Entwicklungstendenz bestehen, doch ist dennoch die Anzahl der Molaren zu gering, als daß man weitgehende Schlüsse ziehen könnte.

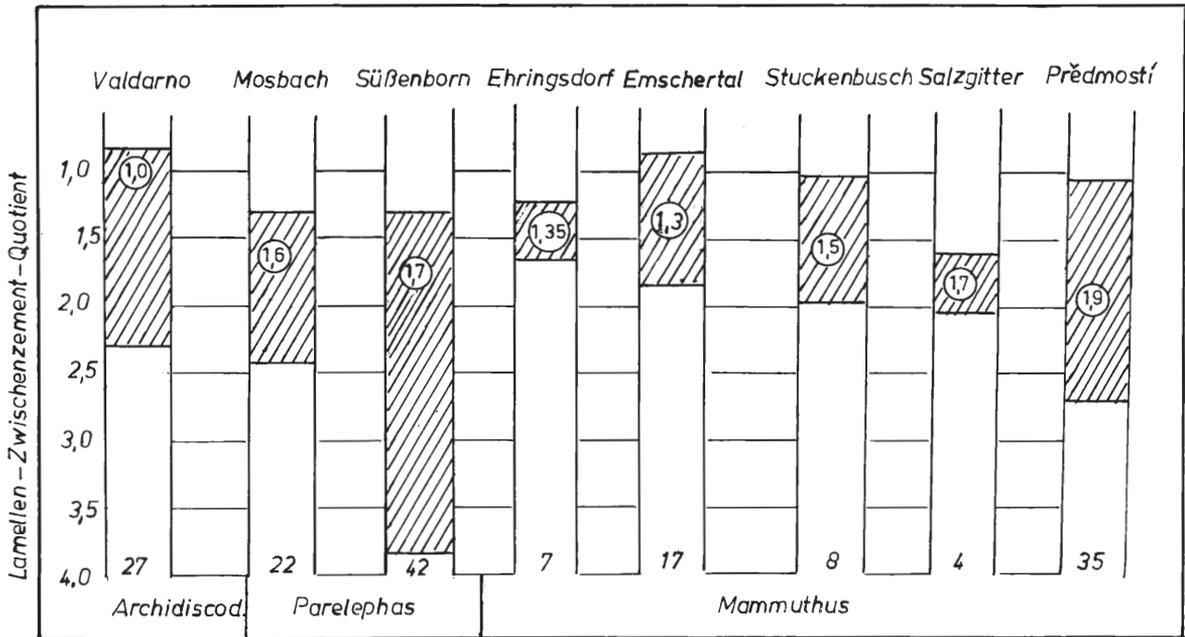


Abb. 8: Lamellen-Zwischenzement-Quotient (LZQ) der 3. Oberkiefermolaren von Elefanten verschiedener europäischer Fundplätze.

3. Einzelbeschreibungen einiger Elefantenbackenzähne der Population von Stuckenbusch. (Dazu Tabelle 6–8 und die Abbildungen 9–12)

Fast jeder Zahn einer Elefantenfauna hat seine individuellen Sonderheiten. Kaum einer gleicht in allen Einzelheiten einem anderen, in der Ausbildung der Zahnkrone, dem Bau der Lamellen und der Wurzeln. Dies zeigen bereits die Tabellen 6–8, auf denen einige metrische und morphologische Charakteristika zusammengestellt sind.

Auf die in den einzelnen Sparten angegebenen Daten wurde bereits verschiedentlich in früheren Publikationen eingegangen (GUENTHER 1953, 1973, 1989, 1991), so daß sich eine erneute Diskussion erübrigt und hier nur einige Ergänzungen anzuführen sind.

Die Numerierungen fanden sich auf Etiketts oder waren auch den Molaren aufgeschrieben. Die Zähne gehören dem Westfälischen Museum für Naturkunde in Münster, was mit WMFN vermerkt ist und dem Museum des Geologischen Institutes der Universität Münster, was GIM kenntlich macht. Von letzterem lagen 16 Zähne vor, während WEHRLI (1956) nur 11 Zähne anführt. Es sind also durch Aufsammlungen 5 weitere Zähne hinzugekommen, oder diese stammen von der Fundstelle Ternsche bei Selm, was möglich erscheint, da WEHRLI angibt, daß "das Fundgut von Ternsche und Stuckenbusch bei der Bergung und Magazinierung nicht auseinandergehalten worden sei".

Zur Frage des Lebensalters ist zu vermerken, daß es sich um Schätzungen handelt, die auf Untersuchungen an heutigen afrikanischen Elefanten basieren (LAWS, R. M. 1966). Es ist jedoch keineswegs sicher, nicht einmal wahrscheinlich, daß die jährliche Abrasion und die Dentition der heutigen afrikanischen Elefanten derjenigen der eiszeitlichen Mammuts exakt entspricht.

Bei der Sparte "Verschmelzung" fällt auf, daß nur 44% der Molaren die für *Mammuthus* typische Ausbildungsart median-annular, lateral-lamellar haben und daß diese bei ebenfalls 44% median- und lateral-lamellar ist. Zwei erste Molare, je einer des Ober- und einer des Unter-Kiefers, zeigen sogar die für *Palaeoloxodon* kennzeichnende Verschmelzung median-lamellar, lateral-annular, obschon die Abrasion erst bei 45–50% liegt. Es ist nicht ganz unwahrscheinlich, daß diese beiden Zähne dem Gebiß desselben Tieres entstammen.

Nr.	Abb.	Zahn	Lam. Form	Äußere Maße			Rechen-Quotienten			Lebens-Alter		Schmelz			Hypoplas.	Mammill.	DZ
				Länge	Breite	Höhe	LL Q.	HB Q.	LZ Q.	Abras.	Alter	Ver-schmelz.	Stärke	Faltung			
1	1120 WMFN	9,10 M ³ d.	x 23 x	275	99m	207 m.	11,6	2,09	1,7%	15%	40 J.	---	2,0	stark feln	46:6=7,6	7	1-1,4
2	WMFN Stuckenbusch S.	9,10 M ³ d.	x 22/12 x	214	83m	174 m.	8,4	2,1	1,4%	25%	44 J.	---	1,5	sehr gering	22:5=4,4	5	-
3	GIM. AS 32	9 M ² s.	x 21 x	279	106 m.	-153	13,3	1,4	1,3%	50%	52 J.	---	1,8	stark	-	-	1-2
4	GIM. AS 36	M ² s.	- 11 x	-185	102 m.	-168	13,0	1,6	1,9	40%	48 J.	---	1,9	mittel	-	8	3-4,5
5	GIM. AS 30	M ² d.	- 8 -	-71	90m	-127	13,3	2,1	2,5	20%	40 J.	---	1,5	gering	-	6	1,1
6	WMFN 68	M ² d.	∞/3 x	196	90m	-120	13,3	-	1,0	70%	60 J.	---	2,3	mittel	29:5=5,8	5	2
7	GIM. N40	M ³ d.	x 18 x	244	90 m.	-110	12,9	1,5	1,1	50%	50 J.	---	1,9	stark	-	7	1,1
8	GIM. N20	M ³ s.	- 6 x	-137	90m	-130	15,0	1,5	1,6	40%	45 J.	---	1,9	gering	5	8	1,5

Tab. 6: Metrische und morphologische Charakteristika von 3. Molaren des *Mam. primigenius* von Stuckenbusch (Maßangaben in mm)

Bei den Hypoplasien liegen die Abstände von Rillenmitte zu Rillenmitte im Mittel bei 5,8 mm, was auch der jährlichen Abrasion entsprechen könnte. Lediglich bei Zahn Nr. 23, einem 1. Molaren des Unterkiefers, beträgt der Abstand 15 mm, wahrscheinlich entstanden in einem Zeitraum von 2, vielleicht 3 Jahren.

Die Anzahl der Mammillen wird angeführt, um Beobachtungsmaterial zusammenzutragen, das bei weiteren Untersuchungen ausgewertet werden kann. Bereits jetzt zeichnet sich ab, daß die Anzahl der Mammillen bei den einzelnen Elefantenarten nicht immer gleich groß ist.

Die letzte Sparte nennt die Auflagen mit Deckzement (DZ), auf welche bereits eingegangen wurde.

Nr	Abb	Zahn	Lamellen-Formel	Äußere Maße			Rechen-Quotienten			Schmelz				Hypo-plasien	Mammil-len	DZ.	
				Länge	Breite	Höhe	LLQ.	HBQ.	LZQ.	Abrasi-on	Alter	Ver-schmelz	Stärke				Faltung
9	GIM N 34 A 5	M_{2s}	x 16 x	213	75 m.	158	11,0	2,1	1,1	5%	20 J.	-	2,1	schwach	-	8	ca. 1 mm
10	GIM 1932 N 29	M_{2d}	x 7 1/2 x	100	76 m.	145	9,4	1,9	2,8	4%	20 J.	-	-	-	-	7 ?	1-2
11	GIM 1936 N 26	M_{2s}	- 6 x	-80	80 a.	-86	10,9	-	2,3	85%	42 J.	---	1,8	stark	-	-	2-2,5
12	GIM 1936 A 5 M 31	M_{2s}	x 15 x	219	91 m.	121	13,5	1,4	1,7	50%	31 J.	---	2,2	zieml. stark	1	6	1,9
13	GIM 1936 N 40	M_{2s}	- 12 x	209	86 m.	-96	15,0	-	1,8	60%	34 J.	---	1,9	mittel	12:2=6	7	1-2
14	WMFN	M_{2d}	∞ 11 x	-167	72 m.	-93	12,6	-	1,0	60%	34 J.	-	1,2	stark	12:2=6	9	ca. 2
15	GIM 1931 A 5 N 33	M_{2s}	∞ 13 x	231	85 m.	-122	13,5	-	1,1	55%	32 J.	---	2,1	mittel	-	6	ca. 2
16	WMFN Prof. 13 □ 7	M_{2d}	∞ 2 x	-52	72 o.	-30	11,0	-	2,4	65%	37 J.	-	2,0	stark	-	-	-
17	WMFN Prof. 11/2	M_{2d}	∞ 10 x	-90	68 m.	-35	8,8	-	2,1	90%	42 J.	-	1,2	gering	-	-	2
18	WMFN 1986 Prof. 1 □ 7	M_{2d}	- 5 x	-60	69 o.	123	10,6	1,8	-	30%	28 J.	-	-	-	-	5	-
19	GIM 1936 A 5	M_{2s}	∞ 11-	-100	82 m.	147	10,0	1,7	1,5	40%	30 J.	---	1,8	-	-	-	1,2

Tab. 7: Metrische und morphologische Charakteristika von 2. Molaren des *Mam. primigenius* von Stuckenbusch (Maßangaben in mm)

Nr.	Abb.	Zahn	Lamellen-Formel	Äußere Maße			Rechen-Quotienten			Lebens-Alter		Schmelz			Hypoplasie	Mammil-len	DZ.
				Länge	Breite	Höhe	LLQ.	HBQ.	LZQ.	Abrasi-on	Alter	Ver-schmelz	Stärke	Faltung			
20	GIM 1936 37	M_{1d}	- 9 1/2 x	138	74 m.	130	10,5	1,9	2,3	45%	12 J.	---	1,9	mittel	1	10	1,8
21	GIM 1936 27	M_{1d}	- 11 x	-151	73 m.	-117	10,5	1,5	1,4	50%	10 J.	---	1,9	mittel	26:3=8,6	9	1,7
22	GIM 1936 N 32	M_{1s}	x 11-	132	64(m)	115	11,2	1,7	1,4	3%	4 J.	---	-	mittel	-	6	1,0
23	Stuckenb. WMFN 1986 164	M_{1s}	∞ 4-	-65-	60 m.	-43	10,0	-	1,5	90%	23 J.	---	1,2	kräftig	30:2=15	5	2,5
24	GIM 1937 N A 5	M_{1s}	x 11-	-139	62 a.	137	10,9	2,0	-	4%	5 J.	-	-	-	-	7	-
25	WMFN Stuckenb. N □ 4	M_{1s}	x 11 x	-105	63 m.	-65	8,3	1,1	0,9	40%	13 J.	---	1,3	mittel	11,5:3=3,8	8-	1,1

Tab. 8: Metrische und morphologische Charakteristika von 1. Molaren des *Mam. primigenius* von Stuckenbusch (Maßangaben in mm)

Z a h n 1 (Abb. 9 und 10) Ein recht großer 3. Oberkiefermolar mit 23 Lamellen (ohne die Talone) und einer Gesamtlänge von 275 mm. Die Kaufläche mit 15 angekauften Lamellen hat eine Länge von 171 mm (Abb. 9). Deckzement hat sich vor allem an der konvexen Seite der Zahnkrone in der Nähe der Kaufläche gebildet. Der Molar hat an seiner distalen Seite deutliche Spuren einer Impression. Trotz der noch geringen Abrasion von ungefähr 15% beginnt bereits die Resorption der Vorderwurzeln. Der LLQ liegt bei 12,5.



Abb. 9 Kauflächen einiger zweiter und dritter Molaren der Fundstelle Stuckenbusch.

Der Molar entspricht in seinen metrischen und morphologischen Charakteristika einem 3. Oberkiefermolaren von Salzgitter-Lebenstedt (GUENTHER 1991, Zahn 1), der allerdings – bei einer Länge von 305 mm – einen LLQ von 13,3 errechnen läßt.

Z a h n 2 (Abb. 9 und 10) Ein nur 214 mm langer Oberkiefermolar. Von 21½ Lamellen sind 15½ angekauft. So hat die Kaufläche eine Länge von 143 mm. Die distale Seite zeigt eine kräftige Impression. Trotz einer noch nicht starken Abrasion von etwa 25% haben sich an der Zahn-Vorderseite bereits tiefe Resorptions-Kavernen gebildet. An der Basis der hinteren und eines Teils der mittleren Zahnkrone beginnt die Anlage eines "Wurzel-Kastens". Die distale Seite der Kaufläche entwickelt, da die Lamellen hier weitgehend abradert sind, bereits ein Dentinplanum.

Die geringe Größe des Zahnes sowie der niedrige LLQ (8,4 bis 8,9) stellen den Molaren zu den Diminutivformen. Vermutlich gehörte er einem besonders kleinen, wohl weiblichen Tier.

Auch dieser Molar hat bei den Zähnen von Salzgitter-Lebenstedt ein Äquivalent (GUENTHER 1991, Zahn 3). PREUL (1991) irrt sich, wenn er angibt, daß bei der Elefanten-Fauna von Salzgitter-Lebenstedt "kleine bis zwergwüchsige Exemplare so gut wie ganz fehlen würden".

Z a h n 3 (Abb. 9) Der dritte Oberkiefermolar zeichnet sich durch eine besonders große Breite aus (106 mm). Bei einer Abrasion von 40 bis 50% hat die Resorption die Vorderwurzeln bis auf kleine Reste bereits aufgezehrt. Ein Dentinplanum wird auf der Kaufläche bei nur geringer weiterer Abrasion entstehen. Auf der Vorderwurzel stehen x 2 Lamellen und eine weitere Lamelle befindet sich auf der Zäsur. Bei einer beachtlichen Länge der Zahnkrone (4 mm länger als Zahn 1), mit 21 Lamellen (ohne die Talone), sind auf der Kaufläche 15 Lamellen abradert. Sie hat eine Länge von 152 mm. An der Basis des hinteren und eines Teiles des mittleren Wurzelabschnitts beginnt die Anlage eines "Wurzelkastens". Die Dicke des Deckzements an der distalen Seite der Zahnkrone erreicht bereits ca. 2 mm. Soweit man erkennen kann, sind die Pulpen der Einzelwurzeln bereits geschlossen.

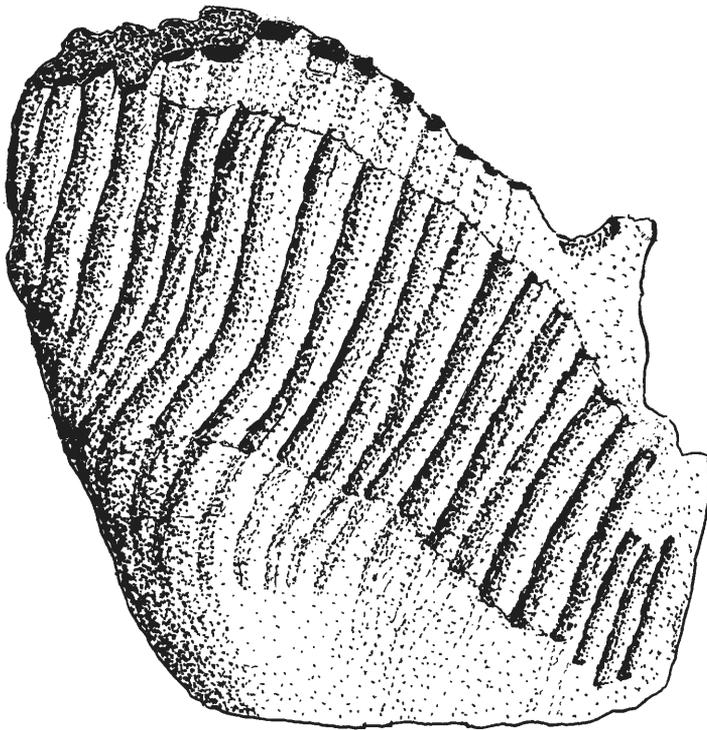
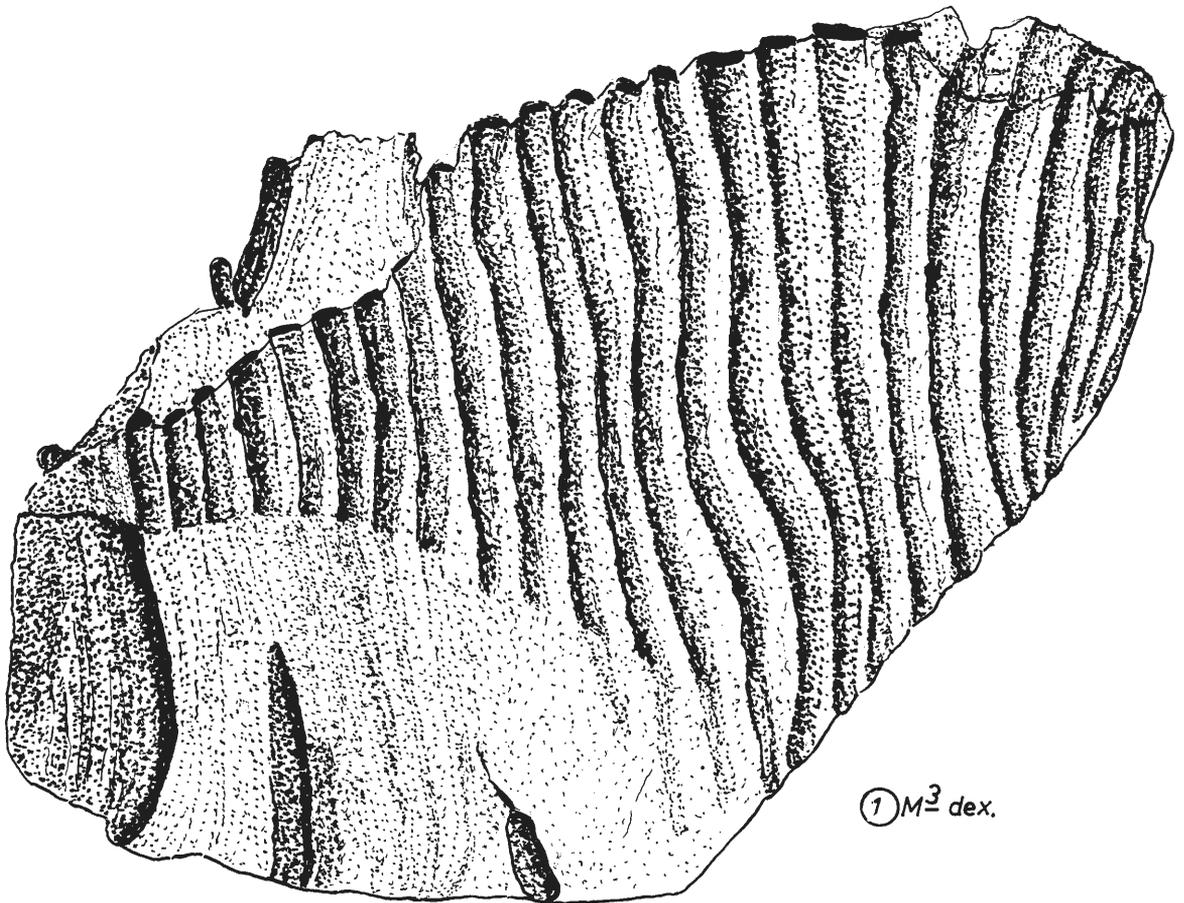
Der Zahn hat einige Ähnlichkeit mit Zahn 1, doch stammt er mit Sicherheit aus einem anderen Gebiß.

Z a h n 13 (Abb. 9 und 12) Der zweite Unterkiefermolar hat durch die Abrasion etwa 50 bis 55% seiner Krone verloren. Er zeichnet sich durch einen besonders hohen LLQ von ca. 15.0 aus, was nur zum kleineren Teil eine Folge der mittelstarken Abrasion sein mag. Die Pulpen sind geschlossen. Im mittleren und proximalen Wurzelbereich befinden sich 6 Einzelwurzeln, die zum Teil an der Bildung eines "Wurzelkastens" beteiligt sind. Der distale Talon und die erste Lamelle sind bis nahe zur Basis abradert, so daß sich die Bildung eines Dentinplanums abzeichnet. Die Vorderwurzeln sind restlos resorbiert. Auf der lingualen, noch deutlicher der buccalen und auf der proximalen Seite der Kronenwand erkennt man 3 übereinander liegende hypoplasieähnliche Rillen, die von Rillenmitte zu Rillenmitte einander im Abstand von 6 mm folgen (Abb. 12), was darauf schließen läßt, daß das Tier während seiner letzten Lebensjahre irgendwelche gesundheitliche oder ernährungsbedingte Beeinträchtigungen hatte. Auf der Kaufläche zeigen einige Lamellen in ihren mittleren Abschnitten gewisse Erweiterungen (Abb. 9), die einen nahezu rhombischen Querschnitt andeuten.

Z a h n 14 (Abb. 9 und 12) Ein sehr großer zweiter Unterkiefermolar, dessen Zahnkrone schon zu etwa 60% abradert ist. Auch er hat hypoplasieähnliche Rillen, die ebenfalls in einem Abstand von 6 mm von Rillenmitte zu Rillenmitte einander folgen. Die Kaufläche hat mit 11x Lamellen eine Länge von 160 mm. Der distale Zahnteil fehlt. Hier waren die Lamellen wohl schon abradert. Teile der Kronenbasis und die Wurzeln sind resorbiert und Reste abgebrochen. An der distalen Kauflächenseite erkennt man den Beginn der Bildung eines Dentinplanums.

Z a h n 15 (Abb. 9 und 11) Die Zahnkrone des zweiten Unterkiefermolaren ist bereits zu ca. 50% abgekaut. Die Abrasion hat am distalen Zahnabschnitt die Lamellen schon völlig abradert, so daß sich hier ein Dentinplanum bildete. Die Vorderwurzeln sind resorbiert, doch erkennt man noch die Reste der Zäsur. Der Zahn hatte die Zahnformel x 15 x, oder x 16 x. Die linguale Zahnseite ist in ihrer basisnahen Hälfte deutlich abgerollt, während auf der buccalen Kronenseite das Deckzement noch erhalten ist. Der Zahn lag also zur Zeit der Beanspruchung mit seiner konvexen Seite nach oben, was dem Normalverhalten in einem bewegten Medium entspricht. Der LLQ liegt im Bereich von 13,5 bis 14,0.

Z a h n 23 (Abb 11) Ein erster Unterkiefermolar, von dem bei einer Abrasion von etwa 90% lediglich noch ein Rest erhalten ist. Die distale Seite (sie liegt rechts) besitzt zwar noch Überbleibsel der Mittelwurzeln, doch enthalten diese bereits – durch Resorption entstandene – tiefe Kavernen.



1 2 3 4 5 6 7 8 cm.

Abb. 10 Ein normal großer und ein besonders kleiner (diminutiv) dritter Molar von Stuckenbusch.

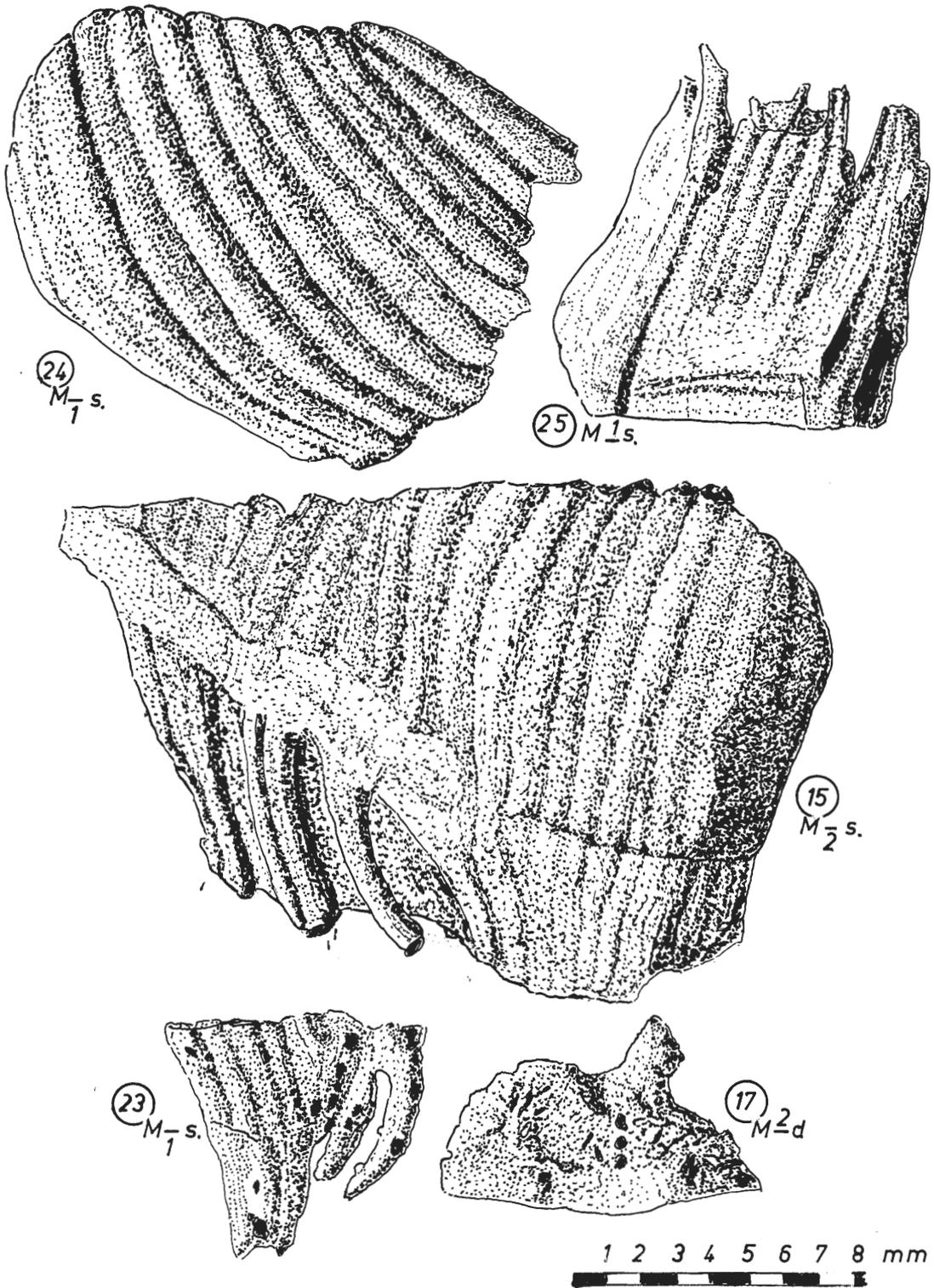


Abb. 11 Verschiedene Stadien des Auf- und Abbaus von ersten und zweiten Molaren der Fundstelle Stuckenbusch.

Zahn 17 (Abb. 11) Die Zuordnung zu den zweiten Molaren wurde bei diesem Abrasionsrest nach der Breite von 68 mm getroffen. Bei vollständig erhaltenem Zahn muß diese wesentlich größer gewesen sein. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, daß es sich um einen ersten Molaren handelt. Bei diesem Oberkiefermolaren sind nahezu alle Lamellen der Abrasion und alle Wurzeln der Resorption zum Opfer gefallen. Der Abrasionsrest konnte – wenn überhaupt – nur noch lose im Zahnfleisch gesessen haben und störte den Elefanten beim Kauen. In solchen Fällen wird ein Zahnrest mit einem dickeren Zweig herausgekaut oder auch mit dem Rüssel herausgezogen. Somit ist nicht zu entscheiden, ob der Zahnstumpfen sich bis zuletzt im Maul des Tieres befand, oder ob es sich um ein bereits ausgeworfenes Stück handelt.

Zahn 10 und 25 (Abb. 12) Die beiden distalen Vorderseiten eines ersten und zweiten Oberkiefermolaren zeigen die Eintiefungen von Impression. Die Zähne wurden auf die vorausgehenden Molaren gepreßt, wodurch auch die Ablagerung von Deckzement an den Berührungstellen unterblieb. Bei Zahn 25 ist die Hälfte der Impressions-Eintiefung bereits der Abrasion der Zahnkrone zum Opfer gefallen.

Zahn 13 und 14 (Abb. 12) zeigen die als "Hypoplasien" bezeichneten Rillen. Sie umranden die Zahnkrone der beiden Unterkiefermolaren unterhalb der Kauflächen. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß diese Rillenbildung vermutlich die Folge einer unzureichenden Ernährung oder auch eines ungünstigen Gesundheitszustandes ist.

Zahn 18 und ein Zahn der Fundstelle Salzgitter-Lebenstedt (Abb. 12). Für die Mammillen-Bildung fand sich unter den Zähnen von Stuckenbusch kein besonders geeignetes Beispiel. Es wird daher auf Abb. 12 die proximale Seite der Lamelle eines dritten Oberkiefermolaren der Fundstelle Salzgitter-Lebenstedt gezeigt. Die Lamelle endet mit 7 Mammillen, wovon je zwei auf den seitlichen Säulen und drei auf der mittleren Säule stehen. Die beiden seitlichen Säulen verbreitern sich in Richtung zur Zahnwurzel, so daß die "Verschmelzung" mit zunehmender Abrasion immer deutlicher median-annular, lateral-lamellar wird, also die für die Stammreihe der Mammute typische Verschmelzungsform annimmt.

Zahn 18 zeigt die proximale Seite eines zweiten Molaren von Stuckenbusch. Die hinteren Lamellen enden mit jeweils 5 Mammillen und lediglich der rückwärtige Talon hat nur drei Mammillen. Die hinteren Mammillen sind noch nicht von Zement überlagert, so daß sie auffallend hoch erscheinen.

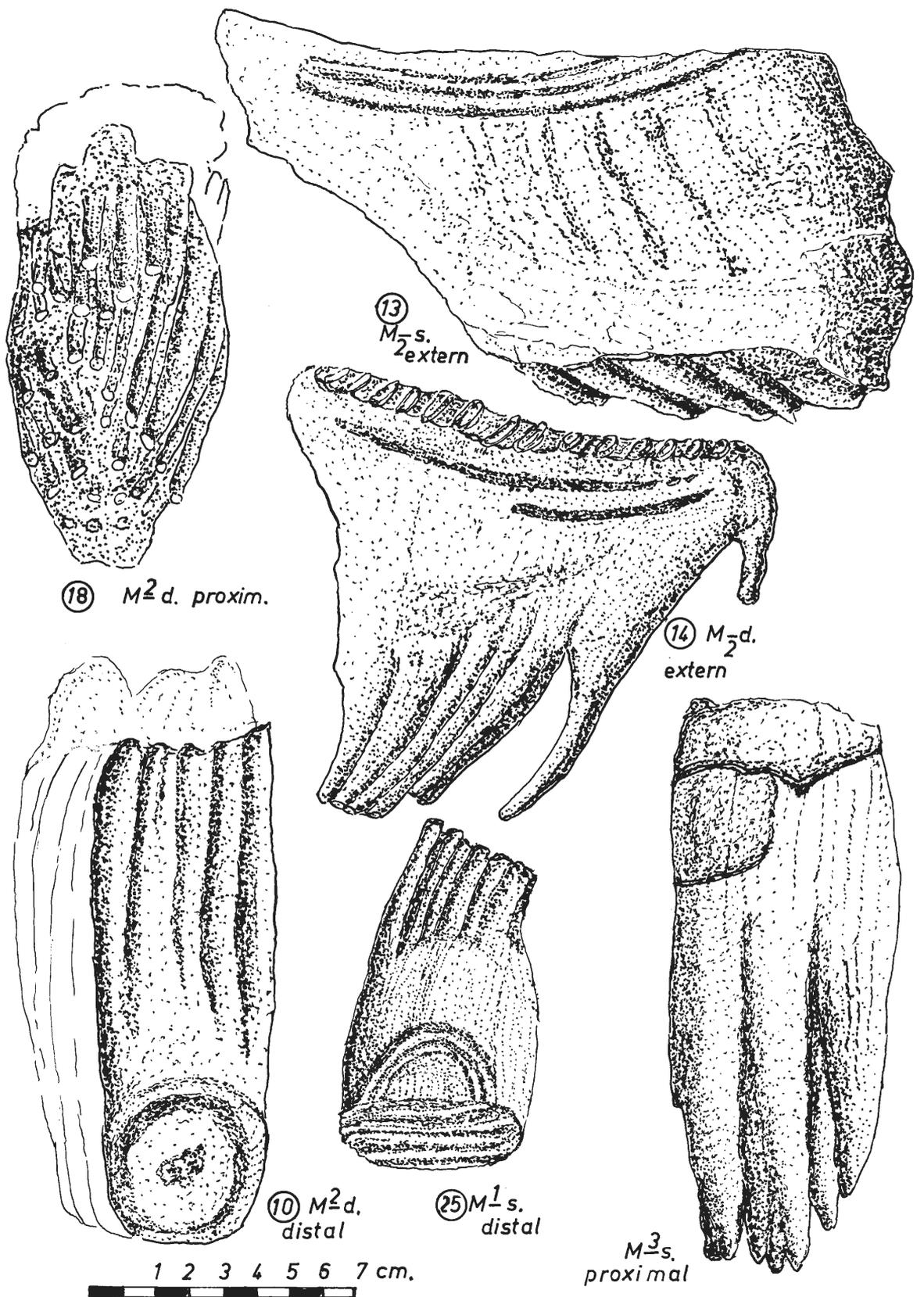
4. Zusammenfassung und Ergebnisse

Bei der Auswertung der fossil überlieferten Backenzähne von Elefanten, auf denen die Artbestimmung und damit die geologisch-zeitliche Datierung im wesentlichen basieren, sind die ererbten Stammesmerkmale von der individuellen Ausprägung zu trennen. Letztere ist derart variabel, daß es fast immer möglich ist, demselben Gebiß entstammende aber getrennt gefundene Backenzähne der rechten und linken Kieferseite und häufig auch des Ober- und Unterkiefers einander zuzuordnen.

Die individuelle Tracht wird beeinträchtigt durch das Alter der Tiere, das Geschlecht, ihre Größe, die Nutzung der Zähne, mitunter durch Fehlbildungen, ferner durch die Folgen einer zeitweise guten oder schlechten Ernährung und sehr häufig durch die spezielle Ausbildung einzelner mehr oder weniger geringer Abnormitäten. Diese speziellen Ausbildungen überschatten die ererbten Stammesmerkmale oft beträchtlich und verschiedene Autoren haben nach ihnen neue Arten aufgestellt und so z. B. weibliche und männliche Tiere derselben Population verschiedenen Arten zugeordnet.

Die Bestimmung der ererbten Stammesmerkmale benötigt die Untersuchung eines umfangreicheren Materials, bei dem sich die Variationsbreite der einzelnen Merkmale überblicken und ein mittlerer Wert errechnen läßt. Ein Holotypus sollte dabei nicht nach einem willkürlich herausgegriffenen Einzelfund aufgestellt werden, sondern er sollte einem Fossil entsprechen, das in den zur Bestimmung entscheidenden Merkmalen dem mittleren Wert zahlreicher Funde entspricht.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die fossilen Reste einer Fundstelle nicht ganz selten eine einseitige Auswahl repräsentieren. Alte Tiere und solche, die fühlen, daß ihr Ende bevorsteht, suchen mitunter bestimmte Sterbeorte auf, wie z. B. Wasser, in dessen Sedimenten dann ihre erhaltungsfähigen Reste sich anreichern. Oder ein Fundplatz enthält die Auslese von menschlicher Jagdbeute. Auch gibt es natürliche Todesfallen, denen bestimmte Tierarten, oft auch bestimmte Altersklassen, bevorzugt zum



Salzgitter-Lebenstedt

Abb. 12 Hypoplasien, Impressionen und Mammillenbildung von Zähnen aus Stuckenbusch und einem Zahn aus Salzgitter-Lebenstedt.

Opfer fallen. Auch schon vor der Einbettung im Sediment findet häufig eine Auslese, vor allem auch bestimmter Knochen und Zähne, statt. Bei im Wasser treibenden Leichen faulen einzelne Körperteile je nach ihrer Bindung mit dem Tierkörper unterschiedlich schnell ab, sinken zu Boden und werden eingebettet (Weigelts Unterkiefergesetz). Ferner ist die Erhaltungsfähigkeit einzelner Knochenteile unterschiedlich groß. Unterkiefer und Zähne erhalten sich meist wesentlich besser als Rippen. Entscheidend für die Überlieferung ist der Chemismus des einbettenden Sediments und vor allem des Grundwassers.

Bei der Fundbergung werden die gut erkennbaren Fossilien bevorzugt. So wird man bei den Elefantenzähnen die großen Molaren weit weniger leicht übersehen als die kleinen und kleinsten Milchmolare. Dies mag dazu beigetragen haben, daß bei Stuckenbusch lediglich Molare geborgen wurden.

Von der Fundstelle Stuckenbusch konnten 25 Backenzähne, 8 dritte Molare, 11 zweite Molare und 6 erste Molare untersucht werden. Davon befinden sich 16 Zähne im Geologischen Institut der Universität Münster und 9 im Westfälischen Museum für Naturkunde, ebenfalls in Münster.

Der Erhaltungszustand des Fundgutes ist zumeist gut bis sehr gut. Das Deckzement ist noch erhalten und auch die Zahnwurzeln fehlen nicht. (Im Gegensatz zu den meisten Aufsammlungen von anderen Orten; vor allem in Flußablagerungen wurden diese in der Regel abgeschlagen.) Auf mehreren Molaren erkennt man die als "Hypoplasien" bezeichneten, meist 2–3 Rillen, die einander in Abständen von 7–9 mm von Rillenmitte zu Rillenmitte folgen. Es ist nicht unmöglich, daß diese die Folge einer jahreszeitlich bedingten schlechteren Ernährungslage sind. Ihr Abstand entspräche dann der jährlichen Abrasion der Zahnkrone.

Bei Stuckenbusch dominieren die Zähne der frühadulten Tiere mit einem Alter von 16–45 Jahren. Das ist eine Besonderheit. Bei natürlichen Thanatocoenosen, wie z. B. Süßenborn, barg man vor allem die Molaren von alten, spätadulten und senilen Tieren, die zum Sterben Wasser aufgesucht hatten, in dessen Schottern man ihre Reste fand. Handelt es sich hingegen um die Überbleibsel menschlicher Jagdbeute, stehen die Elefanten eines embryonalen und ephebisches Alters, also die Tiere unter 18 Jahren, an erster Stelle. Ein Beispiel hierfür gibt Salzgitter-Lebenstedt.

Es bedarf somit einer Erklärung, weswegen bei der Fundstelle Stuckenbusch die frühadulten Tiere, die im besten Alter zwischen 18 und 45 Jahren standen, die meisten Zähne geliefert haben.

Im Folgenden werden die wichtigsten Merkmale der Zähne von Stuckenbusch vorgetragen und diese mit Populationen von anderen Fundstellen verglichen. Dabei beziehen sich die Untersuchungen vor allem auf die 2. und 3. Molaren, da bei diesen die bestimmenden Merkmale am deutlichsten ausgeprägt sind.

Die Anzahl der Lamellen der Stuckenbusch-Molaren entspricht in Variationsbreite und mittlerem Wert derjenigen anderer deutscher würmzeitlicher Faunen wie Salzgitter-Lebenstedt, den Weserkiesen und Ehringsdorf sowie der tschechoslowakischen Fundstelle Předmostí. Bei den mittelpleistozänen Elefanten von Süßenborn und noch mehr bei den altpleistozänen Elefanten des Valdarno ist dagegen die Lamellenzahl gegenüber den jungpleistozänen Tieren wesentlich reduziert.

Die äußere Gestalt einer Zahnkrone wird durch die Maße von Breite, Länge und Höhe bestimmt.

Die Breitenwerte der 2. und 3. Molaren von Stuckenbusch sind geringer als diejenigen der entsprechenden Zähne des Valdarno und auch von Süßenborn. Die 3. Molare von Stuckenbusch entsprechen in diesem Maß den Funden aus Weserkiesen und Salzgitter-Lebenstedt. Die geringen Unterschiede, die sich im Vergleich zu den anderen würmzeitlichen Faunen zeigen, lassen sich durch die zu geringe Menge an Untersuchungsmaterial erklären, durch welche die individuelle Tracht von einigen Zähnen die mittleren Werte zu stark beeinflußt.

Bei den Zahnlängen sind die Ober- und Unterkieferzähne wegen der beträchtlichen Unterschiede getrennt zu betrachten. Als Folge der geringen Anzahl der von Stuckenbusch für dieses Maß zur Verfügung stehenden Zähne ließ sich nur für die 3. Oberkiefermolaren ein mittlerer Wert errechnen. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung zu den entsprechenden Zähnen von Salzgitter-Lebenstedt und Předmostí. Die Zähne von Süßenborn sind im mittleren Wert wesentlich länger, doch überschneiden sich die Variationsbreiten mit jungpleistozänen entsprechenden Molaren.

Auch bei den Höhenmaßen sind Ober- und Unterkieferzähne zu trennen, da die Molare der Oberkiefer stets wesentlich höher werden als diejenigen der Unterkiefer. Hier zeigt es sich, daß die 3. Molare vom Altpleistozän über das Mittelpleistozän an Höhe zunehmen, doch werden sie in der Würmkaltzeit wieder niedriger. Maximale Höhe erreichen die 3. Molare der Fundstellen Mosbach, Süßenborn und

auch der britischen Norfolkküste. Die geringsten Höhen haben die Zähne der jüngsten sibirischen Mammute. Hier wirken sich die diminutiven Formen aus, die am Ende der Existenz der Mammute vermehrt auftreten.

Das Deckzement bildet sich vor allem auch dann, wenn ein Zahn schon in Gebrauch ist. Die meisten Zähne von Stuckenbusch haben eine Auflage von 1,0 bis 1,5 mm und nur bei den stärker abradierten Zähnen ist die Deckzement-Schicht auf Teilen der Zahnkrone 2 mm und mehr stark.

Die Mammillen beenden die Lamellen in Richtung zur Kaufläche. Ihre Zahl schwankt in der Hauptsache zwischen 5 größeren und 9 zumeist kleineren Mammillen je Lamelle.

Zum besseren Verständnis des Werdegangs eines Backenzahns wird dann eine kurze Betrachtung des Auf- und Abbaus der Zahnkrone eingefügt.

Bei der Errechnung von Quotienten ist der Längen-Lamellen-Quotient besonders wesentlich, da sein Wert im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung von den ältest-pleistozänen über die mittel-pleistozänen zu den jüngst-pleistozänen Elefanten der Mammutstammreihe deutlich abnimmt. Die Molare von Stuckenbusch entsprechen mit diesem Quotienten ungefähr den entsprechenden Zähnen von Salzgitter-Lebenstedt. Die weit älteren Zähne von Mosbach, Süßenborn und Mauer lassen wesentlich höhere Werte errechnen, die jüngstpleistozänen Molare von Předmostí haben dagegen kleinere Längen-Lamellen-Quotienten. Diese Beziehungen zeigen die Oberkiefermolare deutlich.

Der Lamellen-Zwischenzement-Quotient nimmt im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung der Elefanten der Mammutstammreihe vom ältestpleistozänen (Valdarno) zu jüngstpleistozänen (Předmostí) dritten Molaren von einem mittleren Wert von 1,0 zu einem Quotienten von 1,9 zu. Stuckenbusch und Salzgitter-Lebenstedt haben mit 1,5 und 1,7 einander ähnliche Lamellen-Zwischenzement-Quotienten, die zwischen den beiden Extremen liegen.

Anschließend wird eine Anzahl von Backenzähnen besprochen, die in den Abbildungen 9–12 dargestellt sind und verschiedentlich durch besondere Ausbildungen bemerkenswert sind.

Zunächst zeigt Abb. 9 die Kauflächen einiger Oberkiefer- und Unterkiefer-Backenzähne. Auf Abb. 10 werden die Seitenansichten zweier Molaren dargestellt, von denen der eine groß (aber nicht über Normalgröße) und der andere besonders klein ist und als Diminutivform gelten kann. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der große Zahn einem männlichen und der kleine einem weiblichen Individuum angehörte. Abb. 11. zeigt verschiedene Phasen im Werdegang von Elefantenbackenzähnen und Abb. 12 die Ausbildung von Impressionen, Hypoplasien von Mammillen und den Bau einer Lamelle.

Die Arbeit überprüft also die wesentlichen Merkmale der Backenzähne der Fundstelle Stuckenbusch und vergleicht diese mit denen anderer Populationen aus verschiedenen europäischen Gebieten und von verschiedenem geologischen Alter. Dabei zeigt es sich, daß die Mammute von Stuckenbusch in den wichtigsten Bestimmungsmerkmalen den Funden von Salzgitter-Lebenstedt besonders nahe stehen. Geringe Unterschiede in den mittleren Werten einzelner Merkmale erklären sich durch das wenig umfangreiche Untersuchungsmaterial, bei welchem die individuelle Tracht einiger weniger Zähne sich zu stark auswirkt.

Die Ähnlichkeit in zahlreichen Merkmalen der Mammutzähne von Stuckenbusch mit denjenigen von Salzgitter-Lebenstedt spricht für ein ungefähr gleiches Alter der beiden Fundstellen. Dabei dürfte für Salzgitter-Lebenstedt die Einordnung in ein frühes Stadium der Weichsel-Kaltzeit gesichert sein. Die zahlreichen Mammut-Reste aus den Knochenkiesen und den angrenzenden Schichten des Emschertales stammen aus einem längeren Zeitraum, mit kaltem, warmem und einem Übergangsklima. Dabei ist nicht auszuschließen, daß ein vielleicht nicht sehr großer Teil der Fauna ein gleiches Alter mit derjenigen von Stuckenbusch hat.

Danksagung

Ohne die Hilfe von Fachkollegen wäre die Abfassung der vorliegenden Arbeit, die auf Fundstellen des In- und Auslandes Bezug nimmt, nicht möglich gewesen.

So ist Herr Dr. P. LANSER, Westfälisches Museum für Naturkunde in Münster, von Münster nach Freiburg i. Br.-Ehrenstetten gekommen, um mir Backenzähne der Elefanten von Stuckenbusch zu bringen und mit mir wesentliche Fragen durchzusprechen. Herr Prof. Dr. F. STRAUCH und Prof. Dr. K. OEKENTORP vom Geologisch-Paläontologischen Institut und Museum der Universität Münster haben mir Stuckenbusch-Material zur Verfügung gestellt.

Material von anderen Fundstellen wurde mir von verschiedenen Kollegen zugänglich gemacht, von denen ich hier nur einen Teil nennen kann:

Prof. Dr. AZZAROLI, Florenz, Dr. ENGESSER, Basel: Funde aus dem Valdarno; Dr. A. J. SUDCLIFFE, London: Funde von der britischen Norfolk-Küste des British Museum (Nat. Hist.); Prof. Dr. W. GARUTT, St. Petersburg: Sibirische Funde; Prof. Dr. H. D. KAHLKE, Weimar: die Funde von Süßenborn und von Travertin-Fundstellen Thüringens. Ferner Museumsleiter A. HEINRICH und Herr WALDERS, Bottrop: Fossilien aus den Knochenkiesen des Emschertales; Dr. TODE, Braunschweig und Dr. KLEINSCHMIDT, Wolfenbüttel: die Elefantenbackenzähne von Salzgitter-Lebenstedt. Wertvolle Hinweise zu Fragen der Nomenklatur erhielt ich von Herrn Prof. Dr. AGUIRRE, Madrid. Frau I. HECHT vom Geologischen Institut der Universität Kiel fertigte Fotos an, die als Unterlagen zu den Zeichnungen dienten.

Ihnen allen meinen Dank auszusprechen, ist mir ein besonderes Bedürfnis.

5. Literatur

- ADAM, K. D. (1958): Übergangsformen des Südelefanten (*Elephas meridionalis* Nesti) im Altpleistozän Thüringens. – *Geologie* 7. H. 3–6: 792–807, 10 Abb.; Berlin.
- ADAM, K. D. (1961): Die Bedeutung der pleistozänen Säugetierfaunen für die Geschichte des Eiszeitalters. – *Stuttgarter Beitr. zur Naturkunde* 78: 1–33, 17 Abb., 6 Tab.; Stuttgart.
- AZZAROLI, A. (1983): Quaternary Mammals and the "End-Villafranchian" Dispersal Event – A Turning Point in the History of Eurasia. – *Paleoogeographie, Palaeoklimatologie* 44: 117–139, 2 Abb.; Amsterdam.
- BRUNNACKER, K. (1982): Das späte Eiszeitalter. *Geologie*. – in: BOSINSKI et al.: *Das Eiszeitalter im Ruhrland*. – Führ. d. Ruhrl.-Mus. Essen 2: 75 S., 46 Abb., Rheinlandverlag Köln.
- DIETRICH, W. O. (1912): *Elephas primigenius* Fraasi, eine schwäbische Mammutrasse. – *Mitt. Kgl. Naturienkabinett Stuttgart*, 78: 42–106, Taf. 1–2; Stuttgart.
- GIULI, CL. DE (1983): *Aspetti Palaeontologici delle successione del Valdarno e del bacino di Arezzo*: 19–23, 1 Tab.; Firenze.
- GRAHMANN, R. (1955): The lower palaeolithic site of Markkleeberg and the other comparable localities near Leipzig. – *Transact. American. Phil. Soz. N. S.* 45/46: 509–687; Philadelphia.
- GRAHMANN, R. (1956): *Urgeschichte der Menschheit*: 1–408, 144 Abb., 16 Taf.; Stuttgart.
- GUENTHER, E. W. (1954): Die diluvialen Elefantenzähne aus dem Nord-Ostsee-Kanal. – *Meyniana* 2: 34–69, 7 Abb., 3 Tab., 4 Taf.; Neumünster.
- GUENTHER, E. W. (1955): Mißbildungen an den Backenzähnen diluvialer Elefanten. – *Meyniana* 4: 12–36, 2 Abb., 5 Taf.; Neumünster.
- GUENTHER, E. W. (1968): Die Backenzähne der Elefanten von Ehringsdorf bei Weimar. – *Abhdlg. Zentral. Geol. Inst. Pal. Abh.* 23. – *Das Pleistozän von Weimar-Ehringsdorf*: 399–442, 5 Abb., 12 Tab., 10 Taf., Berlin.
- GUENTHER, E. W. (1973): Elefantenbackenzähne aus dem Valsequillo südlich von Puebla (Mexico). – *Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft*: 109–177, 15 Abb., 15 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.
- GUENTHER, E. W. (1989): Die Bestimmung der Art und der zeitlichen Eingliederung pleistozäner Elefanten nach ihren Gebissen. – *Quartär* 39/40: 7–63, 20 Abb., 10 Tab.; Saarbrücken.
- GUENTHER, E. W. (1991): Die Gebisse der Waldelefanten von Bilzingsleben. – *Veröff. Landesmus. Vorgesch. Halle*: 149–174, 11 Abb., 5 Tab.; Berlin.
- GUENTHER, E. W. (1991) Backenzähne eiszeitlicher Elefanten aus Schottern des Rheintals, der weiteren Umgebung von Offenburg (Baden). – *Quartär* 41/42: 63–85, 3 Tab., 4 Abb., 4 Diagr.; Saarbrücken.

- GUENTHER, E. W. (1991): Die Backenzähne von *Mammuthus primigenius* und *Mammuthus primigenius-trogontherii* von Salzgitter-Lebenstedt und einigen anderen Fundorten. – *Fundamenta A.* **11** II: 101–147, 11 Abb., 4 Tab., 2 Taf.; Köln, Weimar, Wien.
- GUENTHER, E. W. u. MAI, H. (1977): Die pleistozänen Schichten von Jockgrim in der Rheinpfalz. – *Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holstein.* **47**: 5–24, 2 Abb., 5 Tab., 1 Taf.; Kiel.
- HEINRICH, A. (1990): Eiszeitliche Funde aus dem Emschertal. – *Führer zu archäolog. Denkmälern in Deutschland.* **21**: 237–244, 3 Abb.; Stuttgart.
- KAHLKE, D. (1974): Das Pleistozän von Süßenborn. – *Pal. Abh. A.* **III**: 1–788; Berlin.
- KAHLKE, D. (1975) Der Saiga-Fund von Bottrop / Westf. – *Quartär* **26**: 135–146, 1 Abb., 1 Taf.; Bonn.
- KAHLKE, R. (1990): Zur Festlegung des Lectotypus von *Mammuthus trogontherii* (POHLIG, 1985) (Mammalia Proboscidea). – *Quartärpaläontologie* **8**: 119–121, Taf. I–II; Berlin.
- KELLER, G. (1939): Untersuchung über Artzugehörigkeit und Altersaufbau an einer Elephas-Molaren-Fauna aus dem unteren Emschertal. – *Pal. Zeitschr.* **21/4**: 304–320, 2 Abb., 6 Tab.; Berlin.
- LANSER, P. (1982): Säugetierfunde aus den Knochenkiesen. – in: BOSINSKI et al.: *Das Eiszeitalter im Ruhrland.* – *Führ. d. Ruhr.-Mus. Essen* **2**: 75 S., 46 Abb., Rheinlandverlag Köln.
- LAWS, R. M. (1966): Age Criteria for the African Elephant, *Loxodonta A. Africana.* – *East African Wildlife Journal.* Vol. **IV**: 1–37; Cambridge.
- MAGLIO, V. J. (1973): Origin and Evolution of the Elephantidae. – *Transact. of the American Philos. Soc. New. Ser.* **63.3**: 1–149, 50 Abb., 35 Tab., 18 Taf.; Philadelphia.
- MAI, H. (1977): Untersuchung an Gebissen der pleistozänen Biberarten *Trogontherium* und *Castor* und ihre stratigraphische Einordnung. – *Ungedr. Inaugural-Diss.*: 1–233, 9 Abb., 55 Tab., 10 Diagr., 10 Taf.; Kiel.
- MANIA, D. (1983): Die paläolithischen Neufunde von Markkleeberg bei Leipzig. – *Veröff. Landesmuseum Vorgesch. Dresden* **16**: 1–280, 192 Abb., 33 Taf.; Berlin.
- MUSIL, R. (1968): Die Mammute von Přebostří (CSSR). – *Pal. Abh. A* **III**, **1**: 1–198, 44 Taf., 71 Abb.; Berlin.
- PREUL, FR. (1991): Die Fundschichten im Klärwerksgelände von Salzgitter-Lebenstedt und ihre Einordnung in die Schichtfolge des Quartärs. – *Fundamenta A.* **11.II**: 9–99, 27 Abb., 11 Schichtenverz.; Köln, Weimar, Wien.
- RÜHL, W. (1939): Raubtiere und Elefanten des sächsischen Diluviums. – *Palaeontographica A.* **91**: 1–73, 6 Abb., 4 Taf., 15 Tab.; Stuttgart.
- STEINER U. u. W. (1984): Zur Geschichte der geologischen Erforschung des pleistozänen Travertins von Weimar-Belvedere Allee. – *Quartärpaläontologie* **5**: 7–36, 2 Taf., 11 Abb.; Berlin.
- WEHRLI, H. (1956): Analyse zweier Fundstellen in den jungpleistozänen Ablagerungen des südlichen Münsterlandes. – *Geologie* **5**: Nr. 4/5: 271–287, 1 Abb., 3 Taf.; Berlin.
- WÜST, E. (1900): Das Pliozän und das älteste Pleistozän Thüringens. 1–352, 9 Taf., 4 Tab.; Stuttgart.

Geol. Paläont. Westf.	28	41–72	14 Abb. 6 Tab.	Münster August 1994
--------------------------	----	-------	-------------------	------------------------

Aufbau, Zusammensetzung und Alter der Flugsand- und Dünenbildungen im Bereich der Senne (Östliches Münsterland)

Klaus Skupin*

Zusammenfassung:

Durch den großflächigen Abbau mehrerer am Rande des Truppenübungsplatzes Sennelager gelegener Dünenzüge sowie durch speziell angelegte Schürfe gelang es, Einblick in den Aufbau und die Zusammensetzung der im Bereich der Senne an der Oberfläche anstehenden Flugsandablagerungen zu gewinnen. Anhand pollenanalytischer Untersuchungen und ¹⁴C-Datierungen konnten darüber hinaus an zum Teil vereinzelt, zum Teil in differenzierter Abfolge übereinander vorkommender "usselo-ähnlicher" Bodenhorizonte Aussagen über das Alter ihrer Entstehung gemacht werden. Die Hauptaufwehungszeit der Flugsandablagerungen ist danach in die Jüngere Dryaszeit zu stellen. Während des Holozäns erfolgten nur noch geringfügige Umlagerungen. Die eigentliche Podsolbildung setzte vermutlich während des Atlantikums (Mittelholozän) ein. Die Talbildung innerhalb der Senne war bereits Ende des Spätglazials erfolgt.

1. Vorbemerkungen

Durch die Arbeit von MAAS (1952, 1955) über die geologische Geschichte der westfälischen Dünen auf Grund der Bodenbildungen, welche insbesondere auch das Dünengebiet der Senne umfaßt, bestehen relativ klare Vorstellungen über die Entstehung und den zeitlichen Ablauf der Flugsandablagerungen und Dünenbildungen im Bereich des Untersuchungsgebietes. Während der Geländeaufnahmen für das Blatt C 4318 Paderborn der Geologischen Karte 1 : 100 000 (DAHM et al. 1979) sowie für das Blatt 4218 Paderborn der Geologischen Karte 1 : 25 000 von Nordrhein-Westfalen (SKUPIN 1982) wurden im Bereich der TK 25 4118 Senne (Geol. Bearb.: RENNER & KRAISS 1915) mehrere Aufschlüsse angetroffen, in denen die an der Oberfläche des Senne-Sanders vorhandenen Flugsandablagerungen bis auf den jeweiligen Untergrund aufgeschlossen waren. Dadurch konnten die bestehenden Vorstellungen überprüft und zum Teil präzisiert werden. Über die oberflächennahen Erscheinungsformen hinaus (Geländeform, Podsolierung) ergaben sich dabei vor allem Angaben über den Beginn der äolischen Sandaufwehung sowie deren Auflagerungsfläche. Hinzu kamen Hinweise über den inneren Aufbau, die Zusammensetzung des Substrats sowie den Ablauf der Sandaufwehung während des ausgehenden Pleistozäns bis zur Gegenwart. Des weiteren ergaben sich Erkenntnisse über die Landschaftsgeschichte, insbesondere die Talbildung innerhalb der Senne.

Die Untersuchungen zum Modalbestand der Sande (Petrographie, Rundungsgrad, Schwermineralführung) wurden von G. STADLER und U. WEFELS durchgeführt, die stratigraphische Einstufung der Bodenhorizonte wurde von H.-W. REHAGEN, alle Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, vorgenommen. Die Altersdatierungen mittels ¹⁴C-Methode erfolgte durch M. A. GEYH, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover und H. WILLKOMM, Universität Kiel. Für die Durchsicht des Manuskripts und für wertvolle Anregungen danke ich den Herren J. G. ZANDSTRA und J. de JONG vom Rijks Geologische Dienst der Niederlande, Haarlem.

* Anschrift des Verfassers: Dr. Klaus Skupin, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greif-Str. 195
47803 Krefeld

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt hauptsächlich den Bereich der Oberen – oder trockenen – Senne (SERAPHIM 1977, 1978, SKUPIN 1985 a) zwischen Hövelhof – Stukenbrock – Augustdorf im Norden und Paderborn – Schlangen im Süden. Es wird nach Westen zu durch die Untere (= feuchte) Senne, im Süden durch die Niederterrassenverebnung von Strothe und Lippe begrenzt. Diese geomorphologische und hydrographische Grenzziehung wird seit der Landnahme durch den Menschen von betriebs- und landschaftsplanerischen Gesichtspunkten überlagert und bestimmt. So ist der an der Grenze Truppenübungsplatz Sennelager/Niederterrasse der Lippe wahrzunehmende landschaftliche Einschnitt wohl nur zum Teil als Auswirkung geologischer Ereignisse während des jüngeren Quartärs aufzufassen. Vielmehr dürfte ein Teil dieser landschaftlichen Verebnung auf kultur- und wirtschaftsgeschichtliche Faktoren zurückzuführen sein (SERAPHIM 1977). Die sehr frühe Besiedlung dieses Raums durch den Menschen zeigen die bei Marienloh auf der Lippe-Niederterrasse aufgefundenen zahlreichen mikrolithischen Werkzeuge aus der Mittelsteinzeit (SERAPHIM 1975).

Die untersuchten Aufschlüsse liegen wegen der teilweisen Nutzung der Senne als Truppenübungsplatz fast sämtlich außerhalb desselben. Dort wurden im Zuge der Sand- und Kiesgewinnung größere Dünenzüge abgegraben. Ihre nachträgliche Unterschutzstellung hat zu einer Beendigung beziehungsweise Verlagerung der Abgrabung geführt. Folgende Lokalitäten wurden untersucht (Abb. 1):

- Augustdorfer Sandgruben und Deponie GmbH, ehemalige Sandgrube Möller (R 82 980, H 53 700), TK 4018 Lage
- Brink (R 79 100, H 52 250), TK 4018 Lage
- Großekämper (R 77 680, H 53 000), TK 40180 Lage
- Augustdorf / Bärenbach (R 81 700, H 50 850, TK 4118 Senne)
- Deppe (R 78 000, H 49 300), TK 4118 Senne
- Weiser II (neu) (R 77 300, 49 000), TK 4118 Senne
- Holste (R 78 500, H 48 800), TK 4118 Senne
- Johannhörster (R 79 260, H 49 400), TK 4118 Senne
- Weiser I (alt) (R 78 260, H 49 180), TK 4118 Senne
- Haustenbach (R 82 670, H 43 620), TK 4118 Senne
- Berlebeck (R 91 100, H 49 400), TK 4119 Horn-Bad Meinberg
- Kohlstätter Senne (R 88 950, H 45 480), TK 4119 Horn-Bad Meinberg,
- Schwedenschanze (R 89 320, H 43 230), TK 4119 Horn-Bad Meinberg
- Wolf, vorm. Heuwinkel (R 87 720, H 42 700), TK 4118 Senne
- Tallewiesen (R 83 650, H 36 150), TK 4218 Paderborn

Hierüber liegen zum Teil bereits vorläufige Mitteilungen vor (SKUPIN 1980, 1982).

Hinzu kamen Beobachtungen an flachen Schürfen entlang von

- Brückbach (R 77 120, H 46 930), TK 4118 Senne
- Emstal-Süd (R 77 550, H 46 250), TK 4118 Senne
- Paulinenholz (R 90 290, H 46 375), TK 4119 Horn-Bad Meinberg,

die z. T. zur Klärung der vorgeschichtlichen Besiedlung der Senne vom Westfälischen Museum für Archäologie, Bielefeld, angelegt worden sind (GÜNTHER 1982).

Zur schwermineralogischen Charakterisierung der saalezeitlichen Grundmoräne (s. Tab. 6) im Vergleich zu den gleichfalls schwermineralogisch untersuchten Vor- und Nachschüttsanden (s. Tab. 5) als potentiellen Liefergebieten der Flugsand- und Dünenbildungen wurden außerdem folgende Aufschlüsse¹⁾ und Bohrungen²⁾ berücksichtigt:

- Stukenbrock¹⁾(R 76 870, H 52 950), TK 4017 Brackwede

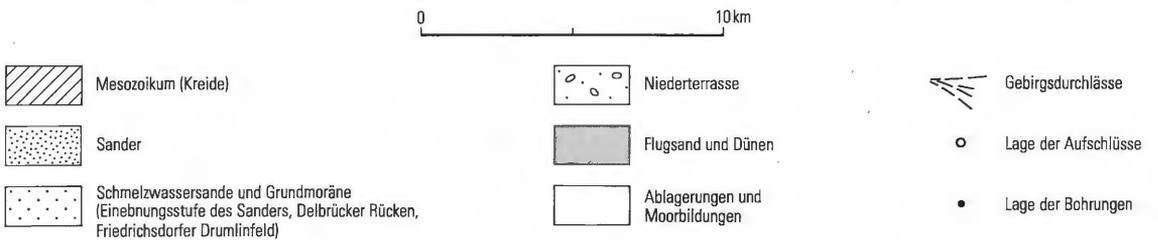
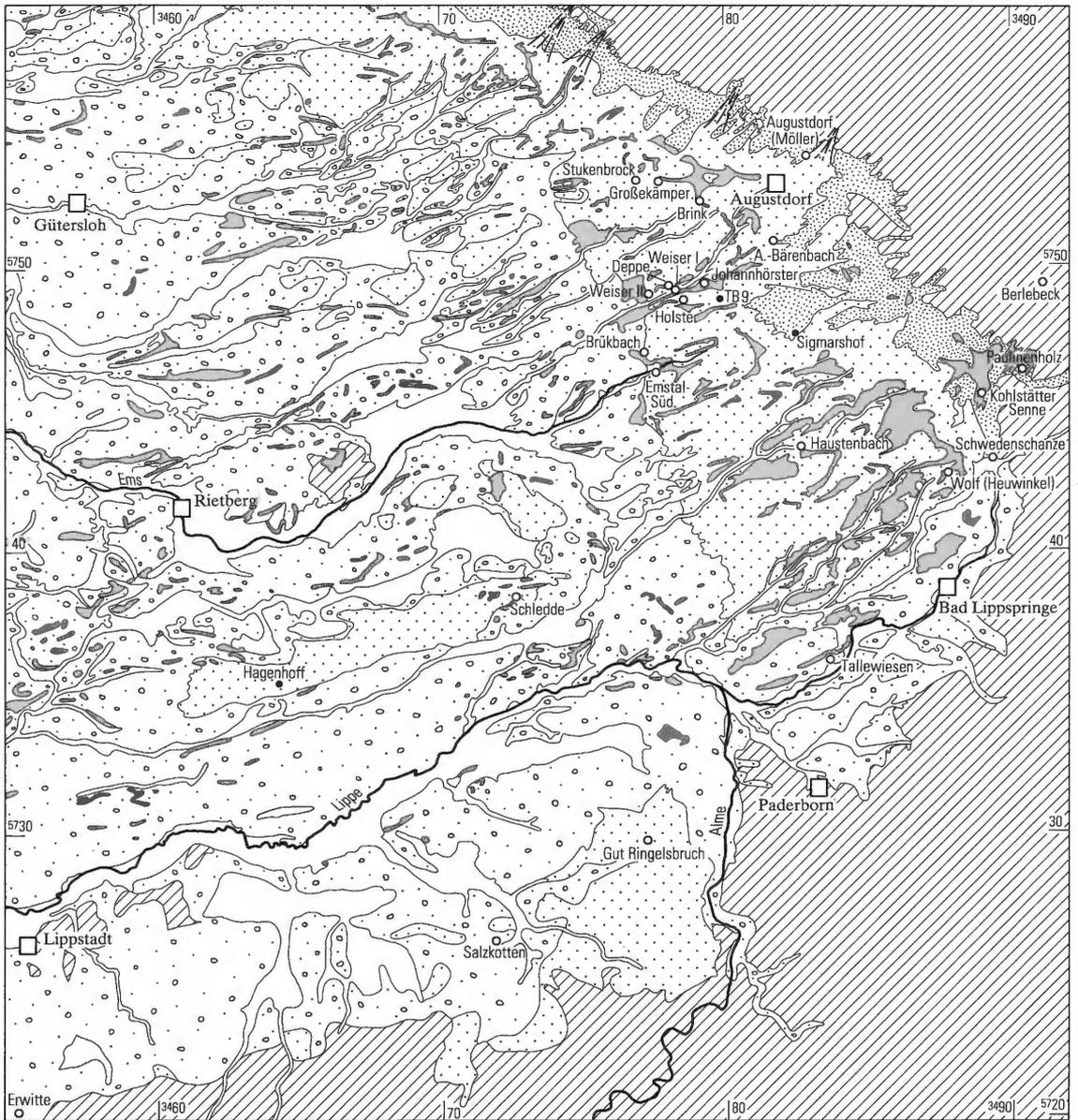


Abb. 1: Geologische Übersicht des Untersuchungsgebietes.

- TB 9¹⁾ (R 79 810, H 48 834), TK 4118 Senne
- Sigmarshof²⁾ (R 82 450, H 47 550), TK 4118 Senne
- Hagenhoff³⁾ (R 64 280, H 35 310), TK 4216 Mastholte
- Schledde⁴⁾ (72 540, H 38 370) TK, 4217 Delbrück
- Ringelsbruch⁵⁾ (R 77 200, H 29 750), TK 4218 Paderborn

- Erwitte³⁾ (R 55 040, H 20 240), TK 4316 Lippstadt
- Salzkotten³⁾ (R 71 850, H 26 200), TK 4317 Geseke

Sie liegen größtenteils außerhalb der Senne und zwar westlich davon.

3. Geomorphologischer Überblick

An der Geländeoberfläche des von Südwest - Nordost von circa + 120 m NN auf + 180 m NN ansteigenden und vor den Gebirgskämmen von Teutoburger Wald und Eggegebirge lagernden Senne-Sanders (Porta-Gletscher, Aue-Hunte-Gletscher, Drenthe-Stadium, SERAPHIM 1972, HESEMANN 1975, SKUPIN 1985 a, b) sind in weiter Verbreitung Flugsande und Dünen wechselnder Form und Mächtigkeit anzutreffen. Wie in anderen Gebieten Nordrhein-Westfalens und Nordwestdeutschlands bilden sie den Abschluß der dort vorhandenen Lockergesteinsabfolge und überkleiden als mehr oder weniger geschlossene äolische Deckschicht die älteren quartären Schmelzwassersedimente sowie die randlich anstehenden mesozoischen Festgesteine. Gegenüber den natürlichen und künstlich geschaffenen Ebenheiten des Senne-Sanders bilden sie ein unruhig kuppiges Relief, in dem die größeren Dünenzüge zum Teil beträchtlich über die Geländeoberfläche aufragen. Die bis zu 10 m hohen Dünenzüge entstanden bereits während des ausgehenden Pleistozäns und unterscheiden sich nach MAAS (1952, 1955) und MERTENS (1980) in ihrem langgestreckten, breiten und flachwelligen Habitus mit kräftiger Podsolbildung (Ortstein) deutlich von den jüngeren, kleinkuppigen Dünenfeldern ohne nennenswerte Bodenentwicklung (Orterde, Podsolranker, Podsolregosol). Letztere sind den größeren und markanteren Dünenzügen meist aufgesetzt, kommen aber auch in den dazwischen liegenden Sandgebieten in der Regel in größerer Zahl vor.

Für die Hauptdünen ist eine Häufigkeit von 2 – 3 Dünen pro Quadratkilometer anzugeben, wobei die Dichte von Gebiet zu Gebiet unterschiedlich ist und eine deutliche Beziehung zur hydrographischen und morphologischen Gliederung des Bildungsraums erkennen läßt (ARNOLD 1977). Danach sind die Dünen überwiegend auf den Verebnungsflächen der sogenannten Einebnungsstufen des Sanders anzutreffen (SKUPIN 1985 a), wo sie in ihrer Längsrichtung wiederum häufig parallel zu den in Südwest-Nordost-Richtung verlaufenden Flüssen und Bächen angeordnet sind. Dies ist eine Folge der freiliegenden Erosionskanten, an denen der Wind angreifen und den lockeren Sand ausblasen konnte. Entsprechend diesen Gegebenheiten sind die Dünen in den meisten Fällen der Gestalt und Richtung der Bäche angepaßt und als sogenannte Uferbegleiddünen durch einen überwiegend gestreckten, untergeordnet auch bogig abgewinkelten Verlauf ausgezeichnet. Wo die Abflußrinnen, etwa im Oberlauf, näher zusammenrücken, können die Dünen stellenweise auch miteinander in Verbindung treten, so daß ein größerer, ineinander übergehender Dünenkomplex entsteht. Sie ähneln den echten Bogendünen, die bei etwa gleich langen Dünenästen als Parabeldünen, bei dem Vorhandensein eines langen und kurzen Astes als Hakendünen zu bezeichnen sind (vgl. HESEMANN 1975: 370). Bei diesem, mit der konkaven Innenseite des Dünenbogens gegen die sie verursachende Windrichtung geöffneten Dünentypus ist die Luvseite durchweg durch ein flacheres, die dem Wind abgewandte Leeseite durch ein steileres Schichteinfallen gekennzeichnet. Nach MAAS (1952: 39) beträgt das Einfallen der Dünenoberfläche auf der konkaven Innenseite im allgemeinen etwa 10°, das der Leeseite bis zu 30°. Ähnliche Angaben macht auch SERAPHIM (1980: 32), wonach das Schichteinfallen luvseitig meist weniger als 10 % beträgt, während das der Leeseite überwiegend zwischen 10 – 15° schwankt.

Nach der äußeren Form der Dünen zu urteilen, ist die Aufwehung der Dünensande überwiegend durch Winde aus Westsüdwest bis Südwest erfolgt (MAASJOST 1938, MAAS 1952, SERAPHIM 1980), einer Windrichtung, wie sie heute in Nordrhein-Westfalen vorherrschend ist. Daneben waren in früheren Zeiten, das heißt bei der Bildung der älteren Dünengenerationen, vermutlich auch noch andere Windrichtungen beteiligt, wie sich stellenweise aus dem inneren Aufbau der Dünen ergibt (vgl. SERAPHIM 1980: Abb. 16; HESEMANN 1975: Abb. 243). So ist das Einfallen der Schichten häufig nach Süden bis Südosten gerichtet, was auf eine Windrichtung aus Norden bis Nordwesten schließen läßt (SERAPHIM 1985). Ähnliche Beobachtungen wurden auch für die Niederlande (MAARLEVELD & SCHANS 1961) und das westliche Rheinland (BRAUN et al. 1968) gemacht. Zu dieser Schlußfolgerung kommt auch MEYER (1989), der aufgrund der Auswertung der in Mitteleuropa vorkommenden Lößablagerungen für das äolische Sedimentationsgeschehen am Südrand der Westfälischen Bucht eine Windtransportrichtung aus Nordwest annimmt. In späterer Zeit, ungefähr zwischen dem Hochglazial und dem Spätglazial, kam es dann zu einer Drehung des Windes ungefähr in einem rechten Winkel gegen den Uhrzeigersinn, so daß die Aufwehung während der Älteren Tundrenzeit zunächst hauptsächlich durch Winde aus Nordwest bis West, während der Jüngeren Tundrenzeit hingegen aus Südwest erfolgte (SERAPHIM 1985: 11).

4. Struktur und Textur

Nach den Untersuchungen von STENGEL (1992) ist die Entstehung von Dünen durch einen zunehmenden Sandnachschub zu erklären. Hierbei ist die Düne nicht als eine allmähliche Aufhöhung einer einzelnen Rippel, sondern als kontinuierliche Weiterentwicklung eines primären Sandschleiers zu einem Sandfleck bis hin zur Düne aufzufassen. Der Zusammenhang zwischen Rippeln und Dünen besteht nur insofern, als die flächenhafte Sandakkumulation am Ort der Entstehung durch die Existenz von Rippeln beeinflusst wird.

Da die Dünen der Senne seit ihrer Entstehung am Ende des Pleistozäns einem stetigen Wandel in Größe und Form unterworfen sind, ist das Innere der Dünenkomplexe im allgemeinen durch einen häufigen Schichtwechsel und eine Veränderung des Schichtfallens gekennzeichnet.



Abb. 2: Dünenquerschnitt im Bereich der ehem. Sandgrube Deppe.

Charakteristisch für die Flugsandablagerungen ist eine strenge Parallelschichtigkeit der Sandschichten mit von Ablagerungskomplex zu Ablagerungskomplex sehr unterschiedlichem Einfallswinkel. Während im Kern oder an der Basis der Dünen die Lagerung der einzelnen Sandschichten meist horizontal oder nur leicht geneigt ist (Abb.3–4), ist zu den Seiten der Dünen hin, besonders jedoch entlang den Dünenflanken, häufig eine deutliche Schrägschichtung oder Steilstellung der einzelnen Sandblätter zu beobachten, die entweder parallel oder auch mehr oder weniger senkrecht zur Dünenoberfläche verläuft (Abb.2, vgl. SERAPHIM 1980: 128). Vielfach erscheint so das Innere eines größeren Flugsand- oder Dünenkomplexes in sich stufenartig getrept (Abb. 3). Die Genese ist durch Auf- und Abwehung bei wechselnden Windrichtungen zu erklären (vgl. MAAS 1952: 58), wobei die Verlagerung der Partikel hauptsächlich durch eine oberflächennahe tangentielle Schubkraft erfolgte (WERNER 1986).

Im Bereich der holozänen Flugsandablagerungen, das heißt vor allem in den bis über zwei Meter mächtigen Muldenfüllungen der Dünendepressionen, fehlt eine Schichtung weitgehend. Sie fehlt hier vermutlich primär, da sich das von den Dünenkuppen und -flanken abgewehrte oder abgerollte Sandmaterial mehr oder weniger schichtungsgelos in den Dünenmulden angesammelt hat. In den Bodenhorizonten (= Humushorizonte begrabener Podsolterivate) tritt ein unterschiedlich hoher Anteil organischer Substanz und Holzkohle hinzu. Die in fossilen Podsolhorizonten vorhandene Kreis- bis Fingerstruktur ist nach neueren Untersuchungen vermutlich auf die Grabtätigkeit des Mistkäfers *Typheus typhoeus* (LINNAEUS) aus der Unterfamilie Scarabaeinae zurückzuführen (BRUSSARD & RUNIA 1984). Allgemein ist sie vor allem aus dem Usselo-Horizont





Abb. 4: Dünenanschnitt im Bereich der ehem. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.

des Alleröds bekannt (HIJSZELER 1947, 1955, 1957; DÜCKER & MAARLEVELD 1958, EDELMANN & MAARLEVELD 1958, VAN DER HAMMEN et al. 1967, BAKKER & EDELMANN-VLAM 1976). Nach den vorliegenden Untersuchungen ist damit zu rechnen, daß *T. typhoeus* hauptsächlich während der wärmeren Phasen des Spätglazials, das heißt den Interstadialen und den kühleren Abschnitten des Holozäns, etwa dem frühen Präboreal und Postatlantikum, vorhanden war, als einerseits die Temperaturverhältnisse noch nicht zu kalt und andererseits die vorhandene Vegetation noch nicht zu dicht gewesen waren. Über die weitere Zusammensetzung der Insektenfauna innerhalb des Spätglazials gibt die Arbeit VAN GEEL & COOPE & VAN DER HAMMEN (1989) Auskunft.

5. Korngrößenzusammensetzung

Die Korngrößenzusammensetzung der Flugsand- und Dünenablagerungen ist im allgemeinen identisch mit der des unterlagernden Substrats. Im Bereich der stärker von fluviatilen Umlagerungen und damit einhergehender Materialsortierung geprägten Unteren Senne im Sinne von SERAPHIM (1977) handelt es sich meist um einen Mittel- und Feinsand mit einem Maximum der Korngrößenverteilung zwischen 0,1 - 0,6 mm. Im Bereich der Oberen Senne sind dem Mittel- und Feinsand auch Grobsandlagen zwischengeschaltet, wie sie auch in den unterlagernden Schmelzwassersanden des Senne-Sanders vorhanden sind. Dort hat offensichtlich keine oder nur eine geringe Materialsortierung stattgefunden. Nur in den oberflächennahen Bereichen erscheint das äolisch abgelagerte Material durchweg etwas feiner klassiert. Gegenüber dem unterlagernden Sandmaterial ist der Flugsand darüber hinaus meist deutlich feiner geschichtet (Abb.8). Dem Alleröd-Horizont ist stellenweise ein schwacher Ton- und Schluffgehalt eigen.

◁

Abb. 3: Dünenande mit wechselndem Schichteinfallen über Nachschüttungen der Saale-Kaltzeit, getrennt durch Alleröd-Horizont des Spätglazials. Sandgrube Weiser I (Westwand).

6. Mineralogie und Petrographie

Zur petrographischen Kennzeichnung und zur Erfassung des Mineralbestandes der Flugsande und Dünen wurden aus den genannten Aufschlüssen jeweils mehrere Proben sedimentpetrographisch untersucht und eine Reihe von Schwermineralanalysen durchgeführt. Um Aufschluß über die Herkunft der Flugsande zu bekommen, wurden die Ergebnisse der vorliegenden Analysen mit den Analyseergebnissen aus dem darunter anstehenden Ausgangsmaterial (Vor- und Nachschüttsand, Grundmoräne) verglichen.

Innerhalb des Mineralbestandes dominiert der Quarz mit 92 – 96 %, als Rest ist Feldspat (4 – 6 %) und eine Spur Dolomit nachzuweisen. Bei den Kornarten überwiegen die klaren Quarzkörner (63 – 70 %) die trüben oder fleckigen Quarzkörner (20 – 35 %) sowie die opaken Sandkörner und Alterite (3 - 8 %) bei weitem. Der höhere Anteil an opaken Mineralen gilt dabei für die humosen Bodenhorizonte mit entsprechenden Anteilen an organischer Substanz und Holzkohle. Der Rundungsgrad der Quarzkörner ist für die Fraktion 0,1 – 0,2 mm überwiegend als subrounded (60 %) bis rounded (32 %) anzugeben.

Die Schwermineralspektren der Flugsande entsprechen in qualitativer und quantitativer Hinsicht überwiegend dem Schwermineralbestand der darunter anstehenden Schmelzwasser- und Terrassensedimente. Sie

T a b e l l e 1
Schwermineralanalysen von Flugsanden
(Korngröße: 0,06 – 0,3mm)

	Möller	Brink	Große- kämper	Deppe	Holste	Johann- hörster	Weiser I (alt)	Weiser II (neu)	Hausten- bach	Kohl- städter Senne	Schwe- den- schanze	Ems- Süd I	Wolf, vorm. Heu- winkel
	(%)												
Turmalin	6,5	10,5	11,0	8,5	6,0	7,4	8,7	7,75	9,5	7,0	10,5	8,7	7,0
Zirkon	6,0	14,5	9,0	9,5	7,5	7,7	6,4	8,5	6,0	4,0	2,5	6,4	4,5
Rutil	1,5	0,5	–	1,5	–	0,9	1,3	1,25	1,0	0,5	1,0	1,3	1,5
Staurolith	3,5	6,0	7,0	2,5	3,0	5,4	0,9	6,0	4,0	7,0	4,5	0,9	4,0
Disthen	0,5	–	–	1,5	–	0,6	0,5	0,25	0,5	–	0,5	0,5	2,5
Andalusit	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,1	–	0,5	0,5	1,0	0,5	–	2,0
Sillimanit	0,5	0,5	1,0	1,0	–	0,9	–	0,25	0,5	–	1,0	–	0,5
Granat	29,5	23,0	22,5	40,5	52,0	38,2	36,0	42,25	25,5	39,0	35,0	36,0	30,5
Epidot	35,0	25,0	37,0	23,0	24,0	23,2	24,2	20,75	34,5	31,5	29,0	24,2	–
Saussurit	–	0,5	–	–	–	0,7	0,9	0,5	0,5	–	0,5	0,9	–
Alterit	6,0	9,5	–	6,5	–	5,6	7,8	3,75	5,0	–	3,0	7,8	–
Grüne Hornblende	4,5	4,0	5,0	3,0	4,0	2,9	7,8	4,75	7,0	4,0	4,5	7,3	4,0
Braune Hornblende	–	–	3,0	1,0	–	0,9	–	1,25	–	–	–	0,5	–
Augit	3,5	3,0	2,5	0,5	2,0	2,7	3,6	2,0	4,0	2,5	5,0	3,6	–
Olivin	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Titanit	–	1,0	–	–	–	0,8	0,5	–	0,5	–	–	0,5	2,0
Anatas	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Apatit	–	–	–	–	0,5	0,5	–	–	0,5	–	1,5	–	0,5
Chloritoid	0,5	–	0,5	–	–	0,5	–	–	–	–	0,5	–	–
Brookit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pumpellyit	–	–	–	–	–	–	0,9	–	0,5	–	–	0,9	–
Glaukophan	–	–	–	–	–	–	–	0,25	–	–	–	–	–
Biotit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zoisit	0,5	–	–	–	–	0,5	0,5	–	–	–	0,5	0,5	2,0
Sonstige	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 2

Durchschnitts- und Höchstgehalte
von Granat, Grüner Hornblende und Augit
in Flug- und Schmelzwassersanden

Durchschnittswert:			
	Granat	Grüne Hornblende	Augit
	(%)		
Flugsand	34,6	4,8	2,7
Schmelzwassersand	31,6	6,2	4,2
Höchstwert:			
	Granat	Grüne Hornblende	Augit
	(%)		
Flugsand	52,0	7,8	5,0
Schmelzwassersand	45,0	12,0	11,0

sind generell durch eine Vorherrschaft von Granat (\emptyset 34,6 %) und Epidot (\emptyset 25,5 %) gekennzeichnet, als nächst häufigste Schwerminerale treten Turmalin (\emptyset 8,4 %), Zirkon (\emptyset 7,1 %) und grüne Hornblende (\emptyset 4,8 %) hinzu. Der Anteil von Augit (\emptyset 2,7 %) und der übrigen Schwerminerale ist demgegenüber gering und liegt allgemein unterhalb von 5,5 % (Tab. 1). Auch innerhalb der Flugsandprofile selbst sind zwischen den reinen Sanden und den darin eingelagerten Bodenhorizonten des Weichsel-Spätglazials und Früh- bis Mittelholozäns keine signifikanten Unterschiede erkennbar, die auf intensivere Verwitterungseinflüsse schließen lassen. Lediglich der Anteil der Alterite und opaken Körner ist innerhalb der Bodenhorizonte leicht erhöht (Tab. 3). Gegenüber den Schmelzwassersanden ist innerhalb der Flugsande allerdings eine kleine Verschiebung zugunsten von Granat bemerkenswert (Abb. 5). Sowohl bei den Durchschnitts- wie Mittelwerten ist deren Gehalt leicht erhöht, was auf den leichteren äolischen Transport infolge eines ursprünglich besseren Rundungsgrades zurückzuführen ist. Demgegenüber zeigen die Anteile von Hornblende und Augit niedrigere Werte; diese besitzen von Haus aus einen aerodynamisch weniger günstigen Umriß und sind zugleich weniger widerstandsfähig.

Tabelle 3

Gehalt an Alterit und opaken Körnern
innerhalb der Schwermineralfraktion

Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel		
	Alterit	opake Körner
	%	
Horizont 2/3	14	13
Bodenhorizont 3	25	16
Horizont 5/6	15	12
Bodenhorizont 6	23	19

Als Vergleich dazu sind auf der Tabelle 4 die Prozentanteile für die entsprechenden Schwerminerale der darunter liegenden Schmelzwassersande angegeben, die im Durchschnitt bei 31,6 % Granat, 27,0 % Epidot, 9,6 % Turmalin, 6,3 % Zirkon und 6,2 % grüne Hornblende liegen. Ein Schwermineralprofil für die Flug- und Schmelzwassersande der Sandgrube Johannhörster zeigt die vertikalen Schwankungen der einzelnen Schwermineralgruppe in Abhängigkeit von der jeweiligen Genese (Tab. 2). Noch krasser sind die Unterschiede im Vergleich zu den jeweiligen Schwermineralanteilen der saalezeitlichen Grundmoräne, die etwa in Bezug

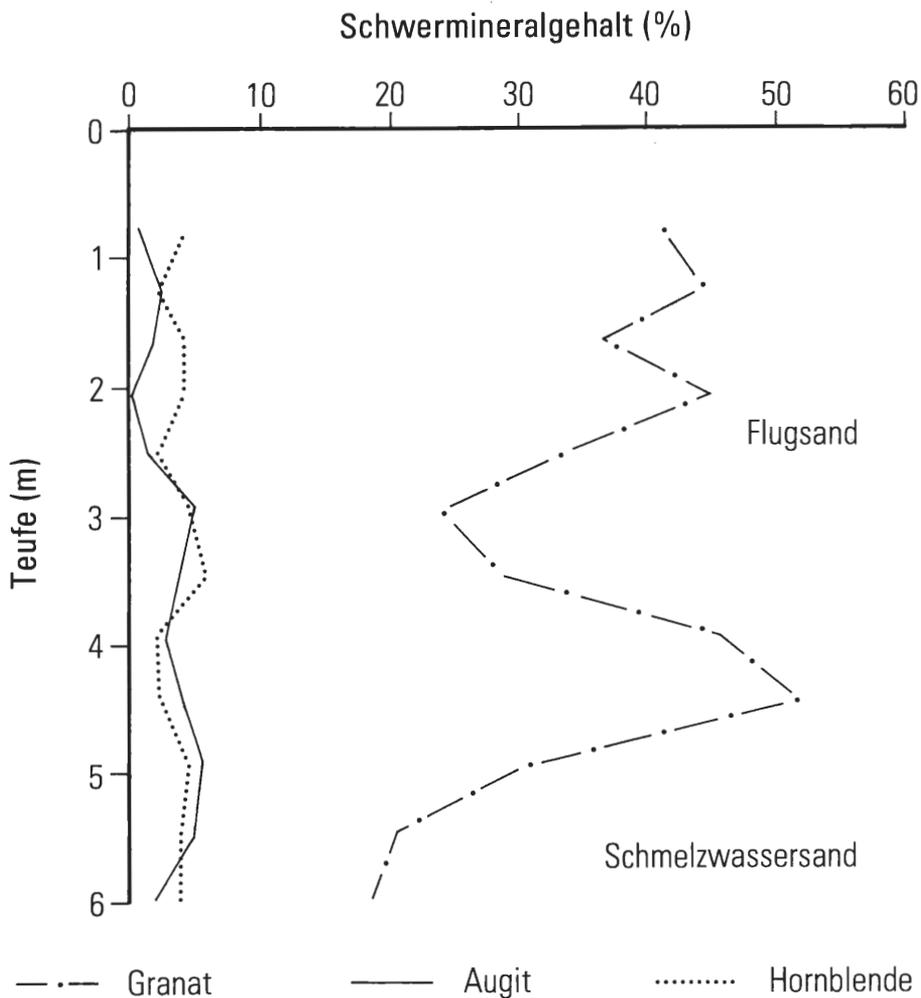


Abb. 5: Verteilung von Granat, Augit und Hornblende in den Schwermineralassoziationen der Flug- und Schmelzwassersande der Sandgrube Johannhörster.

zum Granatgehalt niedrigere, in Bezug zum Hornblendegehalt höhere Werte erkennen läßt (Tab. 5). Letztere entsprechen größtenteils in etwa den Prozentgehalten der saalezeitlichen Geschiebemergel Schleswig-Holsteins (HENTSCHE & STEPHAN 1991).

Im Vergleich zu den näher bekannten drenthezeitlichen Schwermineralprovinzen in Nordwestdeutschland (HENNINGSEN 1978, 1983) sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Danach ist der Großteil der für die Flugsande und Schmelzwasserablagerungen der Senne vorliegenden Schwermineralanalysen mit Schwermineralspektren zu vergleichen, wie sie etwa nordwestlich von Hannover im Bereich des Blattes 1 : 50 000 Garbsen anzutreffen sind. Stellvertretend hierfür seien etwa die Schwermineralanalysen des Profils Silberberg genannt, die einerseits durch deutliche Granat- und Epidotgehalte, andererseits durch niedrige Augit- und Hornblendegehalte gekennzeichnet sind (HENNINGSEN 1978: 130). Der in Bezug auf Gesamt-Niedersachsen hohe Granat-Gehalt wird dabei einer sogenannten Nordost- und Ostprovinz zwischen Hannover-Braunschweig und Hamburg zugeordnet, die den Bereich von Mittelniedersachsen gerade noch berührt, während die Anreicherung von Epidot wohl dadurch zu erklären ist, daß die anderen Schwerminerale nördlicher als auch südlicher Herkunft dort zurücktreten (HENNINGSEN 1983).

Keine Übereinstimmung besteht auf jeden Fall zwischen der Schwermineralführung des Senne-Sanders beziehungsweise seiner Flugsandbedeckung und dem Osning-Sandstein der Unterkreide (Valangin - Apt/ Alb), einem am Südrand des Teutoburger Waldes anstehenden locker-grusig verwitternden Quarzsandstein.

Der verwitterte und aufgearbeitete Osning-Sandstein wird seit langem (HARBORT & KEILHACK 1918) als Ausgangsmaterial für die in der Senne lagernden Schmelzwasserablagerungen des Senne-Sanders angesehen. Im Gegensatz zu den Schmelzwasserablagerungen des Senne-Sanders ist der Schwermineralbestand des Osning-Sandsteins jedoch relativ monoton und weist nur noch geringe Anteile leicht verwitterbarer Mineralarten auf. In den Sandsteinen des mittleren und nördlichen Eggegebirges sowie des südöstlichen Teutoburger Waldes sind in der Siebfraction 0,063 - 0,2 mm überwiegend die Schwerminerale Turmalin (25,2%), Zirkon (55,3%), Rutil (18,4%), Granat (0,1%), Staurolith (0,6%), Rest (0,4%) vorhanden (SPEETZEN 1970).

7. Stratigraphie

Ähnlich anderen Gebieten stellen die Flugsande und Dünen der Senne die jüngsten Quartärablagerungen dieses Raums dar. Große Fortschritte in der Erkenntnis über die Zusammensetzung und das Alter der pleistozänen Flugsande und Dünen der Niederungsgebiete erbrachten in der Vergangenheit vor allem die Untersuchungen holländischer Bodenkundler (EDELHANN & MAARLEVELD 1958) im Bereich des holländischen

T a b e l l e 4
Schwermineralanalysen von Schmelzwassersanden
(Korngröße: 0,06 – 0,3mm)

	Möller	Brink	Deppe	Holste	Johann- hörster	Weiser I (alt)	Weiser II (neu)	Berlebeck	Wolf, vorm. Heuwinkel	Talle- wiesen
	(%)									
Turmalin	9,0	6,0	7,0	13,5	9,2	7,0	8,0	16,5	6,5	13,0
Zirkon	6,0	6,5	7,0	4,5	7,2	15,0	7,0	4,5	3,5	2,0
Rutil	2,0	2,5	–	0,5	1,0	4,0	3,5	–	0,5	1,0
Staurolith	4,5	7,5	6,0	4,5	5,6	7,0	4,5	4,0	6,0	4,0
Disthen	0,5	0,5	–	2,0	0,5	–	–	–	–	0,5
Andalusit	1,5	1,0	0,5	0,5	1,1	–	2,0	2,0	2,0	2,0
Sillimanit	–	–	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,5	0,5	1,0
Granat	25,5	36,5	33,5	38,0	23,4	45,0	28,5	32,5	31,0	22,0
Epidot	38,5	23,0	27,0	24,5	34,3	17,0	32,0	17,0	24,5	32,0
Saussurit	–	0,5	0,5	–	1,0	–	–	–	–	–
Alterit	3,5	7,0	8,0	–	7,0	–	4,0	3,5	7,0	7,0
Grüne Hornblende	6,0	5,0	6,0	3,0	3,3	3,0	8,0	6,0	10,0	12,0
Braune Hornblende	–	–	0,5	0,5	0,6	–	–	1,5	3,0	2,0
Augit	3,0	4,5	3,5	6,5	4,3	1,0	2,0	11,0	4,5	1,5
Olivin	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	–
Titanit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Anatas	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Apatit	–	–	–	0,5	–	–	–	–	0,5	–
Chloritoid	–	–	–	0,5	0,5	–	–	–	–	–
Brookit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pumpellyit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Glaukophan	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Biotit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zoisit	–	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–
Sonstige	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

T a b e l l e 5
Schwermineralanalysen von Grundmoränenvorkommen
(Korngröße: 0,06 – 0,3mm)

	Stukenbrock	TB 9	Sigmarshof	Deppe	Weiser II	Hagenhoff	Schledde	Gut Ringelsbruch	Erwitte	Salzkotten
	(%)									
Turmalin	3,0	6,5	4,0	2,5	4,5	4,0	2,1	3,4	5,0	4,5
Zirkon	9,5	4,5	10,5	5,5	8,0	18,6	15,1	3,6	16,0	7,5
Rutil	2,5	1,0	3,0	2,5	3,0	2,8	3,7	2,45	5,0	2,5
Staurolith	1,0	3,5	1,5	1,0	0,5	1,3	0,85	1,8	1,5	1,0
Disthen	–	1,0	–	1,5	0,5	0,8	0,95	1,8	–	–
Andalusit	–	–	1,0	1,0	1,5	0,3	1,2	1,2	0,5	0,5
Sillimanit	2,5	0,5	1,0	1,0	–	0,7	0,5	0,95	1,5	1,0
Granat	11,0	18,5	15,5	18,5	7,0	21,5	17,2	13,7	19,0	24,5
Epidot	28,5	28,5	42,0	20,0	45,5	27,0	32,5	25,3	24,5	29,0
Saussurit	–	–	–	–	1,0	–	–	–	–	–
Alterit	0,5	1,0	2,0	2,5	6,5	0,5	–	–	1,0	1,5
Grüne Hornblende	31,0	24,5	12,5	29,5	20,0	18,0	19,3	34,5	18,5	22,0
Braune Hornblende	3,0	3,0	0,5	0,5	1,0	0,5	–	2,7	1,0	1,0
Augit	2,0	4,5	5,5	1,0	1,0	1,5	1,4	3,1	1,5	4,0
Olivin	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Titanit	2,0	–	1,0	–	–	0,3	2,5	1,4	1,5	–
Anatas	–	–	–	0,5	–	–	0,55	–	–	0,5
Apatit	3,5	2,0	–	1,5	–	1,7	1,7	1,4	2,0	0,5
Chloritoid	–	–	–	–	–	–	0,3	1,0	0,5	–
Brookit	–	–	–	0,5	–	–	–	0,6	–	–
Pumpellyit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Glaukophan	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Biotit	–	–	–	–	–	–	–	1,4	–	–
Zoisit	–	1,0	–	0,5	1,0	–	0,4	0,6	0,5	–
Sonstige	–	–	–	–	–	–	0,4	0,3	–	–

Grenzgebiets, denen sich auf deutscher Seite bald ähnliche Untersuchungen anschlossen (DÜCKER & MAARLEVELD 1958, PYRITZ 1972). Durch den Nachweis von Bodenbildungen des Bölling- und Alleröd-Interstadials (Usselo-Horizont) (HYSZELER 1947, 1955) wurde von VAN DER HAMMEN (1951) und ARENS (1964) eine detaillierte Untergliederung der äolischen Ablagerungen des Spätglazials vorgenommen. Ausgehend von den Löß- und Sandlößaufwehungen während des Hochglazials wurde von ihnen angenommen, daß ihre Bildung ebenfalls während der Weichsel-Kaltzeit erfolgte und wenn auch etwas zeitlich versetzt, spätestens zu Beginn des Präboreals, der Wiederbewaldung der Landschaft, abgeschlossen war (POSER 1948).

Eine Bestätigung für eine auch im Holozän stattfindenden Sandaufwehung, die sich sonst im allgemeinen durch eine lockere Lagerung der Sandkörner bemerkbar macht, erbrachte schließlich die Beobachtung von Bodenhorizonten des Präboreals und Subboreals (BÜKER 1940, BURRICHTER 1952, HAMBLOCH 1958, SKUPIN 1983), das Auffinden von Niedermoorbildungen, die durch Dünenansande subfossil geworden sind (DAHM-ARENS 1970), archäologische Artefakte in den Flugsandablagerungen sowie mündliche Überlieferungen von Umlagerungen und Aufwehungen in allerjüngster Vergangenheit (LOTZE 1949, BRANDT 1950, GRABERT 1952, WILL 1982). Für eine relative Altersdatierung erwies sich dabei die Berücksichtigung der Verwitterungsintensität (Podsolierungsgrad) an der Geländeoberfläche als geeignet (MAAS 1952, 1955).

Der Nachweis einzelner oder in differenzierter Abfolge übereinander liegender "usselo-ähnlicher" Bodenbildungshorizonte innerhalb der Flugsandablagerungen der Senne gaben Anlaß, eine feinstratigraphische

Untergliederung und altersmäßige Einstufung der Flugsandablagerungen dieses Raums vorzunehmen. Dazu wurden über die strukturellen und textuellen Merkmale der Horizonte hinaus pollenanalytische Untersuchungen (Bestimmung: H.-W. REHAGEN, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.) sowie absolute Altersdatierungen (^{14}C) (Untersuchung: M. A. GEYH, Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung) herangezogen.

In Tabelle 6 ist eine Zusammensetzung der wesentlichsten Sedimentabfolgen und Altersdatierungen der vorgefundenen Bodenhorizonte gegeben. Daraus ergeben sich folgende Ergebnisse:

Pleistozän:

Während der Weichsel-Kaltzeit wurde das Gebiet der Senne nicht mehr von dem sich von Skandinavien her südwärts ausbreitenden Inlandeis erreicht. Das Gebiet lag vielmehr im periglazialen Klimabereich mit langen kalten Wintern und kurzen kühlen Sommern. Aus den Schotterebenen der Bäche und Flüsse sowie den Schmelzwasserablagerungen der vorangegangenen Saale-Kaltzeit wurde das feinkörnige Material (Löß, Sandlöß, Flugsand) ausgeblasen und in mehr oder weniger großer Entfernung wieder auf denselben oder älteren Ablagerungen abgesetzt. Hier finden sich auch hauptsächlich die übrigen Formen des periglazialen Klimabereichs wie Steinsohlen, Windkanter, Eiskeile und Kryoturbationen.

Alleröd:

Generell wird die Basis der Flugsandablagerungen im südöstlichen Münsterland durch eine Bodenbildung des Alleröds charakterisiert (MERTENS 1982, SKUPIN 1982). Eine Bodenbildung des Bölling-Interstadials konnte hingegen nirgends beobachtet werden (vgl. WILL 1982). Wie in anderen Quartärgebieten Nordwest- und Osteuropas handelt es sich um einen typischen Usselo-Horizont, der im Bereich der Sandgrube Heuwinkel bei Schlangen die Oberkante einer vermutlich frühweichselzeitlichen Strothe-Terrasse (= mittlere Einebnungsstufe) markiert (Abb. 12). Der Horizont besitzt eine kreis- bis fingerförmige Struktur, einzelne Holzkohlepartikel, Humussubstanz und einen Bleichhorizont an dessen Unterkante. Trotz seiner geringen Mächtigkeit (0,15 - 0,20 m) ist er im gesamten Aufschlußbereich durchzuverfolgen. Die allerödzeitliche Landoberfläche erscheint weitgehend horizontal. Nur gelegentlich kommen darin auch schmale, rinnenartige Eintiefungen vor, die an diesen Stellen eine Verdickung des Bodenhorizonts zur Folge haben. Ursache ist vermutlich eine in diesen Bereichen ehemals verstärkte Torf- und Humusbildung infolge des geringeren Abstands zur Grundwasseroberfläche. Insgesamt erwies sich die Humussubstanz jedoch als pollenleer. An anderen Stellen ist der Alleröd-Horizont nach oben hin durch eingelagerte Humussubstanz und etwas Holzkohle punktförmig verdickt (Abb. 14).

Nicht wesentlich anders erwiesen sich die Verhältnisse weiter nordwestlich entlang von Bärenbach, Furlbach und Ems. Auch dort werden Flug- und Nachschüttsande durch eine mehr oder weniger eben begrenzte Schichtfläche voneinander getrennt (Abb. 5), die pedogenetisch durch eine deutliche Bodenbildung des Alleröds betont wird. Vor allem im Bereich der Sandgrube Weiser (alt) ist die unter dem Flugsand begrabene alte Geländeoberfläche (= mittlere Einebnungsstufe) durch rostfarbene Sandkörner, Bleichhorizonte, weißlich verwitterte Geschiebe, Holzkohle sowie humose Schluffeinlagerungen gekennzeichnet. Eine kreis- bis fingerförmige Struktur tritt zurück. Dafür sind die Sedimentpartikel (z. B. Holzkohle) Korngrößenmäßig sortiert und lagig angereichert (Abb. 11). Frostdynamische Vorgänge im nachfolgenden Periglazial haben den Horizont nachträglich stellenweise kryoturbat verformt, was sich in bis zu 1,2 m breiten und 0,5 m tiefen Frosttaschen bemerkbar macht (Abb. 9). Insgesamt ist die Mächtigkeit des Horizonts mit durchschnittlich 1,5 - 2,0 m erstaunlich groß. Aufgearbeitete Holzkohle, Schluffbändchen und Flaserschichtung im unmittelbar Hangenden lassen darüber hinaus eine zeitweilige fluviale Beeinflussung der Landoberfläche erkennen. Sie ist vermutlich auf ein ehemals höher liegendes Bachbett des Furlbachs und eine damit einhergehende Überflutung der Uferbereiche zurückzuführen. Hierbei kam es zur Aufarbeitung des Alleröd-Horizonts und zur Ablagerung von Hochflutsedimenten. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch in den Aufgrabungen entlang der Ems und deren Nebenbäche (Profile Ems-Süd und Brückbach), die dort allerdings morphologisch tiefer im Niveau der unteren Einebnungsstufe (= Niederterrasse) zu liegen kommen. Pollenanalytisch nicht datierbar, erbrachten zwei, an Holzkohlepartikeln der Sandgrube Weiser (alt) (Untersuchung: M. A. GEYH, Niedersächs. L.-Amt f. Bodenforsch.) sowie der Aufgrabung Ems-Süd I (Untersuchung: H. WILLKOMM, Univ. Kiel) durchgeführte ^{14}C -Datierungen ein Alter $11\,490 \pm 130$ beziehungsweise $11\,160 \pm 140$ J. v. h. Damit ist für beide Bodenbildungen mit Sicherheit ein allerödzeitliches Alter belegt.

Tabelle 6

Stratigraphische Einstufung der spätweichselzeitlichen bis früh- und mittelholozänen Bodenhorizonte

Sandgrube Weiser I (alt)		Sandgrube Johannhörster				Sandgrube Deppe		Sandgrube Weiser II (neu)	
		Westwand		Ostwand					
Teufe (m)		Teufe (m)		Teufe (m)		Teufe (m)		Teufe (m)	
0,00 – 0,25		1. Podsolgeneration							
0,25 – 0,30	Bodenh. 1			1,00 – 1,30	Bodenh. 1			0,25 – 0,40	Bodenh. 1
								0,47 – 0,57	Bodenh. 2
0,40 – 0,47	Bodenh. 2			1,45 – 1,65	Bodenh. 2	0,55 – 0,65	Bodenh. 1		
0,60 – 0,67	Bodenh. 3								
0,95 – 1,38	Bodenh. 4	0,60 – 0,80	Bodenh. 1						
1,42 – 1,55	Bodenh. 5	0,90 – 1,20	Bodenh. 2						
3,50 – 5,50	Bodenh. 6 $^{14}\text{C} = 11490 \pm 130$ J.v.h.								

Als Bildung des Weichsel-Spätglazials markiert der Alleröd-Horizont erdgeschichtlich das Ende der verschiedenen seit dem Drenthe-Stadium ablaufenden warthe- bis frühweichselzeitlichen Ausräumungs- und Aufschüttungsvorgänge, die ihr morphologisches Äquivalent in den drei Einebnungsstufen (obere, mittlere und untere Einebnungsstufe) haben. Entsprechend dem Gefälle der von Ost nach West verlaufenden Bäche sind diese Verebnungsflächen schwach geneigt. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies etwa für die Höhenlage der mittleren Einebnungsstufe, aufgeschlossen in der Sandgrube Heuwinkel bei ca. + 175 m NN und der Sandgrube Weiser (alt), bei ca. + 140 m NN einen Höhenunterschied von ca. 35 m auf ca. 10 - 11 km Entfernung quer zum Streichen.

Von besonderer Bedeutung für die Landschaftsgeschichte der Senne ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung, "daß der Usselo-Horizont an dem Seitental der Ems nicht abbricht, sondern hier steil in eine ältere Talbildung einfällt. Danach scheinen die Fluß- und Bachtäler im mittleren Teil der Senne, die sich erst während des Postglazials durch rückschreitende Erosion gebildet haben sollen (SERAPHIM 1978), schon im Spätglazial der Weichselzeit vorgeformt gewesen zu sein" (GÜNTHER 1982).

Jüngere Dryaszeit:

Nach der kurzfristigen Erwärmung während des Alleröds kam es im ausgehenden Spätglazial noch einmal zu einer deutlichen Klimaverschlechterung. In dieser Jüngeren Dryas-Zeit wurde der vegetationslosen, relativ ebenen Landschaft der Senne eine große Zahl von Dünen aufgesetzt, die in Form der sogenannten Altdünen das Bild der Senne prägen.

Holozän:

Das Holozän geht zum Teil ohne deutliche Grenze aus dem Pleistozän hervor. Wo der Bewuchs fehlte oder durch menschlichen Einfluß beseitigt wurde, setzte sich die Aufwehung von Flugsand und Dünen fort.

Tabelle 6

(Fortsetzung)

Aufgrabung Ems-Süd (Schnitt I, Westwand)		Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel		Zonen n. FIRBAS (1949, 1955)	Zonen n. OVERBECK (1950, 1957)	A l t e r			
Teufe (m)		Teufe (m)						Späte Wärmezeit	Holozän
1. Podsolgeneration						Wende Atlantikum/Subboreal			
				VI + VII	VIII	Atlantikum		Mittlere Wärmezeit	
		0,30 – 0,55	Bodenh. 1	Vb/VI	VII/VIIIa	Wende Boreal/Atlantikum			
		0,55 – 0,75	Bodenh. 2						
		0,90 – 1,06	Bodenh. 3a	Va, b	VI/VII	Boreal		Frühe Wärmezeit	
		1,10 – 1,24	Bodenh. 3b						
				Va	VI	Altboreal			
		1,32 – 1,48	Bodenh. 3c						
		ca. 1,50	Bodenh. 4	IV/Va	V/VI	Wende Präboreal/Altboreal			
		1,90 – 2,10	Bodenh. 5					Vor- Wärmezeit	
				IV	V	Präboreal			
						Jüngere Dryas-Zeit			
1,58 – 2,10	Bodenhorizont 5 – 6a, b $^{14}\text{C} = 11160 \pm 140$ J.v.h.	2,90 – 3,00	Bodenh. 6	II	III	Alleröd		Spätglazial	Pleistozän

Präboreal – Atlantikum:

Die jüngeren Bodenhorizonte kommen im Flugsand selbst vor. Einzelnen oder in differenzierter Abfolge übereinander liegend, sind sie zumeist wenige Dezimeter, aber auch bis zu 2 m unterhalb der Geländeoberfläche anzutreffen. Ähnlich dem Usselo-Horizont des Alleröds sind sie durch eine mehr oder weniger ausgeprägte Finger- und Kreisstruktur sowie durch Holzkohlepartikel gekennzeichnet. Nicht ausgebildet ist der sonst für den Alleröd-Horizont charakteristische Bleichhorizont. Nach den Beobachtungen in der Sandgrube Heuwinkel und in der Sandgrube Weiser scheint ihr Auftreten an das Relief der Dünenlandschaft gebunden zu sein. So wurden die Bodenhorizonte sie meist nur seitwärts der großen Dünenerhebungen im Bereich der mehr oder weniger flachen Dünendepressionen angetroffen (Abb. 6, 7, 10, 12, 13). Reichweite und Form der Horizonte waren hierbei den Abmessungen der Dünenmulden angepaßt. Innerhalb dieser Vorkommen variiert die Zahl der vorhandenen Bodenhorizonte im allgemeinen recht stark. Durch lokales Aufspalten in mehrere Teilhorizonte einerseits, vor allem im Muldentiefsten und Zusammenlaufen gegen die Dünenflanken andererseits, ist ihre Zahl stets mehr oder weniger vermehrt oder reduziert. Trotz dieser Einschränkungen sind diese Bodenhorizonte des Holozäns als relativ horizontbeständig anzusehen. Sowohl in der Sandgrube Heuwinkel als auch in den ca. 11 km Luftlinie entfernten Sandgruben Weiser und Johannhörster konnten sie eindeutig pollenanalytisch nachgewiesen werden (Abb. 1). Die Horizontabfolge umfaßte insbesondere das ältere bis mittlere Holozän. Leithorizonte stellten Bodenhorizonte des Präboreals, Boreals und Atlantikums dar. Besonders kräftig ist allgemein der Bodenhorizont des Boreals entwickelt, der sich teils in Form eines einzigen, teils in Form mehrerer eng übereinander liegender Bodenhorizonte bemerkbar macht (Abb. 10). Seine intensive Dunkelfärbung durch Humussubstanz, seine charakteristische Dreierkombination mit einem Maximum der Bodenentwicklung im mittleren Bereich machen ihn eventuell zu einem brauchbaren Leithorizont. Hierher ist vermutlich auch der von HAMBLOCH (1958) mehrfach beschriebene "humose Sandhorizont mit Durchgrabungsspuren" aus Dünenprofilen der oberen Ems zu stellen.

Ähnliche Beobachtungen werden von DUBBER (1982) auch aus dem Bereich Emsdetten und Augustdorf mitgeteilt. Die ihn begleitenden Bodenhorizonte des Präboreals sowie Atlantikums sind meist deutlich schwächer entwickelt.



Abb. 12: Spätglaziale bis holozäne Dünenbildung am Nordufer der Strothe. Ehemalige Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.

Zur Ausprägung der Horizonte ist in diesem Zusammenhang anzumerken, daß offensichtlich die Menge der Humussubstanz nicht mit der gleichzeitig angetroffenen Holzkohlenmenge parallelzu gehen scheint. Nur undeutlich entwickelte, und durch eine schwache Textur gekennzeichnete Bodenhorizonte können so durchaus einen hohen Anteil an Holzkohle enthalten und umgekehrt. Auf was dies zurückzuführen ist, kann nicht exakt beantwortet werden. Eine gewisse Rolle scheint jedoch das Bodenrelief zu spielen, da in schmalen, rinnenartigen Vertiefungen eine Zunahme der Humussubstanz zu beobachten ist. Möglicherweise haben dort relativ hoch stehendes Grundwasser oder sich in den Rinnen kurzfristig sammelndes Niederschlagswasser zu einem höheren Feuchtigkeitsgrad und damit zu vermehrter Anreicherung von Humussubstanz geführt. Der Holzkohleanteil dürfte von abgebrannten Heideflächen abzuleiten sein, eine Beobachtung, wie sie auch in den Stuitzanden der Veluwe in den Niederlanden gemacht worden ist (KOSTER 1978).

Atlantikum – Subboreal

Im allgemeinen werden die Flugsande und Dünen der oberen Senne an der Geländeoberfläche bodentypologisch durch eine mehr oder weniger kräftige Podsolbildung abgeschlossen (MERTENS 1980). Diese ist im Gegensatz zu den zuvor geschilderten "Bodenhorizonten" durch ein für den Podsol typisches Bodenprofil mit einem Auswaschungs- (Ae-Horizont) und Anreicherungshorizont (Bhs-Horizont) gekennzeichnet. Hierbei spiegelt die Podsolierungsstärke in etwa das relative Alter der Flugsand- und Dünenbildung wider, wobei ein Flugsand mit einem kräftig ausgebildeten B-Horizont als alt, ein Flugsand ohne eine nennenswerte Bodenbildung als jung zu bezeichnen ist. Aufgrund der vorliegenden Podsolabfolgen mit unterschiedlichem Ausbildungsgrad sind für den Bereich der Senne mindestens drei Hauptaufwehungen anzunehmen, die teils im Spätglazial, teils im Frühholozän (= Präboreal) beziehungsweise Spätholozän (= Subatlantikum) stattgefunden haben. Die Bodenbildung selbst dürfte dementsprechend für das alte, sogenannte "Normalprofil" spätestens während des Atlantikums, das heißt ca. 7 000 J. v. h., für das mittelalte Profil einige Jahrhunderte vor Chr. Geb. (2 000 – 2 500 J. v. h.), und für die jüngste Bodenbildung etwa während des Mittelalters, das heißt vor etwa 1 000 – 1 200 nach Chr. Geb. eingesetzt haben (MAAS 1952).

Zwei absolute Altersdatierungen mittels Radiocarbonmethode (^{14}C) an einem derartigen alten, das heißt zuunterst liegenden Podsol im Bereich Paulinenholz (R 90 290, H 46 375, TK 4119 (Horn-Bad-Meinberg) erbrachten Alter von $4\,500 \pm 70$ beziehungsweise $4\,890 \pm 190$ J. v. h. (Datierung: M. A. GEYH, Niedersächs. L.-Amt Bodenforsch.) (mdl. Mitt. R. STEUDTE, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Diese Werte verweisen das Ende der Bodenbildung orthostratigraphisch in den Abschnitt des frühen Subboreals beziehungsweise in den Übergangsbereich Atlantikum/Subboreal, die Bodenbildung selbst jedoch in das Atlantikum, was sich mit den oben beschriebenen Vorstellungen recht gut deckt. Ähnliche Beobachtungen werden von LÜDERS (1961) aus dem Emsland mitgeteilt.

8. Schlußfolgerungen:

Auf Grund der vorgefundenen stratigraphischen Verhältnisse ist als Hauptaufwehungszeit der Flugsande und Dünen der Senne die Jüngere Dryaszeit des Spätglazials anzusehen. Ähnliche Beobachtungen wurden jüngst auch für den norddeutschen Ablagerungsraum mitgeteilt (KAISER & MÜHMEL-HORN & WALTHER 1989). Sowohl nach VAN DER HAMMEN (1951) als auch nach ARENS (1964) sind die beobachteten Flugsandablagerungen damit in die Gruppe der jüngeren und jüngsten Flugsande zu stellen. Spätestens zu Beginn des Holozäns, der Wiederbewaldung der Landschaft, war ihre Bildung im wesentlichen abgeschlossen.

Während des Holozäns hatte der Wind nur noch selten Gelegenheit, den Untergrund flächenhaft anzugreifen. Größere Sandverwehungen dürften hier auf menschliche Eingriffe in die Landschaft etwa zu Beginn der Beackerung oder während der mittelalterlichen Rodungsperiode zurückzuführen sein. Entsprechend ist der Anteil der holozänen Flugsande und Dünen am Gesamtaufkommen der quartären Flugsandablagerungen gering. Die während des ausgehenden Spätglazials geschaffene Dünenlandschaft der Senne war mit der Bewaldung zu Beginn des Holozäns mehr oder weniger ortsfest geworden. Geringfügige Abtragung und Umlagerung, sei es durch Wasser oder Wind, führte einerseits zu einer schwachen Aufhöhung bestehender Dünenformen (jüngere Flugsande und Dünen), andererseits aber zu einer Abtragung der bestehenden Dünenkomplexe. Der Großteil des erodierten Materials wurde dabei in den Dünentälern zwischen den alten Dünenkernen abgelagert. Damit fiel das während der jüngeren Dryaszeit einer relativ ebenen Landschaft aufgesetzte kuppige Dünengelände während des Holozäns wieder einer gewissen Abtragung und Nivellierung des Reliefs anheim. Das Vorhandensein allerödzeitlicher Hochflutablagerungen

in unmittelbarer Nachbarschaft zum heutigen Gewässernetz sowie das darauf gerichtete Kleinrelief zeigen, daß die Flüsse und Bäche des östlichen Münsterlandes schon zur Zeit des Spätglazials bis in die Senne hinein gereicht und dort ein linienhaftes Südwest-Nordost gerichtetes Rinnensystem geschaffen hatten (vgl. GÜNTHER 1982). Sie erst bewirkten eine verstärkte Freilegung des lockeren Untergrundes mit einer an deren Ufern angreifenden Winderosion. Die dadurch geschaffene Tieferlegung des Geländes ("Einebnungsstufen") wurden nur zum Teil durch die entlang der Gewässer abgesetzten Flugsand- und Dünenaufwehungen wieder ausgeglichen (vgl. MAAS 1952).

9. Profilbeschreibungen

1. Baugrube Augustdorf/Bärenbach (R 81 700, H 50 850), TK 4118 Senne

Geologie: Obere Einebnungsstufe des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän, über Nachschüttablagerungen des 1. Emslandgletschers (Drenthe-Vorstöß der Saale-Vereisung) (SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA 1993).

Profilaufbau:

- 0,25 0,25 m Fein- bis Mittelsand, humos bis stark humos, schwarzbraun
- 1,15 0,90 m Fein- bis Mittelsand, gelb- bis graubraun, feingeschichtet, z. T. mit Rippelmarken
- 1,30 0,15 m **Bodenhorizont** Alleröd
Fein- bis Mittelsand, grau bis dunkelgrau, humos bis schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, z. T. reichlich Holzkohle, vor allem im unteren Teil einzelne nordische Geschiebe
- 1,50 0,20 m Fein- bis Mittelsand, gelb- bis rötlich- braun, Schichtung zurücktretend
- 2,60 1,10 m Fein- bis Mittelsand, bzw. Grobsand, grau bis hellgrau, feingeschichtet, einzelne nordische Geschiebe

2. Sandgrube Deppe (78 000, H 49 300), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsfläche des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän) über Grundmoräne des 1. Emslandgletschers (Drenthe-Vorstöß der Saale-Vereisung), (SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA 1993)

Profilaufbau:

Nördliche Aufschlußwand, durch künstliche Aufschüttung zum Teil verdeckt.

- 0,30 0,30 m Podsol
- 0,55 0,25 m Fein- bis Mittelsand, grau-gelbbraun, schwache Podsolbänderung
- 0,65 0,10 m **Bodenhorizont 1** Atlantikum– Boreal
Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, etwas Holzkohle, nur stellenweise entwickelt, 0,3 % organische Substanz
- 1,60 0,95 m Fein- bis Mittelsand, gelbbraun
- 1,70 0,10 m nordische Geschiebe (Steinsohle) Drenthe-Stadium
und Grundmoräne

3. Sandgrube Weiser II (neu) (R 77 300, H 49 000), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Südöstliche Aufschlußwand:

- 0,06 0,06 m Ae = Gekappter Podsol, an anderer Stelle
- 0,11 0,05 m Bh auch kräftiger entwickelt
- 0,25 0,14 m Bs

- 0,40 0,15 m **Bodenhorizont 1** Atlantikum
Fein- bis Mittelsand, grau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, stellenweise viel Holzkohle, 0,3 % organische Substanz

- 0,47 0,07 m Fein- bis Mittelsand, gelbbraun

- 0,57 0,10 m **Bodenhorizont 2** Atlantikum
Fein- bis Mittelsand, grau- dunkelgrau, mäßig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,4 % organische Substanz

- 1,20 0,63 m Fein- bis Mittelsand, gelbgrau

- 5,00 3,80 m Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, vereinzelt nordische Geschiebe (Nachschüttsand), gelbgrau

- 5,20 0,20 m Schluff, sandig-tonig, periglazial verformt (Taschen- und Tropfenboden), nordische Geschiebe (Grundmoräne), graubraun

4. Sandgrube Johannhörster (R 79 260, H 49 400), TK 4118 Senne

Geologie: Mittlere Einebnungsstufe des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän) über Nachschüttablagerungen und Grundmoräne des 1. Emslandgletschers (Drenthe-Vorstoß der Saale-Vereisung), (SKUPIN & SPEETZEN & ZANDSTRA 1993).

Profilaufbau:

Westliche Aufschlußwand:

- 0,30 0,30 m Junger Podsol

- 0,60 0,30 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun

- 0,80 0,20 m **Bodenhorizont 1** Altboreal
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-schwarzgrau, stark humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle, 0,6 % organische Substanz

- 0,90 0,10 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun

- 1,20 0,30 m **Bodenhorizont 2** Präboreal
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle, 0,2 % organische Substanz

Östliche Aufschlußwand:

- 0,30 0,30 m Junger Podsol

- 1,10 0,80 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun

- 1,30 0,20 m **Bodenhorizont 1** Atlantikum
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-grau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, reichlich Holzkohle, 0,2 % organische Substanz

- 1,45 0,15 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, Überlappungsbereich zwischen Bh1/Bh2, etwas Holzkohle
- 1,65 0,20 m **Bodenhorizont 2** Atlantikum- Boreal
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-schwarzgrau, stark humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, an der Basis gebleicht, darunter rostfarben, 0,4 % organische Substanz

5. Sandgrube Weiser I (alt) (R 78 260, H 49 180), TK 4118 Senne (SKUPIN 1980)

Geologie: Mittlere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Westliche Aufschlußwand, an lokal vorhandener Dünendepression

- 0,15 0,15 m Junger Podsol
- 0,25 0,10 m Fein- bis Mittelsand, gelbbraun, durch Podsolierung stellenweise gefleckt
- 0,30 0,05 m **Bodenhorizont 1** Atlantikum
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, wenig Holzkohle, 0,3 % organische Substanz
- 0,40 0,10 m Fein- bis Mittelsand, gelbbraun, durch Podsolierung schwach gefleckt
- 0,47 0,07 m **Bodenhorizont 2** Atlantikum- Boreal
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,4 % organische Substanz
- 0,60 0,13 m Fein- bis Mittelsand, gelbbraun
- 0,67 0,07 m **Bodenhorizont 3** Boreal
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, mäßig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, reichlich Holzkohle, 0,3 % organische Substanz
- 0,95 0,28 m Fein- bis Mittelsand, gelbgrau
- 1,38 0,43 m **Bodenhorizont 4** Altboreal
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau- schwarzgrau, sehr kräftig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,5 % organische Substanz.
Stellenweise gehen Bh 3 und Bh 4 ineinander über.
Bodenhorizont 4 selbst kann wiederum in drei Einzelhorizonte aufgespalten sein.
- 1,42 0,04 m Fein-bis Mittelsand, gelbgrau
- 1,55 0,13 m **Bodenhorizont 5** Präboreal
Fein- bis Mittelsand, fahlgrau- dunkelgrau, kräftig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle, 0,4 % organische Substanz
- 3,50 2,08 m Mittel- bis Feinsand, stellenweise Grobsand, gelbgrau, an der Basisstellenweise Einlagerungen von Holzkohle, 0,6 % organische Substanz
- 5,50 2,00 m **Bodenhorizont 6** Alleröd
Übergangsbereich: Fein- bis Mittelsand, hell- bis weißgrau, gebleicht, mit undeutlichen Einlagerungen von Schluff, Humus oder Holzkohle, nach unten zu in 3 – 4, jeweils 1 – 2 cm starke Schluffbänder übergehend, grau-graubraun

0,02 – 0,04 m	Schluffhorizont 1: Schluff-sandiger Schluff, grau-graubraun, sowohl oben wie unten rostig verfärbt, schwach humus- oder manganfleckig, etwas Holzkohle. Stellenweise periglazial verformt	
0,05 – 0,15 m	Fein- bis Mittelsand, grau nach unten zu schluffiger werdend. Anstieg der Holzkohle	
0,02 – 0,04 m	Schluffhorizont 2: Schluff-sandiger Schluff, grau-graubraun, schwach humus- oder manganfleckig, Holzkohle, im oberen Bereich verstärkt. Stellenweise periglazial verformt. Nur im südlichen Teil der Aufschlußwand zeigte sich der Schluffbereich deutlich zweigeteilt. Im nördlichen Aufschlußbereich ist an dieser Stelle nur noch ein diffuses, dunkelgraubraunes Band aus sandigem Schluff-schluffigem Sand wahrzunehmen. Es werden dort große, bis 1,0 – 1,20 m breite und 0,50 m tiefe Frostaschen beobachtet.	
0,30 – 0,35 m	Rostfarbener Bereich: Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, Rostbänderung, im Kontakt zu Schluffhorizont 2 besonders kräftig	
0,20 – 0,30 m	Schwach rostfarbener Bereich: Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand. Schwache Rostbänderung oder Rostflecken	
0,40 – 1,20 m	Intensiv rostfarbener Bereich: Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, vertikal orientierte Brauneisenverfestigungen, weißgrau verwitterte nordische Geschiebe	
0,25 – 0,30 m	Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, hell- bis weißgrau, gebleicht, mäßig Holzkohle. Einziger durchgehend vorhandener Bodenhorizont des Aufschlusses Weiser. Schwaches Einfallen (ca. 5°) von N-S. Kommt im Bereich der Sandgrube Johannhörster nahe an die Oberfläche heran.	
– 5,50 4,00 m	Nachschüttsand Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand und Feinkies.	Drenthe-Stadium
	Grundmoräne (Steinsohle) mit z. T. großen, kubikmetergroßen Findlingen	Drenthe-Stadium

6. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel (R 87 720, H 42 725), TK 4118 Senne

Geologie: Mittlere Einebnungsstufe des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän) über Terrassenablagerungen der Strothe (Pleistozän)

Profilaufbau:

Südliche Aufschlußwand = Dünendepression

– 0,30 0,30	Junger Podsol	
– 0,55 0,20 – 0,50	Bodenhorizont 1 Fein- bis Mittelsand, grau-gelbbraun, schwache Podsolbänderung. Stellenweise an der Oberkante Entwicklung einer schwachen usseloähnlichen ersten Bodenbildung. Etwas Holzkohle, 0,4 % organische Substanz	Atlantikum- Boreal
– 0,75 0,20 – 0,30 m	Bodenhorizont 2 Fein- bis Mittelsand, fahlgrau- schwarzgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig viele Holzkohlestückchen, 0,2 % organische Substanz	Boreal
– 0,90 0,15 – 0,35 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun-graubraun, im Grenzbereich zum darunterliegenden Bodenhorizont 3 langsamer Übergang gelbbraun nach graubraun-fahlgrau	

– 1,05	0,16 - 0,30 m	Bodenhorizont 3	Boreal
		Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-schwarzgrau, kräftig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohlestückchen, 1,71 % organische Substanz. An anderer Stelle spaltet der Bodenhorizont 3 in drei Einzelhorizonte auf. Der mittlere Horizont ist dabei am kräftigsten entwickelt. Für die Dreierkombination gelten dann folgende Mächtigkeiten:	
		0,16 m Bodenhorizont 3a	Boreal
		0,04 m Fein- bis Mittelsand	
		0,14 m Bodenhorizont 3b	Boreal
		0,08 m Fein- bis Mittelsand	
		0,16 m Bodenhorizont 3c	Altboreal- Präboreal
– 1,30	0,25 – 0,30 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun-graubraun	
– 1,50	0,20 m	Bodenhorizont 4	Altboreal- Präboreal
		Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, wenig Holzkohle, nur stellenweise und undeutlich entwickelt, 0,25 % organische Substanz	
– 1,90	0,40 – 0,45 m	Mittelsand, stw. Grobsand, gelbbraun, z. T. rostfleckig, deutliche Horizontalschichtung	
– 2,10	0,20	Bodenhorizont 5	Altboreal- Präboreal
		Fein- bis Mittelsand, grau -dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, wenig Holzkohle, nur stellenweise und undeutlich entwickelt, 0,42 % organische Substanz	
– 2,60	0,50 – 0,55 m	Fein- bis Mittelsand, stw. Grobsand, gelbgrau-grau, z. T. rostfarben gebändert	
– 2,90	0,30	Mittelsand, gelbgrau-grau, stw. rostfarben gebändert, Einlagerungen von Holzkohle, umgelagert	
– 3,00	0,10 m	Bodenhorizont 6	Alleröd
		Fein- bis Mittelsand, dunkelgrau- schwarzgrau, z. T. hellgrau-weiß (Bleichung), im Bereich von Wurzelbahnen rosa gefärbt, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle. 1,58 % organische Substanz. Stellenweise Aufweitung des Bh 6 (0,20 – 0,30 m) und Ausbildung ähnlich den Bodenhorizonten 1 – 5, ohne Bleichung. Einziger durchgehend vorhandener Bodenhorizont des Aufschlusses Heuwinkel, ist auch unter den größeren Dünenaufwehungen nachzuweisen.	
– 5,00		Terrassenablagerungen	Weichsel-Kaltzeit
		der Strothe, grau, Fein- bis Mittelsand, Einlagerungen von Plänerkies, z. T. tonig zersetzt	

7. Aufgrabung Brückbach (R 77 120, H 46 930), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Nordufer

– 0,21	0,21 m	Podsol, gestört
– 0,50	0,29 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, z. T. rostbraun, schwache Podsolfleckung und -bänderung
– 0,53	0,03 m	Bodenhorizont 1
		Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, kreis- bis fingerförmige Struktur, vereinzelt Holzkohle

- 0,65 0,12 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun,
- 0,68 0,03 m **Bodenhorizont 2**, (stellenweise aufspaltend)
Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, ganz vereinzelt Holzkohle, schwach entwickelt
- 0,95 0,27 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, vereinzelt Rostflecken, zum Teil lagig geschichtet
- 0,97 0,02 m **Bodenhorizont 3** (seitlich stellenweise auskeilend)
Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, dunkelgrau schwarzgrau, mäßig Holzkohle
- 1,27 0,30 m Fein- bis Mittelsand/Mittel- bis Feinsand, grau-dunkelgrau, unregelmäßig wellige Einlagerungen von schwach humosen schluffigen Bändchen (2 mm -1 cm), dunkelgrau - rostbraun
- 1,29 0,02 m **Bodenhorizont 4**
Fein- bis Mittelsand, schluffig, grau- dunkelgrau, schwache kreis- bis fingerförmige Struktur, wenig Holzkohle, unregelmäßig wellig geschichtet
- 1,72 0,43 m Fein- bis Mittelsand/Mittel- bis Feinsand, grau-graubraun, horizontal geschichtet, ganz vereinzelt etwas Holzkohle
- 1,75 0,03 m **Bodenhorizont 5**
Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwach kreis- bis fingerförmige Struktur, Grabstrukturen, reichlich Holzkohle
- 1,90 0,18 m Fein-bis Mittelsand, grau-graubraun, vereinzelt feine Holzkohlelagen

8a) Aufgrabung Emstal-Süd (R 77 550, H 46 250), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Schnitt I, Westwand

- 0,70 0,70 m Podsol, stellenweise zapfenartig bis 2,0 m unter Geländeoberkante
- 0,73 0,03 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun
- 0,79 0,06 m **Bodenhorizont 1**
Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwache kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,1 % organische Substanz
- 0,83 0,04 m Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun
- 0,88 0,05 m **Bodenhorizont 2** (schwach entwickelt)
Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, kreis- bis fingerförmige Struktur, vereinzelt Holzkohle, 0,1 % organische Substanz
- 0,98 0,10 m Fein- bis Mittelsand, grau, vereinzelt Holzkohle
- 1,09 0,11 m **Bodenhorizont 3**
Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwache kreis- bis fingerförmige Struktur, vereinzelt - mäßig Holzkohle, 0,1 % organische Substanz
- 1,40 0,31 m Fein- bis Mittelsand (Mittel- bis Feinsand), vereinzelt Grobsand
- 1,49 0,09 m **Bodenhorizont 4** (sehr schwach entwickelt)
Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, stellenweise dunkelgrau, etwas feinsandig-schluffig gebändert, vereinzelt Holzkohle, 0,1 % organische Substanz

- 1,58 0,09 m Mittel- bis Feinsand, grau-graubraun
- 2,10 0,52 **Bodenhorizont 5 - 6** (6a, b) Alleröd
Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwache kreis-
fingerförmige Struktur, reichlich Holzkohle, z. T.
lagenweise angereichert, unter Holzkohlenanreicherungen im
allgemeinen gebleicht, 0,1 – 0,2 % organische Substanz
- 2,50 0,40 Fein- bis Mittelsand, etwas Grobsand, grau bis gelbgrau

8 b.) Aufgrabung Emstal-Süd (R 77 550, H 46 250), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Schnitt III, Südwand

- 1,18 1,18 m Podsol
- 1,78 0,60 m Fein- bis Mittelsand, grau-gelbbraun, podsolig gefleckt
- 2,88 1,10 m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schluffig, grau-dunkelgrau oder
hellgrau-weißgrau, stellenweise noch rostfarbene Podsolbänderung,
stellenweise kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle lagig
über den gesamten Komplex angereichert.
Fein- bis Mittelsand oder Mittel- bis Feinsand, graubraun

10. Verzeichnis der Schriften und Karten

ARENS, H. (1964): Zur Altersdatierung der Flugsande am Westrand des Münsterschen Kreidebeckens. - *Decheniana*, **117**: 133-140, 2 Abb., 1 Tab.; Bonn.

ARNOLD, H. (1977), mit Beitr. von HOYER, P., VOGLER, H.: Erläuterungen zu Blatt C 4314 Gütersloh. - *Geol. Kt. Nordrh.-Westf.* 1 : 100 000, Erl. **C 4314**: 156 S., 31 Abb., 10 Tab., 1 Taf.; Krefeld.

BAKKER, H., DE & EDELMAN-VLAM, A. W. (1976): De Nederlandse bodem in kleur. - Stichting voor Bodemkartering, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, 148 S.; 68 Abb., 3 Tab; Wageningen.

BRANDT, K. (1950): Über das Alter der Dünen im unteren Lippegebiet. - *Natur u. Heimat*, **10** (3): 1 - 7, 9 Abb.; Münster.

BRAUN, F. J., & DAHM-ARENS, H., & BOLSENKÖTTER, H. (1968), mit Beitr. von ANDERSON, H. J., & ARNOLD, H., & HINZ, P., & HOYER, P., & SCHNELL, K., & SIEBERT, G., & VOGLER, H., & WERNER, H.: Erläuterungen zu Blatt C 4302 Bochohl, A. Geologische Karte, B. Bodenkarte, C. Hydrogeologische Karte. - *Übersichts.-Kt. Nordrh.-Westf.* 1 : 100 000, Erl., **C 4302** : 180 S., 14 Abb., 8 Tab., 5 Taf.; Krefeld.

BRUSSARD, L., & RUNIA, L. T. (1984): Recent an ancient traces of scarab beetle activity in sandy soils of The Netherlands. - *Geoderma*, **34**: 229 - 250, 11 Abb.; Amsterdam.

BÜKER, R. (1940): Ein aufschlußreiches Bodenprofil im Emstal. - *Natur und Heimat*, **2**: 22 - 24, 1 Abb.; Münster.

BURRICHTER, E. (1952): Wald- und Forstgeschichtliches aus dem Raum Iburg. - *Natur u. Heimat*, **12**(2): 33 - 45, 3 Abb.; Münster.

DAHM-ARENS, H. (1970): Die quartären Sande im nördlichen Westfalen und ihre Bodenbildungen. - *Mitt. dt. Bodenkundl. Ges.*, **10**: 318 - 322; Göttingen.

DUBBER, H. J. (1982): Paläoböden im westfälischen Tief- und Hügelland. - *Geol. Jb.*, **F 14**: S. 226; Hannover.

DÜCKER, A., & MAARLEVELD, G. C. (1958): Hoch- und spätglaziale Sande in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden. - *Geol. Jb.* **73**: 215 - 234, 8 Abb., 5 Tab.; Hannover.

EDELMANN, C. H., & MAARLEVELD, G. C. (1958): Pleistozän - Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden. - *Geol. Jb.*, **73**: 639 - 684, 26 Abb., 3 Tab., 2 Taf.; Hannover.

- GEEL, B. VAN., & COOPE, G. R., & HAMMEN, T. VAN DER (1989): Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). - *Rev. Palaeobot., Palynol.*, **60**: 25 - 129, 14 Abb., 1 Tab., 19 Taf.; Anh. I, 1 Tab., Anh. II, 4 Abb. [G. C. Maarleveld]; Amsterdam.
- GRABERT, H. (1952): Zur Dünenbildung im Münsterland. - *Geol. Jb.*, **66**: 693 - 702, 1 Abb.; Hannover.
- GÜNTHER, K. (1982): Schloß-Holte Stukenbrock und Hövelhof. - In: *Landschaftsverband Westfalen - Lippe* [Hrsg.]: Neujahrsgruß **1982**: 18 - 19; Münster.
- HAMBLOCH, H. (1958): Das Alter einiger Dünen an der oberen Ems. - *Erdkunde*, **12**: 128 - 132, 4 Abb.; Bonn.
- HAMMEN, T. VAN DER (1951): Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. - *Leidse Geol. Med.*, **17**: 71 - 183, 86 Abb.; Leiden.
- HAMMEN, Th. VAN DER, & MAARLEVELD, G., & VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H. (1967): Stratigraphy, climate, succession and radiocarbon dating of the Last Glacial in the Netherlands. - *Geol. en Mijnbouw*, **46** (3): 79 - 95, 9 Abb.; 's-Gravenhage.
- HARBORT, E., & KEILHACK, K. (1918): Erläuterungen zu Blatt 4118 Senne. - *Geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Länder 1*: 25 000, Erl., **4118**: 27 S.; Berlin.
- HENNINGSSEN, D. (1978): Schwermineral-Untersuchungen in quartärzeitlichen Sanden nordwestlich von Hannover. - *Mitt. geol. Inst. Techn. Univ. Hannover*, **15**: 120 - 144, 1 Abb., 3 Tab., Taf. 2 - 3; Hannover.
- HENNINGSSEN, D. (1983): Der Schwermineral-Gehalt der Drenthe-zeitlichen Schmelzwassersande in Niedersachsen. - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **33**: 133 - 140, 3 Abb.; Hannover
- HENTSCHE, U. & STEPHAN, H.-J. (1991): Die Schwermineralassoziationen in den quartären Geschiebemergeln Schleswig-Holsteins. - *Zbl. Geol. Paläont., Tl. I*, **1990**, (11): 1689 - 1702, 5 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- HESEMANN, J. (1975): *Geologie Nordrhein-Westfalens*. - 416 S., 255 Abb., 122 Tab., 11 Taf.; Paderborn (Schöningh). - [Bochumer geogr. Arb., Sonderr., 2]
- HIJSZELER, G. C. W. J. (1947): De oudheidkundige opgravingen in Twente in de laatste jaren. - In: H. E. van GELDER et al. (eds.): *Een kwart eeuw oudheidkundig bodemonderzoek in Nederland (= Gedenkboek a. E. van GIFFEN)*: 327-350, 8 Abb.; Boom, Meppel
- HIJSZELER, G.C.W.J. (1955): De Laag van Usselo. Een archaeologisch-palynologisch onderzoek van een vindplaats van vuurstenen voorwerpen in het Usselerveen, Gem. Enschede. - *Grondboor en hamer*, **2**: 29 - 40, 5 Abb.; Maastricht.
- HIJSZELER, G.C.W.J. (1957): Late-glacial human cultures in the Netherlands. - *Geol en Mijnbouw (Nw. Ser.)*, **19**: 288 - 302, 6 Abb., 1 Tab.; 's-Gravenhage.
- KAISER, K., & MÜHMEL-HORN, H.-P., & WALTHER, M. (1989): Spätglaziale und holozäne Dünen im Randsburger Staatsforst beiderseits des mittleren Sorgetales zwischen Tetenhusen/Föhrden und Krummenort (Schleswig-Holstein). - *Meyniana*, **41**: 97 - 152, 23 Abb., 2 Tab.; Kiel.
- KOSTER, E. A. (1978): *De stuifzanden van de Veluwe; een fysisch-geografische studie*. - Diss. Univ. Amsterdam: 1-195, 82 Abb., 13 Tab., 9 Beil.; Amsterdam.
- LOTZE, F. (1949): Das Alter der Dünen bei Mantinghausen an der oberen Lippe. - *Natur u. Heimat*, **9**(3): 19 - 26, 1 Abb.; Münster.
- LÜDERS, R (1961): Altersbestimmung an einem doppelten Podsolprofil aus dem Emsland. - *Z. Pflanzenernähr., Düng., u. Bodenkd.*, **94** (1): 47 - 53, 2 Abb.; Weinheim/Bergstr.
- MAAS, H. (1952): *Die geologische Geschichte der westfälischen Dünen auf Grund der Bodenbildungen*. - Diss. Univ. Münster: 79 S., 10 Abb., VII Anl.; Münster.
- MAAS, H. 1955: *Die geologische Geschichte der westfälischen Dünen auf Grund der Bodenbildungen*. - *Z. dt. geol. Ges.*, **105**: 137 - 138; Hannover.
- MAASJOST, L. (1938): Dünen in der Senne. - *Warte*, **7**(8): 140 - 142, 3 Abb.; Paderborn.
- MAARLEVELD, G. C., & VAN DER SCHANS, R. P. H. P. (1961): *De dekzandmorfolgie van de Gelderse Vallei*. - *Tydschrift Kon. Ned. Aardr. Gen.* **78**: 22 - 34, 13 Abb., 3 Tab.; Brill, Leiden.
- MERTENS, H. (1980): *Die Böden der Senne, ihre Nutzung und ihre Bedeutung für die Besiedlung der Landschaft*. - *Ber. naturwiss. Ver. Bielefeld, Sonderh.* **2**: 9 - 34, 5 Abb., 2 Tab.; Bielefeld.
- MERTENS, H. (1982): Paläoböden im Paderborner Raum. - *Geol. Jb.*, **F 14**: 217 - 218, 1 Abb.; Hannover.

- MEYER, H.-H. (1989): Paläowind-Indikatoren. Möglichkeiten, Grenzen und Probleme ihrer Anwendung am Beispiel des Weichsel-Hochglazials in Europa. - Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, **28**: 61 S., 2 Faltkarten i. Anl.; Hannover.
- POSER, H. (1948): Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. - Naturwiss. **35**: 269 - 276, 307 - 312, 5 Abb.; Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- PYRITZ, E. (1972): Binnendünen und Flugsandebenen im Niedersächsischen Tiefland. - Gött. Geogr. Abh., **61**: 153 S., 27 Abb., 3 Beil.; Göttingen [Verl. E. Goltze KG]
- SERAPHIM, E. Th. (1972): Wege und Halte des saalezeitlichen Inlandeises zwischen Osning und Weser. - Geol. Jb., **A3**: 85 S., 14 Abb., 6 Tab.; Münster.
- SERAPHIM, E. Th. (1975): In Marienloh - ein Platz für Jäger aus der Mittelsteinzeit. - Warte, **8**: 5 - 8, 2 Abb.; Paderborn.
- SERAPHIM, E. Th. (1977): Die Senne - Begriff und räumliche Abgrenzung im Rahmen der Landschaftsplanung und -Entwicklung. - Spieker, **25**(1): 123 - 136, 1 Abb.; Münster.
- SERAPHIM, E. Th. (1978): Erdgeschichte, Landschaftsformen und geomorphologische Gliederung der Senne. - Ber. naturwiss. Ver. Bielefeld u. Umgebung, Sonderh.: Beitr. Ökologie der Senne, **1**: 7 - 24, 9 Abb.; Bielefeld.
- SERAPHIM, E. Th. (1980): Unser Raum während und nach der Eiszeit. In: Sennestadt. Geschichte einer Landschaft, 2. Aufl., S. 28 - 39, Abb. 9 - 17; Bielefeld-Sennestadt.
- SERAPHIM, E. Th. (1985): Dünen, Flugsanddecken und Löß. - In: Geographische Kommission für Westfalen, Landschaftsverband Westfalen-Lippe. Hrsg.: Spät- und nacheiszeitliche Ablagerungen/Vegetationsentwicklung. - Geogr. -landeskdt. Atlas Westf., (II) **1** (2): 1 - 21, 4 Abb.; Münster (Aschendorff).
- SERAPHIM, E. Th. (1986): Spätglazial und Dünenforschung. Eine kritische Erörterung des spätglazialen Luftdruck-Wind-Systems H. Posers. - Westf. geogr. Studien, **42**: 119 - 136, 2 Abb.; Münster.
- SKUPIN, K. (1980): Die Sanderablagerungen der südlichen Senne bei Paderborn. - Westf. Geogr. Studien, **36**: 53 - 56, 186 - 187, 1 Abb.; Münster.
- SKUPIN, K. (1982): Weichselzeitliche und frühholozäne Bodenbildungen im östlichen Münsterland. - Geol. Jb., **F14**: 219 - 221, 1 Abb., Hannover.
- SKUPIN, K. (1983), mit Beitr. von DAHM-ARENS, H., & MICHEL, G., & REHAGEN, H.-W., & VOGLER, H.: Erläuterungen zu Blatt 4217 Delbrück: Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 25 000, Erl. **4217**: 120 S., 20 Abb., 6 Tab., 2 Taf.; Krefeld.
- SKUPIN, K. (1985 a): 3.6. Senne. - In: Erläuterungen zu Blatt C 4318 Paderborn. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000. Erl., **C 4318**, 2. Aufl.: 55 S., 15 Abb., 2 Tab.; Krefeld.
- SKUPIN, K. (1985 b): 3.7. Eiszeitliche Halte am Osning. - In: Erläuterungen zu Blatt 4318 Paderborn. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000, Erl. **C 4318**, 2. Aufl.: 55 S., 15 Abb., 2 Tab.; Krefeld.
- SKUPIN, K., & SPEETZEN, E., & ZANDSTRA, J. G. (1993): Die Eiszeit in Nordwestdeutschland. Zur Vereisungsgeschichte der Westfälischen Bucht und angrenzender Gebiete. - 143 S., 49 Abb., 24 Tab., 2 Taf., 2 Kt.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- SPEETZEN, E. (1970): Lithostratigraphische und sedimentologische Untersuchungen im Osning-Sandstein (Unter-Kreide) des Egge-Gebirges und des südöstlichen Teutoburger Waldes (Westfalen, NW-Deutschland). - Münstersche Forsch. Geol. Paläont., **18**: 149 S., 43 Abb., 8 Tab., 21 Taf.; Münster.
- STAPERT, D., & VEENSTRA, H. J. (1988): The section at Usselo; brief description, grain-size distributions, and some remarks on the archaeology. - Palaeohistoria, Acta et communicationes instituti Bio-Archaeologici Universitatis Groninganae, **30**: 1 - 28, 22 Abb., 1 Tab.; Rotterdam (Balkema)
- STENGEL, I. (1992): Zur äolischen Morphodynamik von Dünen und Sandoberflächen. - Würzburger geogr. Arb., **83**: 363 S., 162 Abb., 11 Tab., 4 Taf.; Würzburg.
- WERNER, J. (1986): Der Wind als Geofaktor in Westfalen - Westf. Geogr. Stud., **42**: 107 - 118, 4 Abb., 2 Tab.; Münster.
- WILL, K.-H. (1982): Paläoböden in Sanden des Münsterlandes. - Geol. Jb., **F14**: 221 - 225, 1 Tab.; Hannover.

Karten:

Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten 1 : 25 000, m. Erl. - Hrsg. Preuß. Geol. L.-Anst.; Berlin
Blatt 4018 Lage (1915), Bearb. RENNER, O., & KRAISS, A., & KEILHACK
Blatt 4118 Senne (1915), Bearb. RENNER, O., & KRAISS, A.

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, m. Erl. - Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld
Blatt 4218 Paderborn (1982), Bearb. SKUPIN, K,
Blatt 4119 Horn-Bad Meinberg, 2. Aufl. (1990), Bearb. FARRENSCHON, J.

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, m. Erl. - Blatt C 4314 Gütersloh (1977), Bearb. ARNOLD, H.
Blatt C 4318 Paderborn (1979), Bearb. DAHM, H.-D., & DEUTLOFF, O., & KNAPP, G., & KOCH, M., & MICHEL, G., & SKUPIN, K.

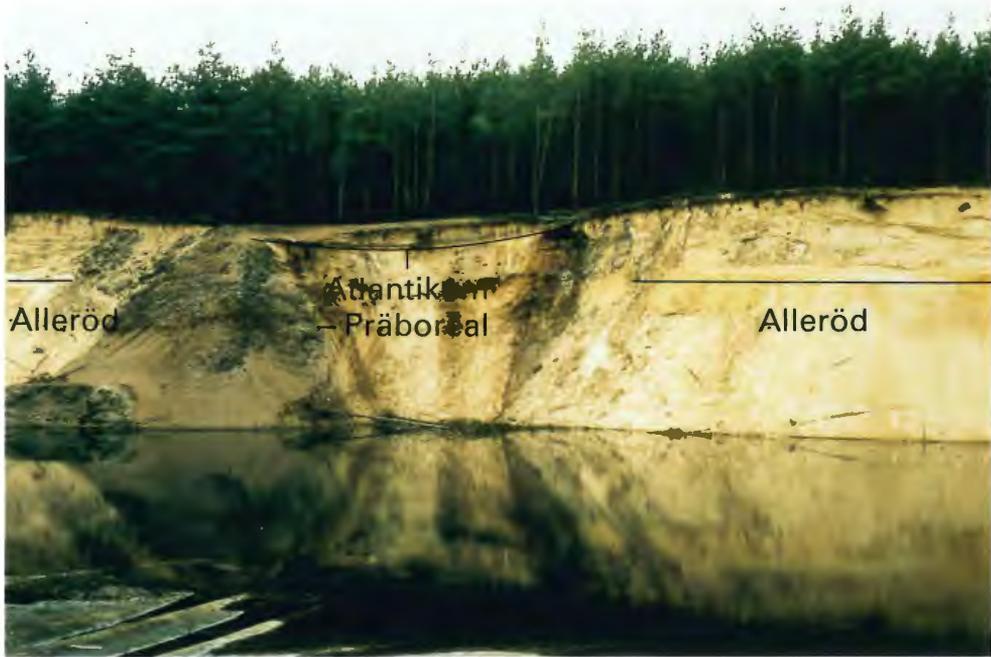


Abb. 6: Sandgrube Weiser, Westwand, mit Alleröd-Horizont, 3–4 m unterhalb Geländeoberkante und frühholozänen Bodenhorizonten in Dünendepression.

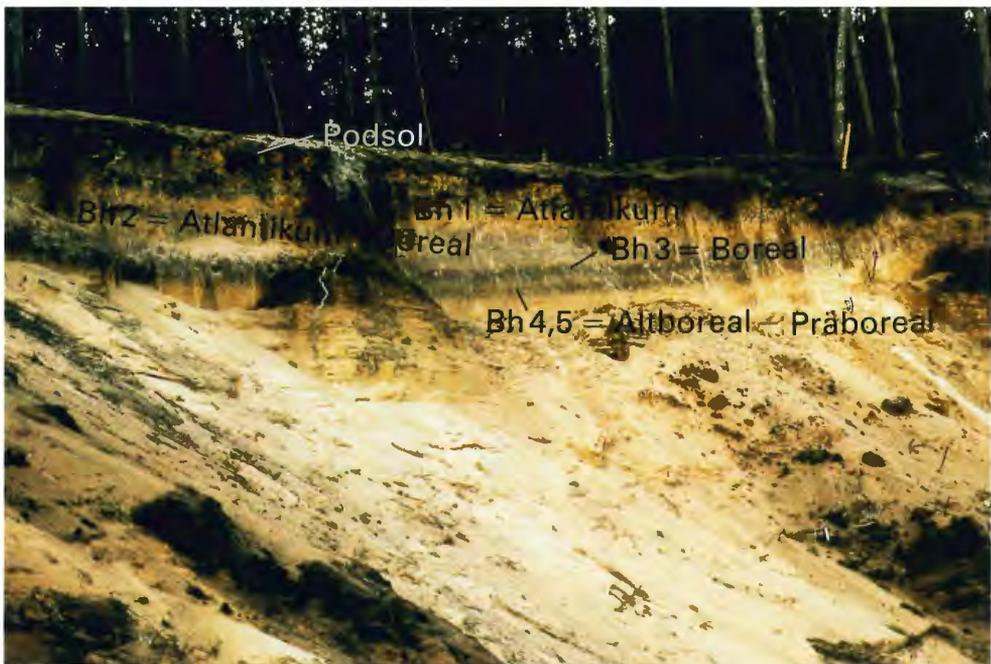


Abb. 7: Bodenhorizonte des Präboreals, Boreals und Atlantikums innerhalb der Dünendepression. Sandgrube Weiser, Westwand.

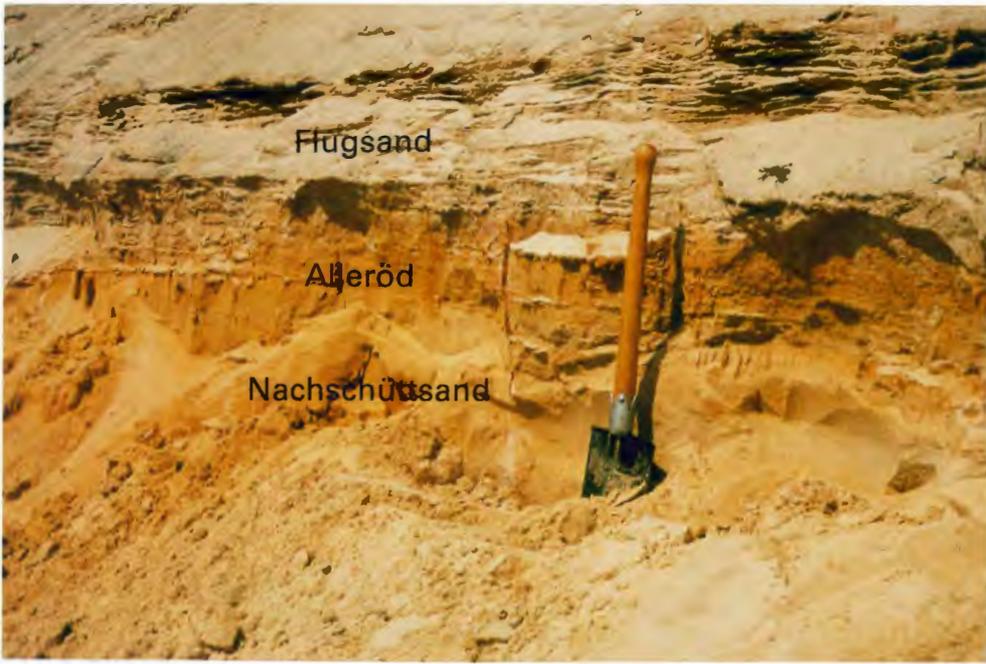


Abb. 8: Flugsand (Jüngere Dryaszeit-Holozän) über Nachschüttsand (Drenthe-Stadium) mit allerödzeitlichem Bodenhorizont. Sandgrube Weiser, Westwand.

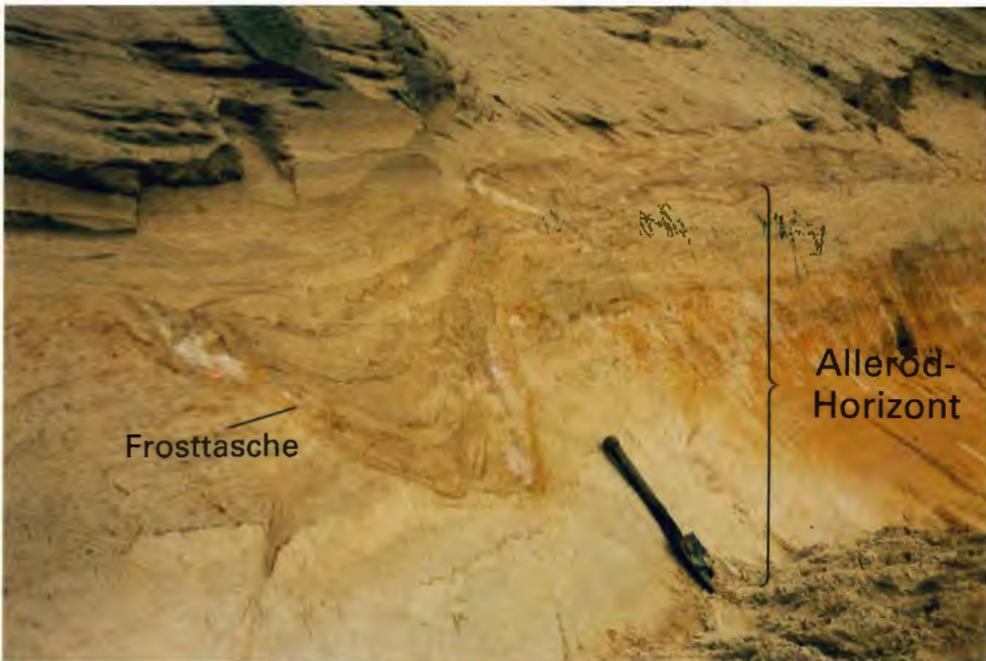


Abb. 9: Bodenhorizont des Alleröds, periglazial verformt. Sandgrube Weiser, Westwand.

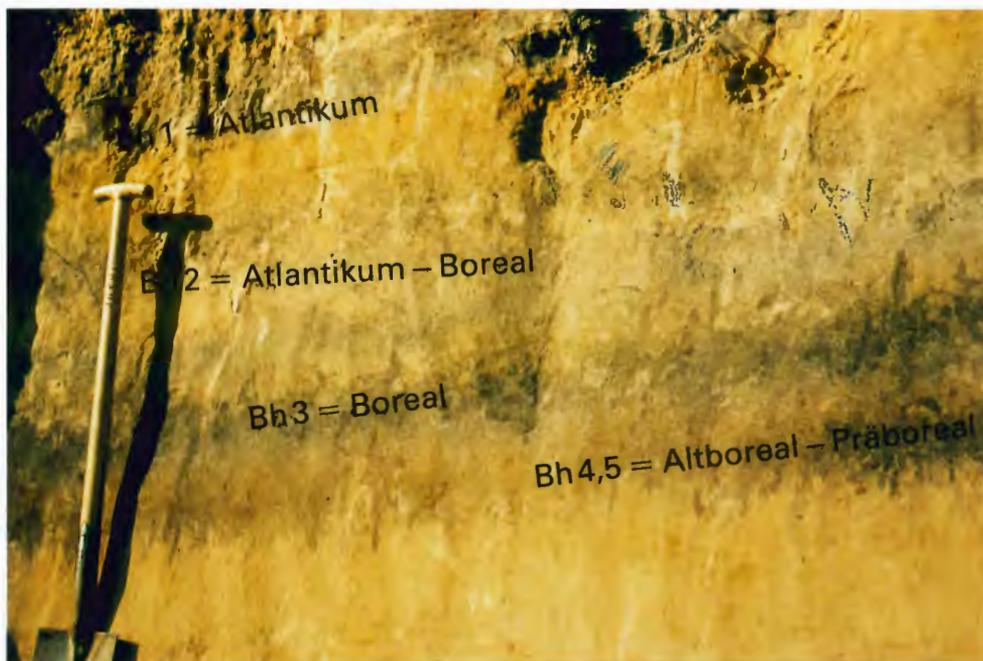


Abb. 10: Bodenhorizonte des Präboreals, Boreals und Atlantikums innerhalb der Dünendepression. Sandgrube Weiser, Westwand.



Abb. 11: Bodenhorizont des Alleröds mit schluffigen Hochflutablagerungen des Furlbachs. Sandgrube Weiser, Westwand.



Abb. 13: Dünendepression mit allerödzeitlichem und früh- bis mittelholozänen Bodenhorizonten. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.



Abb. 14: Allerödzeitlicher Bodenhorizont. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.

Bisher sind in dieser Reihe erschienen:

- Heft 1**
KAMPMANN, Hans:
Mikrofossilien, Hölzer, Zapfen und Pflanzenreste aus der unterkretazischen Sauriergrube bei Brilon-Nehden. Beitrag zur Deutung des Vegetationsbildes zur Zeit der Kreidesaurier in Westfalen.
November 1983, 146 S., 20 Abb., 1 Tab., 61 Taf. DM 19,00
- Heft 2**
MINNIGERODE, Christian; KLEIN-REESINK, Josef:
Das Dörentruper Braunkohleflöz als Zeuge eines fossilen Moores. Petrographische und palynologische Untersuchungen zur Flözgenese.
Juli 1984, 68 S., 17 Abb., 12 Tab., 9 Taf. DM 10,00
- Heft 3**
BRAUCKMANN, Carsten; KOCH, Lutz; KEMPER, Michael:
Spinnentiere (Arachnida) und Insekten aus den Vorhalle-Schichten (Namurium B; Ober-Karbon) von Hagen-Vorhalle (Westdeutschland).
Januar 1985, 132 S., 57 Abb., 23 Taf. DM 17,00
- Heft 4**
AVLAR, Hüseyin; DOHMEN, Maria:
Bemerkungen zur Schwarzschiefer-Fazies der Remscheider Schichten und erste Untersuchungsergebnisse der Vertebraten-Fundstelle NE-Kierspe (Sauerland, Rheinisches Schiefergebirge).
SCHALLREUTER, Roger:
Ein ordovizisches Kalksandstein-Geschiebe aus Westfalen.
SPRINGHORN, Rainer; DIEKMANN, Sieghard:
Böden in Lippe. Anwendung moderner Präparationsmethoden bei der Darstellung ostwestfälischer Bodentypen.
Mai 1985, 65 S., 14 Abb., 1 Tab., 10 Taf. DM 10,00
- Heft 5**
SCHÖNFELD, Joachim:
Zur Lithologie, Biostratigraphie und Fossilführung des Ober-Santon Mergels von Westerwiehe (Ostwestfalen).
SCHALLREUTER, Roger:
Eine weitere kalkschalige Foraminifere aus einem ordovizischen Geschiebe Westfalens.
Dezember 1985, 56 S., 28 Abb., 2 Tab., 3 Taf. DM 9,00
- Heft 6**
JORDAN, Hartmut; GASSE, Wolfgang:
Bio- und lithostratigraphisch-fazielle Untersuchungen des glaukonitisch-sandigen Santon und Campan im südwestlichen Münsterland.
FRIEG, Clemens:
Planktonische Foraminiferen zwischen Ober-Alb und Mittel-Turon im Ruhrgebiet.
SVÁBENICKÁ, Lilian:
Coccolithen aus der Ober-Kreide der Bohrung Werne 8, westlich Hamm in Westfalen (NW-Deutschland).
August 1986, 88 S., 10 Abb., 3 Tab., 14 Taf. DM 13,00
- Heft 7**
Beiträge zur Geschiebekunde Westfalens I
SCHALLREUTER, Roger:
Geschiebekunde in Westfalen
SCHALLREUTER, Roger:
Ostrakoden aus ordovizischen Geschieben Westfalens I
SCHALLREUTER, Roger; SCHÄFER, Rainer:
Cruminata (Ostracoda) aus Silurgeschieben Westfalens I
SCHALLREUTER, Roger:
Ostrakoden aus silurischen Geschieben Westfalens I
SCHALLREUTER, Roger; SCHÄFER, Rainer:
Gibba (Ostracoda) aus einem Silurgeschiebe Westfalens
SCHALLREUTER, Roger; SCHÄFER, Rainer:
Karbonsandsteine als Lokalgeschiebe
SCHÄFER, Rainer:
Erfahrungen beim Geschiebesammeln im Münsterländer Hauptkiessandzug
Mai 1987, 88 S., 8 Abb., 11 Taf. DM 16,00
- Heft 8**
NORMAN, David B.; HILPERT, Karl-Heinz, mit einem Beitrag von HÖLDER, Helmut:
Die Wirbeltierfauna von Nehden (Sauerland), Westdeutschland.
August 1987, 77 S., 54 Abb., 2 Taf. DM 13,00
- Heft 9**
SCHÖLLMANN, Lothar:
Sporen und Phytoplankton aus den Raumländer Schichten (Bl. 4916 Bad Berleburg).
ZYGOWSKI, Dieter W.:
Hydrologische Markierungsversuche in Westfalen: Ein historischer Überblick.
November 1987, 68 S., 7 Abb., 6 Tab., 3 Taf. DM 12,00
- Heft 10**
SCHUDACK, Michael:
Charophytenflora und Alter der unterkretazischen Karsthöhlen-Füllung von Nehden (NE-Sauerland).
WILDE, Volker; GOTH, Kurt:
Keimlinge von Araukarien aus der Unterkreide von Brilon-Nehden.
MAY, Andreas:
Der Massenkalk (Devon) nördlich von Brilon (Sauerland).
Dezember 1987, 87 S., 22 Abb., 1 Tab., 5 Taf. DM 13,00
- Heft 11**
KORN, Dieter:
Die Goniatiten des Kulmplattenkalkes (Cephalopoda, Ammonoidea; Unterkarbon; Rheinisches Schiefergebirge).
November 1988, 293 S., 88 Abb., 60 Taf. DM 40,00
- Heft 12**
KAPLAN, Ulrich:
Die Ammoniten-Subfamilie Collignoniceratinae WRIGHT & WRIGHT 1951 aus dem Turon (Ober-Kreide) von Westfalen und Niedersachsen (NW-Deutschland).
KAPLAN, Ulrich; SCHMID, Friedrich:
Die heteromorphen Ammoniten der Gattungen *Eubostrochoceras* und *Hyphantoceras* aus dem Turon NW-Deutschlands.
Juni 1988, 90 S., 10 Abb., 1 Tab., 20 Taf. DM 14,00

Heft 13

LIEBAU, Alexander:
Skulptur-Evolution bei Ostracoden am Beispiel europäischer „Quadracytheren“.

März 1991, 395 S., 103 Abb., 8 Tab., 95 Taf. DM 95,00

Heft 14

MÜLLER, Arnold:
Selachier (Pisces, Neoselachii) aus dem höheren Campanium (Ober-Kreide) Westfalens (NRW, NW-Deutschland)

Dezember 1989, 161 S., 39 Abb., 4 Tab., 24 Taf. DM 40,00

Heft 15

KAPLAN, Ulrich; SCHUBERT, Siegfried:
Metaptychoceras smithi – ein seltener heteromorpher Ammonit aus dem Turon von Westfalen.

KORN, Dieter:
Weitere Goniatiten aus dem Ober-Visé des Sauerlandes (Cephalopoda, Ammonoidea; Unterkarbon, Rheinisches Schiefergebirge).

KAPLAN, Ulrich:
Die heteromorphe Ammonitengattung *Allocioceras* SPATH aus dem Turon NW-Deutschlands.

Dezember 1989, 105 S., 23 Abb., 24 Taf. DM 20,00

Heft 16

SPEETZEN, Eckhard:
Die Entwicklung der Flußsysteme in der Westfälischen Bucht (NW-Deutschland) während des Känozoikums.

OTTO, Roland:
Der saalezeitliche Geschiebemergel am westlichen Stadtrand von Münster/Westfalen: Lithologie und seine Eigenschaften als Baugrund.

SPEETZEN, Eckhard:
Ziegelrohstoffe und Ziegeleien im zentralen Münsterland (Westfalen, NW-Deutschland).

April 1990, 61 S., 37 Abb., 6 Tab., 2 Taf. DM 16,00

Heft 17

MAY, Andreas:
Die Fossilführung des westsauerländischen Givetiums (Devon; Rheinisches Schiefergebirge) in der Sammlung des Städtischen Museums Menden.

SCHULTKA, Stephan:
Das Profil der Tongrube am Hof Wersborg bei Ibbenbüren.

KAMPMANN, Hans:
Die fossilen Reste in einem Kalkspatbruch südlich Oberalme im Grubental.

März 1991, 84 S., 22 Abb., 11 Taf. DM 32,00

Heft 18

CLAUSEN, Claus-Dieter; KORN, Dieter; LUPPOLD, Friedrich W.:
Litho- und Biofazies des mittel- bis oberdevonischen Karbonatprofils am Beringhäuser Tunnel (Messinghäuser Sattel, nördliches Rheinisches Schiefergebirge).

MALMSHEIMER, Klaus W.; MENSING, Hans; STRITZKE, Rüdiger:
Gesteinsvielfalt im Riffgebiet um Brilon.

STRITZKE, Rüdiger:
Zur Geologie am Südrand des Briloner Riffs.

April 1991, 91 S., 26 Abb., 7 Tab., 13 Taf. DM 30,00

Heft 19

HESSE, Renate:
Untersuchungen an einem monotypischen Fund von *Encrinus liliiformis* aus dem Oberen Muschelkalk bei Bad Driburg.

MÖNNING, Eckhard:
Das Wittekind-Flöz (Mittlerer Jura) des Wiehengebirges (Nordwestdeutschland).

SCHULTKA, Stephan:
Beiträge zur oberjurassischen Flora des Wiehengebirges.

Mai 1991, 93 S., 22 Abb., 6 Tab., 16 Taf. DM 30,00

Heft 20

MÜLLER, Arnold; DIEDRICH, Cajus:
Selachier (Pisces, Chondrichthyes) aus dem Cenomanium von Ascheloh am Teutoburger Wald (Nordrhein-Westfalen, NW-Deutschland).

Mai 1991, 105 S., 6 Abb., 2 Tab., 22 Taf. DM 40,00

Heft 21

KAPLAN, Ulrich:
Die Oberkreide – Aufschlüsse im Raum Lengerich/Westfalen

MUTTERLOSE, Jörg:
Die Unterkreide – Aufschlüsse (Berrias-Hauterive) im nördlichen Wiehengebirgsvorland (N-Deutschland)

KAPLAN, Ulrich:
Das tiefe Turon von Allagen-Westendorf (Westfalen)

Mai 1992, 129 S., 37 Abb., 17 Taf. DM 65,00

Heft 22

GRZEGORCZYK, Detlef:
Paläontologische Bodendenkmalpflege beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe.

MERSMANN, Hildegard:
Litho- und biostratigraphische Dokumentation des Aufschlusses „Sundern-Oberröhre“ südlich Sundern, Hochsauerlandkreis.

JENCHEN, Uwe; SCHULTKA, Stephan:
Die ehemalige Ziegeleitongrube Voßacker und die Abgrabung am Küchenberg, zwei fossilführende Aufschlüsse im tiefen Oberkarbon.

MÜLLER, Arnold:
Geologisch-Paläontologische Aufschlußaufnahme und Dokumentation der Ziegeleigruben Buldern.

Juli 1993, 103 S., 14 Abb., 2 Tab., 15 Taf. DM 48,00

Heft 23

KORN, Dieter:
Stratigraphie und Fossilführung der Visé/Namur – Aufschlüsse am Bau der A 46 bei Arnsberg/Westfalen.

KOHNNEN, Oliver:
Sedimentologie, Fazies und Diagnose der Schichten 10 bis 21 im Oberligozän des Dobergs (Bünde/Westfalen).

Juli 1993, 56 S., 14 Abb., 2 Taf. DM 30,00

Heft 24

MAY, Andreas:
Stratigraphie, Stromatoporen-Fauna und Palökologie von Korallenkalken aus dem Ober-Eifelium und Unter-Givetium (Devon) des nordwestlichen Sauerlandes (Rheinisches Schiefergebirge).

Juli 1993, 94 S., 7 Abb., 4 Tab., 12 Taf. DM 48,00

Heft 25

SCHÖLLMANN, Lothar:
Die Tonsteine der Keratophyrkomplexe 3 und 4 im Unterdevon
(Ems) des Sauerlandes: Geochemische Milieuindikation,
Fazies, Palökologie.

Nov. 1993, 151 S., 137 Abb., 19 Tab., 16 Taf. DM 65,00

Heft 26

ERRENST, Christoph:
Koloniebildende Phillipsastreidae und Hexagonariinae aus
dem Givetium des Messinghäuser Sattels und vom Südrand
des Briloner Massenkalkes (Nordöstliches Sauerland).

KOCH-FRÜCHTL, Ulrich; FRÜCHTL, Martina:
Stratigraphie und Faziesanalyse einer mitteldevonischen
Karbonatabfolge im Remscheid-Altenaer Sattel (Sauerland).

SCHUDACK, Michael:
Karbonatzyklen in Riff- und Lagunenbereichen des
devonischen Massenkalkkomplexes von Asbeck (Hönnetal,
Rheinisches Schiefergebirge).

September 1993, 106 S., 36 Abb., 1 Tab., 11 Taf. DM 48,00

Heft 27

SCHALLREUTER, Roger:
Beiträge zur Geschiebekunde Westfalens II.
Ostrakoden aus ordovizischen Geschieben II.

November 1993, 273 S., 6 Tab., 62 Taf. DM 165,00

Bestellungen an das

**Westf. Museum für Naturkunde
Sentruper Str. 285, 48161 Münster
Tel.: 02 51/5 91-60 12**

Preise zuzüglich Porto und Verpackung.

