

TÜBINGER ARBEITEN ZUR URGESCHICHTE



2

Leif Steguweit

Gebrauchsspuren
an Artefakten der
Hominidenfundstelle
Bilzingsleben (Thüringen)



Leif Steguweit

Gebrauchsspuren an Artefakten
der Hominidenfundstelle
Bilzingsleben (Thüringen)

Tübinger Arbeiten zur Urgeschichte

Herausgegeben von

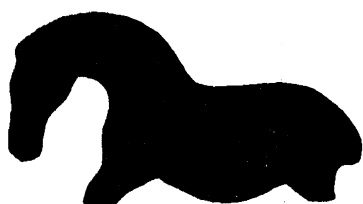
Nicholas J. Conard

Hans-Peter Uerpmann

Harald Floss

Michael Bolus

TAU 2



Leif Steguweit

Gebrauchsspuren an Artefakten
der Hominidenfundstelle
Bilzingsleben (Thüringen)



Verlag Marie Leidorf GmbH • Rahden/Westf.

2003

XII, 160 Seiten mit 88 Abbildungen, zzgl. 68 Tafeln und 1 CD-ROM

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Steguweit, Leif:

Gebrauchsspuren an Artefakten der Hominidenfundstelle

Bilzingsleben (Thüringen) / von Leif Steguweit.

Rahden/Westf.: Leidorf, 2003

(Tübinger Arbeiten zur Urgeschichte ; Bd. 2)

Zugl.: Tübingen, Univ. ; Diss. ; 2002

ISBN 3-89646-852-9

Alle Rechte vorbehalten

© 2003



Verlag Marie Leidorf GmbH

Geschäftsführer: Dr. Bert Wiegel

Stellerloh 65 · D-32369 Rahden/Westf.

Tel: +49/(0)5771/ 9510-74

Fax: +49/(0)5771/ 9510-75

E-Mail: vml-verlag@t-online.de

Internet: <http://www.leidorf.de>

Internet: <http://www.vml.de>

ISBN 3-89646-852-9

ISSN 1438-8618

Kein Teil des Buches darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, CD-ROM, Internet oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages Marie Leidorf GmbH reproduziert werden oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Umschlagentwurf: Harald Floss, Tübingen

Titelvignette – Umzeichnung: Christian Badel, Berlin

Satz und Layout: Mona Ziegler und Leif Steguweit, Tübingen

Redaktion: Michael Bolus, Tübingen

Scans und Bildbearbeitung: Leif Steguweit, Tübingen

Kontaktadresse der Herausgeber:

Eberhard Karls Universität Tübingen

Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters,

Abteilung Ältere Urgeschichte und Quartärökologie, Schloss, Burgsteige 11, D-72070 Tübingen

Internet: www.uni-tuebingen.de/uni/afa/index.html

Druck und Produktion: DSC-Heinz J. Bevermann KG, Raiffeisenstraße 20, D-49124 Georgsmarienhütte

Vorwort der Herausgeber

Mit der Arbeit von Leif Steguweit „Gebrauchsspuren an Artefakten der Hominidenfundstelle Bilzingsleben (Thüringen)“ liegt der zweite Band aus der Reihe der Tübinger Arbeiten zur Urgeschichte vor.

In Bilzingsleben lassen sich durch einen großen Reichtum an stratifizierten Funden einschließlich Hominidenresten umfangreiche Erkenntnisse gewinnen. Gemeinsam mit dem von Hartmut Thieme ausgegrabenen Schöningen in Niedersachsen, bekannt vor allem durch ein einzigartiges Spektrum an Holzgerätschaften, darunter die ersten Fernwaffen der Menschheit, ist Bilzingsleben wohl die bedeutendste altpaläolithische Fundstelle in Mitteleuropa. Beide Plätze gehören in eine Phase des Mittelpleistozäns, die bis etwa 300.000 vor heute in ganz Europa durch einen starken Anstieg an Fundstellen gekennzeichnet ist, während sich für dessen Anfangsphase und das Altpleistozän in Europa menschliche Besiedlung bisher nur im südlichen Teil nachweisen läßt. Nördliche Teile des Kontinents wurden gemäß der Arbeiten von Wil Roebroeks und anderen Forschern gesichert erstmals vor etwa 500.000 Jahren in das Siedlungsgebiet der Menschen einbezogen. Belege hierfür sind u. a. die Fundstelle Miesenheim I am Mittelrhein, der Unterkiefer von Mauer und der Fundplatz Boxgrove in Südengland, der auch Hominidenreste geliefert hat.

Nur ausgesprochen selten erlauben altpaläolithische Fundstellen in Europa in größerem Umfang Aussagen zu Lebens- und Verhaltensweisen mittelpleistozäner Hominiden, wie dies in Boxgrove der Fall ist. Durch großflächige Ausgrabungen gelang es hier, einzigartige, gut stratifizierte und praktisch unverlagerete Begehungshorizonte mit Steinartefakten und Faunenresten freizulegen, die bei einem Alter von etwa 500.000 Jahren zum ersten Mal in Europa Einblick in die innere Organisation eines altpaläolithischen Siedlungsplatzes geben. Um so bedeutender ist in diesem Zusammenhang eine Fundstelle wie das laut Verfasser etwa 400.000 Jahre alte Bilzingsleben mit seinen überaus zahlreichen Kulturresten und Hominidenfunden. Ausgrabungen stehen hier seit 1969 unter der Leitung von Dietrich Mania, Autor und Mitautor zahlreicher Publikationen zu Bilzingsleben, darunter mehrere Monographien, die der Wichtigkeit des Fundplatzes Rechnung tragen. Die vorzügliche Erhaltung des Fundhorizontes ist von herausragender Bedeutung und ermöglicht vielfältige räumliche Analysen, die Dietrich Mania zu der Rekonstruktion eines Siedlungsplatzes am Ufer eines Sees führen. Bilzingsleben gewinnt damit eine Schlüsselstellung bei der Untersuchung zur Lebensweise im europäischen Altpaläolithikum.

Ein umfangreiches Spektrum verschiedenartiger Steinartefakte belegt differenzierte Tätigkeiten am Platze. Mehrfach weisen Tierknochen anthropogene Modifikationen auf, darunter auch einige der frühesten Belege für nonutilitäres Verhalten. Die Großsäugerreste lassen neben der Erforschung ihrer osteologischen Repräsentanz, Individuenzahlen und Altersstruktur auch Aussagen zur Jahreszeit ihres Todes zu. Darüber hinaus erlauben reiche Kleinsäuger- und Molluskenfaunen sowie mannigfache Pflanzenreste, vor allem in Form von Abdrücken im Travertin, eine detaillierte Klima- und Umweltrekonstruktion, während die mittelpleistozänen Terrassen des Wippertales eine stratigraphische Einordnung der Funde ermöglichen.

Das ausführliche einleitende Kapitel der vorliegenden Arbeit faßt den aktuellen Forschungsstand zur Fundstelle Bilzingsleben zusammen und bietet in seiner Kompaktheit einen nützlichen Überblick, da die Primärinformationen über zahlreiche Einzelpublikationen verstreut sind. Es schließen sich Überlegungen zur Fundplatzgenese an. Der Verfasser setzt sich kritisch mit der durch Dietrich Mania und seine Mitarbeiter gegebenen Interpretation der starken Fundanhäufung als Folge einer langfristigen Besiedlung auseinander und argumentiert zu Gunsten einer Folge nur kurzer Einzelepisoden mit geringerem Materialniederschlag. Er sieht vor allem fluviatilen Eintrag von Material als maßgeblichen Faktor für die Fundakkumulation am Platze an. Der Kernteil des Buches betrifft die mikroskopische Analyse von Gebrauchsspuren an Steinartefakten und Tierknochen aus Bilzingsleben, bei der moderne Technik zum Einsatz kam. Bei der Interpretation werden Experimente sowie grundsätzliche und kritische methodische Erwägungen, schließlich auch Vergleiche mit anderen Fundplätzen, einbezogen.

Die Arbeit von Leif Steguweit stellt einen eigenen Ansatz zum Verständnis der Fundstelle Bilzingsleben dar, und wir haben sie in dem Bewußtsein in die Reihe der Tübinger Arbeiten zur Urgeschichte aufgenommen, daß die Fundplatzgenese nach wie vor kontrovers diskutiert wird. In diesem Sinne hoffen wir, mit der Herausgabe der Publikation einen weiteren Beitrag zu einem lebendigen und fruchtbaren wissenschaftlichen Diskurs über diesen so bedeutenden Fundplatz zu leisten.

Tübingen, im Januar 2003

Nicholas J. Conard
Hans-Peter Uerpmann

Harald Floss
Michael Bolus

Vorwort

„Es ist besser, eine angenäherte Antwort auf die richtige Frage zu geben, die oft unbestimmt sein wird, als eine exakte Antwort auf die falsche Frage, die stets präzise gefaßt werden kann.“ (Sachs 1982, 104).

Die Hominidenfundstelle auf der Steinrinne bei Bilzingsleben gehört nicht nur zu den wenigen Fundstellen Europas, in denen Knochen des späten *Homo erectus* gefunden werden, sondern ist mit den riesigen Mengen an überliefertem Tierknochen- und Gesteinsmaterial eines der weltweit besterhaltenen Fossilbetten des Mittelpleistozäns. Durch die Einlagerung eines Großteils der Knochen in nahezu reinem Kalk ist die Erhaltung des faunistischen Materials für diesen Zeitabschnitt einzigartig. Die Vergesellschaftung mit Artefakten aus Feuerstein und anderen Materialien, verbunden mit klaren Spuren menschlichen Eingreifens, bietet dem Archäologen und Naturwissenschaftler an diesem Fundplatz heute einmalige Chancen, ungelösten Fragen der materiellen Kultur des europäischen Urmenschen nachzugehen.

Doch welches Potential bieten uns Fundstellen wie Bilzingsleben tatsächlich? Die Erforschung des europäischen Urmenschen, dessen Entdeckung mit dem Unterkiefer von Mauer (Schoetensack 1908) sich bald zum 100. Male jährt, steckt trotz verschiedener, seit den 70er Jahren hinzugekommener Fundstellen, noch weitgehend in den Kinderschuhen. Die Entwicklung der Technik eröffnet ständig neue Perspektiven, die sich nicht nur auf Lösungen zur absoluten Datierung im Mittelpleistozän auswirken werden, sondern auch Hoffnung geben, vielen Materialgruppen noch selbst-evidente Spuren abzugewinnen. Die Schnittstelle zwischen archäologischer Befundsituation und naturwissenschaftlichen Spezialbefunden im Auge zu behalten, ist in Anbetracht des methodisch oftmals neuen Terrains eine schwierige Aufgabe. Gleichwohl ist ein Paradigmenwechsel dringend einzufordern: die bisherige Eigenverantwortung des Urgeschichtlers zur nüchternen Distanz bei der Gesamtinterpretation „seines“ Fundplatzes muß endlich einer Vernetzung gleichberechtigter, naturwissenschaftlicher und archäologischer Fragestellungen weichen. Quantifizierung von Daten und ein Maximum an Bilddokumentation sollen helfen, Fundplätze und ihre Inventare zunehmend transparenter werden zu lassen.

Ein programmatischer Leitfaden wird mit dem Konzept der *site formation* (vgl. Kapitel I) angewandt. Es ist dennoch lediglich ein Gerüst, dessen Inhalt auch von den Protagonisten bislang nur schemenhaft skizziert wurde. In diesem Sinne ist die vorliegende Arbeit ein Versuch, an einem bereits vielseitig erforsch-

ten Fundplatz zum einen neue mikroskopische Spezialuntersuchungen einzubringen, gleichzeitig aber darzulegen, daß nur in der Gesamtheit des *site formation*-Konzeptes schlüssige Aussagen über die archäologischen Hinterlassenschaften zu treffen sind. Daß dabei Forschungsergebnisse anderer Bearbeiter kommentiert werden, möge man mir in Anbetracht des Gesamtkonzeptes verzeihen. Wo es möglich war habe ich versucht, eigene Geländebeobachtungen und Materialstudien einzubringen. Auch wenn diese nicht unmittelbar mit den speziellen Analysen verknüpft sind, wirken sie im Sinne der sedimentologischen Rahmenbedingungen auch auf die mikroskopischen Befunde zurück.

Neben der komplexen Darstellung der Fundstelle Bilzingsleben erweist es sich als notwendig, eigene Rahmenbedingungen zur mikroskopischen Analyse abzustecken. Dies gilt in besonderem Maße für die Untersuchung lithischer Gebrauchsspuren, die neben einer Aufarbeitung des Forschungsstandes die Erprobung neuer technischer Lösungen notwendig macht (Kapitel III). Die methodischen Vorbetrachtungen bilden die Basis der archäologischen Materialbearbeitung (Kapitel V-VII). Vergleiche mit Inventaren weiterer Paläolithfundstellen bieten eine sinnvolle Erweiterung und sind oftmals ebenfalls Erstuntersuchungen. Trotz des prinzipiell nur empirisch erfaßbaren Charakters lithischer Gebrauchsspuren und anthropogener Modifikationen an Knochen lassen sich auf diese Weise verallgemeinerbare Bewertungen erzielen.

Vielen Kolleginnen, Kollegen und Mitmenschen möchte ich an dieser Stelle ganz herzlich danken. Die Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Projekt „Bilzingsleben“ (MA 1385, 1-6) verdanke ich ganz besonders dem Leiter des Projektes, Herrn Prof. Dr. D. Mania (Friedrich-Schiller-Universität Jena). Das Thema der Materialbearbeitung, zunächst auf die Untersuchung der Gebrauchsspuren an den Feuersteingeräten von Bilzingsleben eingegrenzt, wurde von ihm angeregt und großzügig unterstützt. Auch meinem Wunsch, anhand weiterer Inventarstudien und methodischer Experimente eine größere Sicherheit in der Datenauswertung erzielen zu können, kam Herr Mania in großzügiger Art und Weise entgegen. Im letzten Jahr konnte die Analyse der lithischen Gebrauchsspuren um die Auswertung der Oberflächenmodifikationen auf Knochen erweitert werden. Auch dafür möchte ich Herrn Mania an dieser Stelle noch einmal herzlich danken.

Mein herzlicher Dank geht an meine Lehrer und Betreuer am Institut für Ur- und Frühgeschichte der

Universität Tübingen, Herrn Prof.Dr.H.Müller-Beck und Herrn Prof.Dr.Dr.H.-P.Uerpmann. Ihre Unterstützung, wie auch ihr stets offenes Ohr für Fragen und Materialbesprechungen, begleiteten mich über meine gesamte Ausbildung und waren mir eine große Hilfe.

Ein Großteil der mikroskopischen Arbeiten konnte im Labor des Instituts für Ur- und Frühgeschichte Tübingen durchgeführt werden. Für die Bereitstellung der Arbeitsmöglichkeiten danke ich besonders dem Leiter der Abteilung Ältere Urgeschichte und Quartärökologie, Herrn Prof.N.Conard Ph.D.

Ein glücklicher Umstand war für mich das allzeit freundliche Entgegenkommen von Spezialisten auf dem Gebiet der Material- und Werkstoffkunde, wofür ich den Herren Dr.E.Bischoff und Dr.J.Plitzko (Max-Planck-Institut für Metallforschung Stuttgart), wie auch Dr.M.Westphal und Dr.C.Berthold (Univ. Tübingen) und Herrn M.Landmesser (Univ. Mainz) herzlich danken möchte. Dem MPI Stuttgart und dem Mineralogischen Institut in Tübingen habe ich Zugang zu hochauflösenden Mikroskopen zu verdanken; dem persönlichen Engagement der genannten Kollegen manch gute Idee und Weiterentwicklung der Fragestellungen.

Erfahrungen zum Thema Gebrauchsspurenanalyse konnte ich dank der Seminare und Praktika von Frau Dr.L.Owen und Herrn Dr.A.Pawlik seit meinem Studium sammeln. Sehr hilfreich waren im weiteren die Gespräche mit Herrn Dr.K.-U.Heussner (DAI, Berlin) und Herrn Dr.B.Gramsch (Potsdam), die sich bereits mit Material von Bilzingsleben beschäftigt hatten. Freundlicherweise stellte mir Herr Gramsch zu Vergleichszwecken seine Dokumentation zur Verfügung.

Regen Austausch und vielfältige Informationen zum Stand der Gebrauchsspurenforschung verdanke ich besonders dem *Semjonov-Kongress* (St. Petersburg 2000) zu Ehren des 100. Geburtstages des Begründers dieser Forschungsrichtung. Besonders bedanke ich mich bei den Organisatoren, Frau Dr.N.Skakun (St. Petersburg) und Herrn Dr.H.Plisson (CNRS, Valbonne).

Bezüglich der Residuenanalysen geht mein besonderer Dank an Spezialisten auf diesem Gebiet, die Herren Prof.Dr.F.Sauter (TU Wien), Prof.Dr.H.Riederer und Dr.A.Unger (Rathgen-Labor, Berlin). Für Auskünfte danke ich im weiteren Frau Dr.S.Schiegl (Univ. Tübingen) und Herrn Dr.Dr.R.Rotländer (Rottenburg), Herrn D.Todtenhaupt (Berlin), Herrn Dr.J.Rohmeder (Bitsch), Herrn J.Kegler (Univ. Köln) und Herrn J.Weiner (Rheinisches Amt f. Denkmalpflege).

Für Anregungen zu archäologischen Fragen danke ich sehr herzlich Frau Dr.M.Haidle (Univ. Tübingen) sowie den Herren Dr.J.Vollbrecht (Sächsisches LfA), Dr.C.Pasda (Univ. Erlangen), Dr.T.Kaiser (Univ. Greifswald), Dr.F.d'Errico (CNRS, Bordeaux) und Dr.J.Orschiedt (Univ. Hamburg).

Frau Prof.Dr.B.Urban (FH Suderburg) und den Herren Prof.Dr.L.Eissmann (Leipzig), Prof.Dr.T.Litt (Univ. Bonn) und Dr.L.Katzschmann (Geol. Landesamt Thüringen) danke ich für Informationen bezüglich geologischer und ökologischer Fragestellungen.

Für die Möglichkeiten zu vergleichenden Materialstudien danke ich folgenden Kolleginnen und Kollegen: Frau Dr.V.Dobosi (Nationalmuseum Budapest) für das Material von Tata und Vértesszölös, Herrn Dr.K.Valoch (Anthropos-Museum Brno) für Stránská skála, Herrn Prof.N.Conard Ph.D. (Universität Tübingen) für Wallertheim, Herrn Dr.S.Veil (Landesmuseum Hannover) für Lübbow und Lichtenberg, sowie Herrn Dr.J.Kind (LDA Stuttgart) für das Material von Bad Cannstatt. Ebenso möchte ich Herrn Dr.T.Weber (Magdeburg) für die Bereitstellung seiner morphometrischen Daten zu den Steinartefakten von Bilzingsleben danken, wie auch den Herren T.Laurat und E.Brühl (Univ. Jena) für die Daten ihrer Masterarbeiten. Mein herzlicher Dank geht an Herrn D.Adler (Harvard Univ.) für die gemeinsame Arbeit am Material von Wallertheim.

Die Reihe meiner Unterstützer ließe sich noch seitenfüllend fortsetzen. Um es kurz zu machen, danke ich ganz herzlich allen Kolleginnen und Kollegen, Studentinnen und Studenten, mit denen ich in den letzten Jahren näher zu tun haben durfte. Nicht zu vergessen die engagierten Teilnehmer des Gebrauchsspuren-Praktikums, deren Experimente wir gemeinsam auswerten konnten. Besonders danke ich auch Freunden, die mich in die Fänge der experimentellen Archäologie gelockt haben, für diese unschätzbare Horizontenerweiterung.

Und zu guter letzt danke ich ganz besonders herzlich meiner Familie für ihre Geduld, ihr Verständnis und die langjährige Unterstützung.

Tübingen im Dezember 2001.

Anmerkung zum Druck des Manuskripts:

Die Arbeit kann dank der Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft in der Institutsreihe des Promotionsortes vorgelegt werden. Für die Textkorrekturen bedanke ich mich ganz besonders bei Herrn Dr.M.Bolus, für das Résumé bei Herrn Dr.H.Floss und Herrn Dr.P.Gonod sowie bei Frau L.Niven, Herrn M.Händel und Herrn Prof.N.Conard Ph.D. für die Überarbeitung der Summary. Herzlichen Dank für das gelungene Titelbild an Herrn C.Badel (Berlin).

Für die gemeinsame Arbeit am Layout möchte ich mich sehr herzlich bei Frau M.Ziegler (*Mo Vince*-Verlag Tübingen) und dem Verleger der Reihe, Herrn B.Wiegel, bedanken.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Herausgeber	V
Vorwort	VII
I. Forschungsstand zur Fundstelle Bilzingsleben	
Übersicht interdisziplinärer und spezieller Forschungen	1
Chronostratigraphische Einordnung des Fundhorizontes	3
Quellenkritische Anmerkungen zur Fundstellengenese	3
Präquartärer Untergrund, Morphologie des Wippertales südlich der Hainleite	3
Die Terrasse der frühen Elsterkaltzeit (40-45m-Terrasse) und Vorgänge der Elstervereisung	13
Elsterzeitliche Denudationsreste und warmzeitliche Theodoxus-Schotter bei 30-32m Auenabstand	17
Das Terrassenniveau bei 27m Auenabstand und aufliegender Beckenschluff (Fundhorizont B)	19
Die limnische Fazies: Characeenkalke und Travertinsande (Fundhorizont A)	24
Der aufliegende Strukturtravertin	25
Zusammenfassung	28
Naturwissenschaftliche Datierungen des Fundhorizontes	28
Perspektiven der Korrelation mittelpleistozäner Interglaziale	28
Physikalische Datierungen	30
Biomarker und Palynologie	31
Entspricht Zyklus Bilzingsleben II dem Zyklus Schöningen II ?	33
Archäologische Interpretation	37
Das Konzept der <i>site formation</i>	37
Anmerkungen zur Gesamtinterpretation des Fundplatzes	38
Lithische Objekte im Fundhorizont	41
Rohmaterial Flint	41
Rohmaterial Muschelkalk	46
Rohmaterial Quarz und Quarzit	47
Rohmaterial Porphyry	47
Osteologisches Material im Fundhorizont	48
Faunenanteile häufiger vertretener Arten	48
Bemerkungen zur Taphonomie der Fauna	52
II. Fragestellungen mikroskopischer Spurenanalysen am Fundmaterial	
Gebrauchsspuren an Feuersteinartefakten	57
Oberflächenmodifikationen am Knochenmaterial	57

III. Methodische Vorbetrachtungen zur Gebrauchsspurenanalyse an Steinartefakten

Gebrauchsretuschen im <i>Low Power</i> -Bereich	59
Bruchmechanische Klassifikation	59
Mikrobruchmechanische Analyse von Bewegungsrichtungen	61
Longitudinale Arbeitstakte	61
Transversale Arbeitstakte	61
Bohrende Arbeitstakte	61
Schlagende Arbeitstakte	62
Werkstoffkorrelation von Gebrauchsretuschen	62
Bilddokumentation im <i>Low Power</i> -Bereich	63
Mikropolituren und Linearstrukturen (<i>High Power</i> -Analyse)	64
Modelle zur Entstehung von Polituren	64
Graduell mechanische Abrasion („ <i>wear theory</i> “)	65
Die „ <i>Silicium-Gel</i> “-Theorie	65
Lichtmikroskopische Politurbefunde	66
Zur Werkstoffanalyse mit lichtmikroskopischen Methoden	68
Methodische Grenzen der Polituranalyse	70
Problem 1: Reinigung der Artefakte	70
Problem 2: Auflösungslimit optischer Mikroskope	71
Problem 3: Limits am Rasterelektronenmikroskop	71
Problem 4: Limitierung durch postdepositionelle Oberflächenmodifikationen	72
Residuenanalysen	72
Zusammenfassung	73

IV. Auswertung methodischer Experimente

Einsatzmöglichkeiten des Laserscan-Mikroskopes	75
Analyse experimenteller Gebrauchsretuschen	78
Experimente an harten organischen Werkstoffen	78
Versuch A: trockenes Geweih schaben	78
Versuch B: Muschelbearbeitung (sägen, schaben)	79
Versuch C: trockenes Hartholz schaben/ glätten	79
Versuch D: trockene Knochen bearbeiten (abschaben/ glätten)	80
Experimente an mittelharten organischen Werkstoffen	80
Versuch E: frisches Holz bearbeiten	80
Versuch F: Elfenbein schaben	81
Versuch G: Bearbeitung von eingeweichtem Geweih	83
Versuch H: Bearbeitung von frischen Knochen	83
Experimente an weichen organischen Werkstoffen	83
Versuch J: Schneiden von Fleisch, frischen Häuten/ Fellen	83
Zusammenfassung zu den Experimenten	84

Zur sekundären Opalisierung von baltischem Flint	85
Mineralogische Grundlagen	85
Postgenetische Strukturveränderungen	86
Neue Untersuchungen zur Mikrostruktur von baltischem Flint	89
Versuchsaufbau zur Frage sekundärer Opalisierungserscheinungen	89
Archäologisches Fallbeispiel: Werkzeuge von Lichtenberg	90
Zur Mikrostruktur des „Sichelglanzes“	91
Potential der Residuenanalyse am Beispiel von Schäftungspech	93
Ethno-historische und experimentelle Vergleichsstudien	94
Chemische und spektrometrische Verfahren zur Pech- und Teeranalyse	95
Schäftungsklebstoffe in präkeramischen archäologischen Fundstellen	95

V. Auswertung der Gebrauchsspuren an Bilzingslebener Steinartefakten

Flächenverteilung der Gebrauchsspurenbefunde	99
Grundformmorphologie vs. Gebrauchsspuren	101
Bewertung im Fundstellenvergleich	107
Neumark-Nord	107
Tata	109
Wallertheim	111
Vértesszölös	112
Bad Cannstatt	113
Vergleich der lithischen Auswertungseinheiten	114

VI. Auswertung der Oberflächenmodifikationen auf Tierknochen von Bilzingsleben

Methodische Vorbetrachtungen	115
Morphologie von Schnittspuren	115
Kriterien für Spurenverlauf und Spurenüberlagerung	116
Technisches Potential zur Schnittspuranalyse	117
Experimente zur Dimensionierung von Schnittspuren	117
Zur Frage von Schnittspuren durch Schlachtvorgänge	118
Dimensionierung experimentell erzeugter Schnittspuren	120
Modifizierte Knochen im Fundmaterial von Bilzingsleben	121
Einführung	121
Mikroskopische Analyse der nonutilitären Schnittspuren	124

Modifikationen durch Trampling und Umlagerung	126
Funktionale Schnittmarken und Arbeitsspuren	128
Biotische Oberflächenmodifikationen	129
Retuschierte Knochen vs. Karnivorenverbiß	131
Schnittspuren am Material von Wallertheim	132
Neuuntersuchung eines Objektes von Stránská skála	132

VII. Zusammenfassung	135
Summary	137
Résumé	139

VIII. Literaturverzeichnis	141
---	-----

IX. Katalog

X. Inhalt der Daten-CD (*JPEG-Format, hinterer Buchrücken*)

Register zur Bilzingsleben-Sammlung

- A - Liste aller Planquadrate (bis 1996), nach Grabungsjahren geordnet(*Ordner* „Register A“)
- B - Liste aller Planquadrate (bis 1996), nach laufender Nr. geordnet(*Ordner* „Register B“)
- C - Liste aller analysierten Steinartefakte der Bilzingsleben-Sammlung(*Ordner* „Register C“)
- D - Bilzingsleben, Steinartefakte mit Gebrauchsspurenbefunden(*Ordner* „Register D“)

Merkmalkataloge zur Datenerfassung lithischer Gebrauchsspuren

- 01 - Fragenkatalog zur EDV-Aufnahme Bilzingsleben/ Neumark-Nord (*Ordner* „01 Merkmalkat.“)
- 02 - Fragenkatalog zur EDV-Aufnahme Tata und Vértesszölös (*Ordner* „02 Merkmalkat.“)
- 03 - Fragenkatalog zur EDV-Aufnahme Wallertheim (*Ordner* „03 Merkmalkat.“)

Einzeldokumentation der lithischen Gebrauchsspurenbefunde (Datenblattaufnahme)

- 04 - Bilzingsleben (124 Objekte/ 124 Dateien) (*Ordner* „04 Bilzingsleben“)
- 05 - Neumark-Nord (47 Objekte/ 49 Dateien, 2x Zusatzfotos) (*Ordner* „05 Neumark-N.“)
- 06 - Tata (20 Objekte/ 20 Dateien) (*Ordner* „06 Tata“)
- 07 - Wallertheim (17 Objekte/ 17 Dateien) (*Ordner* „07 Wallertheim“)
- 08 - Vértesszölös (3 Objekte/ 3 Dateien) (*Ordner* „08 Vértesszölös“)
- 09 - Bad Cannstatt, Abbildungen Steinartefakte (23 Objekte/ 9 Dateien) (*Ordner* „09 Cannstatt“)

Ergänzende Dokumentation zu Knochenoberflächen

- 10 - Bilzingsleben, Knochen (13 Dateien) (*Ordner* „10 KN Bilzingsl.“)

I. Forschungsstand zur Fundstelle Bilzingsleben

Übersicht interdisziplinärer und spezieller Forschungen

Die Forschungsarbeiten auf der Steinrinne bei Bilzingsleben werden seit über 30 Jahren unter der Leitung von Prof. Dr. Dietrich Mania von einer Vielzahl renommierter Fachwissenschaftler durchgeführt. Obwohl der Fundreichtum in den Travertinbrüchen von Bilzingsleben bereits seit Jahrhunderten bekannt und teilweise stratigraphisch auch korrekt eingeordnet worden ist, gibt erst die Entdeckung eines bis dahin unbeachteten Fundniveaus, das im nordwestlichen Teil der Steinrinne unter den gebankten Travertinen erhalten ist, den Anstoß zu systematischen Ausgrabungen dieses Horizontes (zur *Forschungsgeschichte* Toepfer 1980; U. Mania 1997). Im Jahre 1969 erkennt D. Mania bei geologisch-paläontologischen Arbeiten sowohl im Höhenunterschied zur heutigen Flußauflage als auch im malakologischen Spektrum eindeutige Kriterien für die Zuordnung des Fundhorizontes in ein mittelepleistozänes Interglazial. Damit bietet Bilzingsleben völlig neue Forschungsperspektiven gegenüber den seit langer Zeit recht intensiv erforschten Ilmtaltravertinen in Weimar, Taubach und Ehringsdorf oder auch dem eemzeitlichen Travertin von Burgtonna.

Seit der Bestimmung eines menschlichen *Os occipitale*-Fragmentes (A1) im Jahre 1974 und seiner taxonomischen Klassifikation als *Homo erectus bilzingslebenensis* (Vlček 1978) sind Grabung und wissenschaftliche Bearbeitung durch das Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen der DDR gefördert worden, was die Betreuung des ständig wachsenden Datenmaterials durch eine Spezialistengruppe unter Leitung von D. Mania ermöglicht. Die Monographien Bilzingsleben I-V informieren über den Auswertungsstand der speziellen und gesamtanalytischen Forschungen (vgl. Mania 1997a). Außerdem haben zwölf Kolloquien stattgefunden, deren Beiträge seit den 70-er Jahren in verschiedenen Ausgaben der Ethnographisch-Archäologischen Zeitschrift sowie seit 1997 im Publikationsorgan des Fördervereins Bilzingsleben „*Praehistoria Thuringica*“ abgedruckt sind.

Die bis zum Jahr 1999 durchgeführten Ausgrabungen können neben den Menschenresten vielfältige Hinterlassenschaften materieller Kultur erbringen. Mit der Ausdehnung der Grabungsfläche vom Bereich fluviatil verlagertes Travertinsande und Charophytenkalke („Schwemmfächer“) auf eine bis dahin nicht beobachtete Lößoberfläche hat sich ab dem Jahre 1978 zugleich die Hoffnung verbunden, autochthon einsedi-

mentierte Befunde einer ehemals stabilen Landoberfläche („Uferplatte“) vorzufinden. In der Interpretation des Projekt- und Ausgrabungsleiters D. Mania stellen alle Fundassoziationen auf dieser Lößoberfläche eine weitgehend intakte Befundsituation einer mehrere Jahrzehnte währenden Permanentbesiedlung durch den Urmenschen dar. Interpretationen des Gesamtbefundes sind in Anbetracht des bislang nur teilweise ergrabenen Landschaftsausschnittes sowie des unvollständigen Aufarbeitungsstandes allerdings als vorläufig anzusehen. Vor allem geologische, lithologische und sedimentologische Untersuchungen bieten großes Potential für weitere, zukünftige Feldarbeiten. Die Frage nach der Ursache der Objektakkumulation ist für einzelne Fundgattungen, besonders für lithische Werkzeuge, dabei von ausschlaggebender Bedeutung einer Gesamtbewertung.

Die Einzigartigkeit der Fundstelle Bilzingsleben besteht in der vorzüglichen Erhaltung des Knochenmaterials, was auf die Einlagerung in nahezu reinem Kalk zurückzuführen ist. Die systematisch-taxonomische und ökologische Bewertung des Faunenmaterials liegt für viele Arten bereits vor. Zuzüglich der untersuchten Mikro- und Makroflora kann damit ein multifacielles Lebensbild der Biozönose von Bilzingsleben erstellt werden, das den Standardtyp der Vergesellschaftung dieses mittelepleistozänen Hochinterglazials repräsentiert.

Trotz der weitreichenden Rückschlüsse auf die archäologische Interpretation liegen Fragen zur Taphonomie des Fundplatzes noch weitgehend offen, die das Verhältnis von anthropogenen und nichtanthropogenen Manipulationen am faunistischen Material widerspiegeln. Die in vorliegender Arbeit untersuchten anthropogenen Manipulationen am Knochenmaterial können dazu einen ausschnitthaften Beitrag leisten.

Eine vollständige Bibliographie aller Beiträge zur Fundstelle Bilzingsleben haben jüngst Mania & Mania (2001, 21-35) vorgelegt. Sie kann mit laufenden Aktualisierungen auch auf der Homepage des Fördervereins „Bilzingsleben – World Culture Monument e.V.“ (<http://members.tripod.de/Bilzingsleben>) eingesehen werden. Die nachfolgend aufgelisteten Referenzen sind nicht vollständig, sondern lediglich eine persönliche Auswahl von Arbeiten, die als Einstieg in den derzeitigen Auswertungsstand der Forschungen dienen können (Tab. 1).

Anthropologie	
Vlček (1978; 1996; 1999); D.Mania, U.Mania & Vlček (1993; 2000); Mania (1997c);	
Archäologie	
– Schnittspuren an Hominidenfragmenten	Ullrich (1991; 1994); Orschiedt (1999)
– Schnittmarken/ Gravuren auf Tierknochen	D.Mania & U.Mania (1988); Bednarik (1993); Steguweit (1999; 2001; - & Mania 2000)
– Morphologisch-technologische Auswertung der Flintartefakte; merkmalanalytische Daten	Toepfer (1960); Mania (1986a; 1993); Weber (1986; 1994); Laurat (2000); Valoch (2000); Burdukiewicz (o.J.);
– Morphometrie der Geröllartefakte	Weber (1979; 1986); Bogen (1994)
– Gebrauchsspuren an Flintartefakten	Gramsch (1979); Heussner (1987); Steguweit (2001; <i>in Vorb.</i>)
– Knochenartefakte	U.Mania (1989; 1995); D.Mania & U.Mania (1997)
– Geweihmaterial	Mania (1986b); Vollbrecht (2000)
– Nachweis von Feuereinwirkung am Travertin	Schiegl (<i>in Bearb.</i>)
– Holzreste	D.Mania & U.Mania (1998); Schoch (<i>in Bearb.</i>)
– Archäologischer Gesamtbefund	D.Mania (1986a; 1990c; 1998b; - & U.Mania 2000)
Paläontologie der Vertebraten	
– Nashörner	v.d. Made (2000)
– Cerviden	v.d. Made (1998)
– Bären	Musil (1991a; 2000); Turner (1997)
– Boviden	Fischer (1989; 1991a); v.d. Made (<i>in Bearb.</i>)
– Pferde	Musil (1991b; 2000); Forstén (1993)
– Löwen, andere Karnivoren	Toepfer (1983); Turner (1997); Fischer (1997)
– Elefanten	Günther (1991); Fischer (<i>in Bearb.</i>)
– Schweine	Fischer (1989); Fischer & Heinrich (1991)
– Vögel	Fischer (1997)
– Rodentier, Kleinsäuger	Heinrich (1993; 1994; 1997b; 2000)
– Biber, Altbiber	Fischer (1991b); Heinrich (1991; 1997a; 2000)
– Reptilien, Amphibien	Böhme (1997; 1998; 2000a,b; 2001)
– Fische	Hebig (1983; 1993); Böhme (1998; 2000a)
Chronostratigraphie	
– Uranium/ Thorium- Datierung	Schwarcz et al. (1988); Mallik (2000 ; - et al. 2000)
– Palynologie	Litt (1989); Erd (1993; 1997)
– ESR an Nashornzahnschmelz	Schüler (<i>in Bearb.</i>)
– 18-O/16-O-Methode Zahnschmelz <i>Equus</i>	Stephan (1999); Stephan & Uerpmann (<i>in Bearb.</i>)
– Chronostratigraphie, Terrassengliederung	Mania (1997b)
Landschaftsrekonstruktion, site formation	
– Geologie, Quartärgeologie, Petrographie	Unger (1964); Mania (1997b; 1998a);
– geologische Basiskartierung	(Geol. LA Weimar, <i>in Vorb.</i>)
– Ökosystem, natürl. Umwelt, Biozönose	Mania (1983a; 1995a; 1997b; 2001);
– Gesamtdarstellung d. Befundes (<i>site formation</i>)	D.Mania & U.Mania (1999; 2000); Musil (1993)
– Molluskenfauna	Mania (1983b; 1995b; 1997b; - & Mai 2001)
– Ostrakodenfauna	Diebel & Pietrzeniuk (1980)
– Sedimentologie, Travertingenese	Altermann; Gaup et al.; Wagner et al. (<i>in Bearb.</i>)
– Travertinflora; Charophytenkalk	Mai (1983; 1989; 1997); Nötzold (1991)

Tab. 1 – Übersicht ausgewählter Publikationen zu Bilzingsleben

Chronostratigraphische Einordnung des Fundhorizontes

Quellenkritische Anmerkungen zur Fundstellengenese

Die amtlichen geologischen Untersuchungen im Gebiet der unteren Wipper sind zum einen im Rahmen von Kartierungen (Unger 1963; 1964), wie auch im Rahmen terrassenmorphologischer Fragestellungen (Unger 1974; 1995; Unger & Kahlke 1995) durchgeführt worden, ohne allerdings spezielle Schwerpunkte am Travertin der Steinrinne zu setzen. Im Zuge der zu Beginn der 60-er Jahre durchgeführten Kartierung hat das Geologische Landesamt Thüringens außerdem unpublizierte Lithofazieskarten im Maßstab 1:50 000 angefertigt. Dabei wird eine mittelpleistozäne Einstufung der älteren Terrasse in Erwägung gezogen, die gesamte Travertinbildung jedoch als eemzeitlich eingestuft (Unger 1963). D. Mania legte hierzu vor allem mit faunistischen Argumenten (Mollusken, Faunenkomplex) seit dem Beginn der 70-er Jahre eindeutige Gegenbeweise im Sinne einer mittelpleistozänen Einstufung vor, die inzwischen allgemein akzeptiert sind (vgl. Mania 1980; 1997b). Wenngleich damit eine relativstratigraphische Einstufung in ein Vollinterglazial des Mittelpleistozäns zweifelsfrei bewiesen ist, besteht bezüglich der lithologischen Verzahnung mit dem geologischen Untergrund und der flächigen Erforschung der Sedimentation unter dem gebankten Travertinvorkommen nach wie vor ein Forschungsdefizit. Entsprechende Arbeiten von D. Mania (1980a; 1993; 1997b) können, da sie ohne entsprechendes technisches Gerät durchgeführt werden mußten, zur Prospektion des Untergrundes keinen adäquaten Beitrag leisten.

Grund des Vakuums sind die lagerstättenkundlichen Geheimhaltungsvorschriften der DDR, da Bohrserien zur Werksteinerkundung, wie sie z.B. am Travertin von Burgtonna intensiv durchgeführt wurden, zum Abbruch der archäologisch-paläontologischen Arbeiten geführt hätten. Damit bleiben wichtige Fragen wie der Grad der subrosiven Auswaschung des Muschelkalkes, und damit der Bewertung der Terrassenhöhe, bis heute ungeklärt. Eine baldige Neuuntersuchung liegt im Interesse der Thüringer Landesanstalt für Geologie (*mdl. Mitt L.Katzschmann 2001*).

Nur wenige methodische Arbeiten der Archäologie haben bislang dezidiert auf die entscheidend wichtige Erforschung der Fundplatzgenese (*site formation*) mit allen Vorgängen vor und nach dem archäologischen (anthropogenen) Event hingewiesen (vgl. Goldberg et al. 1993, VII-IX). Das dieser Arbeit zugrundegelegte Konzept der *site formation* wird im Kapitel „Archäologische Interpretation“ näher definiert. Gleichwohl liegt auf der Hand, daß die Frage der Einlagerung von ausschlaggebender Bedeutung zur Beurtei-

lung der anthropogenen Komponente im archäologischen Fundhorizont ist. Dies gilt besonders für akkumulierte Fundhorizonte, wobei fluviatile Akkumulation einen Spezialfall darstellt. Bezogen auf den mittelpleistozänen Fundhorizont von Bilzingsleben bedeutet das:

Die Frage, ob es sich um ein abgeschirmtes, flachlimnisches Milieu handelt, wo alle ortsfremden Gesteine vom Menschen eingetragen worden sind bzw. der Großteil der Knochen a priori als Jagdreste zu erklären wären, oder ob fluviatiler Import bzw. Export durch die Wipper stattgefunden hat, ist für die Herangehensweise an potentiell anthropogen manipulierte Objektgruppen von oberster Priorität.

Für die Erörterung der *site formation* ist die Frage der chronostratigraphischen Einstufung von untergeordnetem Interesse. Dennoch wird in der nachfolgenden Abhandlung versucht, chronostratigraphisch vom Liegenden zum Hangenden vorzugehen und dabei anhand lithofazieller und biofazieller Kriterien Hinweise der Verzahnung von quartären Geo-Horizonten aufzudecken. Die von D. Mania betonten relativen Terrassenhöhen, d.h. die relativen Höhen über der holozänen Flußbaue, dienen nur zur Orientierung, da ihre Bewertung von der Dynamik des geologischen Untergrundes abhängt. Die relevante Zeitscheibe liegt in den geologischen Vorgängen nach der Entstehung der Elsterterrasse und endet mit der Bedeckung des Fundhorizontes Bilzingsleben II durch einen gebankten Travertinpanzer.

Präquartärer Untergrund, Morphologie des Wippertales südlich der Hainleite

Das untere Wippertal verläuft – nach dem Eintritt ins Thüringer Becken – im triassischen Bereich des Muschelkalkes und des Unteren Keupers, der zum Beckenrand hin ausstreicht (Seidel 1992) (*Abb. 1-3*). Der Fluß durchschneidet bis 3km nördlich der Steinrinne noch den Mittleren Muschelkalk, danach den Oberen Muschelkalk. Südlich von Bilzingsleben ist am östlichen Talrand mit dem Höhenzug des Dornberges eine spornartige Keupererhebung erhalten geblieben (*Abb. 2*). Auch westlich von Bilzingsleben liegt ein flaches Plateau des Unteren Keuper, das sich auf der Steinrinne bis an den westlichen Talhang der mittelpleistozänen Wipper erstreckt. Bis zum in etwa 200m Entfernung ausstreichenden Oberen Muschelkalk verläuft der heutige Talhang nahezu horizontal (Unger 1963; 1964). Ein erosives Hangfließen, das in den mittelpleistozänen Warmzeiten größere Muschelkalkplatten in die Fundstelle eingeschwemmt haben könnte, ist daher aus der Richtung des westlichen Wippertalanges weitgehend auszuschließen.

Während die holozäne Talaue heute durch den Oberen Muschelkalk abfließt, gilt dies nicht für das prälsterzeitliche Flußbett, das sich während der Ter-

rassenbildungsphasen sowohl nach unten als auch seitwärts mit den Talrändern in die Morphologie des Unteren Keuper eingeschnitten hat. Die Mächtigkeit der Tonsteine des Unteren Keuper beträgt unter der Steinrinne im nordöstlichen Teil noch ca. 20m, im südwestlichen Teil höchstens noch 5-10m und möglicherweise noch weniger. Die Erkundung der tatsächlichen Mächtigkeit mittels Handbohrer, vor allem im quellseitigen Bereich nordwestlich des Grabungsareals von großem Interesse, wird hier durch die Keuperplatten verhindert. Gemäß Mania (1980, 69) gibt es auch Belege für am Talhang austreichenden Oberen Muschelkalk. Denkbar ist, daß Mittelterrassenschotter nördlich der Steinrinne, z.B. im Bereich westlich von Bilzingsleben, stellenweise bereits direkt auf dem Muschelkalk (mo'kt) liegen.

Die Ursache der unterschiedlichen Schichtmächtigkeit des Keupers liegt in einer direkt unter dem Travertinkomplex herzynisch verlaufenden Hauptstörung, wodurch der anstehende Untere Keuper unterschiedlich stark abgetragen worden ist (Abb. 1). Tektonisch ist der gesamte Nordrand des Thüringer Beckens von diesen herzynischen Störungen geprägt, im Gebiet der Steinrinne „Kindelbrücker Störungszone“ genannt (Seidel 1992) (Abb. 2-4). Sie besteht aus mehreren gestaffelten Verwerfungen, wobei die Hauptverwerfung direkt unter dem Travertin der Steinrinne verläuft (Unger 1963; 1964; Mania 1980). Der Höhenversatz des Untergrundes entlang der Hauptverwerfung beträgt etwa 15m und betrifft die gesamte Fazies der Trias.

Die von Norden in das Thüringer Becken eintretende Wipper trifft an der Steinrinne auf die Hauptstörung, ändert ab hier ihren Lauf und fließt entlang

des Kluft- und Störungssystems ab, wodurch Erosion und Subrosionsprozesse verstärkt werden. Entlang der Verwerfung treten in den Warmzeiten an verschiedenen Stellen karbonathaltige Quellen aus und bilden Travertine (Mania 1980, 57). Gegenwärtig ist das Gründelsloch bei Kindelbrück, ca. 1,5km südwestlich der Grabungsfläche, als stark schüttende Quelle im Störungsgebiet aktiv (Abb. 4).

Die artesisch gespeisten Quellen waschen besonders das Kalziumkarbonat der Anhydrit- und Gipsfolgen des Mittleren Muschelkalkes aus. Subrosive Wässer der Verkarstungszone fließen an den Schichtstufen härterer Muschelkalkbänke entlang, bevor sie mit Bikarbonat gesättigt an der Verwerfung austreten (Wiefel & Wiefel 1974; Gesang 1978; Steiner 1978). Obwohl die Auslaugung und Verkarstung des Mittleren Muschelkalkes prinzipiell bewiesen ist, kann die Größe des Verkarstungsgebietes allerdings bislang nicht eindeutig ermittelt werden (Schwebke 1988). Möglicherweise reicht die unterirdische Sickerzone bis zum Rand der Hainleite. Untersuchungen des Muschelkalkes dieses Gebiets haben über erhöhte Ca-Anteile und die verstärkte Ausprägung knaueriger Wellenkalkes typische Merkmale der Beckenrandfazies dokumentiert (Althen et al. 1980). Die Fragen zur Verkarstungsmorphologie bleiben dabei noch offen.

Untersuchungen zur subrosiven Auswaschung des Muschelkalkes sind z.B. an den eemzeitlichen Travertinen von Burgtonna dokumentiert worden (Steiner 1978; Gesang 1978). Hier ist durch Aufsattelung der herzynisch streichenden Fahner Höhe der Mittlere Muschelkalk in exponierte Position gebracht worden.

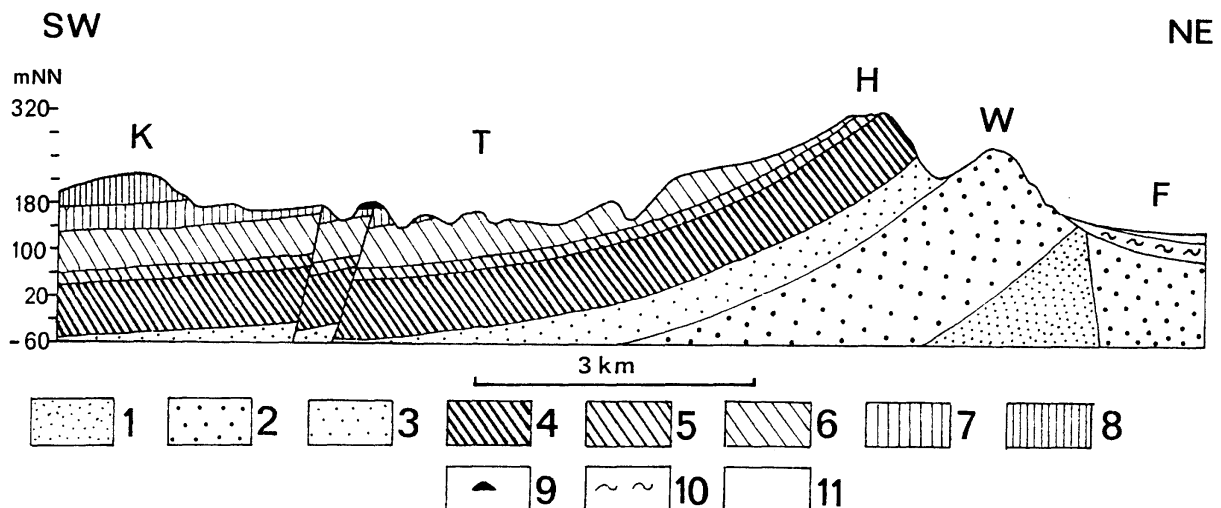


Abb. 1 – Geologischer Schnitt durch den Rand des Thüringer Beckens bei Bilzingsleben (Mania 1997b, 53);
 Legende: 1 - Unterer, 2 - Mittlerer, 3 - Oberer Buntsandstein, 4 - Unterer, 5 - Mittlerer, 6 - Oberer Muschelkalk, 7 - Unterer, 8 - Mittlerer Keuper, 9 - pleistozäne Travertine der Steinrinne über der Kindelbrücker Störungszone, 10 - pleistozäne, 11 - holozäne Ablagerungen im Frankenhäuser Salzspiegelal.
 K - Keuperhochfläche Altgefeld, T - verschiedene Anschnitte des mäandrierenden Wippertals, H - Hainleite, W - Windleite, F - Frankenhäuser Tal

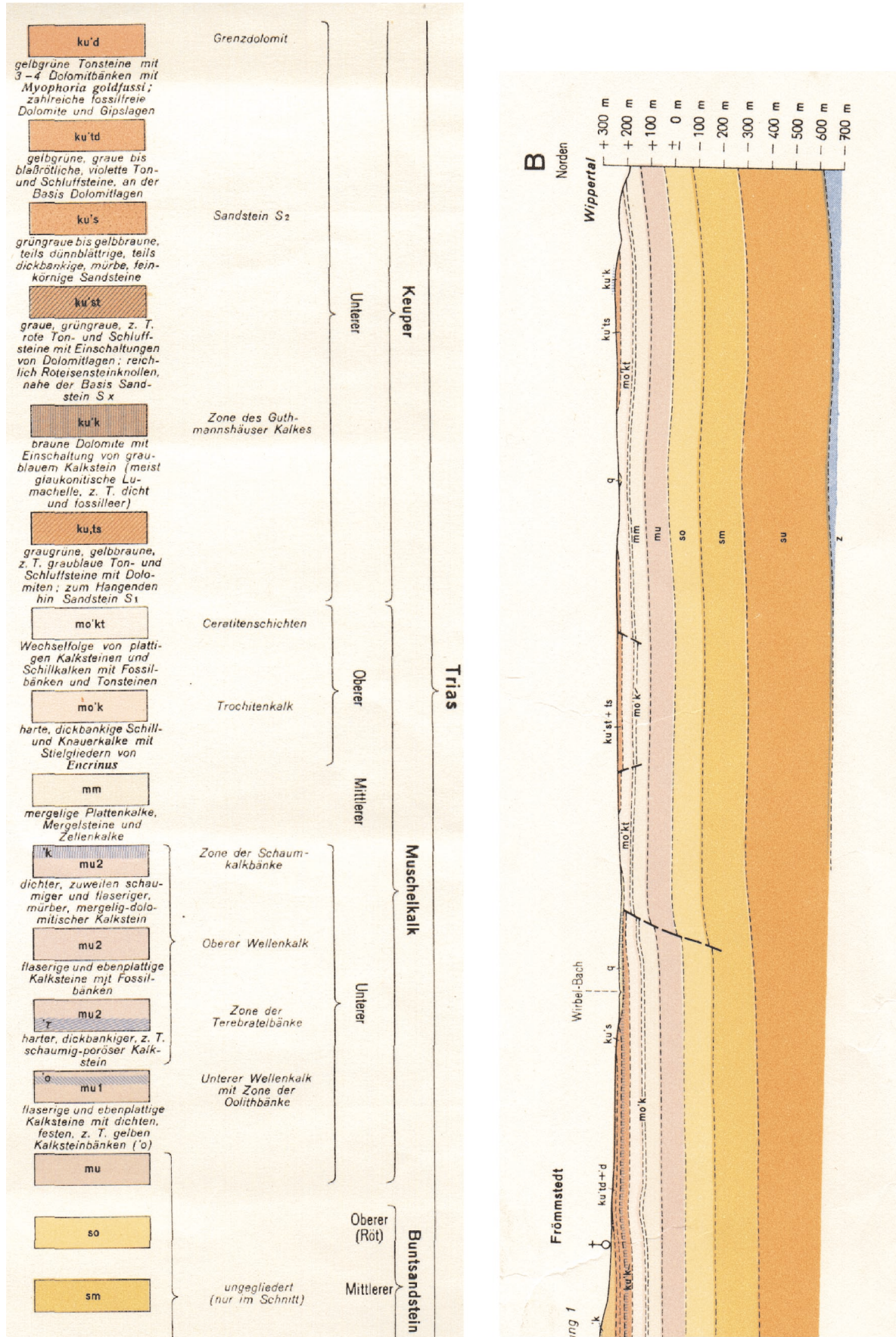


Abb. 3 – links: Legende zu Blatt 4732, speziell Ausschnitt der Formationen der Trias
rechts: Profil B des Geologischen Blattes 4732 (vgl. fette schwarze Linie auf Abb. 2)

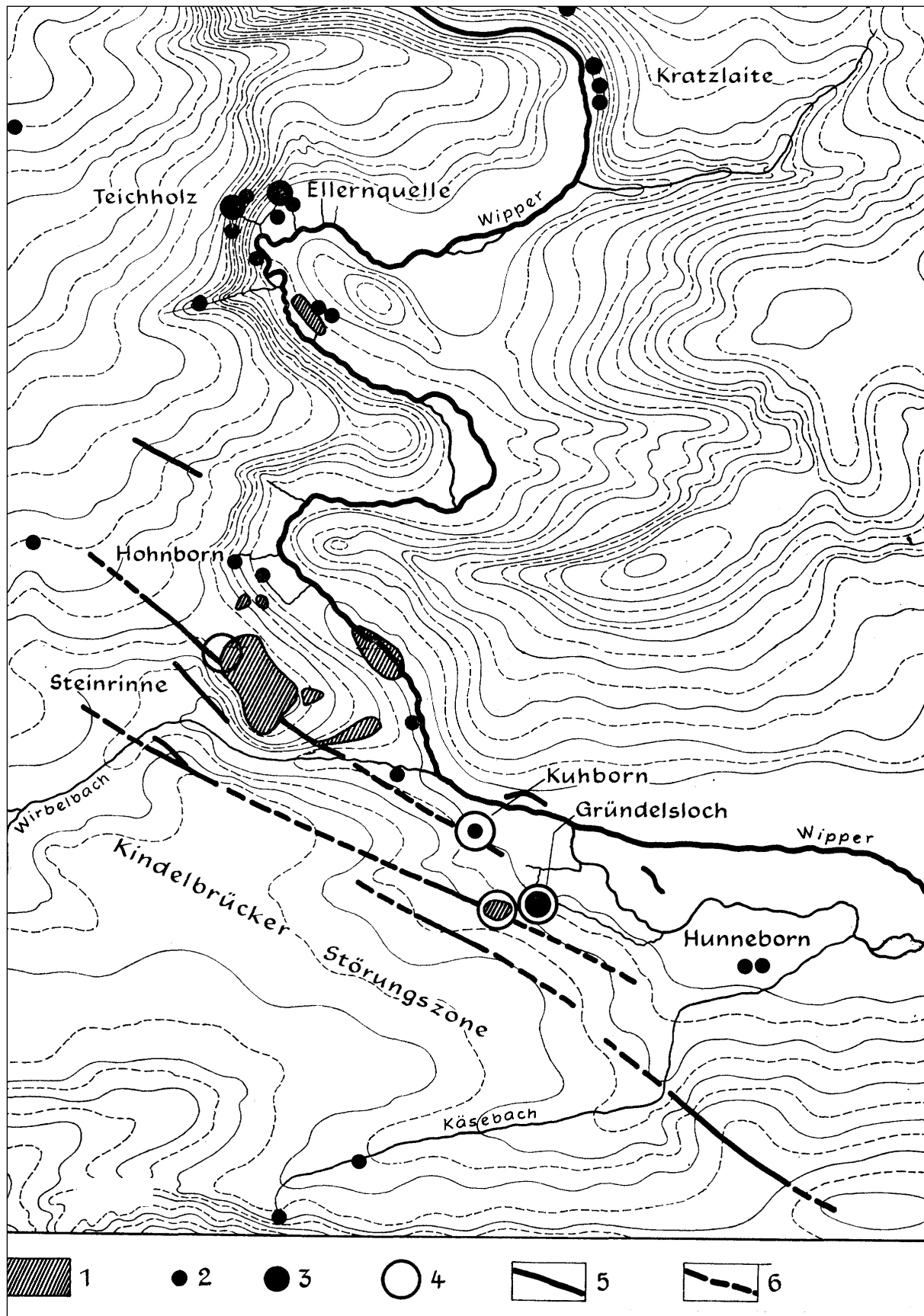


Abb. 4 – Hydrologie und Tektonik des Gebietes der unteren Wipper (Mania 1980, 53);

Legende: 1 - Travertinablagerungen und kalkhaltige limnische Sedimente, 2 - Quellen, 3 - Quellen mit starker Schüttung, 4 - Erdfallquellen, 5 - Verwerfungen nachgewiesen, 6 - Verwerfungen vermutet

An der nördlichen Flanke der Aufsattelung treten die Wässer als Erdfallquellen aus. Das in der Verkarstungszone versickernde Wasser fließt auch hier bei subrosiver Auswaschung auf der Schichtstufe des Mittleren Muschelkalkes ab und tritt an der Verwerfung, wo die abfließenden Wässer auf eine härtere Formation treffen, oberflächlich aus. Solch geomorphologisch günstige Schnittstellen treffen oft mit Flüssen zusammen. Das Flußtal wird zunächst auch entlang der Schichtstufe angelegt, durch weiteren Einschnitt in den Untergrund kommt es zum begünstigten Austritt bikarbonatreichen Karstwassers. Während es zu Beginn der Abscheidung der Wässer noch keine Travertinbildung gibt, entsteht durch Senkung des subrosiv ausgewaschenen Muschelkalkes ein zunehmend parautochthones Becken. Die Senkung vollzieht sich am stärksten in Richtung zur Verkarstungszone hin und führt zur Schrägstellung der Deckschichten. Nur unter hochwarmzeitlichen Bedingungen kommt es zur Bildung gebankter Travertine, die in wenigen Jahren mehrere Meter Mächtigkeit erreichen.

Trotz der eindeutig verschiedenen alten Interglaziale der Travertine von Burgtonna und Bilzingsleben können für Burgtonna gesicherte, für Bilzingsleben noch zu prüfende Prinzipien von Verkarstung und Travertingenese skizziert werden:

- Die Subrosion von Muschelkalk bewirkt ein Einbrechen der aufliegenden Schichten im Bereich der Quellschüttungen und im primären Rückstaubecken. In Burgtonna ist eine Absenkung des südlichen Tales um 25m gegenüber dem nördlichen Rieselfeld zu beobachten, gleichzeitig erreicht der bankige Travertin im eingebrochenen Südteil mit bis zu 14m die größte Mächtigkeit (Gesang 1978, 46). Da dieses Einbrechen des quellseitigen Talniveaus bereits während der Travertingenese beginnt, kommt es dort auch zu faziellen Veränderungen in der Genese des Travertins durch mehrfache Erosion und erneutes Aufwachsen in gebankter Form. Das ist an den bis zu 15m hohen Profilen im Travertinbruch von Burgtonna gut zu sehen (*Unpubl. Dokumentation, L.Steguweit 1994*).
- Grusig-sandige Basisschichten („Travertinsande“) sind Verwitterungsprodukte des weiter talaufwärts gelegenen, erosiv abgetragenen Travertins, also ein klastisches Sediment, das sowohl in Burgtonna als auch in Bilzingsleben regelmäßig auftritt (Ziegenhardt 1962; Gesang 1978; Mania 1980; 1997b).
- Die bikarbonatreichen Wässer scheiden sich zum einen am Rieselfeld an der Front des Talbeckens ab, zweitens gibt es aber infolge der Subrosion und Absenkung in zunehmendem Maße einen Kalkneubildungsraum im quellseitigen Talbereich. Das führt zur Ausbildung eines parautochthon limnischen Beckens (Steiner 1978, 51).
- Sowohl in Bilzingsleben (Fundstellenbereich) als auch in Burgtonna (südlicher Bereich) überwiegen massive Travertinbänke, die einen Hinweis auf raschen Ablauf der Sedimentation im subrosiv entstandenen Becken liefern. Während der Travertin in Burgtonna oft aus inkrustierten Pflanzenstengeln, Moosen oder Characeen besteht (Gesang 1978), ist in Bilzingsleben ein parautochthones Aufwachsen oft reiner Charophytenkalke belegbar (Nötzold 1991).

FAZIT: Die Absenkung des Untergrundes ist in Burgtonna ein syngenetischer Prozeß gleichzeitiger Subrosion und Travertinbildung. Das wäre auch für Bilzingsleben plausibel, denn auch hier gibt es grusige Verwitterungsprodukte innerhalb der basalen Travertinfolge, die auf sukzessive Erosion und Neubildung von Travertin hindeuten. Im Gegensatz dazu hält Mania (1980, 82) die subrosionsbedingte Absenkung für einen Prozeß, der bereits in der Kaltzeit vor der Travertinbildung abgeschlossen sei und zur verstärkten Anwehung von Beckenlöß geführt habe. Damit hält er die Anlage des Beckens und die hier beginnende Travertinbildung für einen von der Schnittstelle Fluß/Verwerfung entkoppelten Prozeß.

Die Höhenunterschiede im gesamten Travertinplateau von Bilzingsleben geben D.Mania Anlaß zur Erstellung mehrerer alternativer Szenarien (*Abb. 5*). Modellhafte Schnitte durch die Steinrinne (*Abb. 5 oben*) zeigen seine frühere, inzwischen revidierte Ansicht, daß die Travertinbildung lediglich ein genetisches Ereignis darstelle (Mania 1980, 70). Dafür gibt es zahlreiche Hinweise im Gelände, wie z.B. übereinstimmende Schichtgrenzen bei den großen Blöcken, deren Mächtigkeiten im gesamten Verlauf der 300m langen Travertinplatte ähnlich sind (Mania 1980, 70). Neben Scherkräften, die infolge der morphologischen Reliefumkehr durch Auswaschung der Flanken (Wipper und Wirbelbach) starke laterale Zugspannungen bewirken und den Travertinblock vorzugsweise in der Achse SSW–NE verwerfen (Profil, *Abb. 5 unten*), ist ein Höhenversatz der Travertinbasis von ca. 5m auch in Längsrichtung meßbar (in *Abb. 5 oben* angedeutet). Da das gesamte Travertinvorkommen heute stark zerklüftet bzw. durch den Steinbruchbetrieb abgebaut worden ist, sind diese Zeichnungen allerdings stark modellhaft. Eine prinzipiell andere Sichtweise, die D.Mania zur Genese des Travertins etwa seit Beginn der 90-er Jahre vertritt, soll speziell im Kapitel „Der aufliegende Strukturtravertin“ diskutiert werden. Sie beruht auf einer grundsätzlichen Umbewertung der basalen Terrassenreste.

Da es bis heute keine durchgehenden Profilaufnahmen durch die Steinrinne gibt, beruhen alle Erkenntnisse auf Schürfen und Bohrungen an den gut zugänglichen Stellen, d.h. dort, wo kein massives Travertinplateau mehr erhalten ist (*Abb. 6*). Es zeigt sich, daß der zentrale Teil im SW-NE-Profil (Querprofil bezüg-

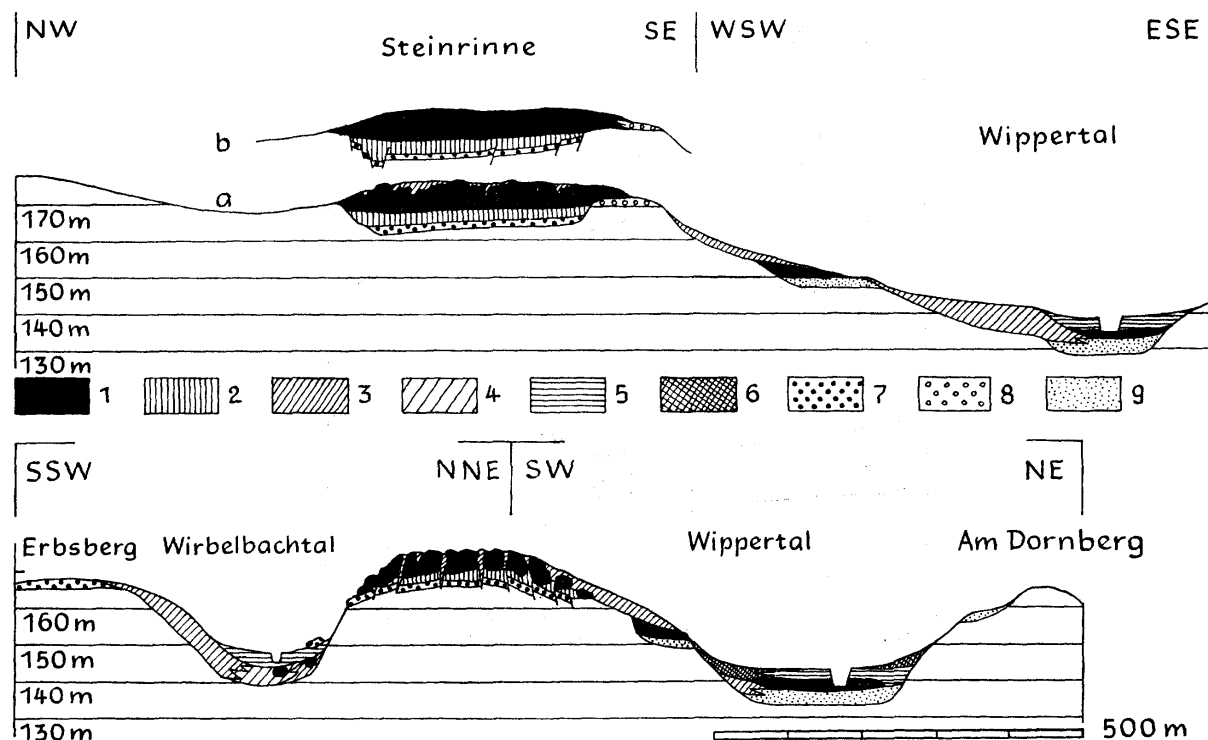


Abb. 5 – Modellhafter Längs- und Querschnitt durch die Quartärablagerungen der Steinrinne (Mania 1980, 59);
 Legende: 1 - Travertin, 2 - Beckenlöß, 3 - Löß, 4 - Solifluktionsschutt, 5 - Auelehm, 6 - humoser Hangschutt, 7 - kaltzeitliche Schotter des 26-27m-Niveaus, 8 - warmzeitliche Schotter des 30-32m-Niveaus, 9 - kaltzeitliche Schotter der Terrassenstufen bei 15-20m, 5-10m und im Aueniveau;
 Profil a und b: zwei Varianten zur Erklärung der stratigraphischen Beziehungen im Travertinkomplex

lich der Grabungsfläche) stark eingefallen ist (Abb. 7). D. Mania wertet diesen Vorgang als postgenetisch. Das massive Auftreten grusiger Travertinsande könnte hierzu auch andere Szenarien denkbar werden lassen.

Wie Abb. 5 und Abb. 7 verdeutlichen, liegt das absolute Höhenniveau der Travertinbasis bei ca. 163-167m NN und ist im Bereich der Grabung mit ca. 163m NN am niedrigsten. Diese Höhendifferenzen könnten sich bei einem entsprechenden Bohrprogramm, durch den gebankten Travertin bis auf die Keuperbasis nur mit maschinellem Einsatz durchführbar, wahrscheinlich als noch größer erweisen. In Anbetracht dessen sind Diskussionen, die Terrassenniveaus von wenigen Metern Höhenunterschied chronostratigraphisch zu deuten, von den dafür entscheidenden Fragen unberührt.

Eigenen Geländebeobachtungen zufolge ist seit 1997 eine mächtige herzynische Verwerfung mit einer vertikalen Verschiebung von ca. 5m bekannt, die nur wenige Meter südwestlich der Grabungsfläche und etwa parallel zum Schnitt 3 (Abb. 6) verläuft. Sie zeigt sich im Basisniveau des limnischen Seekalkes, der auch hier Silex und Knochenfragmente enthält. Die von Potengowski (1997) dokumentierte Verstellung des Charophytenkalkes habe ich ebenfalls begutachten können (Tafel 3). Eine Interpretation des Hangenden als weichselzeitliche Deckschichten (Potengowski

1997) ist unplausibel, da sich in diesen Schichten überwiegend umgelagertes Material der Basis befindet und keine stratifizierbare zeitliche Tiefe zu erkennen ist, die einen Hiatus zwischen Seekalk und Deckschutt begründen ließe. Allerdings weist der Versatz auf die ursprüngliche Höhe der limnischen Fazies hin. Ob die Grabungsfläche durch Subrosion so stark eingefallen ist, oder sich hier eine Verwerfung entlang der Hauptstörungslinie zeigt, kann in Ermangelung der Basiskartierung derzeit nicht beurteilt werden. Es wäre interessant, dieses Profil weiter abzutiefen, um auch hier die Mächtigkeit des Seekalkes und vor allem die Frage einer liegenden Terrassenbasis zu untersuchen.

Der nordwestliche Teil des Travertins ist gegenüber dem Südostteil in mehrfachen Staffeln eingefallen. Allein in der Grabungsfläche tritt ein zweifacher Höhenversatz auf (Mania 1997b, 58-9). Die Abnahme der Basishöhe nach NW infolge der Senkung des Untergrundes wird von D. Mania zwar dokumentiert, eine Korrelation mit der erodierten Basis der „32m-Terrasse“ jedoch aus bio- und lithofaziellen Überlegungen abgelehnt (Abb. 7, 8).

Der Hauptversatz im Gelände, oberflächlich mit einer von Südwesten in die Travertinbildung streichenden Keuperfließerde bedeckt, trenne die „27m-Terrasse“ trotz des nach SW ansteigenden Niveaus

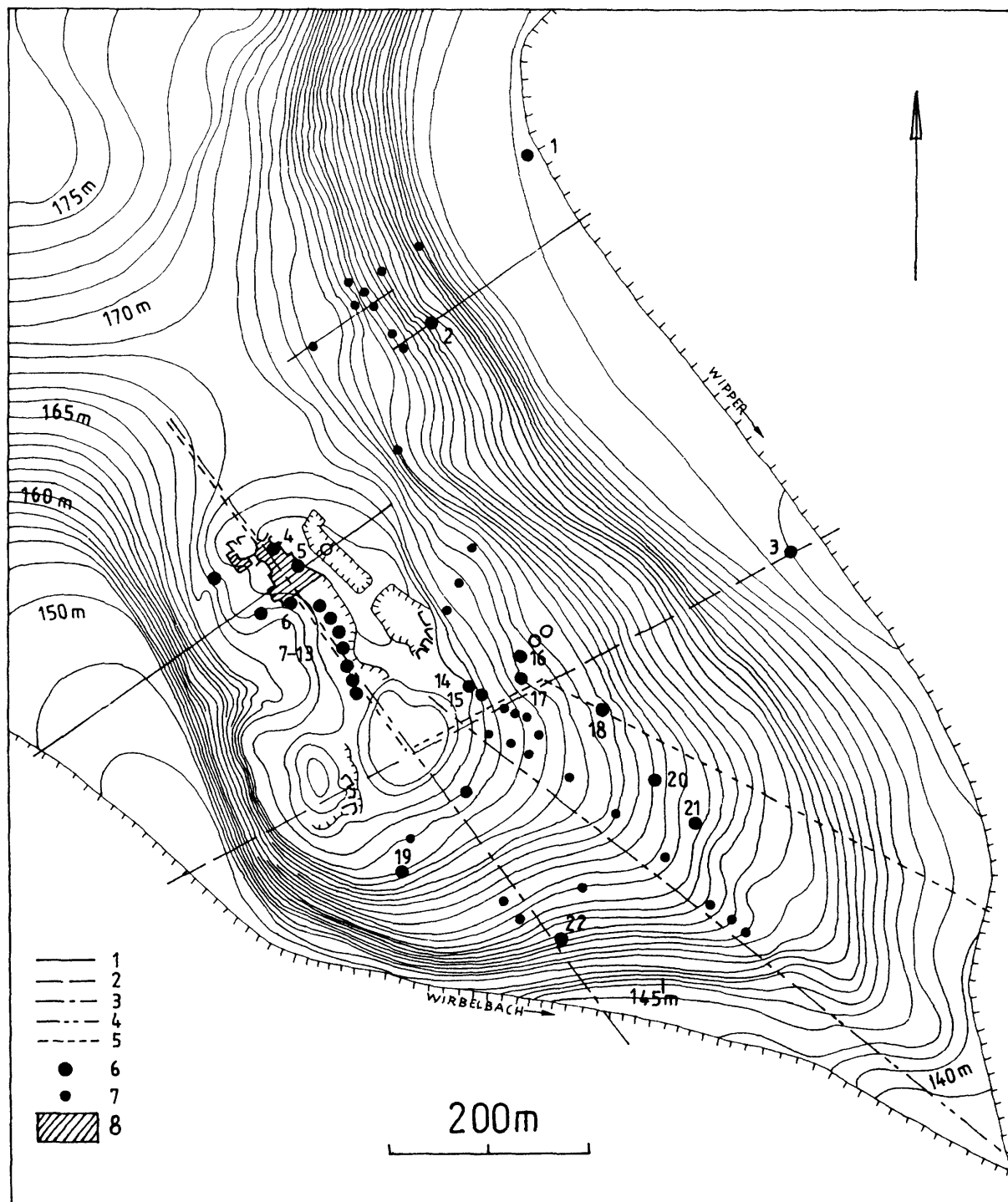


Abb. 6 – Steinrinne mit Lage der Schürfe, Bohrungen und modellhaften Längs- und Querschnitte (Mania 1997b, 56); 1-5 - Lage der Profile, 6 - Schürfe (vorwieg. mit Bagger), 7 - Handbohrungen, 8 - Grabungsfläche

klar von der Basis der südlichen Travertinplatte, die durch warmzeitliche Schotter gebildet wird („32-30m-Terrasse“).

Betrachtet man nun den Längsschnitt unter Zuhilfenahme aller neueren Bohrungen und Schürfe, so scheint das Niveau der Terrassenbasis weitgehend durch das Niveau des darüber abgelagerten Beckenlösses ausgeglichen worden zu sein (Abb. 9). Dieser weist im Grabungsareal entlang des Längsschnittes

zwischen 1-2,5m Mächtigkeit auf und nimmt nach SE kontinuierlich ab (Mania 1997b, 64). Der Höhenunterschied der Terrassenbasis von ca. 2m innerhalb der NW-SE-Achse wird hier offenbar. Sofern es sich um äolischen Primärlöß handelt, würde dies tatsächlich für die Absenkung des Untergrundes vor der Travertinbildung sprechen. Hier zeigt sich, daß konträre Geländebeobachtungen nur durch eine intensive Untersuchung des geologischen Untergrundes zu lösen sind.

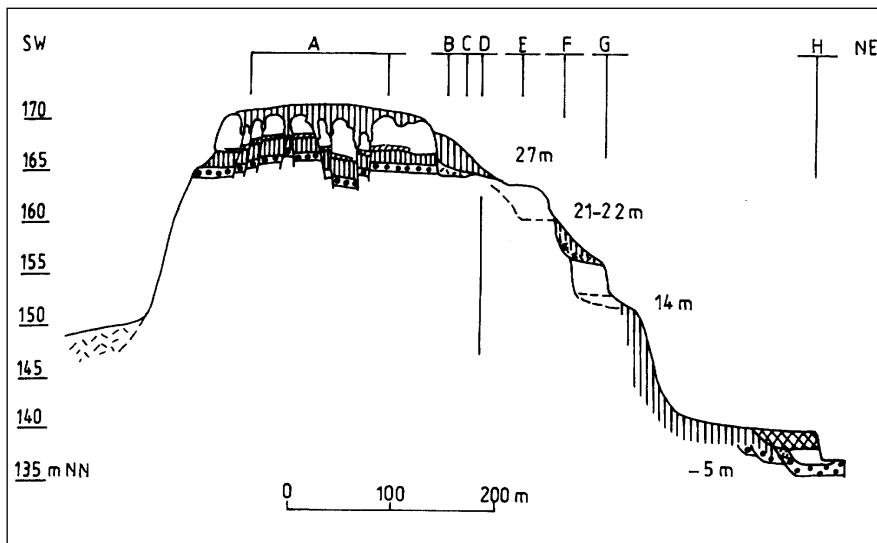


Abb. 7 – Querschnitt durch die Quartärablagerungen der Steinrinne (Mania 1997b, 59); zur Legende vgl. Abb. 8; zur Lage des Schnittes vgl. Ziffer 1 bei Abb. 5 (durchgezogene Linie)

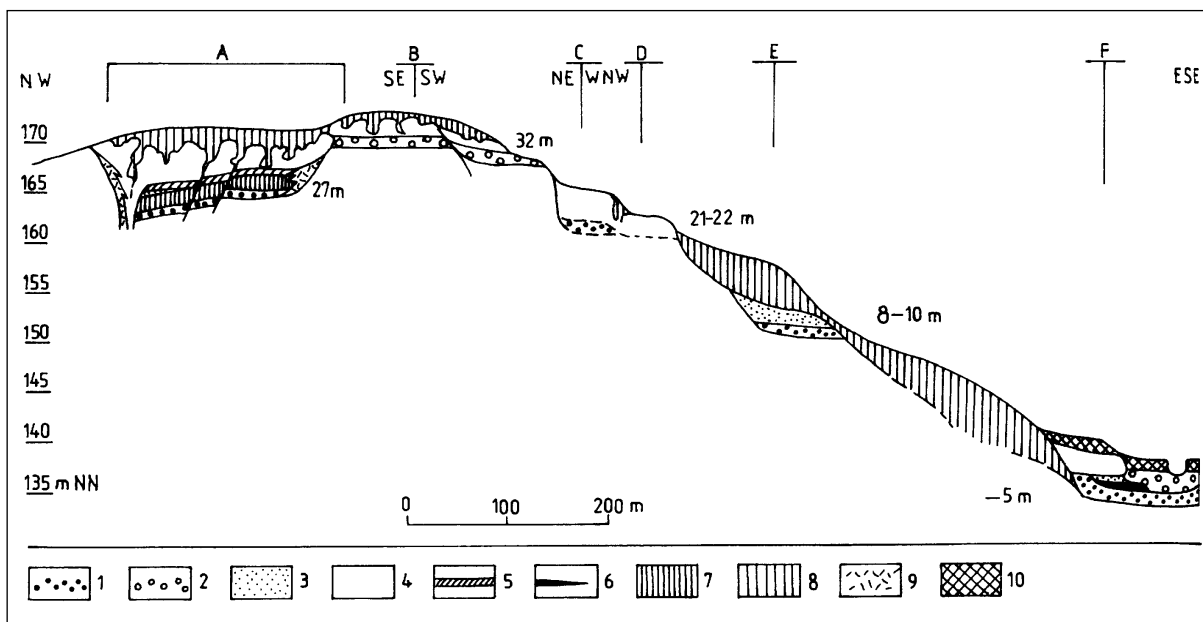


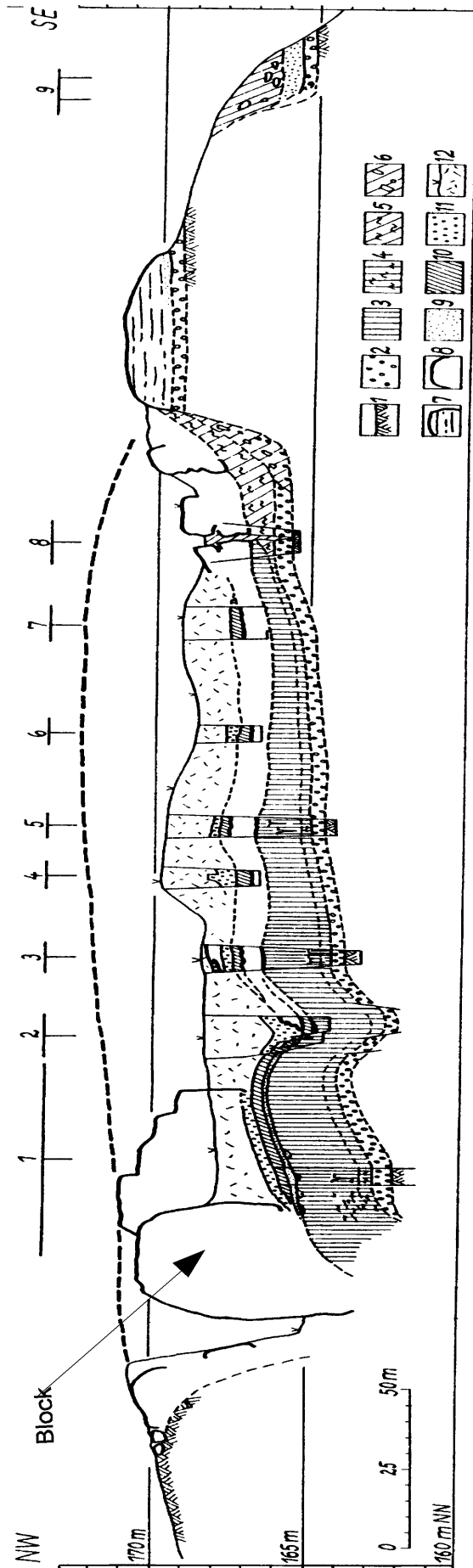
Abb. 8 – Längsschnitt NW-ESE durch die Quartärablagerungen der Steinrinne (Mania 1997b, 58); zur Lage des Schnittes vgl. Ziffer 5 bei Abb. 6 (gestrichelte Linie)
 Legende: 1 - kaltzeitliche Schotter, 2 - warmzeitliche Flußablagerungen, 3 - Lockertravertin, 4 - Festtravertin, 5 - Seekalk, 6 - spätglaziale Mudden/ Torfe, 7 - älterer Löß, 8 - jüngerer Löß, 9 - Hangschutt, Fließerden, 10 - holozäne humose Hangbildungen und Auelehm; A - Grabungs-/ Steinbruchaufschluß, B-F - Lage der Schürfe

Einen ersten Hinweis auf die Möglichkeit syngenetischer Absenkung des Bilzingslebener Travertins durch Subrosion gibt die vor kurzer Zeit erfolgte Probenahme zur ²³⁰Th/²³⁴U-Datierung (Mallick et al. 2000). Dabei kann innerhalb der gebankten Fazies, etwa 2m über der Travertinbasis gelegen, eine sprunghafte Veränderung der Lösungszusammensetzung gemessen werden, die als Überprägung der unteren Schichten des Travertins durch syn- oder postgenetisch in das System eindringendes Wasser gedeutet wird (schriftl. Mitteilung R.Mallick 2000). Der Befund könnte sowohl einen sprunghaften Anstieg des Was-

serspiegels in einem abgeriegelten System (See) bedeuten als auch eine Absenkung des gebankten Travertins durch syngenetische Subrosion bei relativ gleichbleibendem Wasserstand.

• Zum Austritt der Karstwässer in einem Quelltopf:

Nach bisheriger Ansicht ist die Travertinbildung durch eine stark schüttende artesische Quelle südwestlich der Grabungsfläche erfolgt (Mania 1997b, c). Um dieser Frage nachzugehen, ist in den 90er Jahren der „Südwest-Schurf“ angelegt worden (Tafel 2 oben).



Bilzingsleben-Folge II. Schnitt durch die Folge von NW nach SE. 1 Tonsteine des Unteren Keupers, 2 Flußschotter, 3 Löß, 4 Fließerde mit Schutt an der Basis des Lößes, 5 Solifluktions-, Hangschutt, vorwiegend mit Löß, 6 desgleichen, vorwiegend mit groben Komponenten, 7 Travertin der Folge I, 8 Travertin der Folge II, fester Strukturtravertin (Banktravertin), 9 Travertinsand, Schwemmfächer, 10 Seekalk, 11 lockerer Strukturtravertin, 12 Steinbruchschutt. – Einzelprofile: 1 Aufschluß im Steinbruch, Grabungsbereich, 2 - 8 Baggerschürfe von 1976 (Nr. 7 - 19 auf Karte Abb. 14).

Abb. 9 – Querschnitt NW-SE durch die Steinrinne (Mania 1997b, 64)

Die zum Beweis eines Quelltopfes dienenden, senkrecht aufgewachsenen Travertinstrukturen erweisen sich dabei als ein Block, der erst sekundär durch Steinbrucharbeiten senkrecht gestellt worden ist (*Abb. 9*). Der Block ist möglicherweise durch den Höhenunterschied der Verwerfung während der Steinbrucharbeiten abgekippt, wodurch der gebankte Travertin nun senkrecht steht (*Tafel 2 unten rechts*). Ein Quelltopf, für dessen Existenz vor allem die Senkrechtstrukturen ins Feld geführt wurden, kann daher an der vermuteten Stelle nicht belegt werden. Der massive fluviatile Eintrag von Quarz und Muschelkalk im SW-Schurf zeigt zudem, daß hier kein abgeschirmtes Milieu vorgelegen hat.

Es stellt sich darüber hinaus die Frage, ob ein punktförmiger Quellaustritt prinzipiell plausibel ist, oder ob es mehrere Erdfallquellen entlang der Verwerfung gegeben haben kann, die mit einer Verkarstung des Untergrundes in Verbindung stehen. Während das Versickern von Wipperwasser nördlich des Ortes Bilzingsleben im Durchfließen des Mittleren Muschelkalkes meßbar ist, ist der Austritt von Wipperwasser an der Kindelbrücker Störungszone am holozänen Gründelsloch (*Abb. 4*) bisher nicht nachgewiesen worden (Schwebke 1988). Versuche mit eingefärbtem Wasser haben in der Quellschüttung des Gründelsloches nicht den gewünschten Nachweis erbracht. Auch die Salzbelastung der Wipper durch den Kali-Bergbau ist im Wasser des Gründelsloches nicht nachgewiesen worden. Das könnte für eine weit stärkere subrosiv bedingte Verkarstung des südlichen Hainleitengebietes mit einem weit größeren Wasserreservoir sprechen als bislang angenommen. Die geomorphologischen Voraussetzungen dafür wären sowohl durch die Möglichkeit des Versickerns an der Schichtstufe des Mittleren Muschelkalkes, wie auch infolge von Wasserakkumulation an der Südflanke der Hainleite gegeben (Steiner 1978).

FAZIT: Der geomorphologische Untergrund im Steinrinnenbereich ist prädestiniert für subrosiv bedingte Absenkungsprozesse, die mit der Travertingenese in Zusammenhang stehen und an anderen Travertinen dokumentiert worden sind. Es wird deutlich, daß die noch ausstehende Untersuchung der geologischen Basis Grundlage einer Bewertung relativer Höhenneiveaus werden sollte.

Im folgenden wird zur Frage verschiedener Terrassenniveaus im Wippertal Stellung genommen, die als Basis des Travertinkomplexes maßgebliche Bedeutung für die *site formation* besitzen. Die Ablagerungen weisen lithostratigraphische Charakteristiken auf und lassen Vergleiche zu anderen Aufschlüssen im nördlichen Thüringer Becken zu. Von Interesse sind Hinweise, die auf fluviatilen Import von Gesteinen und Sedimenten zur Zeit der Fundstellengenese hindeuten.

Die Terrasse der frühen Elsterkaltzeit (40-45m-Terrasse) und Vorgänge der Elstervereisung

- *Lithofazielle Beschreibung:*

Frühglazial: Die Terrassenstufe, im (alten) Wippertal bei etwa 45m, im Thüringer Becken zwischen 40-50m Auenabstand gelegen, ist als erste thüringische Vereisungsterrasse gesichert in das Frühglazial der Elsterkaltzeit zu stellen (Mania 1980, 62-3; 1997b; Unger 1974; Unger & Kahlke 1995) (*Abb. 10*). Diese „jüngeren Grobschotter“ bilden, da sie frei von nordischem Material sind, einen wichtigen Marker vor der Elstervereisung (Unger 1995; Unger & Kahlke 1995).

Die Wipperschotter sind nach dem Durchschneiden des Muschelkalks der Hainleite durch hohe Anteile von lokalen Triasgesteinen geprägt. Es dominiert Muschelkalk mit 60-80%, dazu kommen Buntsandstein und Keuperdolomite, vereinzelt Quarze, Kiesel-schiefer und Kristalline (Mania 1980, 49). Dieses Terrassenniveau der Altwipper bei 40-45m Auenabstand ist nur nördlich von Bilzingsleben, auf den rechtsseitig der Wipper gelegenen Hügeln Dornberg und Hardt erhalten (Mania 1980, 46/ 50). Es markiert in Höhe und Breite des Schotterausstrichs den Talboden des präglazialen Wipperlaufes, der nördlich von Bilzingsleben in östliche Richtung zum Unstruttal abgeflossen ist (*Abb. 11: gestrichelte Linie*). Das Gebiet der Steinrinne hat – trotz des nur schätzbaren Talrandverlaufes – zweifellos außerhalb dieses Flußtales gelegen.

Hochglazial: Die Elster-I-Vereisung bringt erstmals nordisches Material in das Thüringer Becken. Durch den Rückstau der Flüsse bei der Eisrandlage an der Porta Thuringica (Kannawurfer Halt) werden im nördlichen Thüringer Becken bis zu 25m mächtige Bänder-tone abgelagert (Mania 1997b, 27), die auch südlich von Bilzingsleben (Alteburg) noch 10m mächtig sind (Unger & Kahlke 1995, 211). Die anschließend bis auf Höhe der südlichen Randhöhen des Zentralbeckens (Höhe Erfurt) anwachsende Grundmoräne (*Abb. 10*) lagert im Thüringer Becken bis zu 15m mächtigen Geschiebemergel ab. Durch Bändertone und Grundmoräne werden die präglazialen Täler des Beckens plombiert und die Morphologie weitgehend eingeebnet. Relikte der ehemals flächenhaft verbreiteten Elstergrundmoräne, einschließlich Bänderton, sind heute noch wipperaufwärts, auf der rechten Flußseite, auf den Keuperplateaus der Hardt und des Dornberges erhalten (Unger 1974). Grundmoränenreste westlich Bilzingslebens, südlich von Oberbösa, belegen die flächige Bedeckung des Wippereinzugsgebietes auch südlich des Hainleitenrückens (Unger 1974). Nach Mania (1980, 51) hat der Geschiebemergel im unteren Wippertal aber nicht die maximale Mächtigkeit des Zentralbeckens erreicht, sondern nur ca. 5m. Damit würde sich der Spielraum relativer Höhen von elsterzeitlichen Grundmoränenresten erheblich verringern.

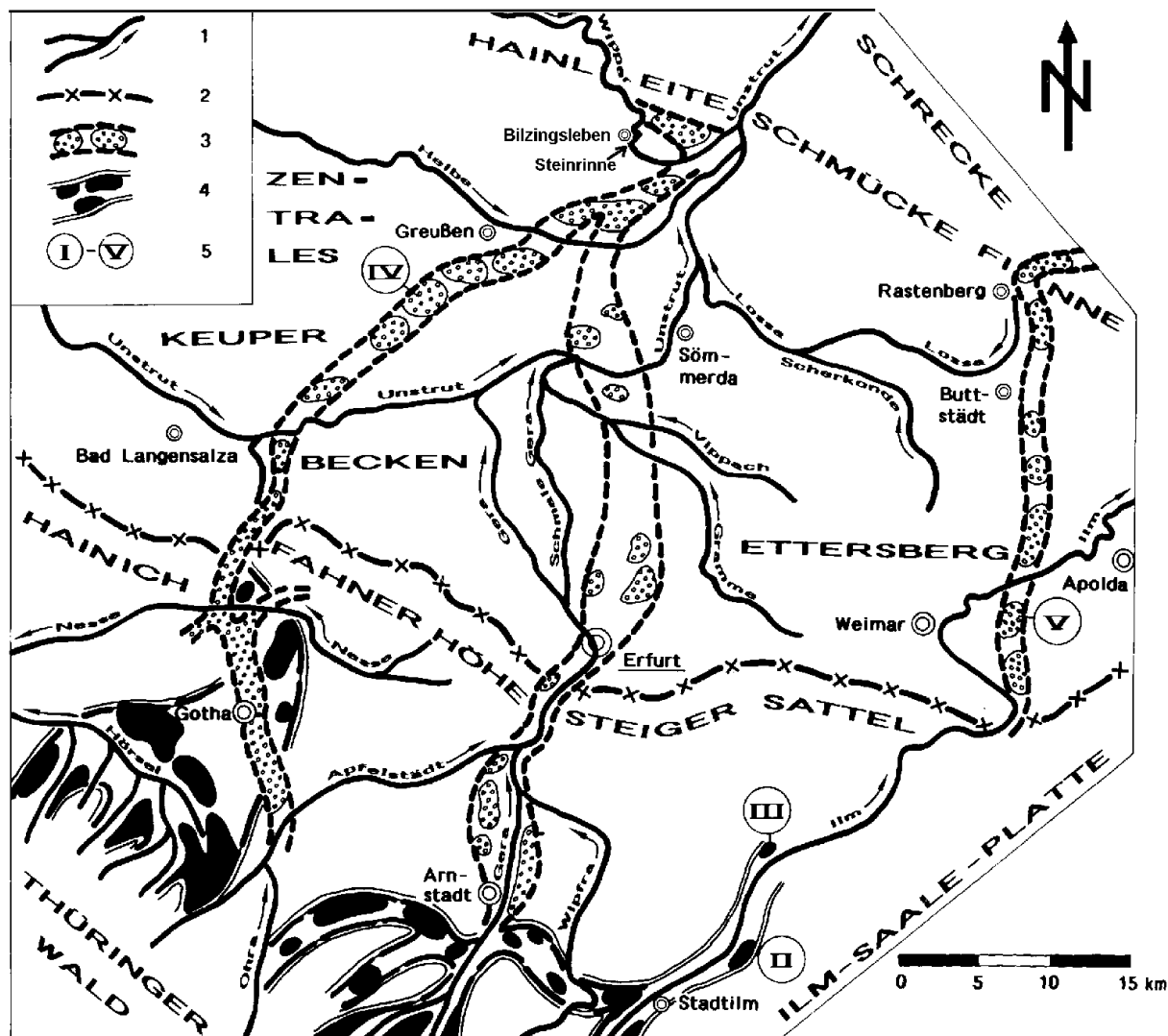


Abb. 10 – Thüringer Becken mit präelsterzeitlichem Gewässernetz (Unger 1995, 394):

1 - rezentes Flußsystem, 2 - maximale Ausdehnung der Elstervereisung, 3 - Ablagerungen der jüngeren präglazialen Flüsse, 4 - Sedimentfolgen der präglazialen Gewässer, 5 - Aufschlüsse von Terrassenschottern (Aufschluß IV: Präglazialschotter von Lützensömmern)

Spätglazial: Während des Eiszerfalls schneiden sich die Flüsse bei stark ansteigendem Wasserhaushalt auf der weitgehend nivellierten Moränenfläche als neue Täler ein (Unger 1974). Dieser Einschnitt ist in vielen Tälern mitteldeutscher Flüsse belegt (Unger & Kahlke 1995; Eissmann 1995).

Auch die Wipper sucht sich nach dem Hainleitendurchbruch ein neues Flußbett auf der eingeebneten Moränenfläche, zunächst südlich in Richtung zum Zentrum des Thüringer Beckens fließend. An der Stelle der späteren Travertinbildung, exakt an der Steinrinne, trifft der Fluß auf die Schichtstufe des Unteren Keupers, der infolge der Kindelbrücker Störung morphologisch herausragt. Ab hier verläuft das Flußbett entlang der Störung (Abb. 4, 11, 12). Das bedeutet, daß der Talboden im ausgehenden Elsterglazial bis auf den präquartären Untergrund abgesenkt wird, die Erosion also sowohl bis zu 5m Grundmoräne als auch bis

zu 10m mächtige Bändertone durchschneidet. Das Niveau der auf dem so entstandenen Talboden abgelagerten Oberen Mittelterrassenschotter (OMT) liegt im Thüringer Becken ca. 30m +/- 4m über der holozänen Aue (Unger 1974; Unger & Kahlke 1995).

- *Bewertung durch D. Mania*

Auch Mania (1980, 50-1) begründet den Richtungswechsel der Wipper entlang der Schichtstufe zunächst mit der Talbodenabsenkung (Abb. 12), ändert später aber seine Ansicht bezüglich des Zeitpunktes (Mania 1997b, 25-7). Im Prinzip seines allgemeinen „glazialen Grundzyklus“ sei der erosive Flußeinschnitt im Spätglazial generell nur geringmächtig, da der Erosionsvorgang aufgrund der schnellen Wiedererwärmung und der zunehmenden Vegetationsdichte nur von kurzer Dauer sei. Das bedeutet seiner Ansicht nach, daß

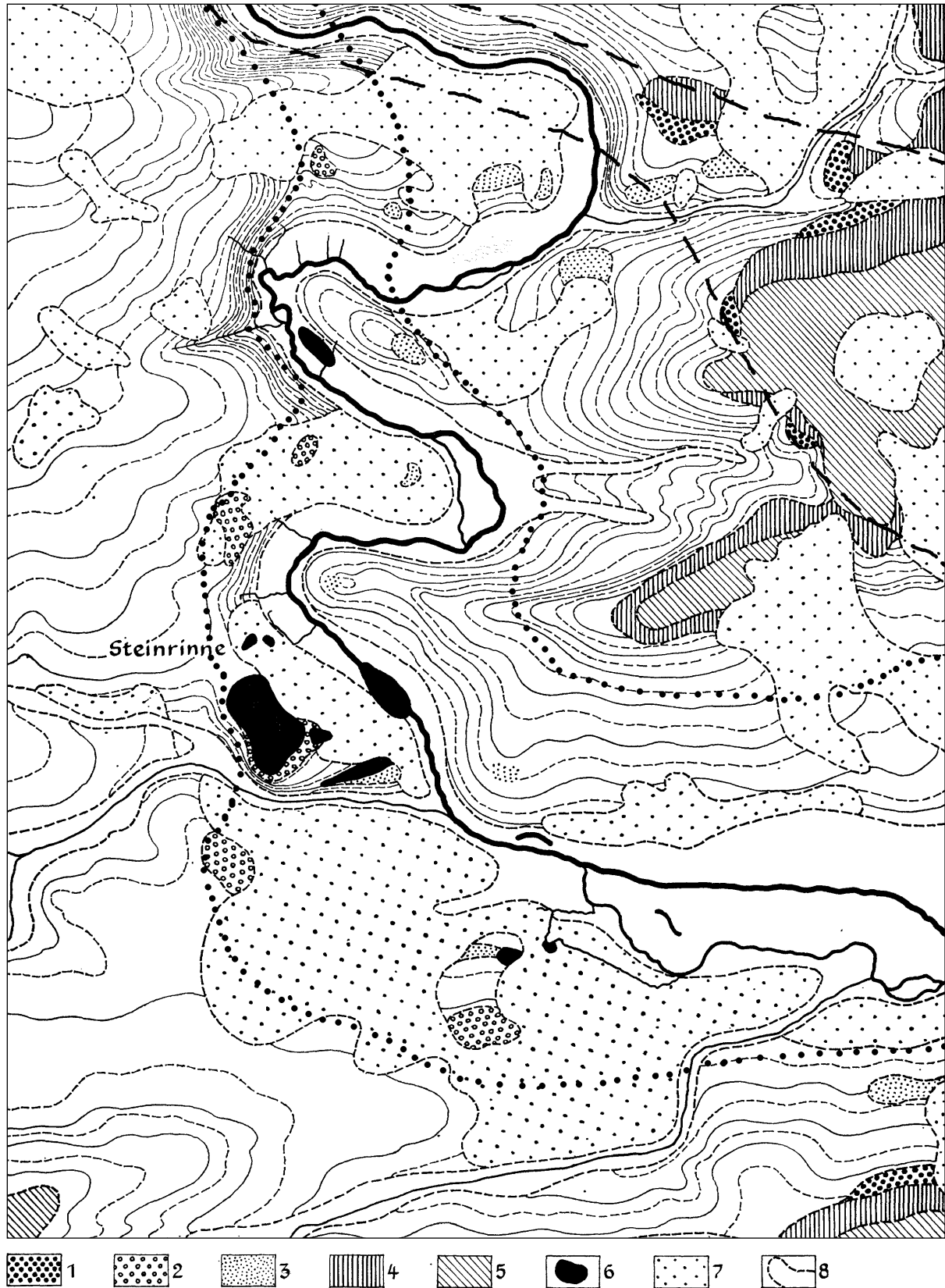


Abb. 11 – Quartärablagerungen im Gebiet der unteren Wipper, mit prä- und postelsterglazärem Wipperlauf (nach Unger 1963; Mania 1980, 50), Legende: 1 - Schotterterrassen bei 40-45 und 60-70m, 2 - Terrasse 26-32m, 3 - Terrassen bei und 15-20m, 4 - Bänderton, 5 - Geschiebemergel, 6 - Travertin und Seekalk, 7 - Löß, 8 - holozäne Aue; Ergänzung des Verfassers: prälsterzeitlicher Wipperlauf (gestrichelte Linie oben), postelsterzeitliches Flußbett (fett gepunktete Linie)

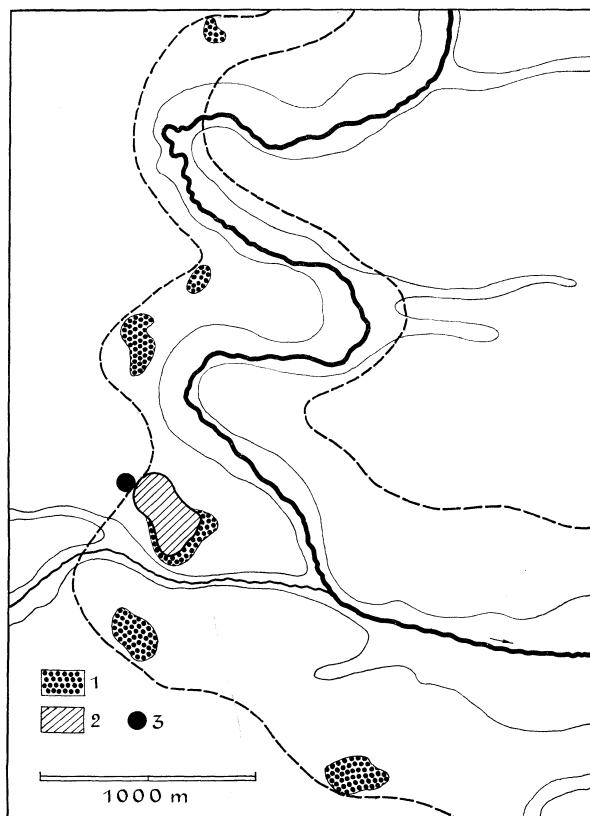


Abb. 12 – Mittelpleistozäner Talrand der Wipper im Gebiet der Steinrinne (Mania 1980, 74); 1 - Schotter, 2 - Travertin, 3 - Vermutete Lage der Karstquelle

starke Aufschotterungen nur im Frühglazial stattfinden, im Spätglazial dagegen kaum eine Rolle spielen:

„Es kam nur dazu, daß breite Rinnen mit nur ein bis mehrere Metern Tiefe in die kaltklimatische Schotterdecke eingeschnitten wurden. In diesen kalten Rinnen wurden sandig-kiesige Flußsedimente abgesetzt.“ (Mania 1997b, 25). Dieses Prinzip habe generelle Gültigkeit, also auch im Falle der OMT. Demnach datiert er ein im Gelände nicht belegtes 35m-Niveau der unteren Wipperschotter in das Frühglazial der Elster-II-Kaltzeit (Mania 1997b, 25, 60). Zwischen Vereisung und 35m-Terrasse klappte eine Lücke, die seiner Ansicht nach durch einen zwischengeschalteten Kaltzeit-Warmzeit-Zyklus gefüllt werden muß (Mania 1997b, 27).

• Kommentar

Die Zweiphasigkeit des Elsterkomplexes ist in Regionen Sachsens durch mehrfach abgelagerte Grundmoränen belegt. Elster-I und II werden dort synonym mit Zwickauer und Markranstädter Phase bezeichnet, wobei das Klimasignal zwischen Elster-I und II sich lediglich als kurze Rückzugsphase des Gletschers zeigt. Der Nachweis des nur gering oszillierenden Rückzugsstadiums läßt ein zwischengeschaltetes Interglazial im nördlichen Mitteleuropa ausschließen (Eissmann & Litt 1994; Eissmann 1995). Die massive

Aufschotterung im Spätglazial von Elster-I ist im mittelsächsischen Raum Döbeln-Riesa mit einer 25-30m mächtigen Ausräumung der Mulde belegt, woraufhin noch vor der Elster-II-Vereisung eine Auskleidung des Talbodens erfolgte (Eissmann 1995, 184).

Neben der spezifischen Schotterzusammensetzung der OMT ist auch die Aufarbeitung von Sandern von Bedeutung, die im Thüringer Becken an die glaziale Serie des elster-I-zeitlichen Eisvorstoß gekoppelt sind (Unger & Kahlke 1995, 212). Da unmittelbar auf Höhe der Steinrinne Nachweise des Kannawurfer Haltes belegt sind, könnte es hier zu einer verstärkten Ablagerung von Sandern der Elster-I-Stagnationsphase gekommen sein, ähnlich wie das bei Döbeln beschrieben wurde (Eissmann & Litt 1994, 80). Aufgearbeitete Quarzsande befinden sich in allen Liegendschichten der Travertinbildung, obgleich ihre Herkunft bislang nicht geklärt ist. D.Manias favorisiert für die Sande verwitterten Buntsandstein, der durch einen Bach (einen Vorläufer des heutigen Wirbelbaches) eingebracht worden sein könnte. Alternativ wäre auch Einschwemmung von Buntsandstein durch die Wipper möglich.

Lithologisch ist die Korrelation hochliegender Terrassenreste von Hardt und Dornberg (45-40m Auenhöhe) mit denen unter dem südöstlichen Steinrinnentravertin (ca. 30m Auenhöhe) sehr gut möglich. Auch das Höhengefälle liegt im typischen Spektrum von Denudation und Aufschotterung. Inwieweit es zu sekundären Umlagerungen der OMT gekommen sein kann, sei dahingestellt, entscheidend ist die Bindung dieser Prozesse an den Abtrag der Grundmoräne und ihrer harten Bestandteile. Ob eine weitere Unterscheidung zwischen Elster-I und einem prinzipiell denkbaren Niederschlag periglazialer Prozesse des Elster-II möglich sein wird, muß heute noch offen bleiben. Allerdings ist die spätglaziale Blocksohle oft direkt mit der kaltzeitlichen Basis verzahnt, was für eine fehlende oder sehr geringe Ablagerung zwischengeschalteter Prozesse spricht.

Für die OMT bestehen trotz der geomorphologisch abgepufferten Lage des Thüringer Beckens klare Zusammenhänge mit dem tieferosiven Einschnitt in die Elster-Grundmoräne. Im zentralen Thüringer Becken liegen diese Schotter oft ca. 10m tiefer als präglaziale Ablagerungen (Abb. 10). Die relativ niedrige Lage der OMT im Gebiet der Steinrinne, hier gemäß meiner Argumentation bis zu nur 27m über heutigem Auenniveau liegend, deutet wiederum stark auf Subrosion und postgenetische Absenkung hin.

Es bleibt festzuhalten, daß Denudation des Geschiebemergels und Aufschotterung der Terrassenbasis gekoppelte Prozesse sind, wobei eine Fortsetzung der Aufschotterung im periglaziären Elster-II-Milieu prinzipiell möglich ist. Der Schwerpunkt der Reliefveränderung, vor allem der Einschnitt in das neue Flußbett, liegt jedoch im Moränenabtrag nach dem

Eiszerfall. Auch die im südöstlichen Steinrinnenbereich bei etwa 169m NN nachgewiesene Blocksohle (32m Auenabstand), bestehend aus Muschelkalk, Gneis, Granit, Feuerstein, Quarziten und Quarzgeröllen, vereinzelt mit kopfgroßen nordischen Porphyren und Quarzsanden (Mania 1980, 52), ist damit zweifellos in die Spätglazialphase des Elsterkomplexes einzuordnen.

Betrachtet man die denkbare Möglichkeit, daß zwischen OMT und den warmzeitlichen Ablagerungen der Travertinbasis von Bilzingsleben eine Diskordanz (im Sinne eines Glazialzyklus) gelegen haben könnte, so ist dies mit folgendem Argument abzulehnen: In vielen Aufschlüssen Mitteldeutschlands und des Thüringer Beckens gibt es eine lithofazielle Verzahnung der OMT mit sekundär aufgearbeiteten Schottern, die im frühen Interglazial abgelagert werden und sich mit den geringmächtigen Terrassenschottern und Verwitterungsdecken des Holstein konglomeratig verbacken (Eissmann & Litt 1994; Unger & Kahlke 1995). Die unter dem Steinrinnentravertin kartierten Konglomeratbänke decken sich mit diesen Beobachtungen. Infolge der Verzahnung mit der Basis sind sie typisch für den Übergang Spätelster/ Holstein.

Elsterzeitliche Denudationsreste und warmzeitliche Theodoxus-Schotter bei 30-32m Auenabstand

• *Lithofazielle Beschreibung*

Durch die spornartige Lage des heutigen Steinrinnenplateaus, bei starkem morphologischem Zurücktreten der weichen Keupermergel, sind mittelpleistozäne Terrassenreste nur noch unter der Travertinplatte oder punktuell am Hang kartierbar (Abb. 13). Auf dem Niveau von durchschnittlich 30-32m liegen im gesamten südöstlichen Randbereich des heutigen Sporns warmzeitliche Schotter („32m-Terrasse“, Abb. 14), vorwie-

gend aus Residuatzen der Elsterterrasse bestehend. Nach der darin besonders häufigen Flußschnecke *Theodoxus serratilineiformis* werden sie im weiteren als *Theodoxus*-Schotter bezeichnet (Mania 1980, 52; 1993, 560; 1997c, 36).

Im Liegenden ist der Übergang aus der kaltzeitlichen Terrassenbasis fließend. Während die Blocksohle in das Spätglazial einzuordnen ist, sind die konglomeratig verfestigten oberen Lagen warmzeitliche Denudationsprodukte. Der Ausstrich dieser Schotter im südöstlichen Steinrinnenbereich ist 50-60m breit und erstreckt sich auf ca. 300m Länge (Mania 1980, 73-5) (Abb. 15). An keiner Stelle wird dabei ein Durchschneiden dieser „32m-Terrasse“ von einer nachfolgenden, niedrigeren Kaltzeitterrasse beobachtet. Stattdessen gibt es zum Hangenden hin vielfache Belege der Verzahnung mit der Travertinsequenz. Ein Beispiel dafür nennt D.Mania mit Schurf 11, bei folgender Zusammensetzung der liegenden Schotter: sandiger Mittelkies, vorwiegend gut gerundete Muschelkalkschotter, untergeordnet härtere Sandsteine, Keuperdolomite, Quarze, hoher Anteil an Feuerstein und Quarzsand, Kristalline (Mania 1980, 52). Der stratigraphische Aufbau zweier ähnlicher Profile, später „Terrassen-Travertin-Folge I“ genannt (Mania 1997b), ist in Tab. 2 zusammengefaßt.

• *Bewertung durch D. Mania*

Die Sequenz von Schotterakkumulation, Kalkschluff und Travertin wird von D.Mania dem warmzeitlichem Optimum des Holstein (s.str.) zugeordnet. Dieses Optimum kann am Molluskenspektrum von 89 Arten im Übergang vom Schotter zur Travertinbank nachgewiesen werden (Mania 1997b, 28). Anzeiger der Makroflora (z.B. *Celtis sp.*) weisen es als submediterrän aus.

Die Tatsache verschiedener Molluskenvergesellschaftungen führt D.Mania heute – trotz der an anderer Stelle beschriebenen, erheblich größeren Streubreite

Tiefe von Oberfl.	Geo- und Biofazies
Oberfl. – ca. 1m T.	oberflächennahe Kiese und Sande; bei 0,9-1m Beginn toniger Schluffschichten, Verschwinden zahlreicher gewässerbewohnender Mollusken
ca. 1m – ca. 2m T.	Wechselfolgen: Bänkchen von blättrigem Travertin, Travertinschluff und Travertinsand (klimatisches Optimum, mit <i>Helicigona banatica</i>)
ca. 2m – 2,1/ 2,4m T.	Kalkschluff-Schicht mit reichen Vorkommen von <i>Theodoxus serr.</i> und anderen thermophilen Mollusken (klimatisches Optimum)
Terrassenbasis	sandige Flußschotter (graubraun), vorwiegend Muschelkalk (gerundet), Keuperdolomit, Sandstein, hoher Anteil an Feuerstein, nordischem Kristallin und Quarz (in den Oberen Schichten <i>Theodoxus</i> -Fauna enthaltend)
Geol.Untergrund	Tonsteine des Unteren Keuper

Tab. 2 – Zusammenfassende Beschreibung der Schürfe 4/90 und 1/85 (Datengrundlage: Mania 1997b, 27-8)

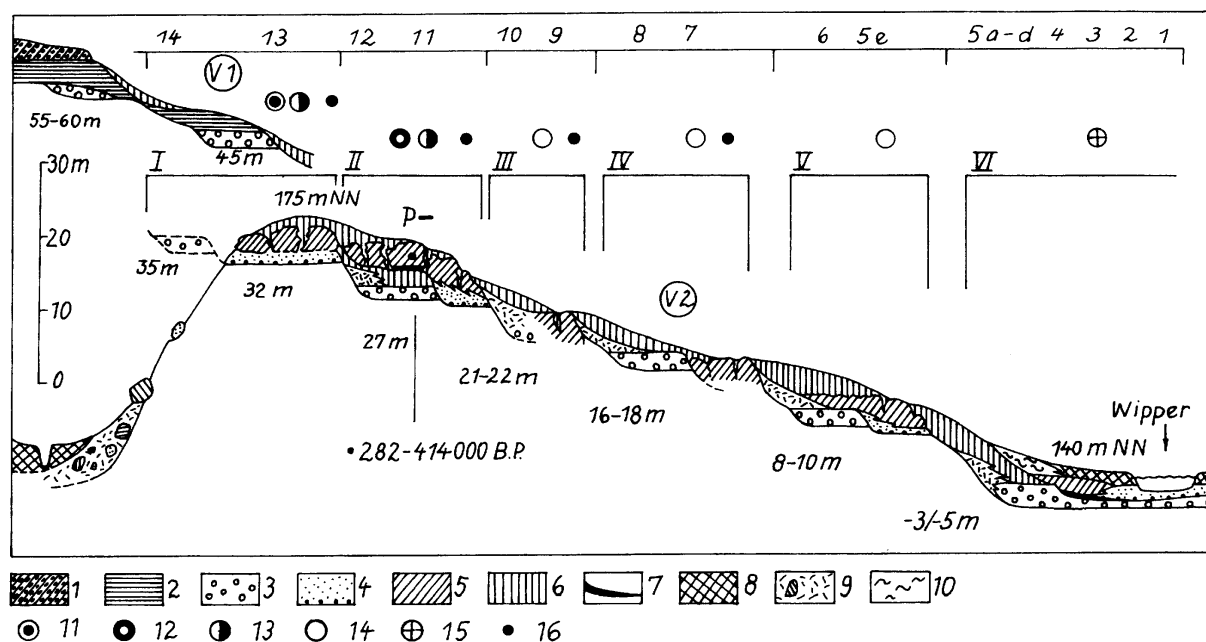


Abb. 13 – Bilzingsleben, Steinrinnenplateau, Standort westlich im Tal des heutigen Wirbelbaches; deutlich wird das starke morphologische Zurücktreten des Unteren Keupers

te dieser Schotter zwischen 32-26m Auenhöhe (Mania 1980, 52-3) – zur Schlußfolgerung einer eigenständigen Warmzeitfolge, die nur in diesem südöstlichen 32m-Schotter repräsentiert sei. Zunächst erwägt Mania (1980, 63) die Möglichkeit, *Theodoxus*-Schotter (z.T. auch syngenetisch im hangenden Kalkschluff eingelagert) und Travertinbildung könnten auf der gesamten Steinrinne gleichzeitig (im selben Interglazial) abgelagert worden sein. Das würde bedeuten, daß dem Höhenunterschied zwischen dem kaltzeitlichen Terrassenniveau von 26-27m und dem warmzeitlichen Schotter auf 30-32m Niveau keine Bedeutung im Sinne eines Glazialzyklus beizumessen wäre, sondern lediglich tektonische Ursachen für das spätere Einfal-

len des Nordwestteils und damit einer relativ höheren Lage der warmzeitlichen Schotter im Südosten verantwortlich sein könnten.

Für eine Verzahnung von *Theodoxus*-Schottern und Travertin gäbe es aber keine Hinweise, da das obere Abflußniveau der Terrasse höher als die Auflagerungsfläche des Travertins liege (Mania 1980, 63). Daher favorisiert er „Variante B“, wonach *Theodoxus*-Schotter (auf einer nicht belegten Kaltzeitbasis von ca. 35m liegend) und die kaltzeitliche Terrassenbasis bei 26-27m Auenabstand zwei verschiedene Talböden markieren. Die gesamte Travertinbildung sei erst in das folgende Interglazial nach Entstehung der 27m-Terrasse einzuordnen (Mania 1980, 63-4). Das bedeu-



Bilzingsleben. Steinrinne. Travertin-Terrassen-Sequenz im unteren Wippertal. 1 Geschiebemergel und 2 Bändertone der Elstervereisung (Elster I), 3 kaltzeitliche Schotter, 4 warmzeitliche Flußablagerungen, 5 Travertin in verschiedenen Alterungsstadien, 6 Löß, 7 spätglaziale Mudden/Torfe, 8 Auelehm, 9 Hangschutt, Fließberden, 10 humose Hangablagerungen, 11 *Theodoxus serratilineiformis*-Fauna, 12 *Corbicula fluminalis*-Fauna, 13 *Helicigona bnatica*-Fauna, 14 verschiedene warmzeitliche Faunen (z. B. *Helix*-Fauna, Fauna mit *Aegopis verticillus*, *Belgrandia germanica*), 15 allgemeine holozäne Waldfauna, 16 Nachweis von *Celtis australis* (Blätter, Steinkerne). P altpaläolithischer Fundhorizont in II. I bis VI – Folgen Bilzingsleben I bis VI, V 1- erste Vereisungsterrasse, 55 - 60 m ältere präglaziale Terrasse, 45 m jüngere präglaziale Terrasse (früherelsterzeitlich, Elster I), 35 m frühglaziale Terrasse Elster II (?), 32 m Talboden Warmzeit Bilz. I, 27 m frühglaziale Terrasse Bilz. I/II, daneben bei 26 m Talboden Warmzeit Bilz. II, 21 - 22 m frühglaziale Terrasse Fuhnekaltzeit und Talboden Warmzeit Bilz. IV, 8 - 10 m frühglaziale Terrasse Warthekaltzeit und Talboden Warmzeit Bilz. V (Eem), -3 bis -5 m frühglaziale Terrasse Weichselkaltzeit und eingeschachtelter Talboden Warmzeit Bilz. VI (Holozän). Obere Zahlenleiste 1 - 14: mögliche Zuweisung der Folgen I bis VI zu den Sauerstoffisotopen-Stadien (Paläotemperaturkurve der Ozeane).

Abb. 14 – Travertin-Terrassen-Sequenz im Gebiet der Steinrinne (Mania 1997b, 60)

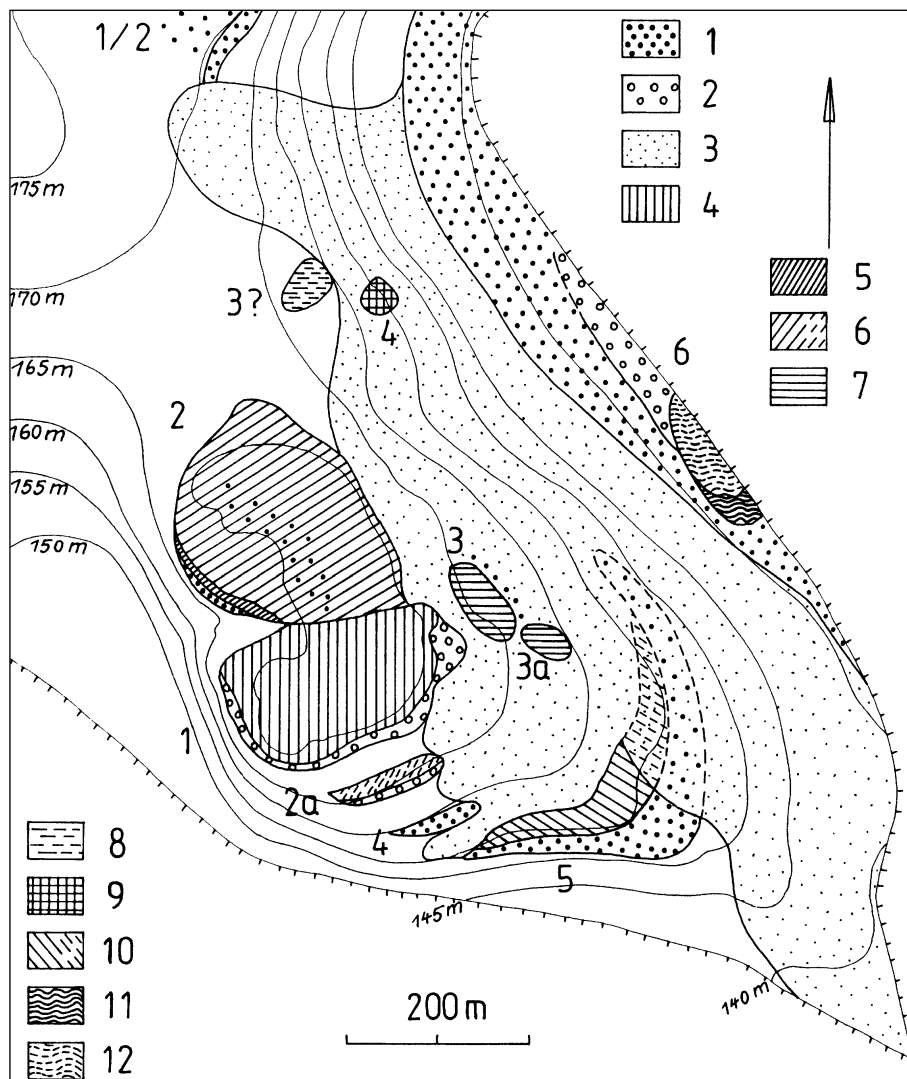


Abb. 15 – Steinrinne, Verbreitung quartärer Ablagerungen (Mania 1997b, 57);
 Legende: 1 - kaltzeitliche Flußschotter, 2 - warmzeitliche Flußablagerungen: sandige Kiese, Kiessande, 3 - Löß, 4 - Travertin Folge I, 5 - älterer Löß, 6 - Travertin Folge II, 7 - Travertin Folge III, 8 - Travertin, vermutlich Folge III, 9 - Travertin Folge IV, 10 - Lockertravertine Folge V, 11 - Kaskaden- und Lockertravertine Folge VI (Holozän); die Zahlen 1-6 geben die Folgen I-VI an

tet, zwischen *Theodoxus*-Schottern und Travertin müsse ein weiterer Glazialzyklus liegen. Dieses widersprüchliche Modell wird später verworfen, indem D.Manias nun von zwei komplett eigenständigen "Terrassen-Travertinfolgen" ausgeht, die im südöstlichen Bereich das Holstein, im Nordwesten die nachfolgende Warmzeit repräsentieren (Mania 1997b, 27).

Das Terrassenniveau bei 27m Auenabstand und aufliegender Beckenschluff (Fundhorizont B)

Das bei durchschnittlich 27m Auenabstand liegende Terrassenniveau der Wipper enthält überwiegend kantige Muschelkalke (60-80%) und kleinformatige Quarze, die in kalkhaltiger Matrix verbacken sind (Mania 1980, 49). Es sind typische kaltzeitliche Wipperschot-

ter, die neben hohen Anteilen an lokalen Triasgesteinen (Muschelkalk, Buntsandstein, Keuperdolomit) auch nordische Anteile aufweisen (Quarze, Feuerstein, Kristalline, Rhyolithe, Kieselschiefer).

Auf dem kaltzeitlichen Schotter wird zunächst Solifluktionsschutt mit Fließerde, darüber lößartiger Schluff abgelagert. Der Beckenlöß zeige syngenetische Eiskeilpseudomorphosen und damit eine kaltzeitliche Genese (Mania 1980, 61). Er liegt im Bereich der Grabung auf durchschnittlich 28-30m Höhe, ist oberflächlich ausgebleicht und durch Staunässe in den oberen Schichten pseudovergleyt (Mania 1980, 49).

- Bewertung durch D. Mania

Die relativstratigraphische Einstufung der kaltzeitlichen Schotterbasis wird von Mania (1980; 1997b) vor

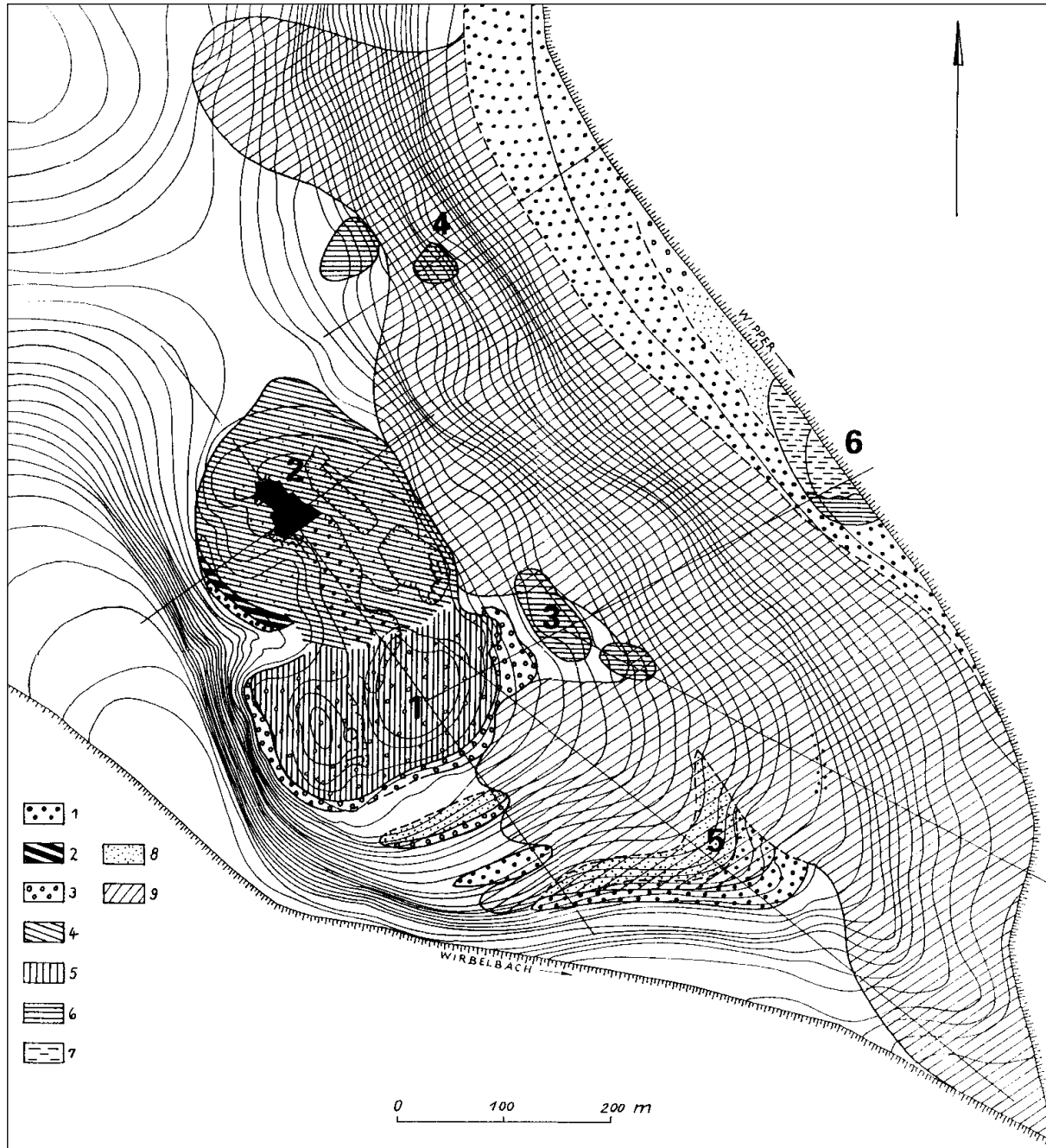


Abb. 16 – Steinrinne, Verbreitung quartärer Ablagerungen bei detaillierter Höhenkartierung (Mania 1993, 559)
 1 - Kaltzeitschotter, 2 - älterer Löß, 3 - warmzeitliche Flußsande, 4 - Travertin Folge II (Fundhor.),
 5 - Travertin Folge I, 6 - Travertin Folge III-VI (entspr. arab. Zahlen), 7 - Seekalke, 8 - Schwemmtravertin/
 Travertinsande, 9 - jüngerer Löß, Ergänzung des Verf: Eintrag der Grabungsfläche (schwarz)

allem mit malakologischen Argumenten der hangenden Sedimente begründet. Zunächst korreliert er die kaltzeitliche 27m-Terrasse mit der bei Wallendorf im Saaletal beschriebenen Fuhne-Terrasse (Ruske 1964), wofür vor allem der aufliegende *Corbicula*-Horizont spreche (Mania 1980). Das wird später revidiert, da die Fuhne-Terrasse bei Einschub des Reinsdorf-Interglazials einen Glazialkomplex jünger als die Folge Bilzingsleben II wäre. Da die „Bilzingslebener Fuhne-Terrasse“ nach Mania (1997c, 37) mit der darauffol-

genden Dömnitz-Warmzeit verknüpft bleibt („Folge Bilzingsleben III“), obwohl im Gelände nicht nachweisbar, müßte die 27m-Terrasse nach neuer Sichtweise die Kaltzeit vor Reinsdorf repräsentieren.

Nach der Parallelisierung des Fundhorizontes von Bilzingsleben mit dem Reinsdorf-Interglazial von Schöningen stellt Mania (1993; 1997b) die *Corbicula*-Schotter heute in den zweitälteren Zyklus vor der Saalevereisung. Das nachfolgende Dömnitz sieht er nun durch den „Rudelsburger Bodenkomplex“ von Lenge-

feld/ Bad Kösen mit *Helicigona banatica* und *Celtis* repräsentiert (Mania 1997b, 42-3; & Altermann 2001, 103). Der klimatische Unterschied der Terrassenniveaus zwischen 32m (Holstein) und 27m (Kaltzeit vor Reinsdorf) sei biofaziell gesichert, da das höhere Niveau mit der *Helicigona banatica*-Fauna hochwarmzeitliche, autochthon abgelagerte Molluskenanzeiger enthält, während die 27m-Terrasse ein typisch kaltzeitliches Terrassenmilieu bildet, auf denen der *Corbicula fluminalis*-Horizont der nachfolgenden Wärmeschwankung liegt (Mania 1997b, 27-31).

Die Entstehung des 27m-Terrassenniveaus wird folgendermaßen beschrieben: Schon gegen Ende des Frühglazials wird der Großteil des Schotter akkumuliert, im Hochglazial darauf Löß gebildet, während sich der Fluß im Spätglazial in breiten Rinnen von nur einem bis mehreren Metern Tiefe erneut in den Talboden einschneidet (Mania 1997b, 25). Den Übergangshorizont vom Schotter zum (kaltzeitlichen) Beckenlöß beschreibt er als durch Solifluktion umgelagertes Material, „das zum Teil aus der Terrasse stammt, zum Teil aus umgelagertem Löß besteht“ (Mania 1980, 69). Im aufliegenden Beckenlöß sind kleinformatige Quarze, Feuersteine, Muschelkalke und Keuperdolomite vom Talhang umgelagert worden.

- *Kommentar*

Das Postulat zweier Schotterniveaus mit jeweiliger Kaltzeitbasis und aufliegenden warmzeitlich verkitteten Molluskenanzeigern bei ähnlicher OMT-Lithologie widerspricht D.Manias eigenen früheren Schilderungen, nach denen die OMT im unteren Wippertal Schwankungen der Auenhöhe zwischen 26-30m aufweisen (Mania 1980, 52). Auf dem nur wenige Kilometer wipperaufwärts gelegenen Erbsberg sind OMT mit quarzreichen Muschelkalkschottern bei 26m Auenabstand belegt. Aufgrund der identischen lithologischen Zusammensetzung ist sicher, daß die Schotter in der gesamten Streubreite gleichen Alters sind (Mania 1980, 73-5). Dafür spricht auch, daß trotz der Unterschiede spezieller Molluskenanzeiger stets eine sehr ähnliche *Helicigona banatica*-Begleitfauna vorliegt (Mania 1991; 1997b, 32-3).

Für Unger & Kahlke (1995, 211-3) sind alle Bildungen zwischen 32-27m Auenhöhe der Holsteinwarmzeit zuzuordnen, da einem Unterschied eines Terrassenniveaus von 6-8m bei dem veränderlichen geologischen Untergrund keine Bedeutung beizumessen sei. Dennoch schließen sie die Alterseinstufung des Travertins in die jüngere Dömnitz-Warmzeit aus biofaziellen Erwägungen nicht aus. Das kontrastiert den Hinweis auf die intensive Aufarbeitung der Spätelsterterrasse und nachweislichen Verzahnung mit den zur Travertinbildung syngenetisch akkumulierten Schottern (Unger & Kahlke 1995, 212-3). Offenbar messen Unger & Kahlke (1995, 201/ 213) dem *Corbicula*-Horizont ebenfalls eine entscheidende Bedeutung

als Marker des Dömnitz bei, wie dies von Steinmüller (1972) und in der früheren Einschätzung von Mania (1973; 1991; 1993, 562) gewertet wurde. Demgegenüber sehen Eissmann & Litt (1994) *Corbicula*-Kiese als typisches Vorkommen für die Holsteinbasis an.

Wie ist der chronostratigraphische Aussagewert einzelner Molluskenvergesellschaftungen als Interglazialmarker zu bewerten? Es stellt sich die Frage der Interpretierbarkeit zweier durch verschiedene Mollusken repräsentierter Schotter bei nahezu identischer Lithologie. *Theodoxus serratilineiformis*, der rezenten *Theodoxus danubialis* sehr ähnlich, ist eine häufige Flußschnecke, *Corbicula fluminalis* eine salzliebende Flußmuschel (Lozek 1964). Sind die massenhaften Vorkommen bestimmter Arten auf gesamt-klimatische Unterschiede oder lediglich auf unterschiedliche Habitatsprüche zurückzuführen?

Die *Theodoxus/ Helicigona banatica*-Fauna der südöstlichen Randschotter (32m-Niveau) repräsentiert das Klimaoptimum des Interglazials, wobei *Theodoxus* selbst über 40% im Spektrum ausmacht. Während der Kalkabscheidung (im paraautochthonen Seebecken) verschwindet diese Schnecke, da sie ausschließlich fließgewässer bewohnt (Lozek 1964, 155). Das Spektrum der *Corbicula*-dominierten Fauna auf dem 27m-Niveau (Grabungsfläche) ist mit *Helicigona banatica* und vielen weiteren hochinterglazialen Arten insgesamt sehr ähnlich, lediglich *Theodoxus* tritt hier selten auf. Stattdessen ist mit *Corbicula fluminalis* eine Flußmuschel vorhanden, die – wie aus rezenten Vorkommen bekannt – eher Staustellen als fließende Gewässer bevorzugt (Blalock & Herod 1999). Das weitgehende (nicht vollständige) Fehlen von *Theodoxus* kann zudem mit der Abtragung des Großteils der Basischotter in Verbindung stehen, denn der nordwestliche Bereich (Grabungsareal) zeichnet sich gegenüber dem südöstlichen durch weitgehende Erosion der Warmzeitschotter aus, so daß hier unmittelbar auf der spätelsterzeitlichen, kalkig verkitteten Terrasse Beckenschluff zur Ablagerung gekommen ist.

Die Einordnung der Kaltzeiterrasse ins Spätelster wurde auch von Mania (1980, 59) in Betracht gezogen. Gleichzeitig erörtert er die Möglichkeit einer zur Travertinbildung syngenetischen Absenkung des 27m-Niveaus einschließlich aufliegendem Beckenschluff, wofür auch die Schrägstellung der Schotter nach NW spreche (Mania 1980, 59).

Aus heutiger Sicht besteht in Anbetracht der geringen Höhenunterschiede der „Terrassenfolgen“ auf der Steinrinne wenig Spielraum einer dritten Warmzeit vor der Saalevereisung, obwohl Mania (1997b, 27-8) inzwischen davon ausgeht, daß die gesamte postglaziale Folge von Terrasse, Denudationsresten und Schluffbildung nur ca. 2-3m mächtig sei. Auch die von mehreren Bearbeitern im Saaletal bei 20-24m Auenabstand beschriebene Fuhne-Dömnitz-Folge (Ruske 1964; Steinmüller 1972; Mania 1997b, 51) ist im

Thüringer Becken infolge der abgeriegelten Beckenfazies als Terrasse nicht nachweisbar (Unger 1994).

Aspekte der Geomorphologie lassen das Modell zweier „Terrassen-Travertinfolgen“ in zwei Interglazialen sehr unwahrscheinlich werden: Während der Warmzeit, deren Sedimente auf der 35m-Kaltzeitbasis abgelagert wurden, habe es nach D.Mania (1997b) im südöstlichen Steinrinnenbereich ein älteres Seebecken, eine im Gelände nicht belegte Quelle und einen aufgewachsenen Charophyten-Travertin gegeben, die „Terrassen-Travertin-Folge I“ (Abb. 14-15). Da beide Schotter flußtypische Molluskenanreicher besitzen, müßte die Wipper demnach, nachdem das Flußbett durch die „ältere“ Travertinfolge abgeriegelt wurde, den höherliegenden Terrassenrest und aufliegenden Travertin in einem sehr knappen Bogen umflossen haben. Dafür gibt es im Gelände keinen Hinweis, wie auch der Dissens zu älteren Publikationen D.Manias augenfällig ist. Darin sind sämtliche Warmzeitschotter entweder in eine (sehr wenig Wasser führende) Wipper integriert, oder durch Altarme ist eine ehemals abweichende Talrandlage angedeutet worden (Abb. 17-18). Die Schotter umschließen dabei den Travertin im gesamten südöstlichen bis südwestlichen Bereich, wobei sie eine Flußschlinge markieren (Abb. 15).

Das Modell hat sich inzwischen grundlegend geändert, ohne daß hierzu alternative „Landschaftsszenarien“ vorliegen. Wann und auf welche Art im Gelände verifizierbar ist also der Fluß aus dem mittelpleistozänen Talrand ausgebrochen? Für die Folge Bilzingsleben II ließe sich nach Mania (1997b, 28) „gut erkennen, wie aus den warmzeitlichen Flußschichten durch Zunahme von autochthon gebildeten Travertinaggregaten in Sand- und Kieskorngroße limnische Bildungen eines Travertinbeckens hervorgehen“.

Also innerhalb des Interglazials der Folge II? Wie verhielt sich dann der Fluß bezüglich des „älteren“ Travertins, der doch das Tal abriegelt? Beide Landschaftsmodelle können nicht überzeugen, da sie die Lage des gesamten Travertinkomplexes innerhalb des Wippertales außer acht lassen. Die Verzahnung von basalen Flußsedimenten und Travertin muß eine plausible Lösung für die Wipperumleitung beinhalten bzw. deren Umleitung beweisen. Da die mittelpleistozäne Talrandstufe aufgrund der Erosion im Gelände nur noch punktuell belegbar ist, besteht hier in der Tat ein Interpretationsspielraum, der jedoch bezüglich seiner Wahrscheinlichkeit abzuwägen ist.

Die Teilung der „Terrassen-Travertinfolgen I und II“ wäre, obwohl hinlänglich in Frage gestellt, archäologisch bemerkenswert, da aus Schottern der „Folge I“ Funde von Artefakten genannt werden, die dann allerdings ca. 100 000 Jahre älter sein müßten als die Hominidenfundstelle der „Folge II“ (Mania 1997b, 29).

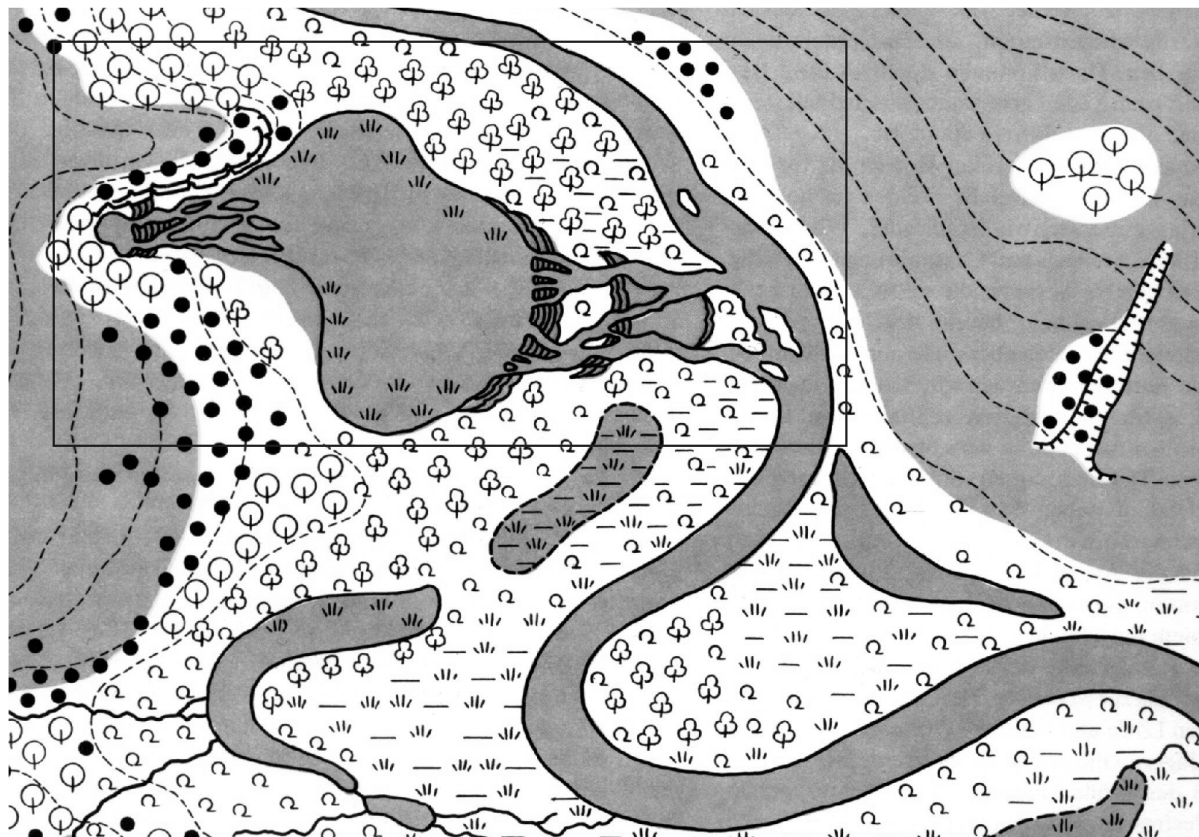
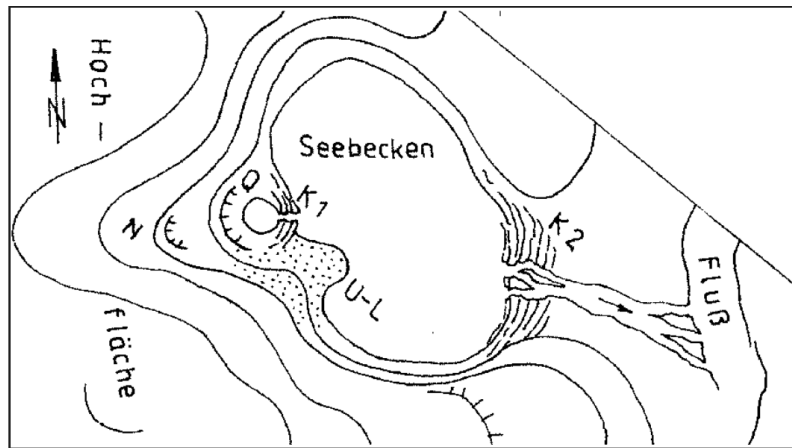
• *Liegt auf der Terrasse Beckenschluff, oder ist es tatsächlich ein autochthoner, rein äolischer Löß?*

Auf den frühglazialen Schottern (27m-Terrasse) liegt Beckenschluff, der nach Mania (1997b) durch sekundäre Wasserabsättigung aus hochglazialen äolischem Löß gebildet wurde und syngenetische Eiskeilpseudomorphosen aufweist. Der Löß ist oberflächlich ausgebleicht. Er markiere damit eine über längere Zeit mehr oder weniger stabile Landoberfläche.

Ein interessantes Detail stellt die Ausfällung einer Bank aus Kalk-Konkretionen dar, die als kugelige Bildungen infolge postgenetischer Vernässung in ehemals horizontaler Lage abgeschieden worden sind (Abb. 19). Diese Ablagerungen sind erst durch die Tektonik des Untergrundes verstellt worden (Mania 1980, Beilage 23). Der „pflasterartige Kalkhorizont“ aus kugeligen, postsedimentären Kalkausscheidungen sei südöstlich der Grabungsfläche in drei Lagen von verschiedenen Größen abgelagert worden, er durchziehe im übrigen den gesamten Beckenlöß (Mania 1980, 69). Eine Akkumulation solcher kugeligter Konkretionen, zuzüglich verwitterter Travertinbrocken und flacher Knochenstücke, wird innerhalb des Grabungsareals, wo die Ablagerung in nur einer Lage erfolgt ist, als künstlich angelegtes „Pflaster“ interpretiert (Mania & Mania 2000, 128-9) und mit einem Befund von Ubeidiya verglichen (Bar-Yosef & Goren-Inbar 1993). Travertinbrocken seien gesammelt und zu einer kreisrunden Fläche von ca. 9m Durchmesser angelegt worden, die für spezielle kultische Handlungen der Urmenschengruppe freigehalten wurde. Eine andere Möglichkeit der Ablagerung wird von Seiten des Ausgrabers offenbar nicht in Betracht gezogen.

Sowohl der deutliche Anteil von Quarzsanden im Schluff als auch die etwas höher eingelagerten Bänder aus Kalk-Konkretionen könnten stattdessen auch auf eine weitgehende Umlagerung des Sedimentpaketes durch fluviale Prozesse deuten. Mania (1980, Beilage 22) kartiert im Basisbereich des Schluffs eine Blocklage aus Muschelkalk und Keuperdolomit in Verbindung mit Quarzsanden.

Während der Grabungsteilnahme konnte ich immer wieder Belege für die Nicht-Sterilität des Beckenschluffs finden. Dieser ist lediglich frei von Knochen, was mit dem pH-Wert zusammenhängen dürfte, der eine Knochenhaltung unmöglich macht. Andererseits können diverse kleine Quarzgerölle und Flintobjekte bis in die oberen Bereiche des Schluffs gefunden werden, die eine Interpretation als Primärlöß m.E. ausschließen lassen. Die eingestreuten Schotter können nicht allein auf Verquetschungen der Lößablagerungen zurückgeführt werden (Interpretation D.Mania), sondern sind synsedimentär eingelagert. Damit deutet vieles auf eine Interpretation des Schluffs als frühinterglaziale Talbodenauskleidung.



- | | | | |
|--|---|-------|--|
| | Felshänge | | Laubmischwald (Eichen, Ahornarten, Linden) |
| | Steilböschung | | Gebüsch (Hasel, Buchsbaum, Feuerdorn, Rosen, Hartriegel, Kornelkirsche, Flieder) |
| | Travertinkaskaden | | baum- und gebüscharme offene Landschaft |
| | Gewässer | Blau: | Wasser |
| | Höhenlinien | Gelb: | Travertinablagerungen |
| | Sumpf | Grün: | Wiesenflächen |
| | Röhricht, Ried | Q | Quelle |
| | Gebüsch (vorwiegend Weiden) | R | Rastplatz |
| | Auwald (Erlen, Pappeln, Eschen, Weiden, Linden, Eichen) | | |

Abb. 17/18 – oben: Paläo-Landschaftsrekonstruktion rund um die Fundstelle (Mania 1997c, 41);
 unten: älteres Modell einer Paläo-Landschaftsrekonstruktion des Wippertales (Mania 1980, 150-1)

Die limnische Fazies: Characeenkalke und Travertinsande (Fundhorizont A)

• Fazielle Beschreibung

Mit den limnischen Ablagerungen der Charophytenkalke beginnt die parautochthone Fazies des oberen Fundhorizontes A, der – z.T. mit Travertin- und Quarzsanden verzahnt – als Versiegelung des menschlichen Besiedlungshorizont angesehen wird, gleichwohl besonders im unteren Abschnitt aber sehr fundreich ist. Dieser Kalk wird durch die weiblichen Fortpflanzungsorgane, die Oogonien gebildet, deren Hüllen in riesigen Mengen abgelagert wurden (Mania 1991, 17; 1997b, 30-1). Durch das extrem basische Milieu der syngenetisch austretenden Wässer sind diese Organe nur als leere Kalkhüllen erhalten geblieben (Nötzold 1983; 1991). Charophyten (Characeen) sind typische Flachwasser-Algen, die in Anbetracht der durchschnittlich 60-80cm mächtigen Kalkschicht über längere Zeit oder in mehreren Phasen einen dichten Rasen im Flachwasser gebildet haben müssen (Nötzold 1991). Das flachlimnische Milieu kann daher höchstens etwa 2m tief gewesen sein, wahrscheinlich sogar weit weniger.

Im Hangenden greifen Seekalkfazies und die Bildung des aufliegenden Strukturtravertins unmittelbar ineinander. Der bankige Travertin wird durch die kalkigen Skelette der vegetativen Organe der Characeen gebildet. Diese scheiden während ihres Wachstums Kalk ab, den sie aus basischen Gewässern akkumulieren. Dadurch verkalken ihre Skelette und bilden Kristallisationskerne zur Entstehung aufwachsender Travertinbänke, die zu ca. 80% aus verkalkten Charophyten bestehen (Mania 1991). Im Fall von Bilzings-

leben ist die Kalkbildung so weit fortgeschritten, daß die Thalli oft nur noch als runde Hohlräume in den Travertinstrukturen zu sehen sind.

Der zumindest zyklisch denkbare Einfluß der Wipper und damit mögliche Sedimentationsunterbrechungen im Bildungszeitraum des Charophytenschlammes sind bisher nicht diskutiert worden.

• Bewertung durch D. Mania

Die Schüttung der Karstquelle (Q) beginnt am Ende der Kaltzeit und staut zunächst einen Quelltopf auf, an dessen Südufer sich noch eine natürliche Lößoberfläche befindet (Abb. 19-20). Das sekundäre, flache Seebecken entsteht durch allmähliche Absenkung des Untergrundes, besonders im nordwestlichen Bereich (sic!), sowie durch Kaskadenbildung und damit Abgrenzung zum Wippertal (Mania 1980, 73). Der Löß bildet zunächst noch eine spornartig in den See reichende Uferplatte. Er wird unter Naßbodeneinfluß des Seewassers ausgebleicht. Später transgrediert der See und bedeckt auch die vernässende Uferplatte mit Seekalk. Danach verlandet der See, Lockertravertine bilden die spätere Travertinplatte.

Voraussetzung für die Kaskadenbildung am Ende des etwa 150m langen Sees ist ein Höhenunterschied zum Niveau der Wipperrauhe, der ein relativ schnelles Abfließen des Wassers verursacht. Da der Seekalk heute bei ca. 28-29m Auenhöhe liegt, müßte das Wipper-Niveau damals tiefer gelegen haben, damit das nötige Kaskadengefälle, das zur Ausfällung der Travertinkarbonate führt, erreicht werden konnte. Nur durch Absenkung des Untergrundes nach dem Beginn der Karbonatwasserschüttung wäre plausibel, daß eine Kaskade, die durch ein Gefälle zur Wipper gewachsen

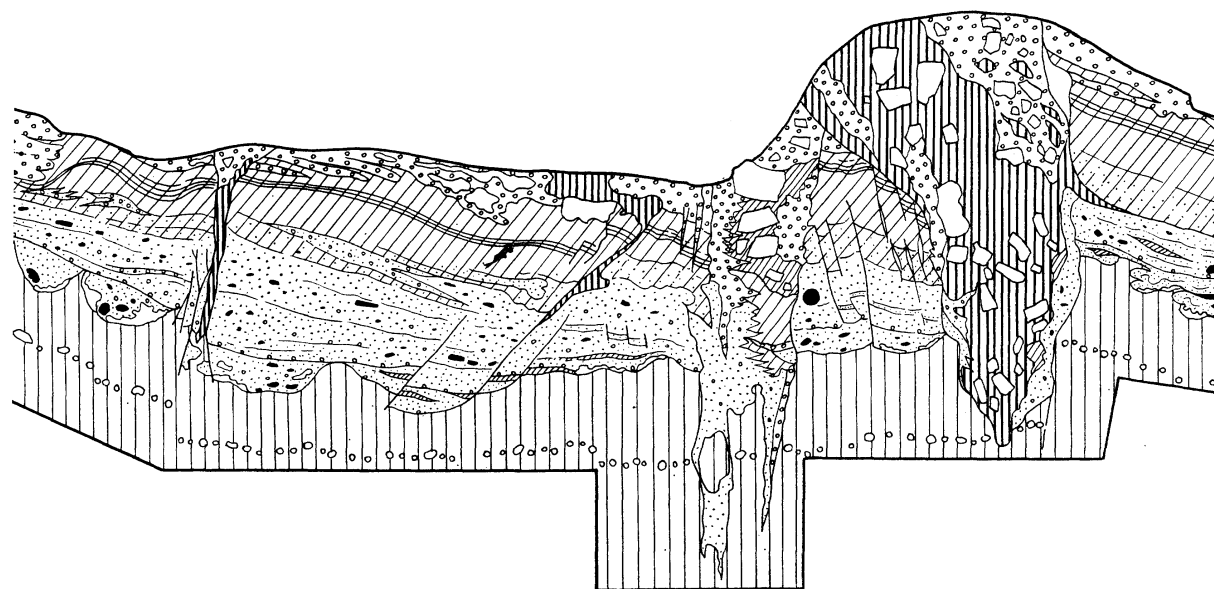


Abb. 19 – Ausschnitt eines SW-NE-Profiles durch die Grabungsfläche (Mania 1980, Beilage: fig. 23); längs schraffiert: Beckenschluff mit Lage aus Kalk-Konkretionen

ist, dann als Staustufe fungieren und das Seebecken abriegeln kann (Abb. 21). Bei einem Wasserspiegel von ca. 2m muß die Seekalkschicht bezüglich der Aue ursprünglich höher als 30m gelegen haben.

Die mit dem See verbundene Kaskadenbildung und das Höhengefälle sind im Gelände nicht mehr nachweisbar. Da ein im Bereich der skizzierten Kaskaden (Abb. 20) hangseitig abfallendes Travertinvorkommen (Mania 1991, 12; 1993, 559) nun der Folge Bilzingsleben III auf einer kaltzeitlichen Terrasse bei 21-22m Auenabstand (Dömnitz-IG) zugeordnet wird, entfallen innerhalb dieser Argumentation Nachweise eines Kaskadengefälles (Mania 1997b, 57-8).

- *Kommentar*

D.Mania (1997b) geht davon aus, daß die Wipper im Spätglazial ihren Lauf taleinwärts (nordöstlich) verlegt hätte, indem sie sich in Rinnentiefen in die kaltklimatische Schotterdecke eingeschnitten hätte. Das steht, wie bereits ausgeführt wurde, vielfältigen Belegen der extensiven Talerweiterung spätglazialer Flüsse entgegen (Eissmann 1995, 188).

Im Gelände wird nach Ansicht des Ausgräbers der Fluß durch die natürliche Barrierebildung des älteren, holsteinzeitlichen Travertins weiter östlich um die Travertinfazies gelenkt (Abb. 20). Der Einschnitt des mittelpleistozänen Talrandes wird dem Holstein (s.str.) zugeschrieben, stellt also eine hangseitige Begrenzung der limnischen Travertinbildung im bereits geomorphologisch vorgeprägten Talverlauf dar. Wie bereits dargelegt, ist die Lokalisierung von Quellnischen ohne ein entsprechendes geologisches Erkundungsprojekt unmöglich. Der Quelltopf, neben den genannten Senkrechstrukturen durch Einregelungsmessungen im SW-Bereich unweit der eigentlichen Grabungsfläche vermutet, ist seit dem SW-Schurf dort nicht mehr haltbar. Im Höhenplan, der auf einer exakten Vermessung beruht (Abb. 16), ist die Längsachse der Grabungsfläche außerdem ca. 15° weiter nach Süden gekippt als in anderen Darstellungen (Abb. 20), so daß die „Uferlinie“ des Sees (*Fazieswechsel Travertinsand/ Schluff*) nahezu senkrecht zum Talverlauf der Wipper steht. Einregelungsmessungen oblonger Objekte haben gezeigt, daß diese im Schwemmfächer meist senkrecht zur Fließrichtung der Wipper stehen. Das wäre durch die Akkumulation angeschwemmten Material im Fluß ebenfalls logisch interpretierbar. Folgende weitere Aspekte sind von Interesse:

1. Im Schwemmfächer, aber auch in sandigen Lagen innerhalb des Seekalkes, kommen bis zu 30cm mächtige Quarzsande vor, die sich sowohl mit den Travertinsanden als auch mit der Seekalkschicht verzahnen. Sie führen große Mengen kleiner Fundobjekte. Diese Sande können entweder aus verwittertem Buntsandstein der Terrassenschotter stammen oder auf die elsterzeitliche Sanderbildung während des Kannawurfer Haltes zurückzuführen sein. Mania (1997b) er-

wägt zur Erklärung der Quarzsande den Einfluß eines hangseitig einmündenden Bachlaufes, etwa eines Vorläufers des heutigen Wirbelbaches. Es ist jedoch unwahrscheinlich, daß dieser Bach den weit entfernt austreichenden Buntsandstein transportiert hat. Stattdessen liefern die Quarzsande einen weiteren Hinweis auf fluviatilen Import durch die Wipper.

2. Kleinformatige Muschelkalktrümmer sind sowohl im Schwemmfächer als auch im Seekalk in großen Mengen vorhanden. Bei der Grabung 1997 (südwestlicher Uferzonenbereich und Uferplatte) wurden sämtliche Muschelkalktrümmer aus dem Seekalk ausgesiebt. Neben typischen Trochitenkalken des Oberen Muschelkalkes (mo'k) treten auch flasrige, fossilreiche Muschelkalke auf, die möglicherweise aus dem Unteren Muschelkalk (mu2) stammen können. Diese können jedoch, da eine Erosion des westlichen Hanges infolge des geringen Gefälles ausgeschlossen ist, nur durch fluviatilen Import, entweder aus dem Bereich des Hainleitendurchbruchs der Wipper oder aus Elsterschottern stammen. Eine lithofazielle Analyse der Muschelkalke könnte Klarheit über ihre exakte Herkunft schaffen.

Der aufliegende Strukturtravertin

Die gebankte Fazies besteht aus einem aufgewachsenen Charophytentravertin mit Mächtigkeiten bis zu 5m. Das spricht für eine limnisch-parautochthone Genese bei geringer syndimentärer Erosion. Die Morphologie der Travertinbildung paßt sich auf der westlichen Talseite exakt in die Morphologie des mittelpleistozänen Talhanges ein, der durch das Einschneiden der 35-27m-Terrasse entstanden ist (Mania 1980, 49/60-3). Das läßt zum einen den Schluß einer Verzahnung von Flußsedimenten der Wipper und parautochthoner Travertinbildung zu, wobei der Einfluß der Wipper wegen des hochgradig basischen Milieus im Travertinbecken zur Zeit der Travertinbildung nur gering gewesen sein kann. Die Frage, inwieweit ein Ausbrechen der Wipper an der östlichen Talflanke denkbar wäre (Umlenken der Wipper durch „Folge I“), bleibt offen. Die Talrandstufe ist nur partiell an der Westflanke noch erkennbar (Abb. 15), hier als Höhenversatz von 4-5m.

- *Bewertung durch D.Mania*

Wie bereits dargelegt, sieht D.Mania zunächst trotz der Höhendifferenz von 26-32m zur heutigen Wipperrau (Abb. 5) gewichtige Gründe für die Homogenität des gesamten Travertins: „*Der gesamte Travertinkomplex bildet eine einheitlich aufgebaute Platte, die nur in einem Tal, in diesem Falle im Wippertal, nicht am Hang, auch nicht in einem höher gelegenen Nebentälchen durch Kaskadenstau, erst recht nicht am Rande einer Hochfläche, entstanden sein kann. Für den Tal-*

boden kommt nur das Niveau zwischen 26 bis 32m Auenabstand in Frage.“ (Mania 1980, 63).

Zur Ausdehnung des Wippertales stellt er fest: „Wie der NW-SW-Schnitt erkennen läßt, liegen Schotter und Beckenschluff in einem alten Tal, das mit dem Schnitt in fast voller Breite erfaßt worden sein muß. Der weitere Verlauf der durch nicht abgebaute Reste der Travertinplatte verdeckten Randpartien läßt sich als aufsteigender Talhang rekonstruieren. Weiter ergab der Längsschnitt, daß der Travertinkomplex im gesamten Steinrinnenbereich gleichartig aufgebaut ist und als eine einheitliche Bildung einer relativ kurzen Zeitspanne aufgefaßt werden muß.“ (Mania 1980, 49).

Dieses Modell wird in der späteren Erklärung zur Travertingenese verworfen (Mania 1993, 558-62; 1997b). Demnach bilden *Theodoxus*-Schotter und der südöstliche Teil des Travertins einen eigenen Warmzeitzyklus (Folge I), die Travertinbildung erfolgt ohne Begrenzung durch den mittelpleistozänen Talrand nur in diesem Bereich, nach einer frühwarmzeitlichen Aufschotterung, die nur im südlichen Bereich erhalten geblieben ist (Abb. 15-16).

„Die Travertinplatte, die vor allem im Südostteil der Steinrinne verbreitet ist und mehrere Meter Mäch-

tigkeit besitzt, wird von der nordwestlich davon verbreiteten Travertinplatte der Folge II durch eine flache Senke getrennt, die zum Wirbelbach verläuft. Hier wurde nie Travertin abgelagert. Es handelte sich um einen nach Nordost gerichteten Vorsprung des ehemaligen Talhanges, der aus weichen Tonsteinen des Keupers bestand“ (Mania 1997b, 27).

Die Travertinplatte der älteren Folge I unterscheidet sich durch Diagenese, starke Korrosion, Abtragung, atektonische Verstellungen und sekundäre Kalzitausscheidungen in den Hohlräumen des Gesteins.

• Kommentar

Ist die geomorphologische Abgrenzung zweier Travertine möglich? Eine Fließerde aus Unterem Keuper als Argument zur Trennung zweier Travertingenesen (Abb. 15) ist geologisch nicht stichhaltig, ein morphologisches Hervorstehen von weichem Tonstein in einem ausgewaschenen Flußtal widerspricht generellen Erfahrungen. Die Keuperzunge kann also nicht als spornartige Begrenzung des mittelpleistozänen Talrandes angesehen werden, sondern dürfte nachträglich eingerutscht sein. Plausibel wäre die Einrutschung des Keupers bei einem Taleinbruch während des Inter- gla-

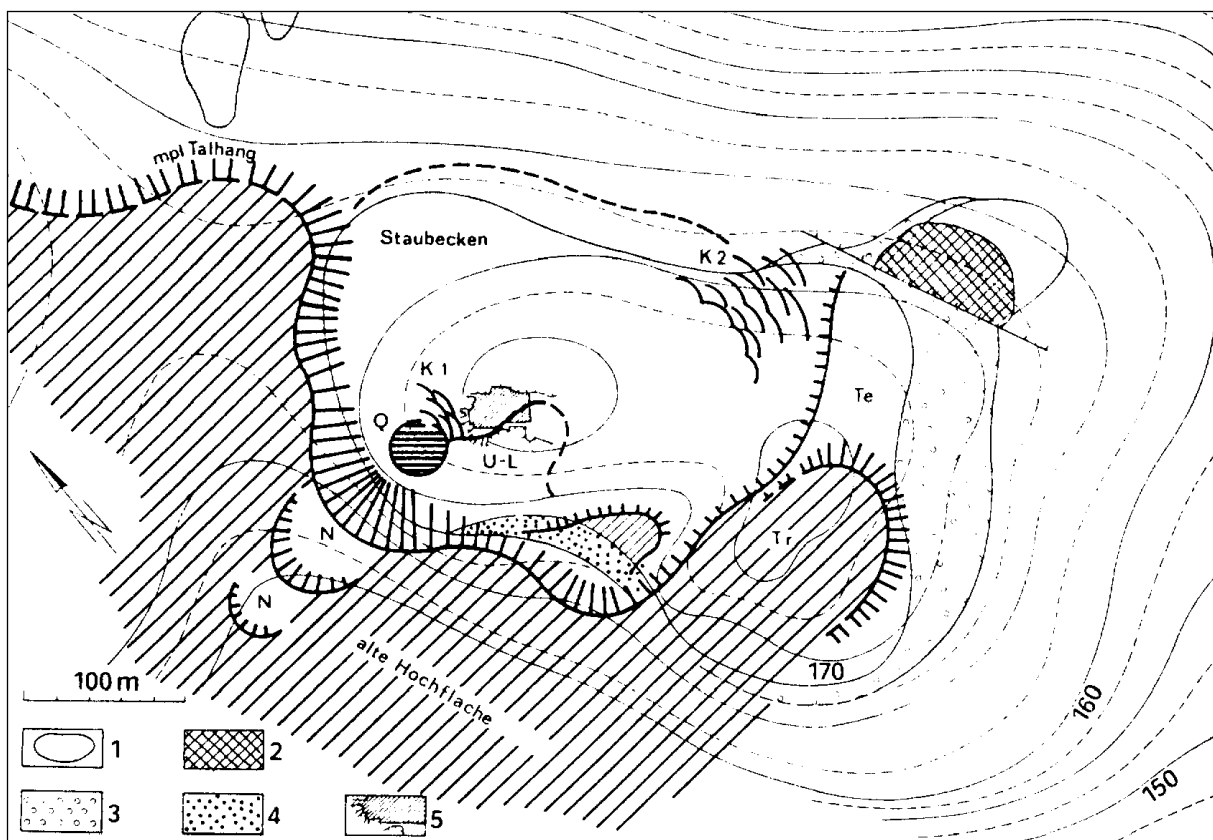


Abb. 20 – Modell der Genese des Seebeckens mit Rekonstruktion des mittelpleistozänen Talhanges (Mania 1997c, 41); Legende: 1 - Travertin, 2 - kalkige Beckenlandschaft, 3 - warmzeitliche, sandige Schotter, 4 - Kaltzeitschotter, 5 – Grabungsfläche; Q = Quelle; K = Travertinkaskaden; N = Quellnischen; Te = Terrasse; Tr = älterer Travertin; U-L = Uferterrasse/ Lagerplatz

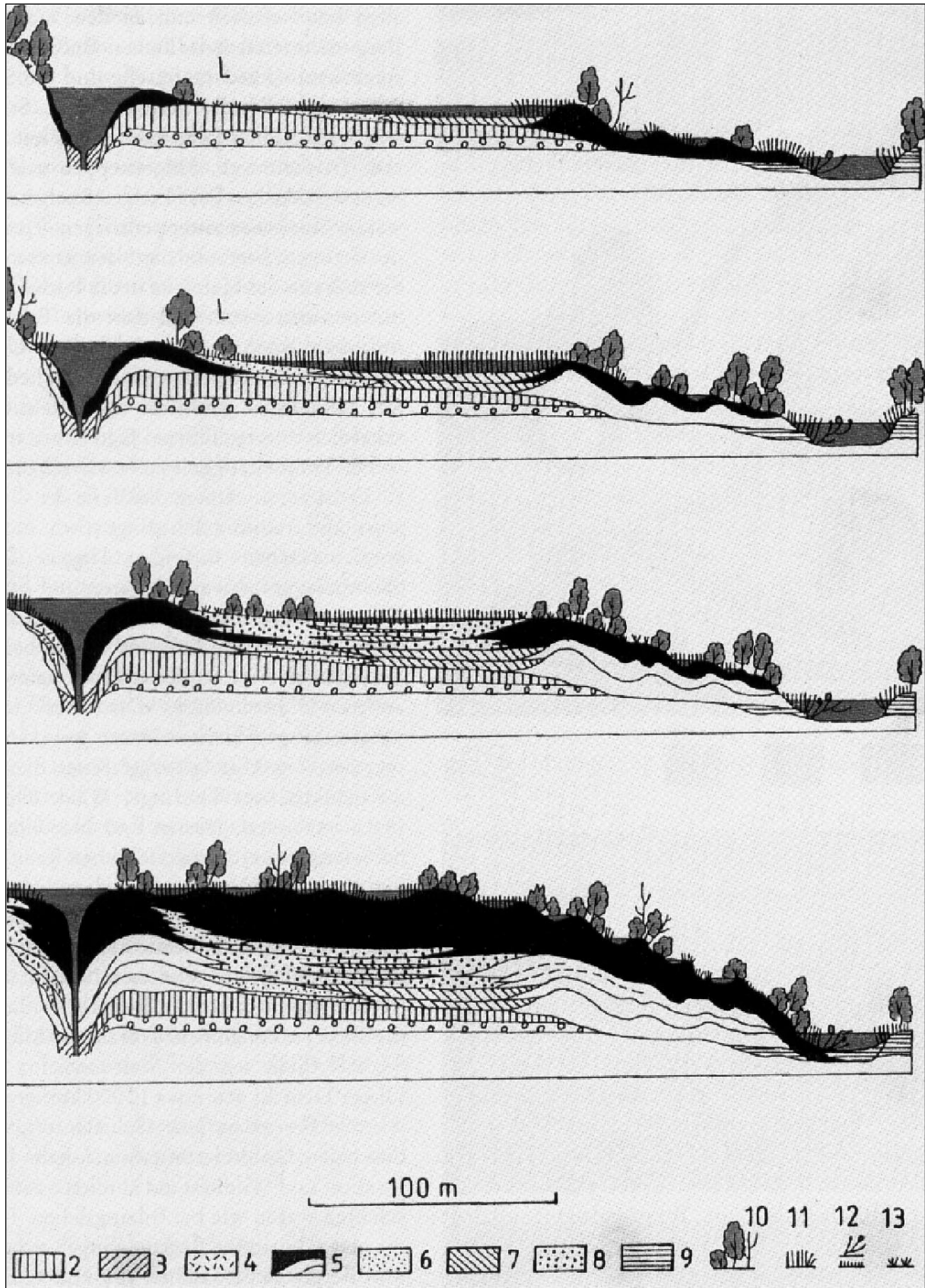


Abb. 21 – Phasen der Bildung von Seeablagerungen und Travertin (Mania 1998b, 37)

Legende : 1 - Flußschotter, 2 - Löß, 3 - verstürztes Gestein, 4 - Hangschutt, 5 - Travertinkaskaden, 6 - Travertinsand, 7 - Charophytenkalk, 8 - lockerer Strukturtravertin, 9 - Auelehm, 10 -13 Vegetation

zials. Ein Pendant habe ich 1994 bei Profilaufnahmen am eemzeitlichen Travertin von Burgtonna dokumentieren können. Auch hier sind Zungen aus Tonsteinen und Mergeln des Unteren Keupers während der Travertingenese weit in das Tal hineingerutscht und haben senkrecht zu den Flanken des Flußtales Rinnen von ca. 20m Breite und 5m Tiefe erzeugt. In Bilzingsleben wäre in Erfahrung zu bringen, ob im Bereich der Keuperzunge im Untergrund die 35-27m-Terrassenbasis liegt. Damit wäre die Keuperrutschung ins Mittelpleistozän datierbar.

Zur Frage der biofaziellen Unterscheidung der Travertine: D.Mania (1980, 73) führt zunächst die „*Zerlegung der Platte in Einzelschollen entlang herzynisch streichender Klüfte*“ als Argument für Höhenverstellungen an. Das wichtigste heutige Argument – unter Aufgabe des früheren Modells – sieht er nun im *Corbicula*-Vorkommen und Fehlen von *Theodoxus* an der 26m-Basis der „jüngeren“ Travertinbildung. Andererseits relativiert er selbst die chronostratigraphische Rolle des *Corbicula*-Leithorizontes, indem er ihn in neueren Arbeiten sowohl im Dömnitz (z.B. Neumark-Süd) als auch in der nächstälteren Warmzeit (Bilzingsleben, Wallendorf) ansiedelt (Mania 1997b, 103). Die Annahme zweier Travertingenesen in zwei Warmzeiten ist also in erster Linie eine Frage biofaziell unterschiedlicher Basisschotter geworden, zuzüglich der unterschiedlichen Auenhöhe.

Zur Frage des verlegten Wipperlaufes: Infolge der Verzahnung warmzeitlicher Flußschotter mit der „älteren Travertinfoolge“ (32m-Niveau) spielt die Frage des Wipperlaufes während der Travertingenese eine wichtige Rolle für die *site formation*, sowohl für den „älteren“ als auch den „jüngeren“ Travertin. Die *Theodoxus*-Schotter (40% der Mollusken im südöstlichen Teil) legen die Verzahnung des Travertins mit fluviatilen Sedimenten derselben Warmzeit nahe. Auch der „jüngere“ Travertin weist mit den basalen *Corbicula*-Kiesen, aber nur seltenen Belegen von *Theodoxus*, flußtypische Arten auf, woraus zwar ein standortbedingter Unterschied, nicht aber die Unterscheidung in verschiedene Interglazialtypen abzuleiten ist.

Zusammenfassung

Die geologischen Rahmenbedingungen zur *site formation* von Bilzingsleben lassen folgende Schlußfolgerungen zu:

Das Höhengefälle warmzeitlicher Schotter auf einem Niveau von ca. 32m im Südostteil und 27m im Nordwestteil kann ohne geologische Basisuntersuchungen nicht endgültig bewertet werden. Es könnte sowohl für den Einbruch des Nordostteils bei nur einer Travertinbildung (Modell A), als auch für zwei verschieden alte Terrassen und zwei Travertinbildungen

(Modell B) stehen. Wenn gemäß Modell A die Travertingenese als Kopplung von subrosiver Auswaschung des Muschelkalkes und Ausfällung in einem limnisch aufwachsendem Charophyten-travertin verstanden wird, kann es im Nordostteil zum syn- oder postgenetischen Einbruch des mittelpleistozänen Wippertales gekommen sein. Dadurch entsteht ein vom fluviatilen System abgeschotteter, in einer parautochthonen Beckenfazies aufwachsender Travertin (vgl. Burgtonna). Ein zeitweiliges bzw. zyklisches Eindringen des Flusssystems ist nicht auszuschließen. Modell A erhält dadurch Gewicht, als das Modell B, das heute favorisierte Szenario von D.Mania, infolge der ersten Travertinbildung und Plombierung des Flußbettes ein seitliches Ausbrechen der Wipper aus dem mittelpleistozänen Tal zur Folge haben müßte. Während der zweiten Travertinbildung wäre dann zwar noch eine basale Aufschotterung der 27m-Terrasse erfolgt, der Fluß anschließend jedoch erneut umgeleitet worden. Ein seitliches Ausbrechen des Flusses auf der östlichen Talseite kann im Gelände an keiner Stelle belegt werden. Stattdessen deuten horizontübergreifende biogene Spuren auf Verzahnungen der Schotter mit der aufgewachsenen Travertinbildung. Fluviatile Anzeiger liegen neben importierten Schottern, die gut zum Spektrum harter Anteile aus dem Grundmoränenabtrag passen, auch mit Mollusken, Ostrakoden und Fischen vor.

Die Diskussion des geologischen Untergrundes einschließlich der Fundschichten zeigt, daß wenige Argumente für, viele jedoch gegen das neuere Modell der *site formation* von D.Mania ins Feld geführt werden können. Die aufgeworfenen Fragen und deren Abwägung bleiben vor allem zukünftigen Geländearbeiten vorbehalten. Die Möglichkeit fluviatilen Imports als erheblichem Faktor der Akkumulation von Terrassenmaterial, Knochenfragmenten und Hölzern erhält in Abwägung von Pro und Kontra allerdings hohe Wahrscheinlichkeit.

Naturwissenschaftliche Datierungen des Fundhorizontes

Perspektiven der Korrelation mittelpleistozäner Interglaziale

Die Abfolge der quartären Klima-Großzyklen wird über die Sauerstoffisotopenkurve der Weltmeere (OIS) definiert und mit den periodischen Schwankungen der Erdbahnparameter (Milankovich-Zyklen) zuverlässig korreliert. Diese aus der Wechselwirkung kosmischer Parameter resultierende Milankovich-Einstrahlungskurve (Juli-Insolation zwischen 60-70° nördlicher Breite) weist eine geschätzte Genauigkeit von +/-5ka auf (Wagner et al. 1997, 132-7). Sie stimmt in ihren Amplituden bis in Details mit den Sedimentationsraten der Tiefsee überein (SPECMAP, Imbrie et al. 1984). *Tabelle 3* zeigt einen Korrelationsvorschlag

mitteleuropäischer Fundstellen mit den Milankovich-Zyklen nach Mania (1997b).

In ganz Europa gibt es nur vereinzelte Lokalitäten, die das Mittelpleistozän in vertikal stratifizierter Superposition belegen. Aus der marinen Sedimentation von Tenagi Philippon in Thessalien (Mommersteeg et al. 1995) lassen sich mit Pollenrecords im fraglichen Zeitraum nur zwei echte Interglaziale belegen, im OI-Substage 11.3 (405ka) und im OI-Substage 5.5 (125ka), was zweifellos dem Eem entspricht. Alle anderen mittelpleistozänen Interglaziale sind schwächer ausgebildet als OIS 11.3. Hinzu kommt eine Besonderheit des Interglazialoptimums von OIS 11: Das Klimaoptimum im Substadium 11.3 (bei 405ka; Mommersteeg et al. 1995) liegt im sommerlichen Perihel der Nordhemisphäre und war damit prinzipiell kontinentaler geprägt als das heutige Klima der Nordhemisphäre, wo das Perihel auf den 3. Januar fällt. Die Saisonalität des Klimas ist dadurch auf der Nordhalbkugel verstärkt worden.

Vertreter der marinen Klimaforschung tendieren dazu, dieses Substadium 11.3 (nach Tenagi Philippon) wegen des herausragenden Klimasignals auf der gesamten Nordhalbkugel mit dem terrestrischen Holstein des mittleren Nordeuropa gleichzusetzen. Die Interpretation des Klimazeitraumes zwischen Elster und Eem wird für das mitteleuropäische Bearbeitungsgebiet – wegen des Fehlens einer terrestrischen Superposition dieser Ablagerungen – unvermindert kontrovers diskutiert. Relativstratigraphische Argumente können bislang jeweils nur für das frühe oder das späte Mittelpleistozän ins Feld geführt werden. Sedimentfallen im norddeutschen Altmoränenengebiet, wie die Becken von Gröbern, Grabschütz und Rabutz, belegen die Zeitscheibe seit der Saale-Hauptvereisung und die darin abgelagerten Warmzeitsedimente (Eissmann & Litt 1994). Außerhalb der Eisrandlage der Saalevergletscherung sind bisher keine Sedimentfallen bekannt, die mehrere mittelpleistozäne Interglaziale in Superposition konserviert haben. Die einzige Ausnahme im nördlichen Mitteleuropa bildet derzeit der Tagebau Schöningen (Mania 1995c; 1997b), wozu weitere Ausführungen folgen werden. Während mit Schöningen ein Vergleichsschwerpunkt gesetzt wird, bleiben ande-

re Aufschlüsse hier unberücksichtigt, wie das Profil von Lengfeld-Bad Kösen (Mania & Altermann 2001).

Es folgen einige schlaglichtartige Anmerkungen zum Stand der Klimaforschung im Mittelpleistozän:

Definitionen mittelpleistozäner Interglaziale sind von Pollentypen abgeleitet, was zum Teil für Schwierigkeiten der Korrelation mit Geo-Daten sorgt. Im Klima-Zeitraum ab der Elster-Vereisung des nördlichen Mitteleuropa kann gleichwohl das Holstein als dasjenige Vollinterglazial bezeichnet werden, das oft direkt mit spätelsterzeitlichen Terrassen lithologisch verzahnt ist. Das Hochinterglazial ist sehr warm. Pollenrecords verzeichnen im Holstein die nördlichste Verbreitungsgrenze thermophiler Arten (z.B. *Abies* bis Mittelengland). Aus limnischen Ablagerungen Norddeutschlands (Kieselgur von Munster-Breloh und Hentendorf) liegen Jahresschichtenzählungen vor, die in Verbindung mit Pollenrecords eine vollständige Vegetationsabfolge des Holstein über 16-17 000 Jahre dokumentieren (Müller 1974; Urban 1998).

Obwohl das Holstein unmittelbar auf Elster II folgt, beurteilen verschiedene Bearbeiter die Korrelation mit der marinen Sauerstoffisotopenkurve sehr unterschiedlich. Kontrovers wird das Holstein OIS 7, 9, 11 oder 13 zugeordnet. Bei der Einordnung in OIS 7 würde das eine kurze Zeitspanne des frühen Saalekomplexes (Litt & Turner 1993) bedeuten, außerdem eine sehr „kurze Chronologie“ des gesamten Vereisungsgeschehens im nördlichen Mitteleuropa (Eissmann & Litt 1994).

Vergleicht man die Einzelbeiträge eines neueren Kompendiums (Benda 1995), fällt die generell kurze Chronologie auf, bei Datierung des Holstein um 200ka. Diese ESR-Daten mariner Mollusken des Holsteinmeeres von 195-218+/-25ka bzw. limnischer Mollusken norddeutscher Holsteinablagerungen mit Daten von 197+/-20ka (Caspers u.a. 1995, 33) gelten heute als methodisch unzuverlässig. In Anbetracht der Tatsache, daß der Bänderton unter der ersten Saaleterrasse in Zwochau/ Delitzsch-SW auf etwa 200ka TL datiert wurde (Krbetschek & Stolz 1994), ist hier eine reale Datenstreuung von mindestens 50ka anzuneh-

OI - Stage	Alter (in ka) nach Milankovich-Zyklen	Zuordnung terrestrischer Interglazialtypen, nach Mania (1997b)
7	186 - 242	Intra-Saale (Neumark-Nord; Lengfeld/ Bad Kösen)
9	301 - 334	Dömnitz – Wacken - Schöningen (Schöningen III)
11	364 - 427	Reinsdorf (Bilzingsleben II , Schöningen II)
13	474 - 528	Holstein s.str. (Bilzingsleben I)
15	568 - 621	Cromer IV (?)
17	659 - 712	Cromer III (?)
19	760 - 787	Cromer II (?) – darin bei 778 (+/-2) M/B-Grenze

Tab. 3 – Korrelation mittelpleistozäner Interglaziale, nach Mania (1997b; 1998a), Datierung der Milankovich-Zyklen nach Wagner et al. (1997, 135)

men, die unter Berücksichtigung methodischer Interpolationsfaktoren wahrscheinlich eher noch größer ist. Bei TL-Daten bestehen durch die Feuchte des Sediments, die Porenraumbestimmung und die Bestimmung der Dosisleistung systematische Schätzfaktoren, deren Einfluß bei hohen (alten) Daten am Limit der Methode noch erheblich zunimmt.

Interpretationsmöglichkeiten entstehen durch neue $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Daten des Kärlich-IG, wo Kristalle des zeitgleich abgelagerten Brockentuffs mit $396\pm 20\text{ka}$, bzw. nach einem neueren Datum mit $358\pm 2\text{ka}$ (OIS 11) datieren (Bittmann 1992; 1998). Palynologisch weist dieses Interglazial geringere Ähnlichkeit zum Holstein, größere mit dem Bilshausen-Typ (Müller 1965) und damit dem spätcromerzeitlichen Rhume-IG auf. Nach Untersuchung der Kleinsäuger ist das Kärlich-IG jünger als die Cromer-IV-Warmzeit der niederländischen Stratigraphie und könnte damit ein letztes, bisher nicht klar definiertes Cromer-V-Interglazial verkörpern. Wenn Kärlich älter als Holstein wäre, könnte unter Umständen Holstein mit OIS 9 und Dömnitz-Wacken-Schöningen mit OIS 7 korreliert werden, wobei das zwischengeschaltete Reinsdorf-IG nicht zuzuordnen wäre. Problematisch daran ist, daß nach Milankovich-Zyklen die OIS 9 und 7 ein weit schwächeres Klimasignal als OIS 11 aussenden. Das würde dem exponiert thermophilen Charakter des Holstein als Biofazies widersprechen.

Eine lange Chronologie zwischen Elster und Eem vertritt Mania (1997b, 103), der durch ein „Intra-Saale-IG“ (zwischen Drenthe und Warthe), Dömnitz und die in Schöningen gefundene Reinsdorf-Sequenz das Holstein nun im OIS 13 sieht, das nach den Gesetzen der Milankovich-Zyklen aber nur einen interstadialen (warm-gemäßigten) Charakter gehabt haben dürfte und wesentlich kühler als OIS 11 ausfällt. Bezüglich der Milankovich-Zyklen sollte Holstein zumindest mit einem der exponierten Peaks (OIS 7, 11, 15) korrelierbar sein. Mania (1997b) schließt mit dem Verweis auf eine weitere Warmzeit nach dem Eiszerfall von Elster-I auch OIS 15 für das Holstein nicht aus. Zu OIS 15, das ebenfalls thermophiler als das Holozän war, liegen bisher nur spärliche Hinweise vor. Möglicherweise wird es in Mitteleuropa durch die Mauer-Warmzeit (Mosbach-Fauna) repräsentiert.

Der Vegetationstyp eines jüngeren mittelpleistozänen Interglazials im Vorfeld der Saalevergletscherung liegt mit dem Typ Dömnitz (Erd 1973; 1978), Wacken (Menke 1975) und Schöningen (Urban 1995; 1998) vor. Letzteres wird von Urban (1998) bei Ablehnung eines Interglazials zwischen den Saale-Vereisungen mit OIS 7 korreliert, von Mania (1997b) hingegen mit OIS 9. Befürworter des Holstein in OIS 7 bezweifeln, daß Dömnitz-Wacken-Schöningen eine lange Kaltphase im Sinne eines Vollzyklus voranging und sehen darin nur ein Interstadial, wie es z.B. mit dem Brörup

auch nach der Eem-Warmzeit belegt ist (Eissmann & Litt 1994; Urban 1996).

Physikalische Datierungen

Durch radiometrische Datierungen besteht eine gesicherte Einordnung des Fundhorizontes der Folge Bilzingsleben II in ein mittelpleistozänes Interglazial. Das betrifft besonders die neueren Th/U-Datierungen am aufliegenden Strukturtravertin, sowie ESR-Datierungen an Nashorn-Zähnen aus dem Fundhorizont.

U/Th-Datierung: Nach Beseitigung systematischer Beprobungsfehler ergibt sich aus dem $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Verhältnis sowie dem $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Verhältnis für den Travertin ein Alter von $280\text{--}414\pm 45\text{ka}$, wobei alle $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Daten nahe oder jenseits der methodischen Grenze von 350ka liegen (Schwarcz et al. 1988, 5-6). Dieser Wert wird als Mindestalter der Travertinbildung angesehen. Aus dem $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Verhältnis wird das maximale Alter mit $440\pm 130\text{ka}$ angegeben (Schwarcz et al. 1988, 10-16). Schlußfolgernd wird OIS 11 favorisiert, wobei auch OIS 9 nicht auszuschließen ist (Schwarcz et al. 1988, 13).

Neue Datierungsserien der späten 90er Jahre können anhand der Thermionen-Massenspektrometrie die primäre Bildungsphase des Travertins (Karbonat-Phasen) herausfiltern, was die Datierungen innerhalb der Datierungsgrenze von 350ka mit einer geschätzten Genauigkeit von $\pm 50\text{ka}$ absichert (Frank 1997; - et al. 2000; Mallik 2000). Im Falle des Travertins von Bilzingsleben konnte jedoch nur ermittelt werden, daß die $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Verhältnisse der Travertinsequenzen I und II um 1,0 liegen und sich somit im Gleichgewicht befinden (Mallik et al. 2000). Das beweist zunächst ein Alter außerhalb des methodischen Datierungszeitraumes von 350ka, also ein Alter weit vor Beginn der Saalevereisung. Der Standardfehler der Messung wird auf höchstens $\pm 50\text{ka}$ angegeben, womit die Korrelation mit jüngstens OIS 9 wahrscheinlich ist. Auffallend ist, daß die Abreicherung an Uran und Thorium verstärkt in den unteren Bereichen des beprobten Strukturtravertins auftritt. Im Bereich über 2m Höhe im Strukturtravertin liegen die Werte für ^{230}Th sowie ^{234}U höher als in den Basisschichten (Mallik et al. 2000). Mit Kathodenlumineszenz- und Mikrosonden-Untersuchungen kann gezeigt werden, daß der Travertin der Sequenzen I, II und IV eine syn- oder postgenetische Störung erfahren hat, die außerhalb des Datierungszeitraumes stattgefunden haben muß. Sie wird als fluviale Überprägung durch Änderung der Lösungszusammensetzung oder diagenetische Veränderung interpretiert (Mallik et al. 2000).

ESR-Daten an Nashornzähnen aus Travertinsanden des Fundhorizontes liegen ebenfalls mehrheitlich über 300ka (Schwarcz et al. 1988). Einschränkend wird erwähnt, daß die Gamma-Umgebungsstrahlung der Se-

dimente dazu nicht ausreichend gemessen werden konnte bzw. deren Beurteilung schwierig sei. Bei neuen ESR-Messungen am Schmelz von Nashornzähnen (*in Bearb.* J.Schüler, Weimar) ist diesem Problem durch zumindest 1-2-stündige Messung der Gamma-Umgebungsstrahlung Rechnung getragen worden, wobei eine unerklärlich hohe Dosisleistung auftrat, die alle Meßergebnisse erheblich verfälscht. Die Daten sind bislang nicht ausgereift genug, um sie interpretieren zu können.

Biomarker und Palynologie

• Fauna:

In der Vergesellschaftung gibt es charakteristische Arten, die eine zeitliche Eingrenzung relativ kurz nach der Elstervereisung sehr wahrscheinlich machen. Die Zahnentwicklung der Biber sowie der Schmelzbanddifferenzierungsquotient (SDQ) der Schermaus *Arvicola cantianus* weisen die Fauna in einen frühen Abschnitt des Toringiums (Heinrich 1991, 77; 1993; 1994; 1997b; 2000, 28). Ein echter Übergangshorizont vom Oberen Biharium (z.B. Interglaziale von Voigtstedt, Süßenborn) zum Toringium ist im mitteldeutschen Arbeitsgebiet bisher nicht belegt, daher bleibt die relative Stratigraphie zunächst nur auf postelsterzeitlich eingrenzbar. Auf abweichende Anwendung der Begriffe „Holstein-Komplex“ (z.T. verkürzt als „Holstein“) gegenüber der INQUA-Festlegung (Litt & Turner 1993) durch einige der bearbeitenden Paläontologen ist dabei im besonderen zu achten. Folgende paläontologischen Ergebnisse tragen zur relativen Datierung des Faunenkomplexes bei:

1. *Großsäuger*: Der hochwarmzeitliche *Palaeoloxodon*-Faunenkomplex besitzt progressive Merkmale gegenüber der Mosbach/ Mauer-Fauna, weist jedoch noch nicht die typischen Arten des jüngeren Mittelpleistozäns (wie z.B. in Steinheim) auf. Belege dafür bieten Rinder, Hirsche, Pferde und Nashörner:

Wegen der schlechten postcranialen Abgrenzbarkeit *Bos/ Bison* läßt sich *Bos primigenius* (ab Holstein in Mitteleuropa nachgewiesen) nicht mit Sicherheit belegen (Fischer 1991a). Fischer weist trotz der hohen Anzahl von Rinderfragmenten (5% Mengenanteil) auf die generelle Abgrenzungsproblematik beider Arten hin (Fischer 1991a, 147), die nur im Sinne von Merkmalkomplexen lösbar ist. Auch die einstweilige Bestimmung einiger Hornzapfen von *Bubalus murrensis* (Fischer 1991a) muß zugunsten von *Bison prisus* revidiert werden (*mdl. Mitteilung D.Mania 1998*).

Megaloceros (Vollbrecht 2000), in der Steinheimer Fauna belegt, kann nach Überprüfung der Geweihreste nicht bestätigt werden (Mania 2001, 44).

Die Pferde weisen nach vorläufigen Ergebnissen von Musil (2000) Merkmalsunterschiede zu *Equus*

mosbachensis auf, obwohl sie phylogenetisch älter als die Pferde von Ehringsdorf beurteilt werden. Demgegenüber hatte A.Wüst hier noch Vertreter von *Equus taubachensis* gesehen.

In jüngerer Zeit werden auch an den mit 27% häufigsten Arten *Stephanorhinus hemitoechus* und *Stephanorhinus kirchbergensis* phylogenetische Aussagen erzielt (Mania 1997b; v.d. Made 2000). Da überwiegend Kieferfragmente vorliegen, lohnen statistische Erhebungen zur Zahnmorphologie (Mania 1990; 1997b). Die Entwicklung der dritten Molaren beschreibt eine Evolutionslinie, die ältere Merkmale als bei den Nashörnern des unteren Travertins von Ehringsdorf zeigt, diese sind wiederum älter als im eemzeitlichen Taubach (v.d. Made 2000, 41).

2. *Kleinsäuger*: Obwohl die Anwesenheit von *Trogotherium cuvieri*, *Arvicola cantianus*, *Clethrionomys glareolus* und *Microtus subterraneus* stark auf älteres Mittelpleistozän hindeutet, kann eine gesicherte relative Einstufung nur anhand der Zahnmorphologie von *Trogotherium*, *Castor fiber* und *Arvicola* erfolgen. Als Arten sind Altbiber und Alt-Schermaus auch noch im Eem belegt (Heinrich 1997b; 2000). Das erst kürzlich entdeckte Vorkommen von *Lagurus lagurus* wird von Heinrich (2000) bei Voraussetzung autochthoner Verhältnisse als Hinweis auf eine Datierung nach dem Holstein angesehen, während D.Mania das Vorkommen als sekundäre Spaltenfüllung (möglicherweise frühweichselzeitlich) betrachtet, wodurch dieser Biomarker für eine Interpretation bedeutungslos bliebe (*mdl. Mitteilung D.Mania 1999*).

Insgesamt favorisiert Heinrich (2000) für die Rodentier neuerdings eine Einstufung in ein Interglazial nach Holstein, wobei er einräumt, daß die Datenbasis gerade für den Zeitraum des frühen Toringiums noch sehr gering ist. Gesichert ist hingegen die ältere Einstufung gegenüber den Interglazialen von Neumark-Nord, Ehringsdorf, Burgtonna und Taubach. Wegen der fehlenden Vergleichsmöglichkeit im frühen Toringium und z.T. abweichenden Auffassungen zu Neumark-Nord und Ehringsdorf kann die „Mäuse-Uhr“ derzeit nicht zur Präzisierung der Chronostratigraphie zwischen Elster und Saale beitragen.

3. *Mollusken*: Aufgrund der zahlreichen südlichen Elemente wird die Fauna als *Helicigona banatica*-Fauna charakterisiert. Sie ist typisch für hochwarmzeitliche Verhältnisse. Die später verschwundene *Neritina serratiliniformis* ist als Anzeiger des Mittelpleistozäns von Bedeutung (Mania 1997a; dagegen Toepfer 1980, 24-6).

• Makroflora:

Das klimatische Optimum wird wegen des massenhaften Buchsbaum-Vorkommens als *Buxo-Quercetum*-Vergesellschaftung charakterisiert. *Buxus sempervi-*

rens (Buchsbaum), *Celtis australis* (Südlicher Zürgelbaum) und *Pyracantha coccinea* (Feuerdorn) liegen häufig als Blattabdrücke im Travertin vor und zeigen in Verbindung mit *Syringa josikaea* (Köröser Flieder) und *Taxus baccata* (Eibe) einen mediterranen Klimatyp der oberen, hainbuchenreichen Interglazialhälfte an. Die Landschaft ist durch einen trockenen Eichenmischwald geprägt (Mai 1983). Das massenhafte Auftreten des Buchsbaums wird durch die besonderen Standortbedingungen im mitteldeutschen Trockengebiet erklärt.

Neben 14 Baumarten sind über 20 Sträucher nachgewiesen. Bei den Laubholzarten überwiegen breitblättrige Pflanzen, wie *Quercus robur* (Stieleiche), *Acer campestre* (Feldahorn), *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn), *Tilia platyphyllos* (Sommerlinde), *Fraxinus excelsior* (Gemeine Esche), *Cornus mas* (Kornelkirsche) und *Corylus avellana* (Hasel). Daneben treten auch kleinblättrige Sommerlaubgehölze auf, wie *Populus tremula* (Zitterpappel), *Betula pubescens* (Moorbirke) und *Berberis vulgaris* (Sauerdorn).

Einige Arten des Bilzingslebener Travertins sind heute nicht mehr in diesem Gebiet heimisch. Dazu gehören neben dem Köröser Flieder (heute pontisch verbreitet) vor allem der Buchsbaum (heute adriatisch-iberisch), der Zürgelbaum (heute mediterran), der Feuerdorn (heute mediterran-pontisch) und das Strauchfingerkraut (*Potentilla fruticosa*; heute subkontinental). Insgesamt ist die Flora zu etwa 20% durch mitteleuropäische und zu 17% durch mediterrane bzw. subkontinentale Arten gekennzeichnet. Daneben treten zu 10% boreale und subboreale Arten auf.

Anhand der geschilderten Floren- und Faunenelemente läßt sich ein Klima mit warmen Sommern und milden Wintern rekonstruieren. Die Jahresmitteltemperatur schwankt zwischen etwa +9 und +13°C (heute +8,6°C). Im Juli als wärmstem Monat liegt die Durchschnittstemperatur bei +20,5°C (heute +17°C), im Januar zwischen -0,5 bis +3°C (heute -1°C). Der geschätzte Jahresniederschlag liegt bei ca. 750-810mm (heute am Standort etwa 500mm). Eine zweigipflig verteilte Niederschlagskurve führt zu sehr warmen und trockenen Sommern (Mai 1983; Mania 1997a).

• Pollen:

Allein im Travertin können etwa 36 Arten nachgewiesen werden, die Untersuchung von Pollen können diesem Spektrum 32 neue Formen hinzufügen (Mai 1983; Erd 1993, 1997; Mania 1997a). Auch anhand der Pollen läßt sich der Lagerplatz in den klimatischen Übergang vom Eichenmischwald zur Hainbuchenphase stellen (Mania 1997a).

Die Einordnung Bilzingslebens in bestehende Interglazialtypen ist aus mehreren Gründen schwierig. Zum einen ist die Pollenerhaltung im Seekalk relativ schlecht, was zu selektiver Erhaltung geführt hat (Litt

1989), zum zweiten müssen die nicht hinreichend erforschten klimatischen Besonderheiten im mitteldeutschen Trockengebiet ins Kalkül gezogen werden, zum dritten liegt im Seekalk nur eine kurzzeitige Sequenz des Übergangs *Corylus/ Carpinus* vor. Erd (1997, 108) konstatiert, daß die Fundschicht weder mit dem Holstein-Typ noch mit dem Typ Dömnitz-Wacken-Schöningen direkt vergleichbar sei, betont aber Ähnlichkeiten mit dem Kärlich-Interglazial. Mit folgenden Argumenten wird eine Zuordnung zum Holstein für unwahrscheinlich erklärt:

- *Corylus*- und *Carpinus*-Werte sind untypisch hoch (selektive Erhaltung?),
- *Picea* fehlt in den Pollenrecords, ist dagegen vereinzelt in Makroresten erhalten (selektive Erhaltung),
- während der *Carpinus*-Phase ist *Abies* mit 2% sehr niedrig,
- keine Tertiärrelikte (*Pterocarya*, *Azolla filiculoides*) nachgewiesen.

Interessant ist, daß durch hohe *Carpinus*- und *Corylus*-Werte, bei 2% *Abies* während der *Carpinus*-Phase, eine für das Dömnitz/ Wacken/ Schöningen-Interglazial ausschließbare Vegetationsentwicklung vorliegt. Die Tanne ist bisher im Dömnitz, wie auch im Schöningen-Interglazial (bzw. -Interstadial gemäß Urban 1997), in Mittel- und Norddeutschland nicht nachgewiesen. Als pollenanalytisches Merkmal der Dömnitz-Warmzeit wird von Erd (1973; 1978) das häufige Vorkommen von *Azolla filiculoides* genannt. Da dieses Tertiärrelikt in Bilzingsleben nicht vorkommt, war eine Korrelation mit Dömnitz aus palynologischer Sicht von je her unwahrscheinlich und widerspricht der stratigraphischen Einstufung in älteren Publikationen von Mania (z.B. 1991, 12).

Resümierend vergleicht Erd (1997, 110) den Fundkomplex mit dem Vegetationstyp des Eem. Er schließt in diesen Typ das Kärlich-IG ein und diskutiert augenfällige Parallelen. Eine präholsteinzeitliche Warmzeit wird von Erd (1997, 109) aufgrund der geringen Ullmenwerte dagegen ausgeschlossen.

Wägt man, in Anbetracht der mit OIS 9-11 korrelierbaren Absolutdaten, den derzeitigen Einordnungsspielraum für das Interglazial von Bilzingsleben ab, so ist wegen des Fehlens eines Interglazials zwischen den Elstervereisungen nur das Holstein oder ein Interglazial des frühen Saalekomplexes in Betracht zu ziehen. In diesem Zusammenhang ist die Untersuchung von Litt (1989) bedenkenswert, nach der die Pollenerhaltung in Bilzingsleben so selektiv ist, daß die Sequenz nur in Bezug auf Interglazialanzeiger von Wert ist und darüber hinaus keine zuverlässige Konkretisierung zuläßt. Eine Korrelation mit dem Holstein bleibt demnach möglich, auch wenn die Pollenrecords keine eindeutige Aussage zulassen.

Entspricht Zyklus Bilzingsleben II dem Zyklus Schöningen II ?

Anfang der 90er Jahre ist im Tagebau von Schöningen ein – zunächst nach stratigraphischen Argumenten – neues mittelpleistozänes Interglazialvorkommen gefunden worden, das als Reinsdorf-IG bezeichnet wird (Thieme 1995; Mania 1997b; 1998a). Die palynologische Charakteristik dieses Interglazials ist bisher nur vorläufig publiziert und repräsentiert dessen unteren Abschnitt (Urban 1997). Da Mania (1997b) die Zyklen von Schöningen II und Bilzingsleben II gleichsetzt und damit die Fundstelle Bilzingsleben in das Reinsdorf-Interglazial stellt, soll die Befundsituation in Schöningen kurz beleuchtet werden.

- *Geologische Situation Schöningen:*

Der Staßfurt-Helmstedter Salzsattel, ein herzynisch streichender Zechsteindiapir, wird beidseitig von triasischen Absenkungsfolgen flankiert, in denen sich tertiäre Braunkohlen gebildet haben (Thieme 1995, 18-19). Die Morphologie des Untergrundes begünstigt eine sukzessive halokinetische Absenkung der Flözschichten während des Tertiärs, im Bereich der Schöninger Flanke nach NE fallend. Dieser Absenkungsvorgang ist im Pleistozän abgeschlossen (Elsner 1987; Lenhard 1989, 115; *dagegen* Mania 1995c, 34-5). Die Verstellung quartärer Schichten im Tagebau Esbeck wird von Geologen mit Mollisoldiapirismus erklärt (Lenhard 1989). Die Frage halokinetischer Absenkung ist auch für das erst später eröffnete Baufeld Süd entscheidend zur Erklärung der Genese und Chronostratigraphie der fundführenden Interglazialfolgen. Eine halokinetische Senkung im Laufe des Mittelpleistozäns wird von Geologen aber für das gesamte Tagebaufeld ausgeschlossen.

Die Deckschichten der Braunkohle bestehen im wesentlichen aus Ablagerungen seit der Elster-I-Vereisung, deren Basis von bis zu 15m mächtigem, kalkhaltigem Geschiebemergel und Sandern der ersten Elstergrundmoräne gebildet wird (Lenhard 1989, 114-5). Am südwestlichen Rand hat sich eine nach SE entwässernde Erosionsrinne eingeschnitten. Eine Grundmoräne der Elster-II-Vereisung ist nicht belegt (Lenhard 1989, 114-5).

Im Zusammenhang mit den Grabungen des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege hat D.Mania im Baufeld Süd geologische Profildokumentationen durchgeführt, die zur Zeit einzige Datenbasis zur chronostratigraphischen Bewertung der archäologischen Fundplätze sind. Nach der Elstervereisung kommt es gemäß Mania (1995c) zu seitlich versetzten, rinnenartigen Ablagerungen dreier Interglazialvorkommen, die stratigraphisch gesichert unter der Saalegrundmoräne liegen und einen Zeitraum von drei vollständigen Glazialzyklen bis zum Beginn der Saalevereisung repräsentieren. Wenngleich die Rinnen gemäß

der Erosions- und Entwässerungsrichtung von NW nach SE verlaufen (Thieme & Mania 1993, 611-12), erschließt sich daraus nicht deren seitlicher Versatz, der bei den insgesamt fünf interglazialen Folgen (zuzüglich Holozän) jeweils eine Verschiebung der Erosionslinie zum Salzstock hin bewirkt habe (Abb. 22). Mania (1995c, 34-5) erklärt dies mit "*Mechanismen der Randsenkenbildung*" infolge der Halokinese, was von Geologen abgelehnt wird. Die Rinnenbildung habe sich jeweils in den Spätglazialphasen vollzogen, was zur Ablagerung von groben Geröllen und Sanden geführt habe. In den warmzeitlichen Phasen haben sich aus den Fließgewässern stehende Gewässer mit hohen Anteilen organogener Sedimentation gebildet. Die Nivellierung des Beckens beginnt in der anschließenden Frühglazialphase durch Einschwemmung grobkörniger Sedimente und wird durch hochglaziale Löss abgeschlossen.

Die Folge der seitlich versetzt abgelagerten Interglaziale (Folge I – III) wird im Hangenden von der Saalegrundmoräne bedeckt (Thieme 1999, 457) (Abb. 23). Vermutlich (da ohne Angabe) liegt das Profil aus Abb. 23 im Bereich von Fundplatz 12 (vgl. Abb. 22). Die Überlagerung der Interglazial-Folgen II und III durch Sander der Saalevereisung ist in Abb. 23 auf mindestens 80-100m nachgewiesen. Allerdings ist das Holstein (Folge I) nur als Residuum im SW-Teil des Tagebaus erhalten, weshalb der Zusammenhang zu den Folgen II-III nicht in Superposition belegt werden kann. Da im Bereich der Speerfundstelle (Abb. 22, Punkt C) Beckenschluffe der Folge II (Reinsdorf-IG) direkt auf der Elstergrundmoräne liegen, wäre die Frage der Verzahnung mit dieser von Interesse, ebenso der Übergang der Rinne III in Ablagerungen zur Saalegrundmoräne.

Sowohl der seitliche Versatz der Interglazialablagerungen als auch die spärliche Dokumentation erschweren eine Beurteilung. Eine schematisierte Darstellung, in der die Folgen II-IV scheinbar in Superposition vorliegen (Mania 1995c, 34), entspricht jedenfalls nicht der Geländesituation, auch wenn die Alters-einstufung der Fundstellen 12, 13-I und 13-II unter der Saalegrundmoräne nicht in Frage steht (Abb. 22). Während Thieme (1995, 71) sich bezüglich der relativen Stellung des Reinsdorf-IG im Mittelpleistozän zunächst vorsichtig geäußert hat, wird der relativstratigraphische Zusammenhang heute als gesichert bewertet (Thieme 1999).

- *Vorläufige Ergebnisse zur Palynologie von Schöningen:*

Holstein: Über den Ablagerungen der Elstereiszeit ist sowohl in den späten 80er Jahren im Baufeld Nord (Urban 1998) als auch in den 90er Jahren im Baufeld Süd der Pollentyp Holstein nachgewiesen worden (Abb. 24). Das Holstein hat im Baufeld Nord in einer

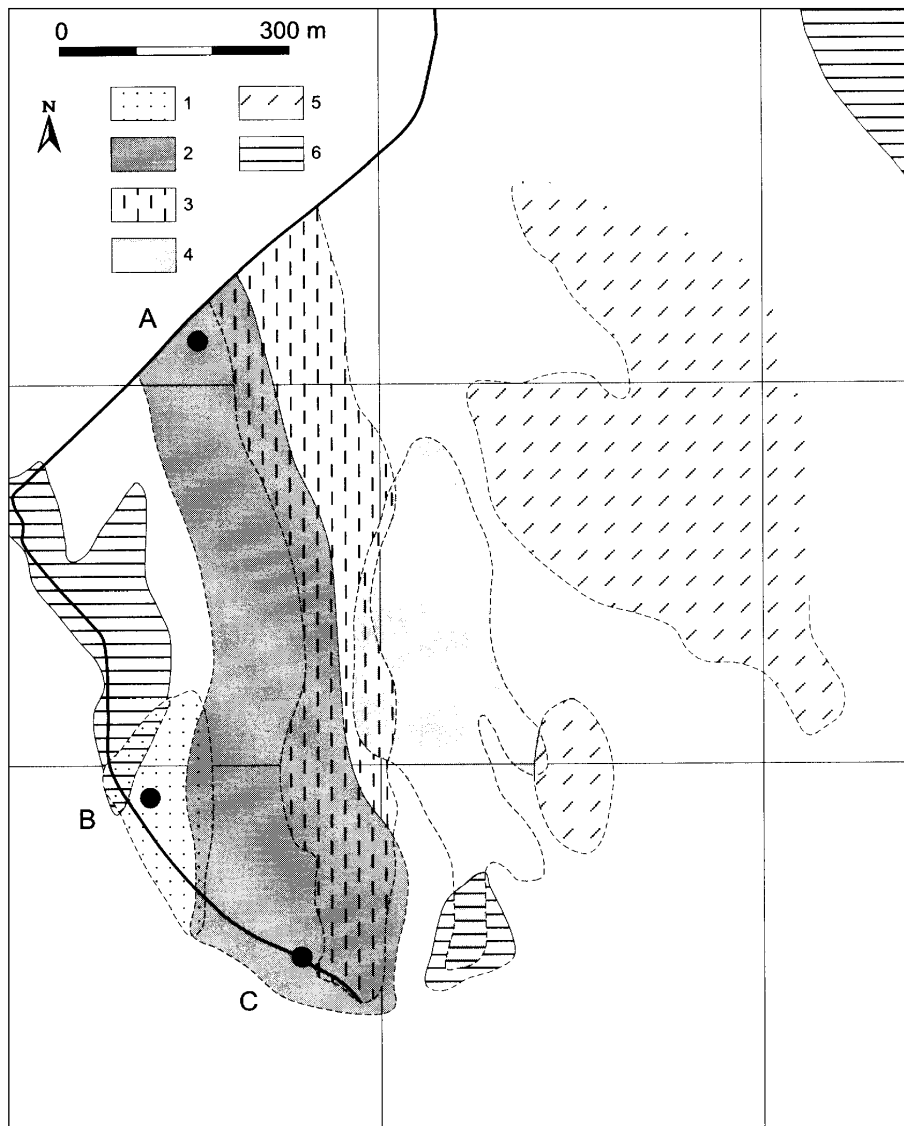


Abb. 22 – Schöningen, Lkr. Helmstedt, Kartierung der zugeordneten Interglazialablagerungen im Nordwestteil des Bau-feldes Süd (Mania 1995c, 36; zit. nach Thieme 1999, 457);

Legende:

- 1 - Rinne mit Zyklus I,
- 2 - Rinne mit Zyklus II,
- 3 - Rinne mit Zyklus III,
- 4 - Rinne bzw. Depressi-on mit Zyklus IV,
- 5 - Rinne bzw. Depressi-on mit Zyklus V,
- 6 - holozäne Rinnen mit Zyklus VI (im Nordosten der Mißbaue).

A - Fundplatz 12,
 B - Fundplatz 13-I,
 C - Fundplatz 13-2.
 Die glaziale Serie der Saalevereisung liegt zwischen den Rinnen III und IV. Die fette schwarze Linie ist die Tagebau-grenze.

spätelsterzeitlich angelegten Rinne bis zu 14m mächtige See- und Torfablagerungen hinterlassen. Der Übergang im Spätglazial beginnt mit drei kühl getönten Waldzeiten, die Kiefer, Birke, Erle, Fichte und Lärche als Anzeiger für kontinentales Klima aufweisen (Urban 1995, 48). Zur Torfbildung kommt es erst zum Ende der Warmzeit, wo in der späten Hainbuchenphase auch Flügelnuß (*Pterocarya*) und Wasserfarn (*Azolla filiculoides*) nachgewiesen sind (Urban 1995).

Im Baufeld Süd sind bisher nur die unteren Sequenzen ausgezählt worden, womit die frühwarmzeitliche Kiefernwaldzeit belegt ist. Die Identität mit dem Holstein ist nach Einschätzung von B.Urban (*Mitteilung* 2000) jedoch gewährleistet.

Reinsdorf: Urban (1995) beschreibt für das Baufeld Nord nach dem Holstein sieben interstadiale Klimaphasen bis zum Einsetzen der Saalevereisung, die durch kurzzeitige Stadiale voneinander abgegrenzt sind. Ein dort so bezeichnetes Reinsdorf-Interstadial (das fünfte dieser Interstadiale) ist nicht mit dem im

Baufeld Süd definierten Reinsdorf-Interglazial identisch, sondern von diesem durch ein Stadial getrennt (Urban 1997, 494). Die Sequenz im Baufeld Süd (Fdst. 12) weicht davon ab, da dort auf Beckenschluff mächtige Mudden und Torffolgen abgelagert sind, die einen bisher nicht bekannten Pollentyp repräsentieren. Es zeichnet sich gegenüber dem Holstein vor allem durch seinen Lindenreichtum aus, eine schwache, der Hainbuchenzeit unmittelbar vorausgehende Haselphase und ein anschließendes Einsetzen der Tanne mit deutlich niedrigeren Werten (bis 10%) als im Holstein (Abb. 24).

Eine vollständige Pollencharakteristik wie auch zweifelsfreie Unterscheidung des Pollentyps Reinsdorf vom Holstein ist derzeit noch nicht gewährleistet. Die Verzögerung des *Carpinus/ Abies*-Einsatzes wie auch erhöhte *Pinus*- und *Alnus*-Werte könnten die Reinsdorf-Sukzession ebensogut in den Beginn des Holstein setzen lassen (Urban 1997, fig. 6). Es spricht nach dem Auszahlungsstand lediglich der geringe *Abies*-Wert gegen die Gleichsetzung.

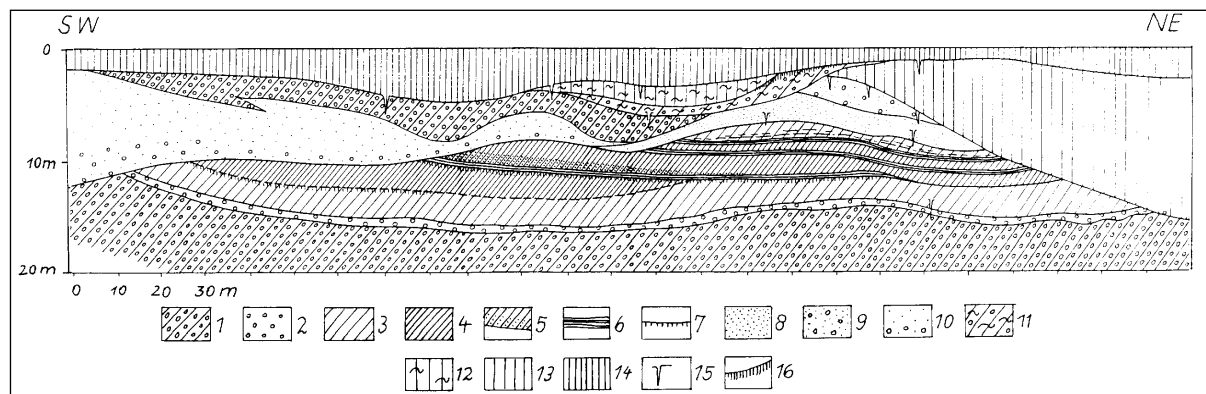


Abb. 23 – Schöningen, Lkr. Helmstedt, Geologisches Profil in der nordwestlichen Endböschung des Baufeldes Süd mit den Ablagerungen des Reinsdorf-Interglazials (Mania 1995, 37);

Legende: 1 - Grundmoränen, 2 - Kies, z.T. als Blockpackung, 3 - Beckenschluffe, 4 - Mudden, 5 - sandiger Schwemmfächer (mit Fundplatz 12, Fundhorizonte 1 und 2), 6 - Torfe, 7 - Anmoor, 8 - Feinsand, 9 - sandige Kiese, 10 - Schmelzwassersande der Saalevereisung, 11 - Fließerde aus Grundmoräne, 12 - Fließlöß, 13 - Beckenschluff Rinne III, 14 - Löß, 15 - Eiskeile bzw. Frostspalten, 16 - Parabraunerde

Gegenüber dem Pollentyp Dömnitz/ Wacken kann das Reinsdorf-Interglazial klar durch Vorhandensein von *Abies* abgegrenzt werden, da sich die Tanne im Dömnitz nicht bis nach Mitteleuropa ausgebreitet hat. *Abies* liegt in der archäologischen Fundstelle Schöningen 12 auch in Form dreier Geräte („Klemmschäfte“) vor. Während im Dömnitz-Schöningen durchgehend hohe Kiefern- und Erlenwerte vorliegen, gibt es im Reinsdorf eine gut entwickelte Eichenmischwaldphase (Urban 1995; 1997). *Azolla filiculoides* ist mit einem minimalen Anteil (unter 2%) in der spätinterglazialen Vegetationszone R1a nachgewiesen (Urban 1997, 254-5). Neben der Lage unter der Saalegrundmoräne (Abb. 23) bilden die Tertiärrelikte ein gewichtiges Argument für die Einstufung ins Mittelpleistozän.

Schöningen (Dömnitz-Wacken): Das die Reinsdorf-Rinne direkt schneidende Interglazial entspricht dem Pollentyp Dömnitz (Erd 1973; 1978) und Wacken (Menke 1975). Es weist ein gemäßigtes, warm-trockenes Klima auf. Es ist durch lindenreiche Wälder geprägt (ohne Tanne) und endet nach der Hasel-/ Hainbuchenzeit mit einer rapiden Klimaverschlechterung (Urban 1995) (Abb. 24). B.Urban bevorzugt die Einstufung als Interstadial. Im Baufeld Nord gab es eine diskordante Überlagerung des Schöningen-Interstadials durch Vorschüttssande und Geschiebelehm der Drenthe-Vereisung. Daher ist nicht gesichert, ob hier die letzte Wärmeschwankung vor der Saaleverglätscherung vorliegt (Urban 1995; 1996; 1997).

Die drei Pollentypen repräsentieren limnisch-telmatischen Folgen, die alle unter der Drenthegrundmoräne liegen. Drei weitere Warmzeitvorkommen liegen über ihr. Während Mania (1997c; 1998a, 17) Belege für ein Interglazial zwischen Drenthe und Warthe anführt, sieht Urban (1996) hier eine Diskordanz. Ein Intergla-

zial zwischen Drenthe und Warthe ist in Mitteleuropa nicht belegt, die Eigenständigkeit eines „Warthe-Zyklus“ schließt sich überdies durch das Fehlen einer Warthe-Terrasse im mitteldeutschen Tagebaufeld aus (Eissmann & Litt 1994). Pendant einer solchen Warmzeit sieht hingegen Mania (1997b) mit den Profilen von Neumark-Nord, Lengfeld/ Bad Kösen, Bilzingsleben-Zyklus IV, dem „Unteren Travertin“ von Ehringsdorf sowie dem polnischen Lublin-Pedokomplex (Stremme 1998).

Auch das Eem kann im Baufeld Nord mit seiner zweiten Hälfte in Gestalt von Torfschmitzen und Lockertravertinen dokumentiert werden. Auffallend ist die sehr späte Ausbreitung der Tanne erst nach der etwa 2000 Jahre andauernden Hainbuchenzeit, dann aber mit lokal sehr hohen Werten bis zu 40% der Baumpollen (Abb. 24). Abweichungen zum Reinsdorf-Interglazial treten mit dem Haseleinsatz auf, außerdem fehlt die Buche weitgehend (Urban 1995, 46).

• Makroflora von Schöningen:

Sowohl Holstein (Fdst. 13/I) als auch die dem Reinsdorf-IG zugerechneten Ablagerungen (Fdst. 12, 13/II) besitzen mit *Abies* einen thermophilen Marker des Vollinterglazials. Hinzu kommen diverse thermophile Makroreste, von denen *Acer Tataricum* (Tatarenahorn, heutige Verbreitungsgrenze in der Slowakei) Anzeiger des trocken-kontinentalen Hochinterglazials ist (Jechorek 2000). Auch anhand weiterer pontisch-pannonischer Exoten kann für das Reinsdorf-IG eine mittlere Jahrestemperatur angenommen werden, die 1,5-2° über der heutigen lag, bei sommerlichen Wassertemperaturen von 20-25°C (Jechorek 2000, 8-9).

Von Jechorek (2000, 10) werden Ähnlichkeiten der Flora von Schöningen II zur Flora der Interglaziale

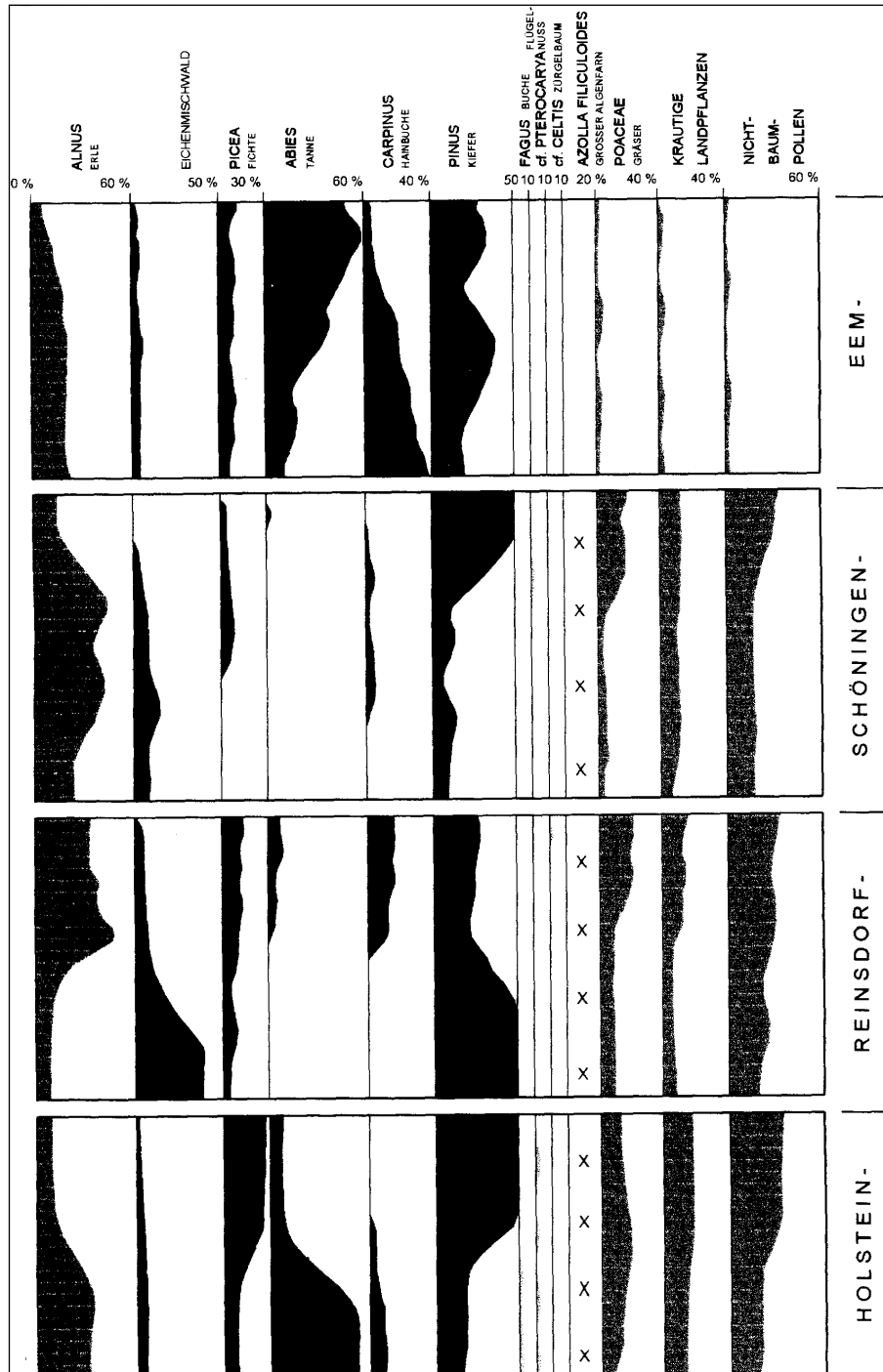


Abb. 24 – Schöningen, Lkr. Helmstedt
Pollendiagramme der Spätphasen von vier Interglazialen im Tagebau Schöningen, Baufeld Nord (Urban 1997, 255)

von Grabschütz und Neumark-Nord festgestellt. Dazu gehört das häufige Vorkommen von Halophyten, der Tatarenahorn-Eichen-Steppenwald im Optimum sowie der *Brasenia*-Komplex. Die Interglaziale von Grabschütz und Neumark-Nord werden dem Eem zugeordnet (Eissmann & Litt 1994; dagegen Mania 1997b). Im Vergleich der Biotopzusammensetzung (unter teilweise eutrophen Bedingungen) zeigen sich interessante Übereinstimmungen limnisch-telmatischer Becken, vor allem für Halophyten und Exotenelemente (Jechorek 2000, 10).

• *Diskussion des Befundvergleichs Schöningen II vs. Bilzingsleben II:*

Absolute Daten: Für die Fundstelle Schöningen 12 (Folge II) liegen TL-Daten quarz- und feldspathaltiger Sedimente der Liegend- und Hangendschichten vor. Die basalen Sande werden mit 359+/-66ka datiert, die hangenden grobschluffigen Mudden mit 288+/-76ka bzw. 255+/-55ka (Karelin 1997). Das läßt die Einordnung zwischen OIS 7-11 offen. Für die Fundstelle Schöningen 13/I (Folge I), biostratigraphisch mit hoher Wahrscheinlichkeit Holstein (Thieme 1995),

liegt ein TL-Datum von 345±52ka (Quarz) und 344±81ka (Feldspat) vor, was mit OIS 9-11 zu korrelieren wäre (Karelin 1997). Noch älter wird ein in der Fundschicht Schöningen 13/I gefundener, vermutlich während der archäologischen Besiedlungsphase unter Feuereinwirkung gekommener Flint datiert, mit einem TL-Alter von 453±39ka (Richter 1998, 87). Das ließe die Korrelation mit OIS 11-13 zu. Richter (1998) favorisiert OIS 11. Eine $^{234}\text{U}/^{230}\text{Th}$ -Datierung des Schöningen-IG liegt im Mittel bei 320ka und damit am wahrscheinlichsten im OIS 9 (Mania 1998a, 17).

Palynologie: Neben Holstein, Dömnitz-Wacken und Eem wird in Schöningen das „Reinsdorf“ als neues Interglazial beschrieben. Die Identität des Reinsdorf-IG (Fdst. 12) mit dem Dömnitz-Wacken-Schöningen-Typ kann ausgeschlossen werden. Im Gegensatz dazu bestehen Ähnlichkeiten mit dem frühen Holstein. Ein direkter Vergleich der Pollensequenzen der Folgen Schöningen II vs. Bilzingsleben II ist aufgrund der Erhaltungsprobleme in Bilzingsleben nicht möglich (Litt 1989). Abgrenzungskriterien Holstein vs. Reinsdorf aufgrund vollständiger Records werden als Prämisse zur Akzeptanz des Reinsdorf-Interglazialtyps angesehen (*Résumé des Palynologie-Workshops in Tübingen am 1.-2.5.1998*).

Makroflora: Während Schöningen II (Fdst. 12) limnisch-telmatische Bildungen ab dem Hochinterglazial (Schattholzphase) bis zur Abkühlung aufweist, ist in Bilzingsleben nur der Ausschnitt kurz vor dem Optimum bis zu dessen Ende belegt. Schöningen II weist mit der *Acer tataricum*-Flora einen kontinental geprägten Waldsteppencharakter auf, Bilzingsleben ist hingegen durch einen mediterranen *Buxo-Quercetum*-Mischwald mit diversen wärmeliebenden Exoten geprägt (Mai 1997; Jechorek 2000). Beide Waldvergesellschaftungen repräsentieren verschiedene Klimatypen und sind bei der geringen Entfernung von nur ca. 100km nicht miteinander vergleichbar (Mania & Mai 2001, 48). Hinzu kommen Habitatunterschiede. Ablagerungen und Fauna der limnisch-telmatischen Becken von Neumark-Nord, Grabschütz, Gröbern und Schönfeld ähneln denen von Schöningen, zeigen jedoch deutliche Unterschiede zu Bilzingsleben (Jechorek 2000; Böhme 2000a).

Biomarker: Beide Fundstellen repräsentieren eine *Palaeoloxodon*-Fauna mit *Trogotherium cuvieri* und *Arvicola cantianus*. Die SDQ-Werte bei *Arvicola* entsprechen denen von Bilzingsleben und weisen die Fundstelle 12 in das frühe Toringium (Kolfshoten 1993; 1995; Thieme 1999, 458-60). Während für Schöningen 12 zuverlässige biostratigraphische Daten vorliegen, bestehen bezüglich der seit 1994 ausgegrabenen Fundstelle 13-II, Folge 4 (Speerfundstelle) hierzu nur vorläufige Aussagen (Thieme 1999).

Zur Erforschung des Klimawandels zwischen Elster- und Saalevereisung kann der Tagebau Schöningen auch in Zukunft als Schlüsselfundstelle dienen.

Archäologische Interpretation

Das Konzept der *site formation*

Der Begriff der *site formation*, dessen Definition alle geologischen, biotischen und kulturellen Prozesse vor und nach dem archäologischen Ereignis einschließt (Schiffer 1987; Goldberg et al. 1993), ist als Konzept zum einen geeignet zur Bündelung der Forschungsfragen an komplexen archäologischen Befunden, zum anderen einer der wenigen ausformulierten Versuche der Standardisierung methodischer Fragestellungen zu Befunden der jägerischen Archäologie.

Der Versuch einer damit angestrebten objektivierten Befundanalyse hat eine lange Tradition. Auf die Notwendigkeit erweiterter Fragestellungen am osteologischen Material, die über die systematisch-taxonomische und ökologische Bewertung hinausgehen, hat bereits W. Soergel mit dem Hinweis verwiesen, daß die „Vernachlässigung nur eines Tatsachenkomplexes ... die Lösung in eine falsche Richtung abdrängen (würde)...“ (Soergel 1922, 3). Das von ihm erstellte methodische Konzept kann als erste Formulierung taphonomischer Fragestellungen angesehen werden, noch bevor in der Paläontologie systematische Kriterien zum Begriff der Taphonomie geführt haben (Efremov 1940).

Als Protagonist des *site formation*-Konzeptes definiert Schiffer (1987) die zum Teil gegenläufigen Prozesse „Systemkontext“, „Artefaktensemble“ und „archäologischer/ siedlungsdynamischer Kontext“. „Kulturelle“ und „natürliche“ Transformationen (d.h. anthropogene, geomorphologische und biogene Prozesse) sind dabei gleichwertig ins Kalkül zu ziehen. Dem geht die Einschränkung voraus, daß Transport, Einsedimentierung und postdepositionelle Veränderung im überlieferten Befund selten eindeutig voneinander zu trennen sind. Die Analyse der Einzelfaktoren ist als methodische Annäherung zu verstehen.

Der stringenten Trennung möglicher Faktoren, und damit einer offenen Diskussion natürlicher und kultureller Komponenten im archäologischen Befund, sind Projektionen sogenannter „ethno-archäologisch“ belegter Siedlungsmodelle oft abträglich. Als Binford (1978; 1982) die Ansicht vertritt, archäologische Hinterlassenschaften seien vor allem ein Niederschlag organisierter Systeme, innerhalb derer Artefakte genutzt und verworfen werden, ist dieser „ethno-archäologische“ Brückenschlag lediglich ein Versuch, eine Verbindung zwischen Material, Handlung und Spuren als gleichwertige Quellen zur Interpretation von Fundstellen herzustellen. Andererseits weist gerade Binford (1981) auf die vielfältigen Möglichkeiten nicht-anthropogener Selektion von osteologischem Material hin.

Der Begriff der *site formation* (Schiffer 1987) wird auf dem Symposium „*Site formation Processes – New*

Techniques and Cultural Implications“ des 56. SAA-Kongresses an diversen Fundplätzen exemplarisch angewandt (Goldberg et al. 1993). Die Beiträge zielen meist auf sedimentologische Fragestellungen ab. Wenngleich der methodische Leitfaden im Sinne von Schiffer (1987) damit nicht umfassend zum Tragen kommt, werden in den Beiträgen folgende (sich gegenseitig durchdringende) Schwerpunkte gesetzt, die auch als Richtlinie vorliegender Arbeit dienen können:

1. *The Inter-Site Scale*
(fundstellenübergreifende Bewertung)
2. *The Intra-Site Scale*
(fundstellenspezifische Bewertung)
3. *The Microscopic Scale*
(mikroskopische Spezialuntersuchungen)

Da mikroskopische Befunde nur im Einklang mit *Intra-Site*-Prozessen der Fundstelle zu interpretieren sind, ist die quellenkritische Diskussion aller materiellen Hinterlassenschaften notwendig. Die Gewichtung der mikroskopischen Ergebnisse ist – neben experimentellen Analogie-Studien – wiederum nur durch den Inter-Site-Vergleich zu realisieren, weshalb inventarübergreifende Studien zu beiden Bilzingslebener Materialkomplexen notwendig sind.

Anmerkungen zur Gesamtinterpretation des Fundplatzes

Der Ausgräber betrachtet sämtliche Befunde auf der Lößoberfläche der „Uferplatte“, dem natürlich begrenzten Lagerplatz auf einer derzeit ausgegrabenen Fläche von etwa 30x30m, als *in situ* eingesedimentiert, und nur Befunde im „Schwemmfächer“ zuzüglich kleinerer Objekte im Fundhorizont A (Travertinsand/Seekalk) der Uferterrasse als geringfügig umgelagert (*Tafel 3*) (Mania & Mania 2000). Rückwirkungen der *site formation* auf die archäologische Interpretation werden im folgenden diskutiert:

- *Sedimentation (Bewertung Mania):*

Entsprechend seines quartärgeologischen Modells zur Fundstellengenese unterscheidet Mania (1998b) die Faziesbereiche des Quellbaches, eines ausschließlich durch die Quelle gespeisten Schwemmfächers aus Travertinsand und eines flachlimnischen Seebeckens, das die Basis eines darin in mehreren Jahrzehnten aufgewachsenen Travertins bildet. Das Gewässer wird als Folge einer artesischen, bisher nicht nachgewiesenen Quellschüttung angesehen und läßt keine Möglichkeiten für fluvialen Import durch die Wipper zu.

Dieser Schwemmfächer sei durch die starke Schüttung des Quelltopfes entstanden und habe die zunächst trockengelegene Uferböschung umschlossen. Die Vernässung und spätere Flutung der Uferterrasse (Löß-

Horizont B), daran anschließend die Ablagerung von Travertinsanden und Seekalken, wird mit dem allmählichen Anstieg des Seewasserspiegels erklärt, bedingt durch das Aufwachsen einer Travertinbarre am Abfluß des Sees (Mania 1990a, 22-4; 1997c, 40-3). Kleinere Objekte seien durch Wellenschlag innerhalb des Sees von der alten Oberfläche in die fluvialen Sedimente umgelagert und sekundär akkumuliert worden. Auch eine Verlagerung gemäß der Fließrichtung aus dem Schwemmfächer sei nachweisbar. Diese betrifft vor allem einen schmalen Streifen entlang der Uferzone (Mania 1986a). Es wird betont, daß diese Objekte im Uferbereich infolge der Umlagerung keine Hinweise mehr auf autochthone Siedlungsstrukturen geben können, gleichwohl aber in vielen Fällen menschliche Modifikationen aufweisen (Mania 1998b, 42-3). Objekte von 50-100mm Größe und mehr sind stattdessen auch bei Einlagerung im Seekalk als dort befindlich anzusehen, „*wo sie der Mensch hinterlassen hat*“ (Mania 1986a, 16).

Nahezu alle größeren Objekte auf der „Uferplatte“ werden daher als *in situ*-Befunde eines „Rastplatzes“ angesehen, was geschätzten 40-60% aller Faunenreste entspricht (Mania & Mania 2000). Nach weiteren Schätzungen wurde hier zu 60% Großwild gejagt (Mania & Mania 1999, 54).

Unter der Prämisse eines *in-Situ*-Befundes argumentiert D.Mania, mit den osteologischen Hinterlassenschaften gleichzeitig den menschlichen Verwertungsgrad der Tierkadaver interpretieren zu können, da er die Frakturierungsprozesse vor allem als *Intra-Site*-Dynamik durch Schlacht- und Zerlegungsvorgänge ansieht (Mania 1990c, 190-204). Was nicht mehr vorhanden ist, ist durch den Menschen verwertet worden. Belege menschlicher Tierverwertung sind vor allem die häufigen Assoziationen von großen Muschelkalkplatten, chopperartigen Geröllen oder Langknochenfragmenten, die als Arbeitsunterlagen für Schlacht- und Zerlegungsvorgänge angesehen werden.

- *Kommentar zur Sedimentation:*

Wie in der geologischen Einführung dargelegt, bestehen Argumente zur Relativierung des Szenarios von D.Manias. Neben der Aufarbeitung der Liegendterrasse, vor allem der Warmzeitschotter zwischen 27-32m Auenabstand (*Theodoxus*-Schotter), ist vor allem der syngenetische Einbruch des flachlimnischen Systems innerhalb des Wippertales von Bedeutung. Selbst in einer Beckenfazies, die noch während der menschlichen Begehungen ein parautochthones Milieu besitzt, wäre durch subrosive Absenkung um mehrere Meter zumindest ein zyklisches Eindringen des Flußsystems unvermeidlich. Biogene Hinweise auf ein Eindringen des Flußsystems werden weiter unten im Absatz „*Faunenanteile häufig vertretener Arten*“ referiert.

Die Frage nach einer möglicherweise befristet stabilen Landoberfläche (Oberfläche des B-Horizontes)

kann derzeit nicht schlüssig beantwortet werden. Bisher liegen dazu, abgesehen von Hinweisen der oberflächlichen Ausbleichung dieses „Löß-Horizontes“, keine detaillierten Analysen vor. Als Gegenhypothese kann diese Oberfläche auch als Beckenschluff in stets flachlimnischem Milieu angesehen werden. Eine Unterscheidung zwischen Primärlöß und Schwemmlöß könnte hier über die mikromorphologische Analyse der Krümelstruktur erfolgen, die bei zunehmender Verlehmung in Einzelkornstruktur übergeht (Scheidig 1934, 58-61). Damit kann zumindest der Grad der syngenetischen Wasserabsättigung abgeschätzt werden. Eine Abgrenzung des Löß-Plateaus als spornartige Halbinsel mit einer unterspülten Uferböschung habe ich bei der Ausgrabung entsprechender Planquadrate (Kampagne 1997) nicht feststellen können.

Bei der Interpretation der Uferterrasse sieht Mania (1986a, 17-18) zunächst saisonale Aufenthaltsplätze, von denen nur der letzte Aufenthalt (zu dem die Siedlungsstrukturen gehören) als autochthoner Niederschlag erhalten geblieben sei, zuzüglich vieler aus dem Schwemmfächer umgelagerter Objekte. Offenbar nimmt er trotz Flutung der Uferterrasse eine Fortsetzung der menschlichen Siedlungsaktivitäten (im schlammig-flachlimnischen Milieu) an, die nur über Artefakte selbst, allerdings ohne Fortbestand und Nachweis dynamischer Siedlungsstrukturen definiert wird. Liegt hier ein Funktionswandel vom Siedlungsplatz zur Wegwerfzone vor? Große Knochenobjekte liegen, obwohl die Zerstörung der Zelte nach Aufgabe des Platzes doch anzunehmen ist, auch im aufwachsenden Seekalk noch um die Grundrisse verteilt und nicht innerhalb der Strukturen. In der Logik von D. Mania müßte das ein Beweis für die Einsedimentierung weitgehend unversehrter „Zelte“, aber nach Verlassen des Platzes hinzugekommener Jagdreste sein.

Der Zeitpunkt für die Aufgabe des Siedlungsplatzes, also der Bezug von Objekten und autochthoner Sedimentation, ist aus den Aufzeichnungen oft nicht ersichtlich, da große Objekte auch bei Ablagerung im Seekalk (Horizont A) noch den Werkplätzen der „Ufersiedlung“ zugeordnet werden. Für die inkonsequente Trennung von Besiedlungsphase und Versiegelung durch den Seekalk sei ein Beispiel genannt: Ein großes verkohltes Holzstück ist – wie auf dem Foto klar zu sehen – im limnischen Seekalk und damit über dem Siedlungshorizont abgelagert (Mania 1998b, 46), wird aber dennoch als „Rest einer Feuerstelle“ interpretiert (Mania & Mania 2000, 125-7).

- *Zur zeitlichen Tiefe der Tierverwertung und Siedlungsdynamik (Bewertung Mania):*

D. Mania (1998b, 46) sieht im Befund der Uferplatte (Fundhorizont B) kein saisonales Lager, sondern einen permanenten Siedlungsplatz über ca. 25 Jahre, wofür seiner Ansicht nach das weitgehende Fehlen von Karnivorenverbiß (vor allem Hyänen, Wölfe) am osteolo-

gischen Material spricht. Informationen über die zeitliche Tiefe der „Besiedlung“ des Lagerplatzes werden vom Ausgräber allein durch die Hochrechnung des Fleischbedarfes einer Urmenschenhorde in Bezug zum hinterlassenen Knochenmaterial geschätzt, d.h. über die Verwertung der auf Individuen hochgerechneten Biomasse (Anzahl der Individuen; Gewicht der verwertbaren Fleischmenge) (Mania 1997c, 66; 1998b, 62; - & Mania 2000, 135).

Während in Anbetracht der großen Mindestindividuenanzahlen eine zeitliche Dimension des „Rastplatzes“ unabdingbar ist, wird die Verteilung der größeren Faunenreste sowohl von der Lößoberfläche als auch aus dem Seekalk überwiegend in Abhängigkeit zu den menschlichen Siedlungsspuren („Zeltgrundrisse“, „Ambosse“, „Werkplätze“ etc.) interpretiert, wobei die menschlichen Siedlungsstrukturen offenbar weitgehend statische Konstanten gebildet haben (Mania 1986a, 20-5; 1990c, 190-204; - & Mania 1999, 54-7).

Erhebungen zur Siedlungsintensität werden vom Ausgräber in der Kartierung von Objektakkumulation pro Fläche angestellt. Alle Befunde auf der Oberfläche des B-Horizontes, der als postsedimentär verwürgt angesehen wird, werden ausschließlich zweidimensional dokumentiert. Mit dem Hinweis auf die verwürgte Oberfläche unterläßt D. Mania jeden Versuch, eine Stratifizierung innerhalb der Permanentbesiedlung zu ermitteln, die in 25 Jahren Besiedlungsdauer entstanden sein könnte. Folgt man der Reduzierung auf eine zweidimensionale Siedlungsoberfläche, dann stellen sich Fragen einer *Intra-Site*-Dynamik, müßten doch dann engräumige Zusammenpassungen von lithischen Objekten und Knochen eher die Regel als die Ausnahme sein. Hierzu gibt es bislang nur pauschale Urteile: Umlagerung innerhalb des Fundplatzes wird lediglich für kleine Knochenfragmente, Silexobjekte und andere kleine Objekte aus organischem Material angenommen, während große Objekte jeweils am Ort verblieben seien und damit Siedlungsstrukturen markieren (Mania 1986a; 1998b, 42-3). In beiden limnisch-fluvialen Schichten befinden sich nach Ansicht von D. Mania zum einen sekundär verlagerte Siedlungsreste (Objekte <50mm), andererseits seien große Objekte (>50mm) prinzipiell autochthon abgelagert bzw. nur geringfügig umgelagert und einsedimentiert worden. Trotz der sukzessiven Flutung der „Uferterrasse“ wird die Anwesenheit des Menschen für die gesamte Dauer der basalen Travertinbildung (Charophytenkalk) angenommen (Mania 1998b, 46). Damit läge zum einen eine vollständige Momentaufnahme des letzten Besiedlungsbildes (Oberfläche von Fundhorizont B) vor, andererseits hätte eine weitgehende Konservierung des Großteils der Nahrungsabfälle während der gesamten Besiedlungsdauer stattgefunden. Inwieweit sich dies über Zusammenpassungen bestätigen lassen wird, werden zukünftige Materialstudien zeigen.

- *Kommentar zur zeitlichen Tiefe der Tierverwertung und Siedlungsdynamik:*

Da die hohe Mindestindividuenanzahl des Bonebeds eine zeitliche Tiefe voraussetzt, die jenseits eines einmaligen Jagdlagers liegt, sind Beobachtungen zur Stratifizierung in den Fundhorizonten A und B von großem Interesse. Folgt man der Prämisse einer stabilen Landoberfläche (Fundhorizont B) und damit dem letzten Stadium der Permanentbesiedlung, so sollten sich zeitlich zurückliegende Siedlungsreste stratigraphisch unter dem letzten Besiedlungshorizont (Hütten- und Werkplatzverteilung an der Oberfläche des Fundhorizontes B) befinden, sofern dieser Horizont den letzten Moment der nicht überfluteten, alten Landoberfläche darstellt. Stattdessen befindet sich der Großteil des faunistischen Materials aber über dem „Siedlungshorizont“, im unteren Teil des etwa 80cm mächtigen Charophytenkalkes. Dieser kolluviale Horizont (Fundhorizont A) wird an seiner Basis in vielen Grabungsbereichen durch travertin- und quarzhaltige Sande repräsentiert, die als Folge der Überflutung mit Sedimenten aus dem Schwemmfächer angesehen werden. An anderen Stellen ist direkt auf der Fundoberfläche der flachlimnische Charophytenkalk angewachsen, der ein schlammiges bis flachlimnisches Milieu anzeigt.

Obwohl als Konsequenz der Beobachtung eines autochthon erhaltenen Fundhorizontes (Löb-Horizont B) gegenüber einem fluviatil verlagerten Horizont (Travertinsand/ Seekalk-Horizont A) eine klare Trennung beider Faziesbereiche stattfinden müßte, wird dies in der Diskussion von „Siedlungsstrukturen“ nicht konsequent getan (z.B. Mania 1986a, 13-35). Zum einen werden ungeachtet der faziesgebundenen – und damit eine zeitliche Dimension verkörpernden – Einlagerung größere Knochenobjekte aus beiden Horizonten in die Diskussion von Strukturen des B-Horizontes einbezogen. Zum anderen liegt bislang keine Erklärung vor, inwiefern die Repräsentanz von Jagdresten im Travertinsand und Seekalk mit dem flachlimnischen Milieu der veränderten Oberfläche zusammengeht, wenn es sich dabei doch nicht mehr um eine Siedlungsfläche handeln kann. Ein Aufsteigen der Objekte durch Wellenschlag im Gewässer ist zumindest für lithische Objekte wenig plausibel. Hier wäre lediglich die Verlagerung des Siedlungsplatzes um ca. eine „Steinwurfweite“ in Betracht zu ziehen, also ein Funktionswandel von Siedlungsfläche zu Abfallhalde, wobei die Menschen – wie das zuvor für den Faziesbereich des „Schwemmfächers“ postuliert wurde – ihre Nahrungs- und Werkabfälle jeweils ins Wasser geworfen hätten. Mögliche Nachweise anthropogener Manipulationen erhalten vor allem für große Objekte im A-Horizont Gewicht.

Da eine Besiedlung in zeltartigen Behausungen neben dem gleichzeitigen Zerlegen von Großwild auf einer Fläche von 20 x 30m siedlungsdynamisch nicht

überzeugt, wäre hier zumindest eine Tendenz der zeitlichen Abfolge wahrscheinlich nicht unmittelbar gekoppelter Prozesse (Großwildzerlegung – Werkzeugkultur – Siedlungsstrukturen) von Interesse.

- *Interpretation der Siedlungsstrukturen (Bewertung Mania):*

Dem Erklärungsansatz zur Akkumulation faunistischer Reste legt D. Mania ein *Homebase*-Modell in Analogie zu afrikanischen Hunter-Gatherer-Gruppen zugrunde, was sich in den Strukturen der einfachen Hütten aus „zeltartigen Stangengerüsten“ und den vor den Zeltingängen angelegten Feuerstellen niederschlägt (Mania 1998b, 42-7). Die Argumente begründen sich auf ähnlich einfache Behausungsstrukturen und vergleichbares Jagdverhalten subzentraler Wildbeuter (Mania; 1990c, 190-204; Mania & Mania 1999, 54-7).

Auch die selektive Faunenrepräsentanz spiegelt das Verhalten einfacher jägerischer Subsistenzwirtschaft wider: Das Basislager sei von einem jagdlichen Schweifgebiet im Umkreis eines Tagesmarsches umgeben, das als Jagdrevier angesehen wird (Mania 1986a, 20-5; 1990c, 190-204; Mania & Mania 1999, 54-5). Während große Tiere außerhalb geschlachtet und nur in Teilen zum „Rastplatz“ gebracht worden sind, wird für kleine und mittlere Beutetiere (z.B. Rehe, Biber, Füchse) angenommen, daß diese vollständig zum Basislager gebracht und erst hier zerlegt worden sind. Lediglich bei Elefanten wird relativiert, daß es sich z.T. um natürliche Sterbeplätze alter Tiere gehandelt haben könne, während die selektive Repräsentanz nahrungsmäßig eher unvorteilhafter Körperteile (z.B. Nashornzähne) nicht erläutert wird.

- *Kommentar zur Interpretation der Siedlungsstrukturen:*

Das Modell einer über Jahrzehnte in permanenten Zelten bestehenden „Homebase“ bei jägerischer Subsistenzwirtschaft, Grundlage der Gesamtinterpretation des Faunenrecords als „Jagdreste“, ist ethnographisch ohne Parallele. Vergleiche, die Mania (1990a, 39-44; 1990c, 190-204) zu Hüttenstrukturen afrikanischer Buschmänner von Yellen (1977), Isaac (1979) und Binford (1984) zieht, betreffen vergleichbare Strukturen einfacher laubbedeckter Hütten, vor deren Eingang eine Feuerstelle angelegt ist. Der Ausgräber betont, Parallelen würden sich „aufdrängen“ (Mania 1998a, 43). Diese Vergleiche übersehen allerdings die völlig verschiedene zeitliche Tiefe dieser flüchtigen Lagerplätze afrikanischer Wildbeutergruppen gegenüber der auf mehrere Jahrzehnte geschätzten Dauerbesiedlung in Bilzingsleben. Selbst wenn strukturelle Ähnlichkeiten vorliegen (ringförmige Strukturen, verbrannte Sedimente), sind beide Befunde allein aufgrund der völlig unterschiedlichen Besiedlungsdauer

nicht miteinander vergleichbar. Dem Modell, daß mit den Fundassoziationen um die drei Buschmann-Hütten von Bilzingsleben im wesentlichen ein struktureller Befund der letzten Besiedlungsphase vor der Überflutung vorläge (Mania 1986a, 18), ist aufgrund der Faunenrepräsentanz massiv zu widersprechen: Die Auswertung im Bereich der beiden nördlicheren „*Behausungsgrundrisse*“ weist allein Knochen von mindestens 256 Individuen auf, von denen ein erheblicher Anteil kleiner Fragmente (Zähne, Schädelfragmente, Phalangen, vor allem Bär und Nashorn) innerhalb der ringförmigen Strukturen gefunden wurde (Mania 1986a, 13-35). Die Idee, das gehäufte Auftreten von Phalangen und Schädelfragmenten der Bären als Relikt der Auskleidung der Hütten mit ihren Fellen zu erklären, ist in Anbetracht von massenhaften Mandibelresten und Penisknochen zu verwerfen. Auch Nashornzähne und -schädelreste passen nicht in das Hüttenpektrum. Da zudem unwahrscheinlich ist, daß „siedlungsrelevante“ Strukturen am Ort liegenbleiben, während andere, über Jahre akkumulierte Knochen und Artefakte einen durch Anstieg des Wasserspiegels leicht verlagerten Schleier über diese letzte Besiedlungsaufnahme legen, ist das Szenario insgesamt abzulehnen. Einer Gesamtinterpretation sollten vor allem Zusammenpassungsversuche an verschiedensten Objektgruppen vorangehen, wie dies von Vollbrecht (2000) begonnen wurde.

Lithische Objekte im Fundhorizont

Gemessen an der Anzahl der Inventarobjekte bestehen 94% des Artefaktmaterials aus lithischen Rohstoffen (Mania 1986a). Neben Feuerstein stammen auch Quarz, Quarzit und Kristalline aus Residuen der Elster-Grundmoräne, während Muschelkalk, Travertin, Hornstein und Kieselschiefer lokale Umlagerungsprodukte der Wipperschotter sind. Objekte aus baltischem Feuerstein sind in verschiedenen Bearbeitungen morphometrisch und technologisch untersucht worden, im wesentlichen von Toepfer (1960; 1963), Burdukiewicz et al. 1979; o.J.), Mania (1986a; 1993), Weber (1980; 1983a,b; 1986; 1990; 1994), Valoch (1977; 1989; 2000) und Laurat (2000). Objekte aus anderen Gesteinen haben Weber (1979), Mania (1986a) und Bogen (1994) systematisch bearbeitet.

Wie in der geologischen Einführung dargelegt, ist eine fluviatile Akkumulation von harten Anteilen der Wipperschotter plausibel, was bezüglich anthropogenen Eintrags zunächst eine Nullhypothese nahelegen sollte. Objekte ohne klare Artefaktmerkmale sind demnach primär als natürlich eingetragen anzusehen. Da Weber (1986) seine morphometrische Analyse von etwa 10 000 Feuersteinen unter der Prämisse ausschließlich anthropogenen Eintrags von Flint durchgeführt hat, ist seine statistische Erhebung trotz des Bemühens um Objektivität ungeeignet zur Frage des Ar-

tefaktanteils. Die problematische Abgrenzung zwischen Naturbruch und Artefakten soll jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit sein.

Statistiken zur Häufigkeitsverteilung kleinformatiger Gesteine sind unter Vorbehalt zu verwenden. Neben der hohen Zahl von Flintobjekten mit Längen unter 2cm muß von einer nur teilweisen Aufbewahrung kleinformatiger Objekte aus Moränenmaterial ausgegangen werden (z.B. Quarz- und Quarzitkiesel). Ein systematisches Aussieben des gesamten Materials in der Grabungssaison 1997 zeigt das gesamte Spektrum kleinformatiger Kiesel, daß hochgerechnet auf die Gesamtfläche sicher mehrere 10 000 Stücke ausmachen würde. Lokale Wipperschotter der Terrassenbasis zeigen hingegen eine Dominanz von Muschelkalken gegenüber wenigen Kieselschiefern und Hornsteinen.

Rohmaterial Flint

- *Grundformen:*

Von den inventarisierten 136 000 Feuersteinobjekten (Stand 2000) sind verschiedene Teilmengen systematisch analysiert worden. Da die Erhebung von Weber (1986) trotz der großen Teilmenge von ca. 10 000 Stücken ohne technologische Nominalkategorien arbeitet, sind Bewertungen bezüglich der Technologie des Kernabbaus kaum zu entschlüsseln, z.B. in der Unterscheidung von Kernen und „kernartigen Stücken“ (Mania 1986a). Weber (1986) nimmt in seiner Datenbank, die auf ein von Burdukiewicz et al. (1979) erstelltes methodisches Konzept zurückgeht, keine Nominalklassifikation in Abschlüge, Kerne, Abschlaggeräte, Kerngeräte, Trümmerstücke vor, sondern strebt mit der Einteilung in „*Stücke mit Positiv- bzw. Negativrelief*“ eine bearbeitungsneutrale morphometrische Beschreibung an. Damit vermeidet er nominale Festlegungen auf Elemente der Grundproduktion, und kann auch Stücke ohne primäre Schlagmerkmale wertfrei zuordnen.

Die Frage nach Unterschieden in der Grundproduktion für Schwemmfächer und Uferplatte führt Weber (1986) zum Ergebnis, daß hier keine signifikanten Abweichungen auftreten. Der Anteil von Artefakten (Stücken mit Positiv- oder Negativrelief) wird für den Schwemmfächer mit 63%, für die Uferplatte mit 75% angegeben (Weber 1986, 94). Der Untersuchung liegt die vollständige Aufnahme lithischer Objekte aus 5 Quadraten des Schwemmfächers und aus 19 Quadraten der Uferplatte zugrunde. Schlußfolgernd bewertet Weber das gesamte Silexmaterial als homogene Technofazies. Schwemmfächerartefakte seien wegen kaum zu verzeichnender Unterschiede zu denen der Uferplatte nicht als deren Abfallprodukte anzusprechen. Die quantitativen Erhebungen von Weber (1986) ergänzend schildert Mania (1986a) die

Art der Modifikationen: Dabei sei ein hoher Anteil von 29% der Kerne/ kernartigen Stücke zu Geräten weiterverarbeitet worden (Mania 1986a, 39). Eine detaillierte Analyse dieser „kernartigen Geräte“, vor allem ihre Abgrenzung zu reinen Trümmerstücken, erfolgte bislang nicht. Das Verhältnis unmodifizierter Kerne zu Abschlägen beträgt etwa 1:10.

Im folgenden wird eine wesentlich kleinere Teilmenge von Laurat (2000) zitiert, die technologischen Fragestellungen nachgeht (Abb. 25):

Demnach dominieren Abschläge (>50%) vor Abschlag- und Kerngeräten (10-15%). Die Artefakte sind stichprobenhaft aus verschiedener Aktivitätszonen (Zonen I, III, IV und VI) ausgewählt worden. In der Auswertung werden die Geräte zusammengefaßt. Eine Trennung in Nominalkategorien Abschlaggeräte vs. Kerngeräte (Tab. 4) wird von Laurat (2000, 22) nicht durchgeführt, was durch generelle Schwierigkeiten der Identifikation einer Grundproduktion begründet sein könnte. Der Großteil der „kernartigen“ Grundformen läßt keine Rückschlüsse auf einen methodischen Kernabbau zu, wengleich ein Großteil der Abschläge aus fortgeschrittenem Kernabbau stammt. Längen-Breiten-Verhältnisse an 485 Flintobjekten der Grabungen 1994-95 zeigt Tab. 4 (Laurat 2000). Das bivariate Streudiagramm der Längen und Breiten zeigt in der Analyse von Laurat (2000) eine Dominanz von Abschlägen zwischen 10-30mm Länge (Abb. 26).

In der Bearbeitung von Weber (1986) zeichnet sich eine zweigipflige Verteilung der Längen ab, die als makro- und mikrolithische Teilmenge gewertet werden. Die abweichende Meßweise der Grundformen (Weber 1986, 71) kann bei Verwendung eines entsprechenden Proportionalitätsfaktors (vgl. Steguweit 1997) dennoch recht gut mit der Meßweise in Schlagrichtung verglichen werden.

Auch in einer neueren Materialaufnahme liegt der Anteil der Stücke über 40mm Länge bei unter 1% (Mania 1993). Es kann konstatiert werden, daß der Großteil aller Abschlaggrundformen Längen von weniger als 30mm aufweist.

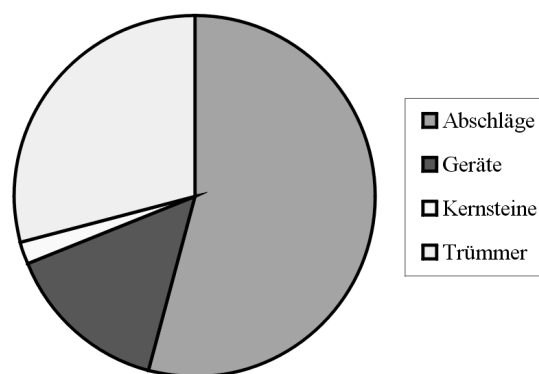


Abb. 25 – Relative Verteilung der Grundformanteile (n = 485), (Laurat 2000, 22)

- Abschläge:

Die Abschläge stellen nach Mania (1986a, 36-9) überwiegend Präparationsabfälle zur Werkzeugherstellung dar, wofür das heterogene Erscheinungsbild dieser meist unter 2cm großen Objekte spreche. Da nach Weber (1986, 165-6) 56% der Abschläge keinen Schlägflächenrest aufweisen, ca. 35% einen glatten Schlagflächenrest besitzen und nur die verbleibende Minderheit von unter 10% einen Schlagflächenrest von 2 oder mehr Negativen besitzt, ist die Bewertung des Artefaktcharakters dieser Objekte meist Ermessenssache.

Zum Grad des Kernabbaus liegen Aussagen von Mania (1993), Burdukiewicz (o.J.), Valoch (2000) und Laurat (2000) vor. Ein Großteil der Abschläge ist dorsal zu mehr als 50% von Negativen bedeckt, ein Viertel sogar zu über 90%. Kortex tritt untergeordnet auf, wobei nur etwa 10-15% aller Abschläge dorsal mehr als 50% Kortex besitzen. Häufig sind kleine Absplisse, die als Retuschierabfälle gedeutet werden.

Durch Burdukiewicz (o.J.) werden die Abschläge ihrem Bearbeitungsgrad nach in verschiedene Gruppen eingeteilt. 9,5% der Kortexabschläge sind zu mehr als 50% mit Kortex bedeckt. 37% der Abschläge werden dem fortgeschrittenen Kernabbau zugeordnet. Davon hat etwa die Hälfte querliegende, ein Drittel gleichgerichtete und 8% entgegengerichtete dorsale Negative (Laurat 2000, 24).

Merkmalsstatistik	Abschläge (274)		Geräte (92)		Kerne (36)	
	L	B	L	B	L	B
Minimum	7	5	14	11	14	10
Maximum	41	31	51	35	35	25
Variation	34	26	37	24	21	15
Mittelwert	16,7	12,2	25,4	17,8	23,7	17,9
Median	16	11	24	16	22	17
Unteres/ oberes Quartil	13/ 19	9/ 14	20/ 28	14/ 20	20/ 30	16/ 20
Variation der Quartile	6	5	8	6	10	4

Tab. 4 – Statistische Analyse der Größenklassen bei Abschlägen, Geräten und Kernen (in mm). Analyse der Grabungen 1994-95 (Laurat 2000, 22)

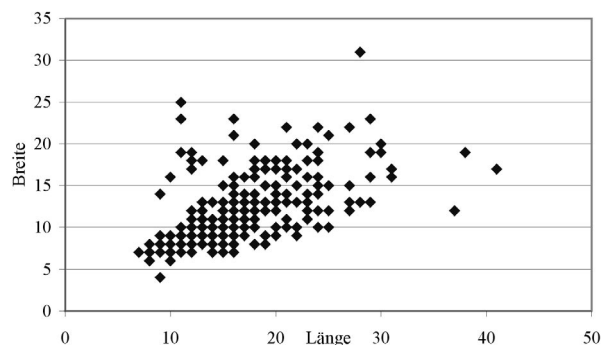


Abb. 26 – Längen/ Breiten der Abschlüge (in mm) der Grabungsjahre 1994-95 (Laurat 2000, 22)

Besondere Bedeutung für Rückschlüsse auf die verwendete Schlagtechnik nimmt der *Schlagwinkel* ein (Cotterell & Kamminga 1987; 1990; Speth 1972; Weber 1986; 1994), der von mir wegen der speziellen Meßweise als *Bulbusansatzwinkel* bezeichnet wird (Steguweit 1997). Experimente zeigen, daß Schlagwinkel von 120° - 140° bei baltischem Flint ein recht eindeutiges Kriterium für direkten Schlag mit einem harten Schlagstein bilden. Diese Technik wird, wegen der fehlenden Manipulation des Bruchverlaufs durch den Steinschläger, von mir als „*opportunistische Schlagtechnik*“ bezeichnet (Steguweit 1997). Dabei werden vorhandene Kernkanten rein opportunistisch genutzt, ohne daß durch gezielte Präparation eine optimale Schlagfläche angelegt wird.

Der signifikante Unterschied der Bulbusansatzwinkel zwischen konzeptionellen vs. opportunistisch hergestellten Abschlügen ist ein relevantes Kriterium zur Abgrenzung der Levalloiskomponente in gemischten Inventaren (Steguweit 1997). Durch die Präparation der Kerne in Levallois-Technik entsteht ein gut kontrollierbarer und wesentlich flacherer Bruchverlauf. Die Bulben (Schlagbuckel) fallen sehr klein aus. Belege solcher im „*Levallois-Konzept*“ (Boëda 1994) hergestellten Artefakte gibt es in Bilzingsleben meines Wissens nicht. Die von Mania (1986a, 39) als Levallois-Grundformen bezeichneten Stücke sind im Sinne eines weiter gefaßten Begriffes zu verstehen. Diese „*diskusartigen*“ Kerne weisen stets zwei alternierend abgebaute Flächen auf und unterscheiden sich von den im Querschnitt asymmetrischen Levalloiskernen, die eine Präparations- und eine Abbaufäche besitzen.

Angaben zur Größe der Schlagwinkel sind sehr unterschiedlich, was vor allem in verschiedenen Meßweisen begründet sein dürfte. Bei Mania (1986a, 37) liegt neben der Häufung zwischen 101 - 110° (40%) und 111 - 120° (21%) auch ein Teil deutlich darunter, nämlich bei 90 - 100° (34%). Solch nahezu rechtwinklige Ventralflächenwinkel deuten auf sehr flache Bulben, das wiederum auf *soft hammer*-Technik (Geweihhammer, weiche Sandsteine) und/ oder einen gut unterstützten Bruchverlauf (der Kern liegt in der Handfläche, wird an den Oberschenkel gepreßt o.ä.).

Nach Laurat (2000, 23) liegen die häufigsten Schlagwinkel bei 110 - 115° (30,6%) und 120 - 125° (31%). Demnach sind ca. zwei Drittel der Abschlüge in opportunistischem Hartschlag hergestellt. In der Untersuchung von Burdukiewicz (o.J.) liegen die Werte mit 120 - 130° (35%) und 130 - 140° (43%) noch höher als bei Laurat (2000), was aber vor allem mit einer strikten Messung über dem Bulbus zusammenhängen dürfte. Kennzeichnend für den Bilzingslebener Urmenschen ist also die Technik des freien Hartschlags, wobei teilweise auch die Verwendung von Geweihhämmern möglich ist.

Schlagaugen treten nur bei unerfahrenen Steinschlägern oder bei Schotterbruch auf, was ich der Interpretation von Weber (1986) entgegenhalten möchte, der diese vor allem als Hinweis auf die Härte der verwendeten Schlagsteine versteht. Meiner Ansicht nach treten sie vor allem dann auf, wenn der aufprallende Stein mit großer Masse und relativ geringer Geschwindigkeit auftrifft. Ein erfahrener Steinschläger versucht dagegen, den Aufprallwiderstand und damit den Verlust von kinetischer Energie an der Oberfläche weitgehend zu minimieren, da hierdurch dicke Bulben und Schlagkegel entstehen, die den Bruchverlauf unkontrollierbar werden lassen. Neben der Präparation der Schlagfläche dient schnelles, peitschenartiges Schlagen mit möglichst kleinen Steinen dazu, daß die Bulben klein ausfallen und die Energie relativ gerade durch den Kern fließt. Dabei treten nur selten Schlagaugen auf. Lediglich beim Kappen großer Knollen unter Einsatz recht großer Schlagsteine treten in der Praxis Schlagaugen auf. Entsprechend umbewertet sehe ich die Fakten am Fundmaterial: Bei 7,5% aller Abschlüge von Bilzingsleben liegen zwei Schlagaugen vor, manchmal auch drei oder vier. Die Schlagaugen haben Durchmesser bis zu 4 mm. Dabei besteht der Großteil der Schlagflächenreste aus Natur- oder Spaltflächen, präparierte Schlagflächen treten nach Angaben verschiedener Bearbeiter nur zu etwa 15% auf (Burdukiewicz o.J.; Laurat 2000; Valoch 2000). Nach meiner Einschätzung deutet ein großer Teil dieser auffallend großen Schlagaugen auf natürliche Frakturierung durch Schotterumlagerung hin und nicht auf menschliche Bearbeitung.

- *Kerne:*

Kerne machen in Bilzingsleben (je nach Bearbeiter) zwischen 2-6% der Silexartefakte aus. Hinzu kommen „*kernartige*“ Stücke, die ohne eindeutige Grundformmerkmale als Gerät verwendet wurden; ebenso Restkerne, die zu einem Gerät weiterverarbeitet wurden. Diesen „*Stücken mit Negativrelief*“ (Weber 1986) fehlen oft Merkmale eines systematischen Abbaus. Dimensionen von Kernnegativen und ihr Verhältnis zu den Abschlaggrundformen sind daher recht schwierig zu beurteilen. Von Weber (1986) liegen umfangreiche

morphometrische Daten vor: Demnach weisen diese Stücke im Durchschnitt weniger als 10 Negative auf, wobei nur durchschnittlich jeder zweite Kern noch eine Schlagfläche besitzt (Weber 1986, 228). Ein Viertel der Kerne weist eine grob präparierte Schlagfläche auf, die Weber (1986, 127-9) als Produkte einer clactonoiden, im Sinne des Verfassers „opportunistischen“ Schlagweise sieht (Steguweit 1997; 1998). Fein präparierte (facettierte) Schlagflächen der Kerne, kennzeichnendes Merkmal acheuloid-levalloider Industrien, sieht Weber (1986, 129) hier im typisch altpaläolithischen Größenspektrum von unter 10%. In einer kleinen Teilmenge diskusartiger Kerne wurden jeweils zwei Flächen alternierend abgebaut. Im Sinne rohmaterialadaptiven Verhaltens unterscheidet Weber (1986, 228) infolge der zweigipfligen Größenverteilung eine mikrolithische und eine makrolithische Komponente, die in ihrer Bearbeitungstechnologie allerdings hohe Ähnlichkeiten aufweisen.

Von den Kernen sind 57% Restkerne und ca. ein Drittel im fortgeschrittenen Abbaustadium verworfen worden. Ein kleiner Teil von ca. 10% umfaßt Stücke im initialen Abbaustadium (Burdukiewicz o.J.). Auffällig ist, daß relativ große Kerne fehlen. So variiert die Länge von 105 untersuchten Kernen zwischen 13-54mm, der Großteil davon ist zwischen 26-30mm lang (Burdukiewicz o.J.). Demzufolge fehlen Kerne, von denen die wenigen 50-60mm langen Abschlüge gewonnen worden sind. Ähnliche Ergebnisse zeigt die Analyse von Laurat (2000).

Problematisch bleibt vor allem der Anteil „kernartiger Stücke“, die zwar Negative, aber keine nachvollziehbaren Schlagflächen aufweisen. Das Fehlen angelegter Schlagflächen und primärer Schlagmerkmale wird durch den fortgeschrittenen Kernabbau bzw. die Bearbeitung zu Geräten erklärt. Eine Diskussion der Abgrenzung dieser Objekte zu Moränenschottern erfolgt über den relativ geringen Abrollungsgrad, der gegen eine intensive Verlagerung spreche. Der Anteil der Kerne würde bei Hinzurechnen dieser „kernartigen Stücke“ ca. 29% am Gesamtmaterial der Silexartefakte betragen (Mania 1986a).

• Geräte:

Je nach Bearbeiter schwankt der Anteil der Geräte um 10-15% und liegt gegenwärtig bei mehr als 20 000 Stücken (Mania 1997c). Davon hat Weber (1986) die umfangreichste Teilmenge untersucht, ohne die Gerättypen qualitativ anzusprechen. Deutlich ist die weitgehend fehlende Standardisierung von Typen. Die meist aus klüftigen Bruchstücken bestehenden Grundformen der Geräte sind vielgestaltig, wobei Bewertungsunterschiede auftreten. In der von Mania (1986a) untersuchten Teilmenge bestehen ca. 30% aus Abschlügen, 46% aus Kernen bzw. Kernfragmenten und 24% aus Naturstücken. In der 1994-95 ergrabenen Fläche be-

stehen 42% der Geräte aus Abschlügen, 30% aus Trümmer- oder Naturstücken, 25% aus „trümmerartigen Restkernen“ und nur fünf Stücke aus Kernen (Laurat 2000, 26). Übereinstimmend zeigt sich, daß die Geräte mehrheitlich nicht aus Abschlügen, sondern aus Trümmern und „Kernartigen“ hergestellt worden sind. Das wird als Zeichen umweltadaptiven Verhaltens der Urmenschen gedeutet, die z.T. auch vorhandene Naturstücke als Werkzeuge genutzt hätten.

Interessant ist die zweigipflige Verteilung der Längenklassen von modifizierten und unmodifizierten Formen (Weber 1986; Laurat 2000). Nach Mania (1986a, 39) sind 81% der Geräte (grundformunabhängig) zwischen 18-35mm lang. Auch er betont, daß Abschlaggeräte durchschnittlich länger sind als unretuschierte Abschlüge. Da Abb. 27 Abschlüge vs. Geräte vergleicht, letztere allerdings unabhängig von ihrer Grundform, kann eine gezielte Selektion der größeren Abschlüge daraus nicht abgeleitet werden. Gleichwohl scheint der empirische Eindruck am Material die Selektion vorwiegend großer Abschlüge zur Gerätherstellung zu bestätigen.

Fragen stellen sich zur „Handhabbarkeit“ der potentiellen Geräte, deren statistischer Längenpeak bei 21-30mm liegt, während die unmodifizierten Stücke sogar noch kleiner sind. Wegen des hohen Anteils kleinformatiger Grundformen hat Valoch (1977) hierfür den Begriff „Mikrolithisches Altpaläolithikum“ eingeführt. Längen von 20-30mm dürften sicher das Minimum eines handhabbaren, ungeschäfteten Gerätes darstellen. Überlegungen von Valoch (2000, 47) zu möglichen Klemmschäftungen wirken am Material recht unplausibel, da die Geräte meist sehr unförmige Rücken aufweisen. Überdies sind die wenigsten Geräte mit Retuschen an den Längskanten von standardisierten Abschlügen hergestellt worden.

Grundformen der Geräte: Nach Burdukiewicz (o.J.) weisen ca. 50% Längen zwischen 21-30mm auf, 8% zwischen 30-40mm, und nur 5% sind länger als

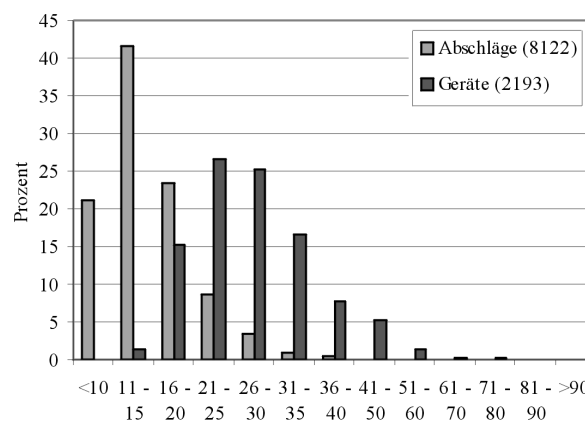


Abb. 27 – Darstellung der Längenklassen von Abschlügen und Geräten (in mm) (Aufnahme Weber 1986; zitiert aus Laurat 2000, 23)

40mm. Das bedeutet, ca. zwei Drittel der Geräte sind zwischen 20-40mm lang. In der Bearbeitung von Laurat (2000) ballen sich die Längen zwischen 26-35mm mit 81%. Die Schlagwinkel liegen nach Burdukiewicz (o.J.) im Mittel bei 112° und somit geringer als bei unmodifizierten Abschlügen. Die Umrißformen sind konvergent, divergent, parallel, gerundet oder zitrusförmig. Fast ein Drittel der Geräte hat eine irreguläre Form.

Die Anteile der Gerättypen sind je nach Bearbeiter recht unterschiedlich (Abb. 28). Das Problem ist zum Teil durch die Auswahl unterschiedlicher Teilmengen bezüglich der Zonierungen der Grabungsfläche entstanden. Während diese Teilmengen keine repräsentativen Stichproben sein können, sollten randomisierte Stichproben hingegen bessere Deckung erkennen lassen. Ein Teil der Grundtypen läßt sich in verschiedene Subtypen untergliedern:

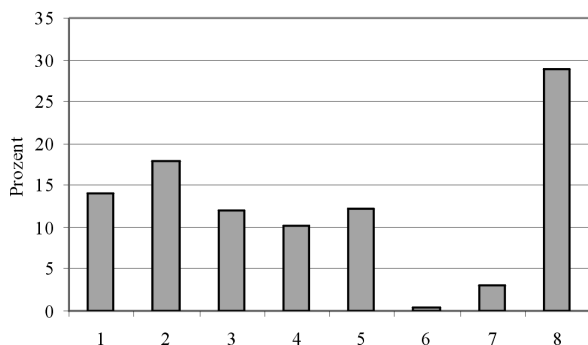
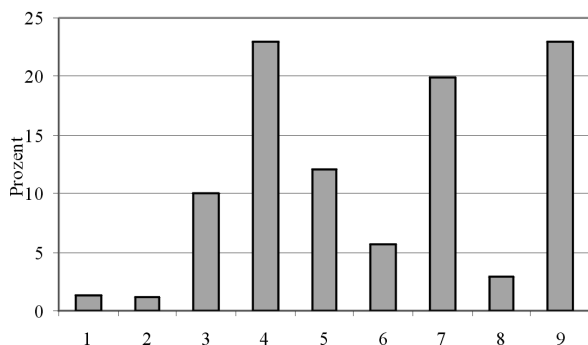
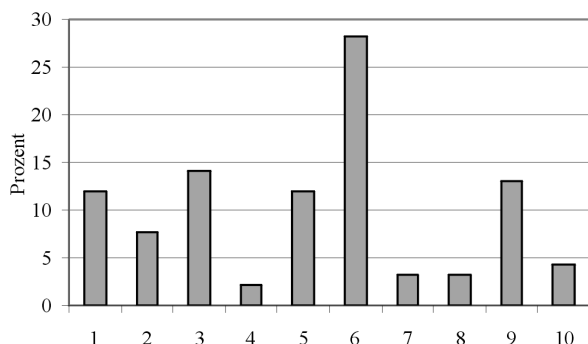


Abb. 28 – Gerätespektren in verschiedenen Materialbearbeitungen (alle zitiert nach Laurat 2000, 28)

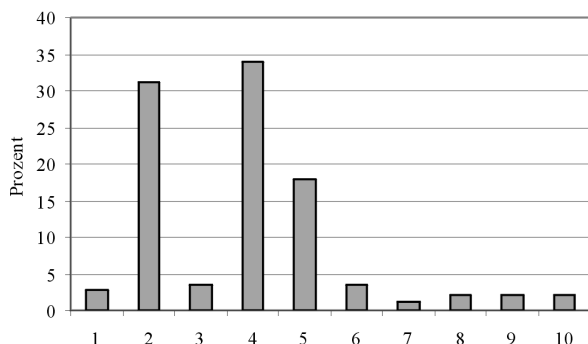
1. Gerätespektrum nach Mania (1986a)
(Zone III und IV = 162 m²; n = 2.193).
1 - spitzenartige Geräte; 2 - Geräte mit Rücken;
3 - Kratzerartige; 4 - Buchten; 5 - Denticulés,
6 - Meißel; 7 - Bohrer; 8 - Kernartige



2. Gerätespektrum nach Burdukiewicz (2000)
(Zone IV = 18 m²; n = 755).
1 - spitzenartige Geräte; 2 - Geräte mit Rücken;
3 - Schaberartige; 4 - Buchten; 5 - Denticulés;
6 - Bohrer; 7 - retuschierte Abschlüge;
8 - retuschierte Trümmer; 9 - Sonstige



3. Gerätespektrum nach Laurat (2000)
(Zone IVa = 81 m²; n = 92).
1 - spitzenartige Geräte; 2 - Geräte mit Rücken;
3 - Schaberartige; 4 - Messerartige; 5 - Steilkratzer;
6 - Buchten; 7 - Denticulés; 8 - Bohrer; 9 - retuschierte Abschlüge; 10 - retuschierte Trümmer



4. Gerätespektrum nach Valoch (2000)
(Zone IV = 121,5 m²; n = 1.433).
1 - spitzenartige Geräte; 2 - Schaberartige;
3 - Kratzerartige; 4 - Buchten; 5 - Denticulés;
6 - Bohrer; 7 - Biface; 8 - Stichel; 9 - Chopper;
10 - Sonstige

- *Schaber*: Hauptsächlich Einfachscher, ca. 20% Doppelscher, Winkelscher und Spitzscher (Burdukiewicz o.J.; Valoch 2000). Die retuschierten Arbeitskanten sind in der Regel lateral, seltener distal angebracht. Sie verlaufen meist konkav, konvex, gerade, seltener geschwungen. Gelegentlich treten gezähnte Kanten auf. Als Sonderform gibt es kratzerartige Stücke mit einseitig steil retuschierter Kante, die z.T. aus Kernen hergestellt wurden (Mania 1986a, 44).

- *Gebuchtete/ gezähnte Stücke*: Am häufigsten sind gebuchtete und gezähnte Stücke, mit 30-50% am Geräteinventar (Burdukiewicz o.J.; Laurat 2000). Mania (1986a, 44) kommt zu einem geringeren Anteil, indem er diese mit 11% aller Geräte angibt und Stücke mit durch einen einzigen Schlag erzeugten großen Buchten als getrennte Gerätform auffaßt. Am häufigsten sind lateral gezähnte Stücke, seltener transversal oder alternierend gezähnte. Ein Großteil der Buchten hat einen Durchmesser von 10-30mm und mehr. Gut 10% weisen zusätzlich fein ausgesplitterte, nur 2-5mm große Mikrobuchten auf (Laurat 2000, 29).

- *Geräte mit Rücken*: Die von Mania (1986a, 40, 42; 1993) so umschriebene Gruppe umfaßt vier Subtypen, für die generell schneidende Funktion angenommen wird. Es gibt demnach:

- Geräte mit Schneiden und Rücken
- Geräte mit kernartig retuschierter Schneide
- Geräte aus citrusförmigen Abschlügen
- Reißmesser

- *Spitzen*: Nach Mania (1986a, 39-40; 1993) meist aus Kernartigen zugerichtet, selten aus Abschlügen. Neben Tayac- und Quinsonspitzen gibt es bohrerartig zugerichtete Grundformen. Abweichend von der Typologie nimmt Laurat (2000) teilweise eine Funktion als Schaber an.

- *Abschließende Bewertung des Feuersteininventars*:

Sofern ein Fundplatz als ungestörtes System betrachtet werden kann, liegen experimentelle Erfahrungswerte zur anteiligen Präsenz von Kernabbauphasen vor (Geneste 1985; 1988). Spezialfälle werden durch *off-site*-Transport von sogenannten Werkplätzen gebildet, wie für Markkleeberg (Baumann & Mania 1983) oder Zwochau (Pasda 1996) beschrieben. Der Versuch einer entsprechenden technologischen Gesamtbewertung nach Kernabbaustadien wird von Burdukiewicz (o.J.: fig. 5) anhand einer ausgewählten Teilmenge von 5850 Objekten der Uferplatte vorgelegt. Dabei wird das gesamte Material technologischen Sequenzen zugeordnet, die sich bei näherer Betrachtung jedoch als subjektive Gruppen erweisen: Von dem Anteil der Geräte (25% des Inventars) sind zum Beispiel 13%

Retuschierabfälle. Kleinformatige Abfälle werden beim Schlagen von Flint während des gesamten Abbauprozesses produziert. Ähnlich sind viele andere Zahlen zu bewerten, z.B. Abschlagbruchstücke, z.T. mit natürlicher Oberfläche (zusammen 25%), bei denen nicht zu erfahren ist, ob sie primäre Schlagmerkmale aufweisen oder nach Vorhandensein von Negativen beurteilt werden. Den größten Unsicherheitsfaktor bilden die „Kernartigen“ („Chunks“), besser als Trümmerstücke zu bezeichnen, die einerseits 22% im Spektrum der Flintobjekte ausmachen, zugleich aber mengenmäßig fast das gesamte Rohmaterial stellen. Das weitgehende Fehlen abgerundeter Knollen (0,2%) steht für die meist hochgradige natürliche Frakturierung des Feuersteins in den Eisrandlagen des Elsterglazials.

Die offensichtlich sehr unterschiedliche Bewertung der relativen Anteile der Grundproduktion durch verschiedene Bearbeiter ist ein unvermeidliches Resultat der Grauzone zwischen Artefakten und Naturbruch. Dem kann durch Einteilung des Materials in Kategorien der Artefaktwahrscheinlichkeit (Albrecht et al. 1994, 121-4) Rechnung getragen werden. Trotz der damit verbundenen Einschränkung auf eine relativ sichere Teilmenge (Kategorie 1-2) kann damit ein Maß der systematischen Unsicherheit gegeben werden, ein solch schwieriges Material zu beurteilen.

Rohmaterial Muschelkalk

Insgesamt liegen mehr als 6 000 größere Objekte aus anderen Gesteinen als Flint vor, die als Geröllgeräte bezeichnet werden (Laurat 2000) (Abb. 29). Weber (1986, 98) spricht von einer „Nichtflint-Industrie“. Von Mania (1986a, 46-51) wird der Anteil echter Geröllgeräte dabei auf ca. 20% geschätzt, während 60% als Spaltprodukte der Herstellung angesprochen werden. Die Gesamtfraktion größerer Objekte aus Nicht-Flint stimmt allerdings auffallend mit der Repräsentanz harter Bestandteile in der Blocksole der OMT überein (Unger 1995).

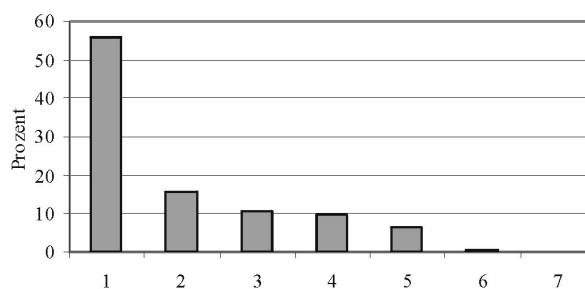


Abb. 29 – Prozentuale Verteilung anderer Gesteine: 1 - Muschelkalk; 2 - Travertin; 3 - Quarz; 4 - Quarzit; 5 - Porphyry; 6 - Hornstein; 7 - Kieselschiefer (Mania 1986a; 1993; zitiert nach Laurat 2000, 30)

Mengenmäßig dominiert plattiger Muschelkalkbruch. Größere Platten im Fundhorizont werden als Ambosse im Sinne von Arbeitsunterlagen interpretiert (Mania 1997b,c). Auch als Schlagsteine angesprochene gerundete Trümmer mit Größen zwischen 60-200mm bestehen aus Muschelkalk (7,8% der Schlagsteine). Kleinere Platten mit spitzen Kanten werden zum Teil als Hiebgeräte bezeichnet. Eine Teilmenge von 49 kleineren Objekten aus Muschelkalk erfaßt auch Weber (1979; 1986) in seiner morphometrischen Datenaufnahme, davon 29 Abschlüge und 4 modifizierte Objekte. Einige der Stücke aus flasrigem und fossilreichem Muschelkalk (*evt. Unterer Muschelkalk?*) bewertet er als Pebble Tools (Weber 1986, 98).

Mania (1990a, 28) bezeichnet den Muschelkalk als ortsfremd, da er unmittelbar um die Travertinplatte nicht an der Oberfläche ausstreicht. Er geht davon aus, Muschelkalk größerer Fraktionen sei vom Urmenschen eingetragen worden, wobei Entfernungen von bis zu 1-2km angegeben werden (Mania 1990a, 28).

Die Herkunft der großen Muschelkalkplatten (sog. „Ambosse“) aus der liegenden 27m-Terrasse ist in der Tat auszuschließen. Auch der Transport solcher Platten in einem kleinen Bach wäre ohne sturzbachartige Episoden nicht vorstellbar. Die großen Muschelkalke könnten also entweder aus warmzeitlichen, zur Fundassoziation syngenetischen Hochwasserepisoden mit starken Transportkräften stammen, oder ebenfalls Residuate der spätelsterzeitlichen Blocksohle des 35-32m-Niveaus sein. Beide Varianten wären nur durch eine Verbindung des Fundplatzes zum fluvialen System der Wipper plausibel. Dem stehen Einregelungsmessungen im Schwemmfächer gegenüber, die eine Ausrichtung großer oblonger Objekte nahezu senkrecht zum Flußbett belegen. Eine Erklärung könnte sein, daß die Fließrichtung infolge der Travertinbildung oder anderer Hindernisse abgelenkt worden sein kann.

Wie in der geologischen Einführung dargelegt, bildet Muschelkalk in Gestalt kleiner, konglomeratig verkitteter Bruchstücke den Hauptbestandteil der unter dem Schwemmlöß (Fundhorizont B) liegenden 27m-Terrasse. Dabei handelt es sich überwiegend um Mittleren Muschelkalk des Hainleitendurchbruchs. Die Bedeckung der Terrasse mit Schwemmlöß beträgt südwestlich des sog. „Pflasters“ zum Teil weniger als 1m, so daß sekundäre Umlagerung von Terrassenresiduat, deren Höhe im Umfeld ja bis etwa 35m über heutigem Auenniveau variiert, generell nicht ausschließbar ist. Hinweise darauf sind durch kalksandig gebundene Muschelkalk-Verwitterungshorizonte gegeben.

Das Modell anthropogenen Muschelkalkeintrags von Fraktionen bis ca. 20cm Länge im Horizont über der 27m-Terrasse ist spätestens nach den hohen Muschelkalk-Anteilen im „Südwest-Schurf“ in Frage zu stellen. Da hangseitig auf mehreren hundert Metern noch heute Keuper ansteht und Muschelkalk erst wie-

der auf einer Distanz von 400-500m (Feldscheune) oberflächlich austritt, ist bei einem Höhengefälle von insgesamt nur 4-5m ein fluvialer Transport durch Hangfließen bzw. Oberflächenwasser auszuschließen. D.Mania hält stattdessen einen von West einmündenden Bach für wahrscheinlich (*mdl. Mitteilung 1997*).

Auf der geologischen Karte (*Abb. 2*) ist der nächstgelegene Ausstrich des Oberen Muschelkalks nur ca. 200m westlich des Travertins gelegen, allerdings hier durch erosiven Abtrag bereits unter dem mittelpleistozänen Terrassenniveau liegend. Bohrungen zur Ermittlung der Schichtgrenze Muschelkalk/ Keuper würden Klärung bringen, wie und woher der Muschelkalkeintrag zur Zeit der Fundstellengenese stattgefunden hat.

Rohmaterial Quarz und Quarzit

Die meist stark verrundeten Objekte aus Quarz oder Quarzit weisen oft oberflächliche Schlagbeschädigungen auf. Sie werden zu ca. 60% als Schlagsteine angesehen. In einigen Fällen sind tatsächlich intensive, punktförmige Schlagmarken erhalten, die eine Interpretation als Schlagsteine möglich erscheinen lassen. Die Kiesel werden in zwei Größenklassen unterschieden. Zwei Drittel sind 15-70mm groß, davon 76,5% aus Quarz und 12,5% aus Quarzit. Allerdings liegen auch kleinere Kiesgrößen in relativ großen Mengen vor. Diese sind auf meinen Vorschlag hin zumindest während der Grabungskampagne 1997 nach dem Durchsieben aufbewahrt worden. Sofern die daraus erhaltene Menge repräsentativ ist, machen die kleinen Kiesel (<15mm) demnach mehr als ein Drittel aus. Alle Quarze entstammen der Grundmoräne und sind durch starke Verrollung meist nahezu kugelförmig. Quarzite liegen untergeordnet auch in polyedrischen und plattigen Formen vor.

Andere harte Gesteine, wie Kieselschiefer und Triashornstein, sind nur in Einzelstücken belegt, zusätzlich eines Objektes aus nordischem Bergkristall (Mania 1986a, 47; 1993).

Rohmaterial Porphy

Porphyre (Rhyolithe) eignen sich gut zur Erstellung eines „mineralogischen Fingerabdrucks“ und damit zur genauen Angabe ihres Herkunftsgebietes (Müller et al. 1988). Analysen der Schwerminerale zur Ermittlung des Einzugsgebietes pleistozäner Flüsse haben für das mittlere Elb-Saale-Gebiet präzise Nachweise der Herkunftsgebiete verschiedener Flußgerölle erbracht, die nicht aus nordischen Geschieben stammen (Müller et al. 1988). So können Gesteine des Grundgebirges, die durch Flüsse transportiert worden sind, klar von nordischen Geschieben unterschieden werden. Gesteine aus Sachsen und dem Thüringer Wald werden im Ur-Saale-Mulde-System, dem heutigen

mittleren Elb-Saale-Gebiet, bis zum heutigen Elbtal etwa auf der Höhe von Magdeburg kartiert (Müller et al. 1988). Gesteine aus dem westlichen Thüringer Wald sind auch in Mittelterrassenschottern im Unterlauf der Weser nachgewiesen worden. Noch in Flußschottern am Rande des Öring (Niedersachsen), einer drenthezeitlichen Geesthöhe, werden Porphyre des Thüringer Waldes gefunden (Gauger 1980; 1988).

Die OMT-Schotter im unteren Wippertal bestehen hauptsächlich aus nordischem Moränenmaterial. Untersuchungen zu den skandinavischen Herkunftsgebieten aufgrund spezifischer mineralischer Bestandteile sind bislang nicht durchgeführt worden. Interessant wäre das insofern, als mit der Analyse des Geschiebespektrums unter Umständen eine Kartierung einzelner Gletscherzungen und ihrer Geschiebeführung an der südlichen Verbreitungsgrenze des Elstergletschers möglich wäre. Mit der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) kann die mineralische Zusammensetzung von Rhyolithen ermittelt werden. Dabei sind allerdings größere Mengen zerriebenen Materials notwendig, für archäologische Objekte leider irrelevant.

Den nordischen Schottervorkommen stehen Präglazialschotter gegenüber. In diesen Lokalschottern des Saale-Unstrut-Gebietes, mit dem Einzugsgebiet des Thüringer Waldes, dominiert das Schwermineral Epidot. Die Rhyolithgerölle aus dem Rotliegenden des Thüringer Waldes sind zudem wesentlich kleiner als die nordischen. Im Aufschluß des Tonna-Griefstedter Schotterzugs bei Lützensömmern (*Abb. 10, Punkt IV*) können solche maximal hühnereigroßen Porphyre gefunden werden.

Da Geologen die Unterscheidung Rotliegend vs. nordisch nach Augenschein der harten Gemengteile durchführen, habe ich nur stichprobenhaft eines der größten Handstücke der Bilzingsleben-Sammlung (*Bilz 152, 76*) mit Geologen diskutiert. Der hellrotgraue Rhyolit ist von granitischer Zusammensetzung, wobei der Anteil der Einsprenglinge auf ca. 50% geschätzt wird. Erkennbar sind bis zu 4mm große Quarze, noch größere Feldspäte und vereinzelt Biotit. Weitere dunkle Anteile (wie Hornblende) fehlen dagegen. Die Zusammensetzung ist typisch für Porphyre aus der Elster-Grundmoräne und damit der OMT (*mdl. Mitteilung L.Katzschmann und M.Westphal 1999*). Das Objekt stammt also mit hoher Wahrscheinlichkeit aus der spätelsterzeitlichen Blocksohle, in der nordische Porphyre dieser Größe häufig vorkommen (Kukla 1975; Unger 1995; - & Kahlke 1995, 212).

Überraschenderweise ist Mania (1986a, 47; 1990a, 28) in älteren Publikationen davon ausgegangen, die bis zu kindskopfgroßen Porphyre würden aus den etwa 5-6km entfernten Schottern der Unstrut stammen und seien anthropogenen eingetragen worden. Inzwischen revidiert er diese Aussage und bestätigt, daß die Porphyre zweifellos aus dem Abtrag der Grundmoräne stammen (*schriftl. Mitteilung D.Mania 2000*).

Osteologisches Material im Fundhorizont

Der überlieferte Faunenrecord von Bilzingsleben ist gegenüber einer „Vollpräsenz“ zweifellos selektiv, was verschiedenste Ursachen haben kann (vgl. Fladerer 2001, 14-6). Wenngleich am osteologischen Material bedeutende paläontologische Ergebnisse erzielt worden sind, ist die osteologische Analyse im engeren Sinne (Mindestindividuenanzahlen, Altersverteilung) bislang nur ausschnitthaft bzw. in einzelnen Fundgattungen erfolgt (Mania 1986a,b; Vollbrecht 2000). Derartige Untersuchungen sind für die archäologische Interpretation um so wichtiger, als in Bilzingsleben keinerlei Tierkadaver oder Teile großer Säugerindividuen mehr im artikulierten Zustand (d.h. im Knochenverband) vorliegen. Infolge der Verzahnung mit der fluviatilen Sedimentation im abgesenkten Becken kann die Faunenrepräsentanz zumindest teilweise treffend als *Bonebed*-Fazies charakterisiert werden. Zukünftige Untersuchungen bezüglich taphonomischer Fragestellungen werden entscheidender Prüfstein zur Verifizierung bzw. Falsifizierung der bisherigen Interpretation sein bzw. die *Bonebed*-Argumente erhärten.

In einer Reihe jüngerer Arbeiten werden Grundzüge taphonomischer Prozesse dargelegt. Dabei wird auf Regelmäßigkeiten selektiv in den Faunenrecord eingreifender Modifikationen durch nichtanthropogene Prozesse hingewiesen (z.B. Behrensmeyer & Hill 1980; Gifford 1981; Haglund & Sorg 1997; Orschiedt 1999; Fladerer 2001). Trotz der maßgeblichen Frage, inwieweit sich die zeitliche Tiefe *intra-site*-gebundener Prozesse stratigraphisch widerspiegelt, z.B. über die vertikale Streuung der Knochen einzelner Individuen, gibt es dazu für das Material von Bilzingsleben bislang kaum empirische Untersuchungen. Viele Knochen sind stark fragmentiert und isoliert, so daß sich Analysen bezüglich Mindestindividuen und Zusammenpassungen recht aufwendig gestalten.

Nachfolgende Vorüberlegungen sollen einerseits zur Formulierung von Fragestellungen einer bevorstehenden taphonomischen Gesamtanalyse des Materials beitragen, andererseits diagnostische Kriterien für anthropogene Manipulationen ausloten. Das besondere Augenmerk gilt dabei modifizierten Knochenoberflächen.

Faunenanteile häufig vertretener Arten

Die bis heute vorliegenden ca. 30 Hirnschädelfragmente, 9 Zähne und ein zahnloser Mandibelast des mittelpleistozänen Menschen werden von Vlček (1978) als *Homo erectus bilzingslebenensis* eingestuft und als taxonomischer Leittyp für *Homo erectus* in Europa vorgeschlagen (*im Gegensatz dazu*: Condemi 1998). Das Hirnvolumen der mindestens zwei vorliegenden Individuen beträgt über 1100cm³ und ist damit relativ groß. Da aus Bilzingsleben für Europa die er-

sten Hirnschädelreste mit erectoiden Merkmalen vorliegen, wird damit das lediglich forschungsgeschichtlich begründete Taxon *Homo heidelbergensis* um wesentliche Merkmale erweitert. Abgesehen davon sind wesentliche kladistische Fragen ungelöst, die unter den Stichworten „Chronospezies“ und „Validität von *H. erectus* für Europa“ gegenwärtig noch sehr kontrovers diskutiert werden (vgl. Henke & Rothe 1995).

Im folgenden werden Aussagen zu denjenigen Arten reflektiert, die in erster Linie wegen ihrer potentiellen Eignung als menschliche Jagdbeute angesprochen werden (Mania 1986a; 1990a,c). Die Fauna repräsentiert eine hochwarmzeitliche *Palaeoloxodon antiquus*-Fauna mit 35 Säugerarten. Die wichtigsten Vertreter bezüglich potentieller Jagdbeute sind *Palaeoloxodon antiquus*, *Dicerorhinus kirchbergensis*, *Dicerorhinus hemitoechus*, *Bison priscus*, *Equus mosbachensis-taubachensis*, *Cervus elaphus*, *Dama dama clactoniana*, *Megaloceros* sp., *Capreolus* aff. *suessenbornensis*, *Sus scrofa*, *Ursus deningeri-spelaeus*, *Panthera leo spelaea*, *Felis silvestris*, *Canis lupus*, *Vulpes vulpes*, *Meles meles*, *Martes* sp. und *Macaca florentina* (v.d. Made 1998; Mania 2001). Interessant ist die Anwesenheit sowohl von Waldarten wie auch typischen Offenlandarten (Steppennashorn, Pferd, Bison). Mit *Macaca florentina* (früher *-sylvana*) liegt ein mediterraner Exot auch in der Säugerfauna vor.

Zur quantitativen Erhebung des Faunenmaterials sind auf einer Fläche von 350m² sämtliche Knochen, Gehörknöchelchen und Knochenfragmente bestimmt und statistisch ausgewertet worden (Mania 1986a,b). Ob diese Fläche, ein Ausschnitt auf der Uferterrasse im Bereich der zwei nördlichen „Behausungsgrundrisse“, eine repräsentative Stichprobe der Gesamtverteilung darstellt, kann hier nicht beurteilt werden. Die Repräsentativität der Teilmenge hat offenbar nicht im Mittelpunkt des Interesses gestanden, denn Mania (1986a, 21-5) betont vor allem die siedlungsdynamische Relevanz der großen Knochenobjekte. Insgesamt sind auf dieser Fläche Fragmente von 256 Individuen nachgewiesen, an denen Mindestindividuenanzahlen hochgerechnet werden (Mania 1986a, 20-5). Leider sind für die meisten Arten (außer Bären und Hirsche) keine Daten publiziert, aus denen die quantitative Repräsentanz einzelner Knochen ersichtlich wird. Alle Angaben des Ausgräbers zu einzelnen Tiergruppen sind von dieser Teilmenge abgeleitet und hochgerechnet worden. 60% der „Jagdbeute“ sind demnach Großsäuger: Nashörner, Elefanten (überwiegend Kälber), Wildrinder, Wildpferde und Bären (Mania & Mania 1999, 54).

Wichtige Arten der potentiellen Jagdbeute des Menschen werden nachfolgend kurz diskutiert. Die Notizen zeigen, wie wichtig eine taphonomisch orientierte Untersuchung des Materials ist, um die bestehende Theorie über den Nachweis einer gezielten Großwildjagd zu versachlichen.

- *Nashörner (Stephanorhinus kirchbergensis/ hemitoechus)*

Das Nashorn stellt nach Ansicht des Ausgräbers das Hauptjagdtier von *Homo erectus* (Mania 1986a, 21-3; 2001, 56-7). Anhand überlieferter Cranialfragmente kann zum derzeitigen Stand von mindestens 270 Individuen ausgegangen werden (*mdl. Mitt. D. Mania 2001*). Die relative Präsenz wird anhand der o.g. empirisch ausgewerteten Teilfläche mit 27% Individuenanteil angegeben (Mania 1990c, 193; Mania & Mania 1999, 54; 2000, 135). Am häufigsten liegen Mandibelreste und Zähne vor. Unterkiefer sind häufiger als Oberkieferreste. In Relation zur daraus geschätzten Individuenzahl sind zu ca. $\frac{3}{4}$ Schulter- und Beckenfragmente und etwa zur Hälfte Extremitätenknochen überliefert.

Welche Bedeutung das häufige Auffinden von isolierten Kieferresten und Zähnen hat, wird im Sinne einer menschlichen Verwertung nicht erklärt. Offenbar hält der Ausgräber das dominierende Vorkommen isolierter Mandibeln, Maxillen und Zähne für ein sicheres Jagdindiz durch den Menschen. Die Oberkiefer seien im Zuge der Nahrungsgewinnung „zertrümmert“ worden (Mania 1986a, 25), so daß isolierte Zähne der Maxillen häufiger sind als die der Mandibeln.

Langknochen sind nach Mania (1986a, 23) „an die Uferlinie, die Peripherie der Strukturen und Arbeitsplätze gebunden“. Langknochensplitter mit scharfen Brüchen werden zum Teil als Knochengeräte bezeichnet. Schulter- und Beckenteile, besonders die häufig isoliert und fragmentiert gefundenen medialen Darmbeinschäufeln, werden ohne differentialdiagnostische Kriterien als Schnittunterlagen interpretiert und mit den Werkzonen vor den „zeltartigen Hütten“ assoziiert (Mania 1986a, 23-5). Daneben liegen innerhalb der Strukturen auch Metapodien, Fußwurzelknochen und Phalangen vor.

- *Elefanten (Elephas antiquus)*

Bei den Knochenfragmenten von *Palaeoloxodon antiquus* (12% nach hochgerechneter Individuenanzahl) wird angenommen, daß die Knochen der älteren Tiere vorwiegend von natürlichen Sterbeplätzen gesammelt, zu Geräten bearbeitet und anschließend in den Siedlungsplatz hineingetragen worden sind (Mania 1986a, 21; 1990c, 191-3; 1997c, 67). Die Verwendung der meist aus Langknochensplittern bestehenden Geräte zeige sich zudem durch die Vergesellschaftung mit großen Steinen („Ambossen“). In den Erhebungen aus der empirisch analysierten Teilfläche wird ähnlich wie bei Nashörnern deutlich, daß Kieferteile, vor allem Mandibeln und Molaren, deutlich überrepräsentiert vertreten sind (Mania 1986a). 60-65% der Elefantenzähne entstammen noch dem Milchgebiß (3 Monate bis 15 Jahre). Darin wird ein gesicherter Hinweis für

Bejagung der Jungtiere durch den Menschen gesehen (Mania & Mania 2000, 135). Diese Aussage ist nicht durch aktualistische Studien abgesichert und offenbart einen Irrtum, denn Studien zur Taphonomie zeigen stattdessen, daß bei natürlichen Massensterbeplätzen der Elefanten ganz überwiegend Jungtiere im Altersstadium von 0-12 Jahren zu Tode kommen (Haynes 1991a, 111-76). Die von G.Haynes vorgelegte Analyse natürlicher Elefantensterbeplätze bietet eine vorzügliche aktualistische Studie zur Taphonomie von Elefantenkadavern unter warmklimatischen Bedingungen. Darin sind Sterbeplätze von insgesamt 296 Individuen aus vier Nationalparks in Namibia, Botswana und Zimbabwe über 6 Jahre vollständig dokumentiert. Folgende Todesursachen subsaharischer Elefantenpopulationen sind besonders häufig (Haynes 1991a, 117-8):

- Dehydration durch Wassermangel (sehr häufig),
- schwere Knochenbrüche, Unfälle (z.B. Versinken im Morast),
- langwierige Erkrankungen (Infektionen, Schwäche) mit Tod nach 1-3 Monaten,
- plötzlicher Tod (z.B. durch Anthrax, Pneumonia, Parasiten),
- Alterstod (dabei selten: Tod durch Herzattacken).

Es gibt also neben der hypothetischen Bejagung eine Reihe von Gründen, die zum häufigen Tod von Jungtieren führen und die extreme Dominanz dieses Altersstadiums (um 90%) begründen. Das gezielte Aufsuchen von Sterbeplätzen ist für Elefanten typisch, wie auch Trampling auf den Knochenhaufen und bewußtes „Spielen“ mit den Knochen der Artgenossen als Zeichen bewußter Reflexion. Das Verhalten führt zu Frakturierungen und Verschrämmungen der Knochen, die denen von Bilzingsleben ähnlich sehen (Haynes 1991a, 161-2).

Für die Interpretation von Bilzingsleben bedeutsam sind die – fast ausschließlich bei Elefanten auftretenden – Einzelbefunde noch im Verband liegender Wirbel (Mania 1990c). Diese werden zum einen bei Desartikulationsprozessen sehr spät aus dem Verband gerissen und umgelagert, zum anderen würden sie auch bei Schlacht- und Zerlegungsvorgängen durch den Menschen eher einen unverwerteten Rest bilden (Hill 1979b; Haynes 1988; 1991a,b). Die Tiere sind also entweder:

- am Ort von Menschen oder Karnivoren erlegt worden (Mania 1990c, 192),
- es gibt Einzelfälle am Fundplatz verendeter und parautochthon eingesedimentierter Elefanten, oder
- noch artikulierte Teile der Kadaver sind fluviatil in die Fundstelle eingetragen worden.

Der Großteil des Skelettmaterials der Elefanten liegt vollständig desartikuliert, oft in Gestalt isolierter Knochenfragmente vor. Auch bei den im Verband gefundenen Wirbeln eines adulten Tieres ist auszuschlie-

ßen, daß sich im Umfeld ein Großteil des Skeletts zusammensetzen ließe. Daher kann neben hoher Wahrscheinlichkeit für fluviatilen Import auch ursächlich schwer abschätzbarer Export ins Kalkül gezogen werden. Ob dieser durch Menschen, Karnivoren oder andere Faktoren verursacht worden ist, muß derzeit offenbleiben.

- *Biber (Castor fiber, Trogontherium cuvieri)*

Biber sind mit 18-19% am Faunenanteil vertreten und werden neben dem Großwild als bevorzugte Jagdbeute des Menschen angesehen (Mania & Mania 2000, 122). Sowohl im Schwemmfächer als auch auf der Uferterrasse überwiegen craniale Elemente und isolierte Zähne junger Tiere, während postcraniale Elemente selten sind (Fischer 1991b; Heinrich 1991; 1997a; 2000). Die Zahnfunde stammen von mindestens 94 Individuen, wovon 82 zu *Castor fiber* und 12 zu *Trogontherium c.* gehören (Heinrich 1997a, 122).

Eine taphonomische Bewertung des Materials legt Heinrich (1997a) vor. Generell ist eine Überrepräsentanz größerer Kleinsäugerarten (Biber, Schermaus) gegenüber kleineren Taxa zu verzeichnen. Während die Ursache der Häufigkeit von Biberresten in der Erbeutung durch den Menschen liege (*Warum nicht durch Karnivoren?*), sei das Vorkommen anderer Kleinsäugerreste auf Raubvögel zurückzuführen. Die geringfügige Dominanz jüngerer Altersklassen von *Castor fiber* auf der Uferterrasse sieht er als Beweis für die menschliche Nutzung, während ältere Exemplare im Schwemmfächer zum Teil natürlich verendet seien (Heinrich 1997a, 122-5). Der Altbiber ist dagegen überwiegend mit älteren Lebensstadien nachgewiesen.

Der Landschaftsausschnitt im Wippertal ist zweifellos der ideale natürliche Lebensraum für Biber. Daneben sind weitere gewässerliebende Arten wie *Arvicola cant.*, Fische, Wasservögel, Schlangen (z.B. *Natrix*) und die Europäische Sumpfschildkröte *Emys orbicularis* belegt (Böhme 2000b, 88). Interessanterweise glaubt Heinrich (1997a) nicht an eine biozönotische Verbindung beider Biberarten. Während er als Erklärung den Eintrag erlegter Exemplare durch den Menschen favorisiert, kann dies – unter anderen Prämissen – auch als Hinweis auf fluviatilen Eintrag aus einem längeren Wipperabschnitt gesehen werden.

- *Hirsche (Cervus elaphus, Dama sp. clactoniana)*

Hirsche stellen 13% des faunistischen Materials. Ihre Knochen liegen in relativ gleichen Häufigkeiten vor und sind stets stark fragmentiert (Mania 1986a, 23; 1990c, 193-4). Geweihmaterial von *Cervus* nimmt 1,5% am Faunenmaterial ein (Mania 1986b; 1997c, 66). Vollbrecht (2000) gibt anhand des Geweihmaterials die Mindestindividuenzahl von *Cervus* mit 150 an, wovon allerdings einige Exemplare *Dama sp.* zuzurechnen sind (*mdl. Mitteilung v.d. Made 2000*).

- *Bären (Ursus sp.)*

Auf einer Fläche von 150m² sind 320 Fragmente vom Bären gefunden worden, davon 73,6% Gebißreste (Mandibeln/ Maxillen etwa gleich häufig) und 22,3% Prankenskelettknochen (Mania 1990c, 195). Bärenreste stellen damit 11% am Gesamtbestand des osteologischen Materials. Es handelt sich ausschließlich um früh desartikulierende Skelettelemente. Bärenreste liegen gemäß D.Manias vor allem innerhalb der Strukturen vor und werden von diesen begrenzt. Er deutet dies als Zeichen für die ausschließliche Verwertung der Felle, an denen noch Teile des Schädels und der Pranken hingen (Mania 1986a, 27-9). Andererseits seien Felle ungeeignet zur Abdeckung der „Zelte“, da diese bald in Verwesung übergegangen wären (Mania 1998b, 43). Eine Bewertung dazu ist bereits im Abschnitt „Anmerkungen zur Gesamtinterpretation des Fundplatzes“ dargelegt worden.

- *Rinder (Bison priscus)*

Die Skelettelemente vom Bison (einschließlich Wirbeln) umfassen 5% des Materials und kommen in gleichmäßiger Häufigkeit vor. Nach Mania (1990c, 193) sind diese Tiere zerstückelt und weitgehend vollständig verwertet worden. Lange Metapodienschäfte werden als Werkzeugrohstoff angesehen (Mania 1986a, 23). Sicher belegbare Art ist bislang nur *Bison priscus*, von dem im Bereich der Uferterrasse u.a. ein vollständiger Hirnschädel mit Hornzapfen erhalten ist, der ehemals *Bubalus murrensis* zugeordnet wurde (Fischer 1991a; Ders.: *Neubestimmung 1998*).

- *Karnivoren*

Selektive Knochenüberlieferung trifft neben Bären auch für andere Raubtiere zu, von denen nur wenige Einzelfragmente vorliegen. *Canis lupus*, *Panthera (leo) spelaea* (Turner 1997), *Felis silvestris*, *Martes sp.*, *Vulpes sp.* und *Meles sp.* sind fast ausschließlich mit Zähnen, Mandibel- und Maxillenfragmenten, Metapodien und Phalangen vertreten (Mania 1986a, 59). D.Manias sieht Karnivoren nicht als bevorzugtes Jagdwild. Er hält allerdings für möglich, daß Wölfe beim Eindringen in den Lagerplatz erschlagen worden seien (Mania 1990c).

- *Fische:*

Aus den Kalk- und Travertinsandschichten liegen diverse Fischreste vor, darunter 4 Wirbel und 1 Occipitale vom Wels (*Silurus glanis*) und 20 Schlundzähne der Schleie (*Tinca tinca*), die aus wenigen Quadratmetern ausgeschlammmt worden sind (Böhme 1998). Eine Hochrechnung auf die gesamte Seekalk- und Travertinsandschicht ließe Hunderte von Resten dieser Flußfische erwarten. Seltener sind *Phoxinus cf. phoxinus*,

Lota lota und *Cottus gobio* (Böhme 1998). Da es sich um Flußfische handelt, die abgesehen von kleinen Exemplaren der Schleie nicht in einem flach-limnischen Biotop leben, werden diese gemäß D.Manias Landschaftsrekonstruktion als milieufremd eingeordnet und als Nahrungsreste des Menschen gedeutet (Böhme 1998, 96). Der Ausgräber bezeichnet neben den Fischen auch Flußmuscheln (*Unio sp.*) als Nahrungsreste des Menschen (Mania 1980, 84; 2001, 45).

Die Knochenfragmente von Kleinwirbeltieren und Fischen zeigen interessanterweise „vielfach Abrollungsspuren ... durch fließendes Wasser“ (Böhme 1998, 102). Eine nähere Diskussion des Abrollungsgrades, zum Beispiel bezüglich fazieller Merkmale (Travertinsand vs. Seekalk), wird allerdings nicht geführt. Sofern die Abrollungsmerkmale an Knochen im Seekalk gefunden werden, spricht dies wohl recht eindeutig für einen fluviatilen Transport, da die dünnwandigen Fruktifikationsorgane der Charophyten im Gegensatz dazu meist völlig unzerstört eingesedimentiert worden sind (Nötzold 1991).

- *Weitere, natürliche Vertreter des Habitats*

Als natürliche Bewohner des Lebensraumes sind diverse Arten belegt: die Vögel *Anas platyrhynchos*, *Bucephala clangula*, *Cygnus olor*, *Haliaeetus albicilla*, *Strix aluco* und *Turdus sp.*, die Reptilien *Anguis fragilis*, *Lacerta sp.* und *Natrix sp.* sowie die Amphibien *Triturus cf. vulgaris*, *Pelobates sp.*, *Bufo bufo*, *Rana sp.* und *Rana cf. temporaria* (Fischer 1993, Mania 1997b). Interessant ist die gleichzeitige Präsenz von Land- und Gewässerarten.

Gleiches gilt für die etwa 100 nachgewiesenen Molluskenarten. Es gibt Wald- und Gewässerarten, bei starker Dominanz der Gewässerarten. Dennoch lassen sich nach Mania (1983a) hierbei verschiedene Biotope unterscheiden, deren Ausdehnung bislang jedoch nicht konkretisiert worden ist. Häufige und klimatypische Arten sind *Discus perspectivus*, *Helicigona banatica*, *Aegopis verticillus*, *Iphigena tumida*, *Theodoxus serratiliformis*, *Paladilhia [Belgrandia] marginata f. germanica*, *Azeka menkeana*, *Orcula doliolum*, *Clausilia bidentata* und *Heliocodonta obvoluta*. Seltener sind Arten alpino-borealer Verbreitung wie *Discus ruderatus*, *Vertigo genesii genesii* und *Vertigo genesii geyeri*. Auch das Artenspektrum der Ostrakoden (*Scottia browniana*, *Ilyocypris quinculminata*, *Ilyocypris gibba*, *Cypridopsis vidua*, *Herpetocypris reptans*, *Notodromas monacha*, *Microdarwinula zimmeri*) läßt auf Vorhandensein verschiedener Kleinbiotope mit fließendem bzw. stehendem Wasser schließen (Mania 1983b; 1997a). Darunter befinden sich salzliebende Arten wie *Heterocypris salina*.

Das ökologische Spektrum wird durch diverse Kleinsäugerarten (Insectivora, Rodentia) abgerundet (Mania 2001, 44-5). Nachgewiesen sind *Talpa sp.*, *Sorex ex gr. araneus*, *Crocidura ex gr. russula-leuco-*

don, *Spermophilus (Urocitellus) sp.*, *Glis glis*, *Muscardinus avellanarius*, *Apodemus flavicollis*, *Apodemus sylvaticus*, *Allocricetus bursae*, *Clethrionomys glareolus*, *Arvicola cantianus*, *Microtus oeconomus*, *Microtus subterraneus* und *Microtus ex gr. arvalis-agrestis* (Heinrich 1998). Auch hier stehen reine Steppearten, wie Hamster (*Allocricetus bursae*) und Ziesel (*Spermophilus/ Urocitellus*), anderen Taxa mit subaquatischem Anspruch gegenüber.

Bemerkungen zur Taphonomie der Fauna

Grundzüge der Taphonomie (Efremov 1940) und ihre Bedeutung zur Interpretation archäologischer Fundplätze sind in jüngster Zeit ausführlich diskutiert worden (z.B. Sommer 1991; Orschiedt 1999, 5-19; Fladerer 2001). Sie sollen im nachfolgenden Abschnitt auf die Fauna von Bilzingsleben fokussiert werden:

- *Dekomposition und Knochenverwitterung*

Die Dekomposition bestatteter Körper umfaßt unter durchschnittlichen Bodenbedingungen ca. 7 Jahre, in denen das Individuum vollständig skelettiert (Baden 1982; Micozzi 1991). An der Oberfläche liegende Körper skelettieren wesentlich schneller, spätestens nach ein paar Monaten (Haglund et al. 1989). Auch oberflächennah eingelagerte Individuen skelettieren innerhalb weniger Monate.

Die Verwitterung der Knochen zeigt sich durch die weiße, kreidige Farbe und das Auftreten von Rissen (Behrensmeyer 1978). Längsrisse können bereits auftreten, noch bevor das Periost vollständig verschwunden ist. Behrensmeyer (1978) unterscheidet sechs Verwitterungsstadien, allerdings unter beschleunigenden Verhältnissen (Afrika, arides Klima):

- Stadium 0-1: keine Verwitterung, z.T. noch mit organischen Resten,
- Stadium 2: Beginn von Verwitterungsrissen,
- Stadium 3-4: Risse erreichen die Markhöhle des Knochens,
- Stadium 5: Zerfall in einzelne Splitter.

Die UV-Strahlung der Sonne hat eine stark verwitterungsbeschleunigende Wirkung. Unter temperierten Klimaverhältnissen können Knochen dagegen auch nach 7 Jahren noch frei von Verwitterungsrissen sein (Adrews & Cook 1985). Interessant wären dazu Vergleichsdaten unter mitteleuropäischen Klimaverhältnissen.

Für Bilzingsleben ist anzunehmen, daß ein Teil der Knochen im schlammig-flachlimnischen Milieu (Charophyten-Schlamm) in Dekomposition übergegangen ist. Verwitterungsrisse sind schwer von Alterungsrissen zu unterscheiden, scheinen generell aber nicht häufig zu sein. Unterschiedliche Verwitterungsstadien an den Ober- und Unterseiten von Knochen und Ge-

weihresten (Vollbrecht 2000) können eher mit der Bodendynamik (Ausbleichung, Entkalkung und Pseudovergleyung der Oberfläche des B-Horizontes) als mit Verwitterung an der Oberfläche begründet werden. Andererseits weisen Verwitterungsrisse teilweise Ver rundungen auf, was für eine Verwitterung jenseits des Bonebeds und späteren Import eines Teils der Knochen sprechen könnte. Hier sind empirische Analysen notwendig, zumal auch bodenchemische Prozesse solche Verrundungen bewirken können, oft verbunden mit politurartigen Glanzeffekten.

Ein weiteres Detail: Viele Cranialfragmente der Hirsche weisen Zerfall entlang der Schädelnähte auf. Die Nähte selbst sind dagegen nur teilweise verrundet. Das belegt einen ersten Zerfall vor bzw. während des fluviatilen Eintrags und einen weiteren Zerfall kurz vor der endgültigen Einbettung. Solch mehrphasige Zerfallsprozesse sind für fluviatile Knochenensembles (*Bonebeds*) sehr typisch (Behrensmeyer & Hill 1980). Feuchtes Milieu, in diesem Fall Einlagerung in Flachwasser und Schlamm, verlangsamt den Verwitterungsprozeß erheblich, führt aber zur Mazerierung der Oberflächen. Das wiederum begünstigt die intensive Verschrammung der Oberflächen durch Trampling und/ oder Umlagerung im Sediment.

- *Abhängigkeit der Knochenhaltung vom Bodenmilieu*

Knochenhaltung ist nur bei relativ schneller Einlagerung in ein basisches Milieu mit $\text{pH} > 9$ möglich (Gordon & Buikstra 1981; Henderson 1987; Keeley 1986). In saurem Milieu, z.B. in Bestattungskammern, werden die Knochen schnell zerstört. Ebenfalls negativ wirkt sich die Mineralisierung aus, d.h. die Umwandlung von Hydroxylapatit in Brushit, die eine Aufspaltung des Knochens bewirkt. Der Charophytenkalk, Travertinsand und die Oberschicht des Lößlehms (Fundschichten A und B von Bilzingsleben) sind von extrem hohem pH-Wert, also ideal für eine schnelle und vollständige Mineralisierung. Daher kann ab der Einlagerung in den Seekalk von einem Stop des bis dahin erfolgten biologischen Verfalls und einer vollständigen Mineralisierung ausgegangen werden. Die Einlagerung in das Niveau des Fundhorizontes A (Travertinsand/ Charophytenkalke) innerhalb eines flachlimnischen Milieus muß mit solch hoher Geschwindigkeit vor sich gegangen sein (Nötzold 1991), daß von einer Dekomposition und Einsedimentierung innerhalb einer Saison ausgegangen werden kann. Infolge des hohen Kalkgehaltes kommt es zu einer weitgehend vollständigen Konservierung als *Bonebed*.

Gleichzeitig könnte das weitgehende Fehlen von Knochen im B-Horizont (*Lößlehm/ Beckenschluff*) ausschließlich durch den niedrigeren pH-Wert erklärt werden. Der Kalkgehalt in Löß beträgt maximal 20%. Gemäß bodenkundlichen Analysen ist der Beckenschluff tiefgründig entkalkt und vergleyt. Trotz der re-

lativen Sterilität des Lösses gibt es darin vereinzelt Silices, Muschelkalktrümmer und Quarzite (*Grabungsbeobachtung 1997-99*), die klar gegen die postulierte autochthon-äolische Bildung sprechen (Mania 1997b). Da infolge der Vergleyung sämtliche in den unteren Schichten des B-Horizontes syngenetisch abgelagerten Knochen vergangen sein können, ist eine Akkumulation von Knochen auch in diesem Milieu nicht auszuschließen. Ein ehemaliges Vorhandensein von Knochen im unteren B-Horizont dürfte auch mit heutigen Methoden schwer zu beweisen sein. Dagegen wäre eine Untersuchung darüber erstrebenswert, ob an der Oberfläche des B-Horizontes tatsächlich zeitweilig eine trockene Landoberfläche bestanden hat. Es wäre interessant, ob sich dies neben Entkalkungs- und Auslaugungsvorgängen mit weiteren Methoden belegen ließe.

- *Selektion durch fluviatilen Transport*

Selektive Transportprozesse spielen bei den häufig in Flußsedimenten akkumulierten Faunenkomplexen des Pleistozäns eine gewichtige Rolle. Shipman (1981, 28-41) beschreibt das Transportverhalten von Knochen unter fluviatilen Bedingungen. Besonders Schädel bieten ideale Bedingungen für die Umlagerung im Wasser, was zu selektiver Überlieferung isolierter Schädelfragmente führen kann (Haglund & Sorg 1997, 529-52). Auch kleine und leichte Knochen werden im fließenden Wasser zuerst transportiert, z.B. Wirbel, Hand- und Fußknochen, aber auch isolierte Schädelfragmente (Boaz & Behrensmeyer 1976).

Das ausschließliche Vorkommen isolierter Hirnschädelteile (30), Zähne (9) und eines Mandibelbogens von *Homo erectus* führte zur Interpretation als „Schädelkult“ oder „funeralem Kannibalismus“ (Mania 1990c, 273). „Wahrscheinlich wurde das Gehirn entnommen“ (Mania 1998b, 54). Auch Ullrich (1994, 258) vertritt die Ansicht, daß die Schädelteile bei ihrer Fragmentierung noch nicht mazeriert gewesen wären und anthropogene Fragmentationsspuren (z.B. in der Supraorbitalregion) aufweisen würden. Als Argument dafür wird eine schräge Bruchkante genannt. Orschiedt (1999, 60) widerspricht dieser Diagnose, der andere Merkmale entgegenstehen. Sowohl die selektive Überlieferung als auch die Verschrammung der Außenflächen lassen eher auf fluviatilen Import als auf menschliche Manipulationen schließen.

- *Desartikulation*

Die natürliche Auflösung des Skelettverbandes ist in erster Linie von der Festigkeit der Bänder abhängig. Die prinzipiellen Regelmäßigkeiten der Desartikulationsreihenfolge sind verallgemeinerbar (Hill 1979a, b; Hill & Behrensmeyer 1984; 1985). Die Untersuchungen von Hill (1979b) beziehen sich vor allem auf die Desartikulation großer Huftiere, sind jedoch auf

viele andere große Säugetiere übertragbar. Lediglich bei Karnivoren verläuft die Desartikulation weitaus langsamer, da diese über einen größeren Bänderanteil im Axialskelett verfügen. Auch Dickhäuter weisen Anomalien auf, da die langsame Zersetzung der Haut die Desartikulation beeinflusst (Haynes 1988; Hill 1979a).

Die Reihenfolge wird vor allem durch die Beweglichkeit des Gelenkes bestimmt; je beweglicher, desto eher der Zerfall (Hill 1979a). Entscheidend, mit der Fokussierung auf Bilzingsleben, ist die prinzipielle Reihenfolge der Desartikulation, mit der Trennung:

- der vorderen Gliedmaße vom Körper,
- des *Sacrum*s vom Caudalwirbel,
- der *Scapula* vom proximalen *Humerus*,
- der *Mandibel* vom Schädel,
- des distalen *Radius* von der Handwurzel,
- des 1. (*Atlas*) vom 2. (*Axis*) Halswirbel ... etc.

Besonderes Augenmerk gilt dem Problem isolierter Schädel- und Mandibelfragmente. Der Schädel löst sich relativ früh mit dem Atlas vom Rumpf, erst viel später (an 16. Stelle) lösen sich Cranium und Atlas voneinander. Dieses frühe Ablösen des Schädels und noch frühere Lösen des Unterkiefers ist auch auf menschliche Skelette übertragbar (Micozzi 1986; Rodriguez & Bass 1985). In Übereinstimmung mit dem Schema kann zum Faunenrecord von Bilzingsleben folgendes festgehalten werden:

1. Früh desartikulierende Körperteile sind besonders häufig vertreten. Bei Bären, Suiden, Caniden und Feliden liegen fast ausschließlich Zähne und untere Extremitätenknochen vor.

2. Das Auftreten isolierter Schädelkalottenfragmente (Hominidenreste) ist ein typisches Merkmal fluviatiler Desartikulation.

Die vollständige Einlagerung eines Skeletts in die Lithosphäre stellt in der Natur einen vergleichsweise seltenen Fall dar. Oft ist die Auflösung des Skelettverbandes mit geformationsbedingten und/ oder biotischen Umlagerungsprozessen verbunden. Bunn et al. (1991) dokumentieren z.B. den Kadaver einer Giraffe, die zu ca. 2/3 von Hyänen gefressen worden ist. Die verbleibenden Reste, unter anderem der vollständige Schädel, ansonsten überwiegend dicke Kompaktreste, liegen trotz der nahezu vollständigen Desartikulation in einem Umkreis von nur 5-8m verteilt.

Ein anderes Bild erzeugen Nager, besonders Stachelschweine, die Knochen systematisch zusammentragen und – vorzugsweise in Höhlen – in großen Mengen sammeln (Brain 1981).

- *Frakturierung*

Frakturierung kann verschiedene Ursachen haben, z.B. Sedimentauflast, Trampling, menschliche Zerlegung oder Karnivorenfraß. Die Veränderung der Elastizität

des Knochens nach dem Tod des Individuums hilft zur Unterscheidung möglicher Ursachen. Durch Verlust des Kollagens im Zuge der Dekomposition und Verwitterung verlieren Knochen ihr plastisches Verhalten. Mit der zunehmenden Mineralisierung der Knochen wachsen bei Frakturierung die Symptome für Spröbruchverhalten. Elastische Brüche und Spröbrüche lassen sich deutlich unterscheiden, da die Frakturkanten zunehmend unregelmäßig werden (Wahl & König 1987).

Vor der Etablierung diagnostischer Kriterien (z.B. Binford 1981; Brain 1981) sind Modifikationen meist dem Menschen zugeschrieben worden, z.B. beim Vorliegen regelhaft gebrochener und nur fragmentarisch vorliegender Gelenkenden (Eichhorn 1909: *fig. 5*), bei Brüchen entlang der Achse von Langknochen (z.B. Weidenreich 1941, 74-7) oder bei der Interpretation von isolierten, noch bezahnten Mandibelbögen. Diese erklärte Dart (1957) zur „*Osteodontokeratischen Kultur*“. Sie hat allerdings schon diverse Vorläufer, z.B. bei der Interpretation der Fauna von Taubach (Lindig 1928, 71).

Inzwischen wird die sogenannte Spiralfaktur, die von Dart (1957) als Beweis für menschliche Zerlegung (gewalttätiges Abdrehen) der Mandibeln ins Feld geführt worden ist, als taphonomischer Prozeß dokumentiert (Brain 1981; Villa & Mahieu 1991). Dabei verläuft die Bruchlinie spiralförmig um den Schaft eines Langknochens. Diese Brüche sind typisch für Karnivorenfraß (Binford 1981; Haynes 1982), aber auch für Trampling (Olsen & Shipman 1988).

Frakturierung durch Trampling ist für Bilzingsleben naheliegend und könnte zur schnelleren Einbettung fragmentierter Knochen im Characeenschlamm geführt haben. Auch die Tatsache intensiv verkratzter Knochenoberflächen kann Resultat von Trampling sein. Die durch Trampling entstehende, intensive Oberflächenverschrammung kann in der Spurendimensionierung Schnittspuren sehr ähnlich sehen (Haynes 1991a). Olsen & Shipman (1988) zeigen die Auswirkungen von menschlichem Trampling unter Verwendung von Kies, grobem und feinem Sand. Ihrer Meinung nach bilden spureninterne Striae ein wichtiges Abgrenzungskriterium zwischen Schnittspuren und Trampling (Olsen & Shipman 1988, 544-5). Dem widerspricht Haynes (1991a), der bei Tramplingsspuren durch Elefanten das Auftreten solch spureninterner Striae zeigt.

Spezifische Modifikationen entstehen durch Schlagspuren zur Markgewinnung. Solche Spuren können durch Auftreffen eines Hiebgerätes auf den Knochen bei dessen Zertrümmerung entstehen, oder auch durch Aufschlagen des Knochens auf einem Amboß (Brain 1976; 1981). Im Neolithikum sind aus systematisch aufgeschlagenen Langknochen Geräte hergestellt worden, wie z.B. Knochenpfieme aus Schafmetapodien.

• *Modifikationen durch Verbiß*

Karnivorenfraß an Knochen betrifft vor allem die spongiosen Teile des Skelettes und die Gelenkenden der Langknochen (Shipman 1981; Brain 1976; 1981; Richardson 1980; Todd & Rapson 1988). Auf den Aspekt der Manipulationen durch Fraß, besonders in Höhlenfundstellen, weist bereits Wetzell (1969) bei der Auswertung der Faunen vom Bockstein hin.

Einen schwierigen Aspekt des Nachweises von Karnivorenfraß beschreibt Haynes (1991b). Obwohl in Fundstellen nachweislich sämtliche Knochen durch Karnivoren aufgearbeitet werden, sind nur an ca. 10% der Knochen Fraßspuren nachweisbar. Hyänen fressen dabei Knochen zum Teil vollständig auf, wobei die natürliche Grenze des Verbisses durch Mazeration aufgehoben werden kann, also auch Kompakta gefressen wird. In der Materialauswertung werden Belege für eindeutigen Karnivorenfraß in Bilzingsleben vorgeführt (*Tafel 61-63*), wobei eine Grauzone zwischen Fraß und möglicher Schlagbearbeitung durch den Menschen besteht. Blumenshine & Selvaggio (1991) vergleichen dazu durch Hyänenfraß angespitzte Kompaktasplinter mit von Buschmännern intentionell zugespitzten Knochengeräten. Es zeigt sich, daß eine Unterscheidung nach reiner Morphologie kaum möglich ist und nur anhand weniger Schlagmarken durchgeführt werden kann.

Fraßspuren können, wenn die Knochen noch Fett enthalten, kleine Aussplitterungen und Impressionsfrakturen aufweisen, die die Fraßkante begleiten und charakteristische Formen aufweisen (Haglund et al. 1988, 990). Diese sollten sich im Erhaltungszustand der meisten Knochen von Bilzingsleben (Stadium 2) noch belegen lassen.

Eine weitere Möglichkeit der Modifikation ist das randliche Benagen der Knochen durch Herbivoren. Schafe oder Rothirsche tun dies, um mineralische Nährstoffe aufzunehmen. Hirsche benagen z.B. gern ihre eigenen Abwurfstangen (Brothwell 1976; Sutcliffe 1973).

Als dritte Gruppe ist für Bilzingsleben auch Nagerfraß ins Kalkül zu ziehen. Diese Spuren weisen durch die charakteristischen Schneidezähne eine unverwechselbare Struktur auf (Binford 1981; Morlan 1980, 36). Querschnitte von Nagerschrammen sind flach-U-förmig und damit von Schnittspuren gut zu unterscheiden (Shipman & Rose 1983). Nager, die über das Hydroxylapatit der Knochen mineralische Nährstoffe aufnehmen, bevorzugen nicht – wie Karnivoren – die spongiosen Enden von Langknochen, sondern Diaphysen, Unterkiefer und Wirbel. Sie mögen fettfreie Knochen oder Geweih. Besonders Geweih wird durch Nager meist in kürzester Zeit vollständig aufgeessen und ist daher selten oberflächlich liegend zu finden.

Ein Paradebeispiel der Umbewertung ehemals kanibalistisch ausgeschmückter Befunde bietet die chinesische Altfundstelle Choukoutien. Ähnlich Bilzings-

leben ist das isolierte Vorkommen menschlicher Cranialteile als Beleg für Patrophagie gedeutet worden (vgl. Orschiedt 1999, 61). Die Dokumentation von Nagerfraßspuren (*Hystrix*) an drei Molaren (Puech & Puech 1991) zeigt stattdessen die weit weniger spektakuläre Ursache der Knochenansammlung.

• *Eine Detailstudie zur Verteilung der Geweihreste*

Eine Reihe von Geweihfragmenten von *Cervus elaphus* wird von D. Mania (1986b) als „Hacken“ klassifiziert, in Anlehnung an ähnlich aussehende neolithische Fundobjekte. Die Neuuntersuchung des Geweihmaterials durch J. Vollbrecht (2000) ist stattdessen in erster Linie Fragestellungen zur Taphonomie (vgl. Olsen 1989; Villa & Mahieu 1991; Stopp 1997) und der räumlichen Verteilung im Grabungsareal gewidmet (vgl. Kind 1985; Schick 1991). Folgende Ergebnisse sind dabei besonders für die Diskussion der *site formation* interessant:

1. Die Verteilung von unteren und mittleren Geweihabschnitten ist ungleich, bei einer deutlichen Überrepräsentanz isolierter Spitzen.
2. Mengenkartierungen zeigen eine Übereinstimmung mit den Sedimentmächtigkeiten im Schwemmfächer (Travertin- und Quarzsand). Vor allem für Funde <120mm im Schwemmfächer ist damit eine fluviale Akkumulation sehr wahrscheinlich. Größere Geweihfragmente (>150mm) sind unregelmäßig über die Fläche verteilt.
3. Zusammenfassungseinheiten belegen flächige Verteilungen von Fragmenten (Abb. 30).

4. Die Bruchmuster ähneln Experimenten mit Auflast schwerer Steine. Vollbrecht (2000) schlußfolgert Sedimentdruck bzw. Großsäuger-Trampling als Ursache der Frakturierung. Allerdings sind Versuche zum Bruchverhalten ausschließlich an trockenen Stangen durchgeführt worden. Interessant wären derartige Versuche mit eingeweichem Geweih, dessen Eigenschaften sich bei langem Wässern deutlich verändern.

Die Mindestindividuenzahl (unter Vernachlässigung eines kleinen Teils von Damhirschgeweih) kann aus den Geweihresten auf knapp 150 Tiere, aus dem cranialen und postcranialen Skelettmaterial dagegen nur auf 70 Individuen hochgerechnet werden. Die Überrepräsentanz von Geweih interpretiert Mania (1986b) als Beweis für dessen gezieltes Sammeln. Der hohe Anteil von 157 schädelechten Geweihfragmenten zu 193 Abwurfstangen belegt hingegen, daß ein beträchtlicher Teil des Materials nicht auf opportunistisch gesammelte Abwurfstangen zurückgeht. Ein Abbrechen des schädelechten Geweihs nach der Erlegung des Tieres wäre in diesen Fällen zwar denkbar, ließe aber sicher unregelmäßige Frakturen der Schädelkalotten erwarten. Stattdessen sind die Kalotten überwiegend entlang der Schädelnähte gebrochen. Das spricht dafür, daß die Brüche erst an bereits leicht angewitterten Schädelkalotten erfolgt sind, also im Sinne natürlicher Desartikulation von Geweih und Schädel durch Umlagerung.

Modifikationen der Oberflächen am Geweih werden überwiegend auf die Aktivitäten der Tiere zurückgeführt (Vollbrecht 2000). 47 der Geweihfragmente weisen Verbißspuren durch Cerviden auf. Andere

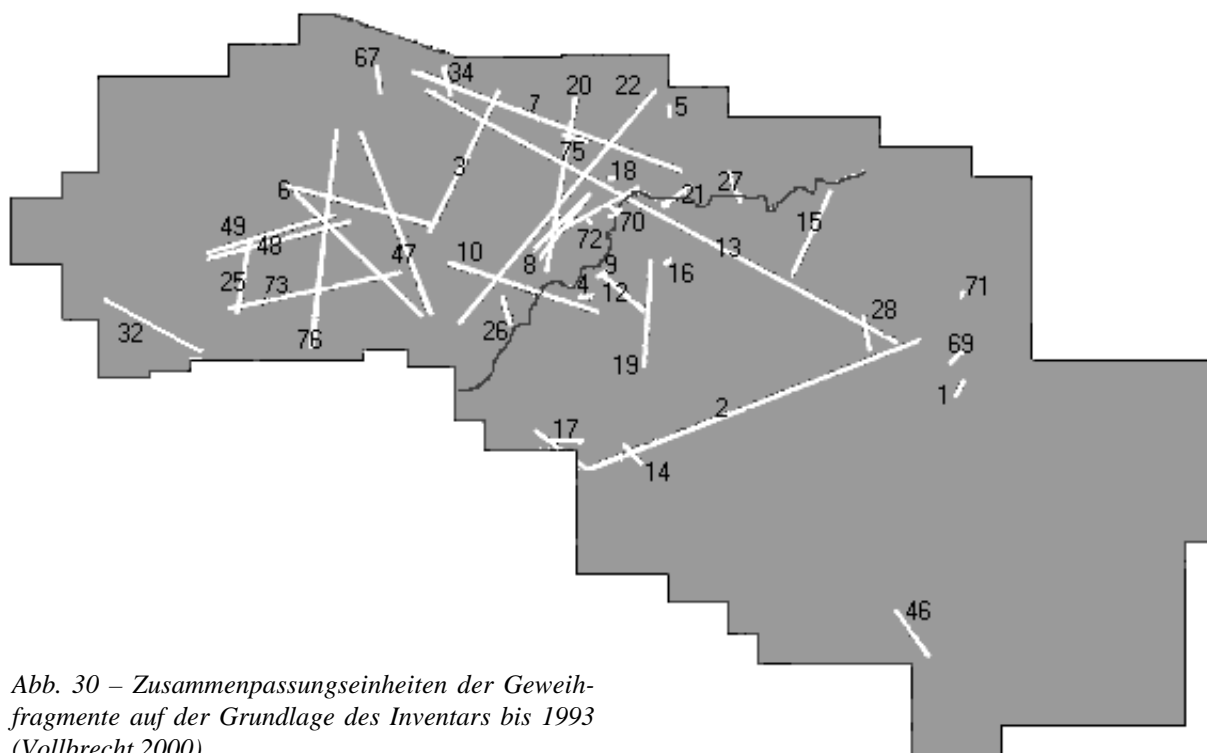


Abb. 30 – Zusammenfassungseinheiten der Geweihfragmente auf der Grundlage des Inventars bis 1993 (Vollbrecht 2000)

Fraßspuren, etwa durch Nager, sind nicht diagnostiziert worden, könnten aber z.B. Ursache der häufig übriggebliebenen Sproßspitzen sein.

Das Material weist unterschiedliche Stadien der Verwitterung auf. 2,4% besitzen noch alle Strukturelemente, 91,5% der Geweihe zeigen Rißbildungen und Oberflächenkorrosion im fortgeschrittenen Zustand. An 6% der Geweihe sind die Strukturen völlig zerstört (Vollbrecht 2000). Während verstärkte Korrosionsspuren an der Unterseite der auf der Lößoberfläche abgelagerten Fragmente (ca. 40%) von D.Mania nicht bestätigt werden, besteht Einigkeit für verstärkte Abrasions- bzw. Kratzspuren an den Oberseiten. J.Vollbrecht interpretiert die Korrosion als Folge von Verwitterung durch längeres Liegen an der ehemaligen Oberfläche. Da postsedimentäre Wasserzirkulation ähnliche Effekte bewirkt haben kann, ist langes oberflächliches Liegen der Geweihteile wegen der potentiellen Bevorzugung durch Nager (z.B. *Arvicola*) allerdings wenig wahrscheinlich (Sutcliffe 1973). Trotz Oberflächenmodifikationen durch Verkratzung spricht das Fehlen von Fraßspuren gegen längeres Liegen an der Oberfläche und für schnelle Einsedimentierung.

Zusammenfassend können die Geweihreste als Beleg natürlicher Akkumulation eingestuft werden, während anthropogene Manipulationen nur bei vier Einzelstücken als möglich angesehen werden (Vollbrecht 2000). Ein Geweihhammer (Vollbrecht 2000: *fig. 35*) läßt sich nicht aufrecht erhalten, da es sich dabei um eine moderne Beschädigung handelt (Mania 2001; *vgl. Kommentar* <http://members.tripod.de/Bilzingsleben>). Sofern eine anthropoge Frakturierung der Stangen zur Werkzeugherstellung eine Rolle spielt, könnte diese am wahrscheinlichsten im Zuge einer opportunistischen Nutzung erfolgt sein. Denkbar wäre die natürliche Akkumulation von Geweihresten sowohl von getöteten Tieren (schädelecht) als auch von Abwurfmaterial infolge einer Staustelle der Wipper.

- *Zusammenfassung zur Taphonomie*

1. Die bislang nur zum Teil vorliegende Auswertung der Fauna deutet bei vielen Arten auf Selektionsmuster, die mit Prozessen fluviatilen Transports weitgehend desartikulierter Tierkadaver übereinstimmen. Besonders häufig sind dabei Schädel- und Kieferteile, Schulterblätter und Hand-/Fußknochen. Cranialfragmente und Zähne sind bei den am häufigsten vertretenen Arten (Nashorn, Elefant, Hirsch, Biber) weit überrepräsentiert. Auch vom Menschen liegen ausschließlich Schädelteile vor. Typisch für Tiere mit starkem Bänderapparat wie Bär, Wolf, Löwe und Luchs ist der selektive Transport von Zähnen, Hand- und Fußknochen.

2. Aussagen, kleinere Beutetiere seien vom Menschen vollständig und unzerlegt in den Siedlungsplatz einge-

tragen worden (Mania 1990c, 195), sind nicht verifizierbar. Ein relativ vollständig erhaltener Biber bildet die Ausnahme. Auch von Schweinen (Fischer & Heinrich 1991) liegen nur wenige Einzelfragmente vor.

3. Die Häufigkeit von Resten junger Elefanten entspricht einer natürlichen mortalen Altersstruktur. Einzelfälle noch im Verband liegender Wirbel eines Elefanten sprechen für parautochthone Einlagerung, können aber verschiedene Ursachen haben, die neben Bejagung durch Menschen oder Karnivoren auch in der Umlagerung noch artikulierter Körperteile oder im Export des übrigen Skeletts liegen können.

4. Die Häufigkeit von Fischresten und Rodentiern gibt zur Zeit der Entstehung der Seekalk-/ Travertinsandfazies Hinweise auf zyklische Überschwemmungen. Diverse isolierte Fischreste legen fluviatilen Import nahe (Abrollungsspuren), wobei auch Nahrungsreste von Menschen, Bären oder Feliden nicht auszuschließen sind.

Im Gesamtbild gibt es – abgesehen von wenigen eindeutig artifiziellen Modifikationen – keine Hinweise, die dem Szenario „*Jagdreste des Urmenschen*“ klare Priorität gegenüber taphonomisch-selektiven Filtern geben würden. Argumente fluviatiler Beeinflussung des Systems aus geologischer Sicht lassen sich auch durch nahezu vollständige Desartikulation, Frakturierung und Abrollung der Knochenfragmente erhärten. Die extreme Frakturierung des Knochenmaterials kann neben Umlagerung vor allem auf Karnivorenfraß zurückzuführen sein. Dies kann nur durch differentialdiagnostische Methoden ermittelt werden (*im Gegensatz dazu* Kraft 1994, 18-19).

Vergleiche der Fundgattungen Bilzingslebens mit Tautavel, Vértesszölös oder Boxgrove (Gamble 1999, 148-52) bieten interessantes Potential. Der Vorschlag von Gamble (1999, 150-63), mittels des Programms „*Rings and Sectors*“ die kreisförmigen Strukturen („*Behausungen*“) als Standorte großer Bäume zu diskutieren, ist in Anbetracht des fluviatil verlagerten Milieus jedoch wenig plausibel. Näher als ein Vergleich verschiedener Fundmilieus liegt zudem ein Vergleich mit weiteren Travertinfundstellen wie Ehringsdorf, Taubach, Weimar, Burgtonna, oder überregional mit den Travertinen von Bad Cannstatt und Vértesszölös.

Die methodischen Vorbetrachtungen zur Geologie und Taphonomie erweitern das Spektrum der Interpretation des Materials (*Kapitel VI*). Während auf Karnivorenfraß und Randfrakturen der Tierknochen innerhalb der Aufgabenstellung nur marginal eingegangen werden kann, muß – zur Vermeidung von Fehlinterpretationen einer lediglich auf menschliche Modifikationen fokussierten Sichtweise – das Augenmerk verstärkt auf geoformationsbedingte und biotische Oberflächenmodifikationen gerichtet werden.

II. Fragestellungen mikroskopischer Spurenanalysen am Fundmaterial

Gebrauchsspuren an Feuersteinartefakten

- Zur Flächenverteilung der Gebrauchsspurenbefunde

1. Läßt sich durch Spurenbefunde an Flintartefakten eine Zonierung bevorzugter Benutzungs- bzw. Wegwerfzonen in der Fläche feststellen?

2. Lassen sich lithische Spurenbefunde mit der Flächenverteilung anderer Fundgruppen korrelieren?

3. Lassen sich aufgrund von Spurenbefunden siedlungsinterne Aktivitäten ermitteln?

Zu den Fragestellungen müssen methodische Einschränkungen vollzogen werden. Der sedimentologische Zusammenhang ist lediglich für Objekte aus dem Schwemmfächer gesichert, da hier alle Objekte in Travertinsand (z.T. mit Quarzsand vermischt) eingelagert sind. Eine faziesabhängige Beurteilung der Befunde auf der „Uferplatte“ ist mit den verfügbaren Unterlagen dagegen nicht möglich. Bislang sind sämtliche Kartierungen von Objektgruppen lediglich in zweidimensionalen Verteilungsplänen vorgelegt worden, da der Siedlungshorizont als einphasig angesehen wird (Mania 1997c, 48-60). In diesem Sinne ist von Interesse, ob – gemäß der bisherigen Interpretation – Siedlungs- und Wegwerfzonen bezüglich Spurenbefunden unterscheidbar sind. Modelle lassen z.B. an vorwärts- und rückwärtsgerichtete Wegwerfzonen denken (vgl. Binford 1983: fig. 89).

- Grundformmorphologie vs. Gebrauchsspuren

1. Wie ist die Verteilung unmodifizierter und modifizierter Grundformen, an denen mikroskopische Gebrauchsspurenbefunde analysiert werden?

2. Besteht ein Zusammenhang von Modifizierung und Nutzungsmustern?

3. Gibt es Korrelationen von Gerätformen (bzw. typischen Funktionskanten) und dominierender Werkzeugnutzung?

4. Gibt es Korrelationen von Kantenwinkel und Werkzeugnutzung?

Grundformanalysen altpaläolithischer Fundstellen weisen systematische Schwierigkeiten auf (Baales et al. 2000). Die Artefaktwahrscheinlichkeit der Untersuchungsobjekte wird daher in vier Kategorien angegeben (Fragenkatalog, *Merkmal 4*). Eine Nominalklassifikation des Kernabbaustadiums beschreibt die

Grundform bei weitgehendem Verzicht auf morphometrische Erhebungen (*Merkmal 5*). Die maßstabsgetreue Bilddokumentation auf der Daten-CD gibt dennoch einen Eindruck über die Grundformdimensionen der Objekte. Als wichtiges technisches Merkmal wird der Kantenwinkel gemessen (*Merkmal 9*).

- Bewertung im Fundstellenvergleich

1. Inwieweit kann aus der Analyse der Gebrauchsspuren auf ein kulturspezifisches und/ oder faziesabhängiges Verhalten geschlossen werden?

2. Wie gut sind Gebrauchsspurenbefunde an alt- und mittelpaläolithischen Inventaren unter verschiedenen Bedingungen der *site formation* faßbar?

Die Interpretation des Artefaktspektrums kann durch methodisch bedingte Filter beeinträchtigt sein. Neben der empirischen Untersuchung einer Teilmenge von Bilzingsleben sind daher Vergleichsstudien an weiteren Inventaren von Interesse.

Oberflächenmodifikationen am Knochenmaterial

Das Hauptinteresse gilt der mikroskopischen Untersuchung von Knochenobjekten mit nonutilitären Schnittspuren (Mania & Mania 1988). In verschiedenen Diskussionsbeiträgen nach der Erstpublikation wird eine mikroskopische Dokumentation dieser Spuren eingefordert.

1. Läßt sich die anthropogene Modifikation der exponierten Knochen mikroskopisch verifizieren? Gibt es noch weitere solche Objekte?

Zur methodischen Abgrenzung dieser Objekte wird die Analyse auf einen größeren Materialkomplex ausgedehnt, an denen mögliche Alternativen untersucht werden. Dazu sind auch methodische Experimente erforderlich, um die Abhängigkeit mikroskopischer Spurenaufnahmen auf Knochenoberflächen von entsprechenden Werkzeugkanten zu untersuchen.

2. Gibt es funktional interpretierbare Schnittmarken? Stehen diese im Einklang mit waidmännischen Prozessen, oder verlangen sie andere Erklärungsansätze?

3. Gibt es eine Nutzung von Knochen als Schnittunterlagen?

4. Gibt es Hinweise alternativer Szenarien am Material, z.B. Modifikationen durch mechanische oder biotische Vorgänge?

III. Methodische Vorbetrachtungen zur Gebrauchsspurenanalyse an Steinartefakten

Wechselwirkungen zwischen Werkzeug und Werkstück wie auch Schäftungs- und Handhabungsspuren am Werkzeug werden als Gebrauchsspuren bezeichnet. Die mikroskopische Spurenanalyse hat sich in den letzten drei Jahrzehnten zu einer Spezialdisziplin etabliert, um konkretisierende Aussagen zur Nutzungsintensität und -art lithischer Werkzeuge bzw. ganzer Inventare treffen zu können. Beobachtungen mikroskopischer Spuren an Werkzeugkanten sind erstmals durch S.Semenov (1957) in der Monographie „*Urgeschichtliche Technik*“ publiziert worden. Darin werden unter anderem Gebrauchsspuren auf paläolithischen Silexartefakten der Station Kostenki I diagnostiziert (Semenov 1957: *fig. 46-7*). Seit der englischen Übersetzung des Werkes (Semenov 1964) wird die Methode auch in der westlichen Welt angewandt und diskutiert (Tringham et al. 1974; zur *Forschungsgeschichte* Vaughan 1986; Phillips 1988).

Die Weiterentwicklung der methodischen Grundlagen ist meist im Zuge archäologischer Fragestellungen erfolgt, z.B. durch Keeley (1980), Anderson-Gerfaud (1981), Unrath (1982), Vaughan (1981; 1985), Plisson (1985), Owen & Unrath (1986), Heussner (1987) und Pawlik (1992; 1995). Mehrere spezielle Tagungen zur lithischen Spurenanalyse haben den jeweiligen Forschungsstand zusammengefaßt (Anderson et al. 1993; Pawlik 1997; Korobkova 1999). Im Laufe der Zeit hat sich das technische Methodenspektrum ständig verbessert und bietet heute verschiedene opto- und chemodiagnostische Verfahren. Neben der Auflichtmikroskopie kommen Rasterelektronen- und Laserscannmikroskopie, die Mikrosonde und *Residuen-Analysen* zum Einsatz (vgl. Hunger 1994). Auf eine erstrebenswerte Kombination möglichst vieler dieser Verfahren ist verschiedentlich hingewiesen worden (Owen et al. 1983; Pawlik 1995, 18-33/ 214-7).

In der Analyse werkstoffgebundener Gebrauchssretuschen (*Low Power*-Bereich) bestehen heute weitgehend konsensfähige Merkmale, während hochauflösende Mikroskopie und Residuenforschung nur bei entsprechend zur Verfügung stehender Technik durchgeführt und weiterentwickelt werden können (z.B.

Procopiou et al. 1996). Nachfolgende methodische Vorüberlegungen streben die Beurteilung von Feuersteinoberflächen mit technischen Prüfverfahren an, wie sie bei industriellen Werkstoffen (Metalle, Keramik) eingesetzt werden.

Gebrauchssretuschen im *Low Power*-Bereich

Bruchmechanische Klassifikation

Die Beurteilung von Kantenaussplitterungen und -verrundungen hinsichtlich ihres anthropogenen Charakters bei geringen Vergrößerungen (bis ca. 50x) wird als *Low Power*-Analyse bezeichnet (Pawlik 1995, 18-24). Die Auswertung der sogenannten Gebrauchssretuschen dient zunächst der Festlegung von Gerätformen aufgrund ihrer damit belegten Nutzung (Olausson 1978). Systematische Grundlagen zur Klassifikation von Gebrauchssretuschen (Tringham et al. 1974; Keeley & Newcomer 1977; Hayden 1979; Odell & Vereecken 1980; Odell 1981) gelten in ihren bruchmechanischen Parametern als konsensfähig. Da diese Mikroretuschen bei schonender Sedimentation keine eklatanten Modifikationen durch Verwitterung, Patinierung oder chemische Strukturveränderungen erfahren, behalten sie ihre bruchmechanische Charakteristik.

Folgt man dem Unterscheidungskriterium nach Odell & Vereecken (1980, 96), so sollten sich Mikroaussplitterungen, die durch Retuschierung entstanden sind, vorwiegend im Bereich des Schlagpunktes/Druckpunktes der Retusche befinden. Gebrauchssretuschen greifen dagegen vor allem die Grate der aneinanderstoßenden Negative und die Zwischenräume zwischen den Bruchausdehnungszentren an (*Abb. 31-32*).

Die Definition standardisierter Umrißformen von Aussplitterungen, die sowohl gebrauchsbedingte wie auch postdepositionelle Modifikationen umfassen, er-

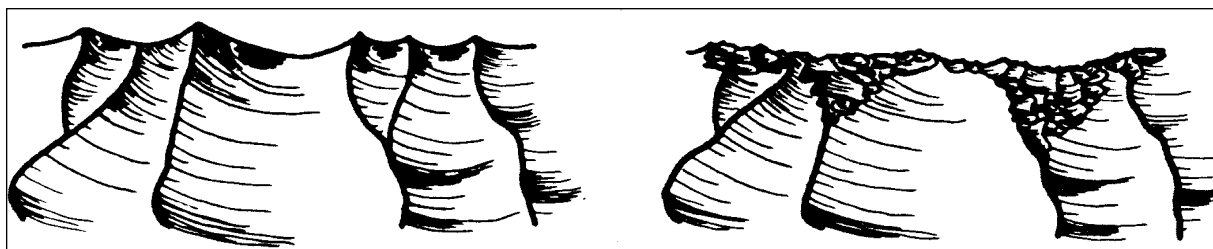



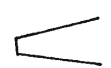


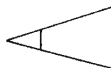
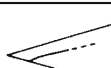
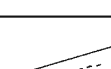
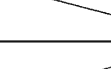
Abb. 31 – Schema einer nicht benutzten (links) vs. einer zum Kratzen benutzten Retuschenkante (rechts), nach Unrath (1982, 68)

Klassifikation (Hayden 1979)	Skizze	Deutsche Übertragung (Hahn 1993)
feather (Efl.)		flach (flachkonvexes Ausstreichen)
step (Est.)		stufig (annähernd rechtwinklig)
hinge (Eum.)		Angelbruch (bogen- oder s-förmig)
snap (Esk.)		halbmondförmig (senkrechter Bruch)

Tab. 5 – Bruchendigung der Gebrauchsretuschen

stellt erstmals Odell (1975). Kurze Zeit später, bei der ersten *Conference On Lithic Use Wear*, werden die Distalenden der Gebrauchsretuschen auf vier Grundtypen festgelegt (Hayden 1979) (Tab. 5).

Vaughan (1985) erweitert anhand umfangreicher Experimente die Klassifikation der Gebrauchsretuschen um vereinheitlichte proximale Bruchformen. Damit wird ein Zusammenhang zwischen Bruchinitialisierung und Materialhärte wiedergegeben (Tab. 6). P.Vaughan belegt mit den Experimenten, daß unterschiedliche Bruchformen bei der Bearbeitung spröder und viskoser Werkstoffen entstehen.

Klassifikation (Hayden 1979)	Skizze	Deutsche Übertragung (Hahn 1993)
Crescent Break		Segmentbruch (proximal/ distal)
Shallow		flach gerade
Break Shallow		flach konvex
Steep		steil (Überspitzung der Kante)

Tab. 6 – Bruchinitialisierung der Gebrauchsretuschen (Vaughan 1985, 21-2)

Länge	Negative tiefschuppig	Negative flachschruppig	Stufenbruch - Negative
> 2mm	LD [Large Deep]	LS [Large Shallow]	L-Step = flachstufig
2 -0,5mm	SD [Small Deep]	SS [Small Shallow]	S-Step = flachstufig
< 0,5mm	Micro D [Microscopic Deep]	Micro S [Microscopic Shallow]	Micro-Step = flachstufig
gesondert: 1 - 10mm	SNAP : halbmondförmige, makroskopische Aussplitterungen		

In der Analyse archäologischer Inventare gibt es meist erhaltungsbedingte Einschränkungen der Auswertbarkeit der Bruchinitialisierung, da diese sich auf einen Bruchteil eines Millimeters entlang der Arbeitskante erstreckt. Die Arbeitskanten der Artefakte sind bei den meiner Untersuchung zugrunde liegenden Inventaren allerdings meist durch Sedimenteinflüsse bzw. Umlagerung modifiziert.

Eine Klassifikation der mit den Werkstoffhärten korrespondierenden Negativlängen der Gebrauchsretuschen ist von Keeley & Newcomer (1977) vorgeschlagen worden (Tab. 7). Die Einteilung in Längensklassen bietet einen praktikablen Kompromiß gegenüber der Einzelmessung aller Negative. Die Länge von 2mm wird als Grenzmarke zwischen intentioneller Retusche und Gebrauchsaussplitterung angesehen bzw. als Unterscheidungsmerkmal festgelegt (Keeley 1980, 24).

Da Gebrauchsretuschen trotz gleicher Beanspruchung auch bei benachbarter Lage an derselben Werkzeugkante verschieden ausfallen können, wird von Pawlik (1995) für statistische Auswertungen jeweils die häufigste und zweithäufigste Form angegeben. Damit wird der von Vaughan (1981; 1985) erstellte Merkmalkatalog weiter ergänzt. Eine statistische Auswertung möglicher metrischer Korrelationen von Werkstoff und Dimensionierung der Gebrauchsretuschen erfolgt jedoch nicht, da A.Pawlik die Merkmale der *Low Power*-Analyse nur als Ergänzung der Politur- und Residuenanalyse verwendet. Die *Low Power*-Befunde werden von ihm nach folgender Checkliste aufgenommen (Pawlik 1995):

- Häufigkeit der Gebrauchsretuschen
- Verteilung der Aussplitterungen entlang der Kante
- proximaler und distaler Querschnitt der häufigsten/ zweithäufigsten Gebrauchsretuschenform
- durchschnittliche Breite/ Tiefe der Gebrauchsretuschen
- Schlagrichtung bezüglich Kante/ Hauptachse
- *Second Edge Row*
- Verrundung der Arbeitskante
- Kontaktmaterial

Andere Bearbeiter versuchen, die Dimensionierung der Gebrauchsretuschen empirisch zu erfassen und damit statistisch auswertbar zu machen. Unrath (1982, 62-3) schlägt eine Flächenmessung der Negative anhand des Gitternetzes im Okular des Mikroskopes vor,

Tab. 7 – Größenklassifikation der Negativlängen von Gebrauchsretuschen (Keeley & Newcomer 1977)

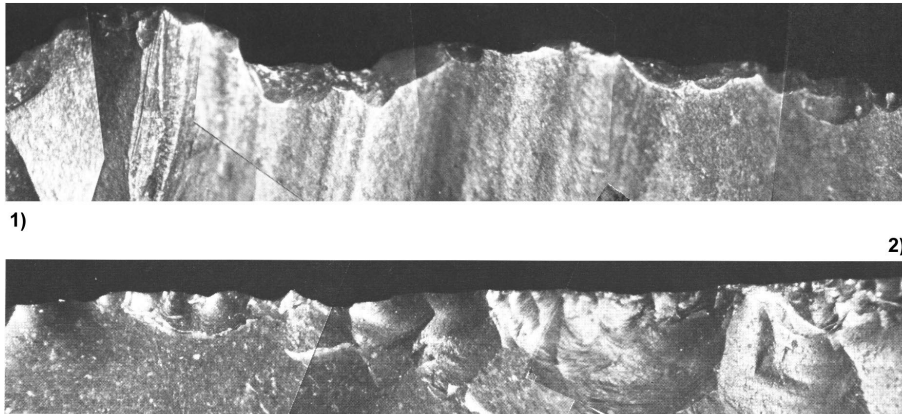


Abb. 32 – Gebrauchsr
etuschen (Owen & Unrath
1986: fig. 45d/ 36k):
1 - SNAP - Ausbrüche
durch Schaben,
2 - „small shallow“-
Negative

was zunächst bildhaft dokumentiert und anschließend mit Rechenprogrammen ausgewertet werden kann. Eine solch aufwendige, mikrofotografische Dokumentation liegt von Brink (1978) vor, der damit die Veränderungen an Kratzern nach der Benutzung untersucht. Lewenstein (1981) praktiziert in einem Experiment die Einzeleinmessung aller Gebrauchsretuschen auf Obsidianklingen. Er belegt dabei, daß bei schabenden (transversalen) Tätigkeiten die Härte des Kontaktmaterials mit der Länge der entstehenden Gebrauchsretuschen korrespondiert.

Mikrobruchmechanische Analyse von Bewegungsrichtungen

Die Hauptrichtungen der Kantenbeanspruchung ergeben sich aus den Bewegungsrichtungen eines in der Hand geführten Werkzeugs, welches für eine dominierende Arbeitsrichtung hergestellt worden ist (Tringham et al. 1974).

Longitudinale Arbeitstakte

Definiert als Schneiden (mit unretuschierter Arbeitskante) bzw. Sägen (mit retuschierter Arbeitskante); Definition abweichend zu Tringham et al. (1974). Die Gebrauchsretuschen deuten meist auf bidirektionale Arbeitstakte, unidirektionales Arbeiten ist sehr selten nachweisbar.

- *Merkmale:*

- Die Aussplitterungen sind relativ unregelmäßig und bifaciell entlang der Kante verteilt (Odell & Vereecken 1980, 98-101).
- Die Verteilung der Gebrauchsretuschen läßt Rückschlüsse auf den Arbeitswinkel zu: Bei senkrechtem Arbeitswinkel liegen sie gleichmäßig dorsal und ventral, bei spitzem Arbeitswinkel verstärkt an der werkstoffabgewandten Oberseite (Spanfläche). Dann sind breittrapezoide Aussplitterungen typisch.

- Die Gebrauchsretuschen wirken kantenbegradigend. Vom Kantengrad abweichende Partien (z.B. Retuschen) werden so abradiert, daß die Schneide/ Säge sich tendenziell einer geraden Linie annähert.

Transversale Arbeitstakte

Zusammenfassend für Schaben, Kratzen, Hobeln und Glätten (Tringham et al. 1974; *Definition abweichend*).

- *Merkmale:*

- Die Aussplitterungen liegen dicht nebeneinander angeordnet auf einem relativ schmalen Kantenstreifen, immer unificiell auf der Spanfläche (Oberseite). Die Stärke der Ausprägung ist abhängig von der angewendeten Kraft und dem Spanwinkel.
- Typisches und gut erkennbares Merkmal bei schabenden Tätigkeiten an mittelharten und harten Materialien ist die unificiell ausgeprägte *Second Edge Row* (Mikro-Aussplitterungsreihe mit stufiger Bruchendigung, bei Flint meist unter 0,8mm tief).
- Gebrauchsretuschen durch intensiv transversale Bewegungen können zu einer makroskopisch sichtbaren Übersteilung der Arbeitskante führen (Tiefe der Negative bis 2mm).

Bohrende Arbeitstakte

Definiert als bidirektional kreisförmige Bewegung, wobei ein Arbeitstakt aus zwei Halbdrehungen (hin und zurück) besteht (Tringham et al. 1974).

- *Merkmale:*

- Trapezförmige Negative an den Arbeitskanten, die in ihrer Form durch das Profil des Bohrers bestimmt werden. Negative distal meist in Angelbrüchen endend (Odell 1981, 205).
- An der Bohrspitze gibt es kaum Abnutzungsaussplitterungen, lediglich Ausbrüche und Abrasion.

Schlagende Arbeitstakte

Aussplittungsmuster z.B. bei der Nutzung von Faustkeilen zum Hacken oder Zerschlagen von Knochen (Unrath 1983, 86).

- *Merkmale*

- Extrem starke Aussplittungen mit Angelbruch-Enden (Unrath 1983, 86).

Werkstoffkorrelation von Gebrauchsretuschen

Zur quantitativen Erfassung werkstoffmechanischer Größen gibt es vielfältige Möglichkeiten, den Zusammenhang zwischen Arbeitshaltung, Beschaffenheit der Werkzeugkante und dem Kantenwinkel des spanabhebenden Werkzeuges zu messen (Abb. 33). Für die Unterscheidung von Werkstoffen ist primär deren Härte entscheidend und weniger die Benutzungsdauer der Werkzeugkante, sofern diese einen relevanten Schwellenwert überschritten hat (Tringham u.a. 1974; Keeley & Newcomer 1977; Odell & Vereecken 1980; Odell 1981). Auf genannte Querschnittsklassifikation (Tab. 5) eingehend, postuliert Odell (1981) vier Werkstoffgruppen, die je nach Härtegrad verschiedene Aussplittungsquerschnitte hervorrufen (Tab. 8). Die Verlässlichkeit einer so qualitativ abgestuften Klassifikation wird von Vaughan (1981, 113) kritisiert, der besonders später, gestützt auf umfangreiche Funktionsexperimente, die Beurteilungsmöglichkeit von Aussplittungsmustern kritisch diskutiert (Vaughan 1985, 19-24). Im Ergebnis konstatiert er, daß hier, besonders bei der gezielt untersuchten Bruchinitialisierung, ein er-

hebliches statistisches Grundrauschen vorliegt (Vaughan 1985, 140). Da der Arbeitswinkel eines in der Hand geführten Werkzeuges nicht normierbar ist, entsteht ein sehr variables Muster der Bruchinitialisierung.

Geringere Fehlerstreuungen treten an der Bruchendigung auf. Das Spektrum reicht von isoliert liegenden *feather scars* bis zu sich gegenseitig beeinflussenden Angelbrüchen. Ein statistisch signifikantes Ergebnis erhält Vaughan jedoch ausschließlich bei transversaler Beanspruchung an mittelharten und harten organischen Materialien (187 Versuchsobjekte), wo deutliche Verteilungsmuster auftreten. Dabei ergänzt er die bestehende Klassifikation der Aussplittungsgeometrie von Einzelnegativen durch die wichtige Beobachtung einer stufigen, kantenparallelen Aussplittungsreihe, der *Second Edge Row*, die als zuverlässiger Indikator für Schaben/ Glätten von mittelharten und harten Werkstoffen angesehen werden kann.

Seit den Ergebnissen von Vaughan (1985) bestehen Zweifel an der zuverlässigen Interpretierbarkeit der bruchmechanischen Querschnittsparameter. In diesem Sinne ist der 12 Merkmale umfassende Katalog von Pawlik (1995, 234-44) zwar eine hilfreiche Orientierung, kann jedoch in den bruchmechanischen Parametern auf deskriptive Aussagen zu den Negativ-Formen reduziert werden. Das aufgrund der Gebrauchsspuren prognostizierte Kontaktmaterial unterteilt Pawlik (1995, 239) lediglich in die Gruppen „*unbestimmbar/ weich/ mittel/ hart*“. Da ich an den von A.Pawlik ausgewerteten Experimenten beteiligt war (Steguweit 1994) und einen Teil der Geräte ebenfalls unter dem Mikroskop angesehen habe, kann ich diese Klassifikation teilen. Die Experimente zeigen Schwierigkeiten bruchmechanischer Belege für weiche organische Ma-

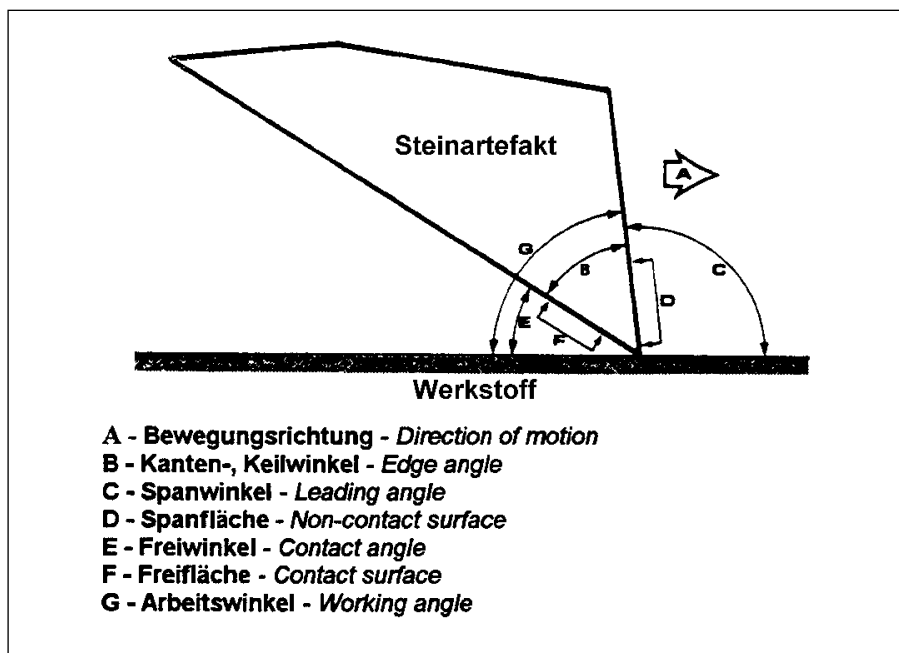


Abb. 33 – Parameter zur Erfassung mikrobruchmechanischer Zusammenhänge (Pawlik 1995, 235)

Werkstoffhärte	Gebrauchsaussplitterungen (Microchipping)
<ul style="list-style-type: none"> weich / mittelweich z.B. <i>Fleisch, Haut, Weichhölzer</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - flach endende Negative (<i>feather scars</i>), mit zunehmender Werkstoffhärte länger werdend (VAUGHAN 1981)
<ul style="list-style-type: none"> mittelhart, z.B. <i>Harthölzer, frische Knochen, eingeweichtes Geweih</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Negative deutlich länger als bei weichen Werkstoffen - verstärktes Auftreten von Angelbrüchen (ODELL 1981) - in 20% der Fälle <i>Second Edge Row</i> (VAUGHAN 1981)
<ul style="list-style-type: none"> hart, z.B. <i>trockene Knochen, Geweihe, Harthölzer</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - dicht gestaffelte Negative/ Negativreihen verursachen Übersteilung der Arbeitskante (VAUGHAN 1981; PAWLIK 1995) - stufige, lange Negative (<i>Steps</i>) (ODELL 1981); - bei 50% der Fälle <i>Second Edge Row</i> (VAUGHAN 1981); - bei 69% der Fälle <i>Shallow-Negative</i> (VAUGHAN 1985) - Harthölzer (z.B. Eiche) verursachen trapezförmige Aussplitterungen (Umriß), stufige Negative kleiner als bei mittelhartem Holz (ODELL 1981; VAUGHAN 1981; 1985)

Tab. 8 – Werkstoffabhängigkeit von Gebrauchsaussplitterungen

terialien wie Fleisch, Haut und Leder, die erst nach intensiver Nutzung von ca. 30min. gestaffelte *feather scars* aufweisen. Außerdem ist der Zustand „mittelhart“ schwer abgrenzbar, zumal eine Nominalklassifikation die fließenden Übergänge in jedem Falle unkenntlich macht. Daher klassifiziert auch A.Pawlik mittelharte Werkstoffe einschränkend nur noch in zähe und spröde Materialien, wobei die Zustände ohne werkstoffphysikalische Härteprüfverfahren schwer quantifizierbar sind (*mdl. Mitteilung A. Pawlik 1998*).

- Fazit zur Mikro-Bruchmechanik*

1. Die bestehende, bruchmechanische Klassifikation der Gebrauchsretuschen (Tab. 5-7) wird in den Merkmalkatalog der Materialaufnahme übernommen (*vgl. Daten-CD*). Die zu beschreibenden Größenordnungen liegen bei Werkzeugen aus baltischem Flint zwischen etwa 0,2- 2mm.

2. Die Korrelation von Gebrauchsretuschen und Arbeitsprozess setzt relativ stereotype Arbeitstakte voraus.

3. Folgende werkstoffspezifische Korrelationen können als zuverlässig gelten:

- Korrelation der Länge von Aussplitterungen mit der Härte des Kontaktwerkstoffes.
- Auftreten einer *Second Edge Row (SER)* lediglich bei harten Werkstoffen mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 50%. Diese ist an einen relativ gleichförmigen Freiwinkel gekoppelt. Die Bruchendigung der *SER* besteht in gekoppelten Stufen- oder Angelbrüchen. Alternativ dazu kann bei flexiblem Freiwinkel (Schaben und Glätten) eine vollständige Kantenverrundung auftreten.

- Überwiegen von proximal flachen Negativen bei harten Werkstoffen, aufgrund einer Bruchinitialisierung auf einer kleineren Kontaktfläche.
- Negativreihen entlang der Kante sind aufgrund des Kantenwinkels bei longitudinaler Beanspruchung unregelmäßig und bifaziell verteilt, bei transversaler Beanspruchung dichter und unifaziell verteilt.

Bilddokumentation im *Low Power*-Bereich

Während die bruchmechanischen Regelmäßigkeiten (Anordnung, Dimensionierung, Querschnitt der Gebrauchsretuschen) statistisch auswertbar sind, gibt es nur wenige Fotodokumentationen, die dazu einen Beurteilungsstandard bieten (Owen & Unrath 1986; Pawlik 1992). Daher wird in der Materialbearbeitung eine möglichst umfangreiche Dokumentation der mikroskopischen Befunde angestrebt, die mit folgender Ausstattung durchgeführt werden kann:

- *Binokular (30-50x) mit analogem Fotoaufsatz*

Als Zubehör für das Binokular gibt es einen Adaptertubus, der den Strahlengang über Umlenkspiegel zum Fotogehäuse umlenkt (z.B. von *Wild, Heersbrugg*). Empfehlenswert sind Kameras mit Autobelichtung am Film (z.B. *Olympus-OM 2*). Zur Verbesserung des Bildausschnittes können Spiegelreflexkameras mit einer speziellen Einstellscheibe umgerüstet werden (z.B. „*Focusing Screen*“ für *Olympus-OM*).

Bei Verwendung eines feinkörnigen Films (ASA 25) kann die Belichtung sehr lange dauern. Die beschriebene Kombination ist einer Autobelichtungseinheit, wie sie von der Firma *Carl Zeiss* als analoges Komplettsystem angeboten wurde, im Bild ebenbürtig und dabei deutlich billiger.

- *Binokular (30-50x) mit Videokamera und Digitalisierung im PC*

Auf den Adaptertubus wird statt der Fotokamera eine beliebige CCD-Videokamera (möglichst hoher Lichtempfindlichkeit) aufgesetzt. Für vorliegende Materialbearbeitung wird eine Schwarz-Weiß-Kamera (*Sony M370CE*) mit Videoauflösung (752H x 582V) verwendet. Die Auflösung dieser CCD-Kamera (1,2 Mio Pixel) ist zwar schwächer als bei Verwendung einer analogen Fotokamera (die Körnung eines Kleinbildfilms entspricht ca. 8 Mio Pixel), reicht aber zu Dokumentationszwecken völlig aus. Inzwischen können mit erschwinglichen Digitalkameras Auflösungen von etwa 5 Millionen Pixeln erreicht werden.

Der Vorteil der digitalen Bildauswertung besteht in der Möglichkeit großer Dokumentationsserien. Zusätzlich zur CCD-Kamera werden im PC eine Frame-Grabber-Karte (z.B. *Matrox Meteor*) benötigt, wie auch ein Bildverarbeitungs- und Archivierungsprogramm (hier: *ProImage Bildarchivierung*). Das Programm besitzt Funktionen zum Zusammenfügen einzelner Bilder bei überlappenden Bildrändern (Panorama-Tool) wie auch ein Tiefenschärfe-Tool, das beim Stereomikroskop (Voraussetzung ist ein zentrierter Strahlengang) verschiedene Tiefenschärfe-Bereiche zusammenfügt.

Da Binokulare keinen zentrierten Strahlengang besitzen, verschiebt sich der Bildausschnitt beim Nachfokussieren in seitlicher Richtung, so daß das Tiefenschärfe-Tool der Bearbeitungssoftware nicht angewendet werden kann.

Mikropolituren und Linearstrukturen (*High Power-Analyse*)

Die *High Power-Analyse* befaßt sich mit gebrauchsbedingten Veränderungen der Oberflächenstruktur lithischer Artefakte, im herkömmlichen Verständnis mit phänomenologischen Beobachtungen im Mikrometer-Bereich. Die Bezeichnung bezieht sich auf die dabei eingesetzten auflichtmikroskopischen Vergrößerungen (100-1000x). Neben hochauflösenden Auflichtmikroskopen sind in zunehmendem Maße auch Rasterelektronenmikroskope (REM) im Einsatz.

Modelle zur Entstehung von Polituren

Bereits in den 30-er Jahren sind durch S.Semenov an spätpaläolithischen Kratzern der Station Timonovka Oberflächenpolituren mit gleichgerichteten Linearstrukturen erkannt worden. Die Richtung der Strukturen im Abrasionsbereich der Kratzerkappe beweist den der Morphologie entsprechenden transversalen Gebrauch (Semenov 1957, 9). Weitere Untersuchun-

gen Semenovs ab den 50-er Jahren bestätigen die Beobachtungen auf einer breiteren Grundlage, z.B. an spätpaläolithischen Silexartefakten von Kostenki I (Semenov 1957: *fig. 46-47*). Später bestimmt er anhand von Polituren und Linearstrukturen bei 200-facher Vergrößerung an mittelpaläolithischen Schabern (Schaitan-Koba, Krim) Belege für Holzbearbeitung (Semenov 1968: *fig. 29*). Eine werkstoffmechanische Beweisführung der Politurentstehung kann er aufgrund der bescheidenen technischen Ausstattung allerdings nicht erbringen. Methodische Grenzen, z.B. durch die Möglichkeit sedimentbedingter Beeinträchtigungen der Oberflächenerhaltung, werden von Semenov nicht diskutiert.

Die Klassifikation materialinhärenter, charakteristischer Oberflächenzustände wird in den späten 70-er Jahren vor allem durch L.H. Keeley (- & Newcomer 1977; 1980) zum Hauptfeld der Gebrauchsspurenanalyse erklärt und in kurzer Zeit von verschiedenen anderen Bearbeitern aufgegriffen (*zur Forschungsgeschichte* Pawlik 1995, 18-43). Trotz der Forderung nach einer Synthese von Gebrauchsretuschen und *High Power-Analyse* (Owen et al. 1983) gibt es Bearbeiter, die ihre Analysen ausschließlich oder stark dominierend von den „Oberflächenpolituren“ ableiten. Dennoch gibt es bislang keinen hinreichenden Versuch, die Politurentstehung auf Flintoberflächen im physikalischen Sinne zu quantifizieren, d.h. mit vorgegebenen Rahmenbedingungen der eingesetzten Kräfte und Abrasion den realen Oberflächenverschleiß zu messen. Yamada (1993) kritisiert zu Recht die bislang unzureichenden Beweise über die Art der Politurentstehung. Letztlich kann eine Klassifikation in Knochen-, Geweih-, Horn-, Leder-, Fleisch-, oder Hautpolitur (etc.) nur unter der Prämisse einer Alternativentscheidung erfolgen, daß

A) entweder eine Einlagerung von additiven und damit werkstoffinhärenten Partikeln des Kontaktmaterials in die Werkzeugoberfläche erfolgt, oder

B) die Oberflächenbeschaffenheit, Elastizität und Viskosität des Kontaktmaterials entscheidend für die graduell erfolgende Abrasion ist (Yamada 1993, 433).

Wenn Standpunkt A vertreten wird, so muß die Beständigkeit der Additivpartikel auch auf historischen Objekten unter verschiedenen Einlagerungsbedingungen untersucht bzw. es müssen Altersgrenzen erarbeitet werden. Wenn Standpunkt B vertreten wird, ergeben sich ein Widerspruch zum Postulat eindeutiger Werkstoffbestimmungen, da zumindest eine völlig oberflächennivellierende Politur dann keine Materialbestimmung mehr zuläßt. Folgende Erklärungsmodelle, die jedoch ausschließlich auf experimentellen Referenzstudien beruhen, versuchen sowohl die Genese von Polituren zu erklären, als auch ihre verschiedenen Ausprägungen zu differenzieren:

Graduell mechanische Abrasion („wear theory“)

Die Entstehung einer Oberflächenpolitur kann im Experiment als gradueller Prozeß dokumentiert werden (Yamada 1993). Wenngleich die mechanische Abrasion anhand mehrerer REM-Fotoserien eindeutigen Oberflächenverschleiß zeigt (Yamada 1993, 441-3), wird:

- a) nichts über die Art der Reinigung angegeben,
- b) mit der Anzahl der manuellen Arbeitstakte nur ein sehr relatives Maß der einwirkenden Kraft angegeben, und
- c) lediglich ein bildhafter Oberflächeneindruck vermittelt, während die Oberflächentopographie nicht dargestellt werden kann.

Obwohl der Beweis einer graduell-abrasiven Politur-entstehung im Sinne der „wear theory“ (Abb. 35-1) damit eindeutig belegt ist, kann damit kein einleuchtender Beweis der Abhängigkeit der abrasiven Oberflächentopographie von spezifischen Werkstoffen erbracht werden. Materialabhängige Differenzen auf polierten Oberflächen werden von Akoshima & Kajiwara auch anhand von Rauheitsmessungen postuliert (Zitat Yamada 1993, 436). Die Härte des Werkstoffes wirke sich demnach auf die Rauhtiefe aus.

Wie verhält sich dieses Phänomen auf der schuppigen Struktur des Feuersteins? Yamada (1993, 443) legt dazu ein sehr vereinfachtes Modell vor, aufgrund dessen viskose Materialien (Fleisch, Haut, Pflanzenfasern) einen runden Verschleiß, harte Materialien (Knochen, Geweih, Hartholz) einen planen Verschleiß der Silikatkörner bewirken (Abb. 34). In diesem Modell liegt – trotz fehlender Referenzaufnahmen im Nano-Bereich – die Argumentationsbasis derjenigen Bearbeiter, die aufgrund verschiedener Oberflächenbeschaffenheit, Elastizität und Viskosität der Kontaktmaterialien spezifische Polituren unterscheiden (z.B. Keeley 1980; 1993; Plisson 1985; Lass 1988).

• „Wear Theory“ unter Relevanz additiver Partikel

Beim Schaben mit einem Flintabschlag auf einer Rohhaut wird belegt, daß durch den Abrasionsprozeß SiO₂-Partikel aus der Werkzeugoberfläche ausgelöst

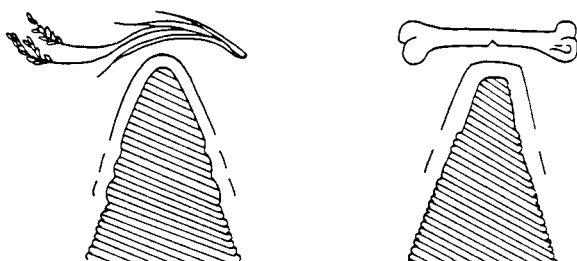


Abb. 34 – Modell mechanisch bedingter Unterschiede der Abrasion einzelner Flint-Grains: links Pflanzen, rechts Knochen/ Geweih (Yamada 1993, 443)

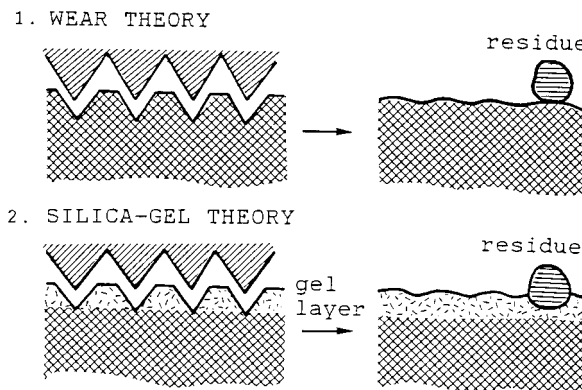


Abb. 35 – Abrasion vs. additive Silica-Gel-Schicht zur Erklärung des Sichelglanzes (Yamada 1993, 43)

und gleichmäßig auf der Kontaktoberfläche der Tierhaut verteilt werden, so daß es auch bei einem weichen Kontaktmaterial zu Abrasion durch Reiben von SiO₂ auf SiO₂ und damit harten Politurmustern kommen kann (Levi-Sala 1993: fig. 16). Diese Beobachtung schränkt materialspezifische Politurcharakteristiken ein. Alternativ zeigt Pawlik (1995, 80-1/ 101), daß auch bei Bearbeitung eines Eisblocks aus destilliertem Wasser mit Flintgeräten eine abrasive Politur entsteht; ein Argument gegen die Notwendigkeit additiver Partikel. Als Pendant zur rein mechanischen Verstumpfung des Flints nennt Pawlik (1995, 27) Fräserköpfe aus hochlegiertem Stahl, die trotz Hinzufügens von Schmieröl mit der Zeit verstumpfen.

Die „Silicium-Gel“-Theorie

Die „Fiction-Fusion“-Theorie (Witthoft 1967) bzw. daraus abgeleitete „Silica-Gel-Theory“ (Anderson-Gerfaud 1980), die ein oberflächennahes Auflösen der Silikatstruktur durch Hydratation und amorphes Ausfällen postuliert, ist mit dem Beweis des graduellen Charakters rein physikalischer Abrasion beim Großteil der Werkstoffe widerlegt (Levi-Sala 1993; Yamada 1993, 443-4; Grace 1996, 211-2). Die Aufschmelzung wird dabei als teilweises Anlösen der Flint-Oberfläche gedeutet, ohne daß dieser Lösungsprozeß jedoch als chemische Reaktion erklärbar wäre.

Der Einfluß einer Opalisierung (bzw. völlig amorpher Glättung) von kantennahen Oberflächen ist zunächst für den Sichelganz postuliert worden (Witthoft 1967), wo nach Ansicht einiger Bearbeiter hydratisiertes Opal in die Oberflächenschicht der Werkzeugkante eingelagert wird und amorph ausfällt (vgl. Pawlik 1995, 27-8) (Abb. 35/ 2). Obwohl das Phänomen des Sichelglanzes einen Sonderfall bereits makroskopisch völlig klarer Politursäume darstellt, wird es von einigen Bearbeitern als generelles Erklärungsmodell für die Entstehung von Polituren angesehen.

Die Kontroverse „Wear“- vs. „Silica-Gel“-Theory bezieht den Sichelganz in die Debatte um die Politur-

entstehung ein, ohne diesen Effekt als Sonderfall zu behandeln (Abb. 35). Entsprechend deuten Meeks et al. (1982, 337) als Vertreter der *wear theory* den Sichelglanz als Illusion, die ausschließlich durch die Verrundung der Bruchflächen infolge mechanischer Abrasion entstehe. Die Bearbeiter zeigen Präparate mit rechtwinkligen Schlifflinien, an denen die Schuppenstruktur des Flint im Halbprofil sichtbar wird. In diesen Abbildungen gibt es keine Hinweise auf die Entstehung einer additiven Politur. Die REM-Dokumentation kann jedoch nur auf den ersten Blick plausibel erscheinen, denn der Maßstab (Meeks et al. 1982, 334-5: fig. 13b) zeigt eine ungenügende Auflösung im μm -Bereich (Maßstab $4\mu\text{m}$). Bei dieser Vergrößerung kann eine evtl. additiv angelagerte Opalstruktur nicht analysiert werden, da deren Strukturen erst im Bereich ab ca. 500nm sichtbar werden. Die Grains scheinen in der perspektivischen Aufnahme zwar abrasiv gerundet; dennoch kann die Ursache der Rundung auch durch angelagerte Substanzen entstanden sein. Da die Täler zwischen den Flintgrains bei dieser Auflösung nicht untersuchbar sind, kann die Alternative einer Anlagerung einer Silikatverbindung mit diesen Aufnahmen nicht ausgeschlossen werden.

Grain-Größen verschiedener Flint-Varietäten können zwischen etwa $1\text{-}50\mu\text{m}$ betragen. Ihre durchschnittliche Größe liegt bei $8\text{-}10\mu\text{m}$ (Knauth 1994, 234). Daher ist auch der Verschleiß der Grains in den Belegaufnahmen von Meeks et al. (1982) ungenügend aufgelöst, zumal in den Experimenten feinkörniger Flint verwendet wird. Eine Erklärung im Sinne „verschwimmender“ Grains kann zwar die Pseudo-Polituren unter Auflichtmikroskopen erklären, nicht aber den Effekt einer fast völligen Glättung unter dem REM.

Viele Bearbeiter von Gebrauchsspuren machen heute ausschließlich abrasive Effekte für Polituren verantwortlich (Meeks et al. 1982; Yamada 1993). Dennoch wurde die *silica-gel-theory* bislang nicht mit Aufnahmen im Nano-Bereich widerlegt. Hier wäre im Falle einer Opalbildung die kugelige Struktur von sekundär ausgefälltem SiO_2 nachzuweisen. Daß dies zumindest für den Sichelglanz nicht der Fall ist, wird in Kapitel IV („Zur Mikrostruktur des Sichelglanzes“) anhand entsprechend hochauflösender Aufnahmen gezeigt.

Lichtmikroskopische Politurbefunde

Polituren entstehen im Bereich der Werkzeug-Funktionskanten, meist ca. $1\text{-}1,5\text{mm}$ auf die Fläche übergreifend (Keeley 1980). Nach Vorschlag von Vaughan (1985) können diese in schwache, mittlere und starke Politur unterschieden werden. Schäftungspolituren sind in Einzelfällen auch auf den Flächenmitten von Artefakten nachgewiesen worden (Unrath 1982). Im Gegensatz zur Bilddokumentation im *Low Power*-Be-

reich liegen zu Oberflächenveränderungen im Kantenbereich und auf den Silexflächen hinreichend Abbildungen vor, die ein Nachvollziehen der jeweiligen Interpretation ermöglichen (z.B. Unrath 1982; Plisson 1985; Vaughan 1985; Owen & Unrath 1986; Heussner 1987; Grace 1989; Pawlik 1992; 1995). Folgende Phänomene werden wiederholt beschrieben:

- *Glanz*

Schwacher Glanz auf Feuersteinartefakten (vorzüglich auf nordischem Flint) ist als Initialstadium einer auf Bodenchemismus beruhenden Patinierung interpretiert worden (Rottländer 1975; Stapert 1976, 11-12; Moss 1983). Da mikrostrukturelle Modelle dazu bis vor kurzem widersprüchlich waren, wird das bis in die 90-er Jahre nicht vollständig geklärte Phänomen meist nur von Bearbeitern angesprochen, die es als Argument gegen eine Interpretation als Gebrauchspolitur ins Feld führen. Die Erscheinung wird von mir als sekundäre Opalisierungserscheinung in Kapitel IV diskutiert. Ihre Ursache liegt vor allem in der Wechselwirkung zwischen der Struktur des Flint und angreifendem Bodenchemismus.

Bereits Keeley (1980, 28-35) warnt davor, Glanzeffekte ohne Diskussion der Sedimentbedingungen als anthropogen zu interpretieren. Das Problem tritt z.B. an Artefakten aus den unteren Schichten von Swanscombe auf, deren schwachen Glanz er als „*localised abrasions*“ beschreibt. Vaughan (1981) hingegen deutet Gebrauchspolituren auf einem Magdalenien-Inventar bezüglich spezifischer Kontaktmaterialien. Er sieht in der „*generic weak polish*“ das Initialstadium einer Politur, die je nach Intensität der Werkzeugnutzung weiter in „*smooth pitted*“ und „*well-developed*“ übergeht. Die Gefahr der Vermischung strukturell bedingten Glanzes auf archäologischen Objekten mit schwachen Reflexionserscheinungen auf experimentell verwendeten Stücken liegt auf der Hand und ist bereits beschrieben worden (Levi-Sala 1993).

- *Striae*

Striae sind sekundäre, auf die Abrasionsrichtung (parallel zur Bewegungsrichtung) weisende Kratzer auf polierten Flächen. Die *wear theory* erklärt sie durch abraderte Flintpartikel, werkstoffmechanische oder schmutzbedingte Abrasion (Yamada 1993, 436). Striae treten nach Yamada (1993, 436) im Experiment nur bei harten Werkstoffen auf. Das führt ihn zur Schlußfolgerung, daß alle Polituren zwar aus einer Vielzahl feinsten Striae bestehen, sich aber nur bei additiven Partikeln exponierte Striae bilden können. Während sich die Makro-Striae in Linearstrukturen auflösen lassen (Yamada 1993, 438), gilt dies nicht für die flächenhafte, seiner Ansicht nach durch Mikrostriae bedingte Politurbildung. Wenn es sich hier offensichtlich um einen mechanischen, bewegungsab-

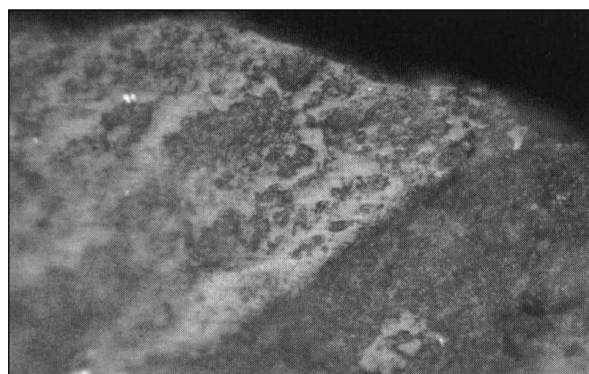
hängigen Effekt handelt, dann müßten Polituren in höheren Auflösungen, zumindest im Nanobereich, optisch in feinste Striae auflösbar sein. Das ist jedoch nicht der Fall!

Makro-Striae werden ausschließlich auf polierten Flächen nachgewiesen. Trotz der nicht ganz schlüssigen Erklärung, ob diese vom Werkstoff selbst oder von harten Fremdpartikeln hervorgerufen werden, beschreiben Yamada & Savada (1993) nach Auswertung von Experimenten die Striae als materialspezifisch. Sie weisen demnach innerhalb der Politurspots folgende regelhafte Morphologie auf (Abb. 36):

- Holz sägen/ schaben: „*filled-in Striae*“
- Knochen bearbeiten: „*grooved Striae*“ (gerillte)
- weiche Pflanzenfasern (Gräser etc.) bearbeiten: „*linear Striae*“

Ein Erklärungsproblem zur Entstehung der Striae haben auch Vertreter der *silica-gel-theory*. Wie Meeks et al. (1982, 325) zeigen, entstehen Striae auch auf Sichelglanz-Flächen. Logisch nicht erklärbar ist, wie Striae dabei im Arbeitsprozeß auf dem angeblich hydratisierten SiO_2 entstehen sollen. Vertreter der *wear theory* sehen hierin stattdessen einen Beweis, daß durch zusätzliche Schmutzpartikel eine besonders starke Abrasion der Oberfläche erfolge. Rauigkeitsmessungen durch Rees et al. (1991) belegen den Zusammenhang zwischen Kantenabnutzung und der kontinuierlichen Oberflächenabrasion. Das läßt materialspezifisch abgestufte Polituren zunehmend zweifelhaft erscheinen. Abrasivspots können lediglich auf die Kinematik des Werkzeugs schließen lassen (Lage der Kontaktfläche mit dem Werkstoff).

Hinweise, daß Makro-Striae nur relativ feine Kratzer auf additiv in die Oberfläche eingeschmierten Residuen sein können, sind bei Moss (1986) nachzulesen. Ihrer Ansicht sind Striae rein von mechanischen Randbedingungen (Schmutz, Sand, Gesteinspartikel) abhängig, da diese sich in die Additivpolituren einkratzen (vgl. Kapitel IV).



Das Thema wird nach wie vor kontrovers diskutiert, wengleich die Erhebung quantitativer Daten als einzig mögliches Kriterium benannt wird (Grace 1996, 212-3). Der Brückenschlag vom Experiment zum archäologischen Objekt – mit einem möglicherweise ähnlich aussehendem Befund – ist ohne eine quantitative Analyse der Oberfläche also untauglich.

• *Micro-Pitting*

Mikrolöcher auf plangeschliffenen Flächen entstehen durch Reibungshitze und sind aus der Materialprüfung bekannt (z.B. bei technischen Gläsern, Linsen, Metalloberflächen, Zylinderlaufflächen in Motoren). Das Phänomen ist im „*Amorphous silica gel model*“ (Anderson-Gerfaud 1980) in die Diskussion zu Polituren eingetragen worden (z.B. Yamada 1993, 441; Meeks et al. 1982, 323) und beinhaltet die Vorstellung, daß Reibungshitze an der Oberfläche des SiO_2 zu einer Dichteerhöhung amorpher Silikats führt (vgl. Pawlik 1995, 28). Eine Reibungshitze, die nach Anderson-Gerfaud (1980) mindestens 25°C betragen sollte, bei Lass (1988) sogar mit mehreren hundert Grad vermutet wird (!), kann in der Praxis ausgeschlossen werden. Stattdessen können hier entweder gelartige Additivschichten vorliegen, oder es handelt sich um Vertiefungen in der natürlich strukturierten Oberfläche, die nicht vollständig zugeschmiert ist bzw. auf der nicht alle Eintiefungen plangeschliffen sind. Die Dokumentation „*variablen Mikro-Pittings*“ während eines Oberflächenverschleißes zeigt, daß es sich um Löcher innerhalb einer Additivschicht handelt und mit echtem Pitting nichts zu tun hat (Yamada 1993, 441).

• *Pot lids*

Kleine runde Vertiefungen in den Politurflächen. Die Ränder der Mikro-Krater wirken politurartig geglättet. Nach Yamada (1993, 436) liegt hier eine optische Illusion vor (Reflexion), da diese unter dem REM als Mikro-Bruchränder bzw. Materialfehler in der Gesteinsoberfläche auflösbar sind.

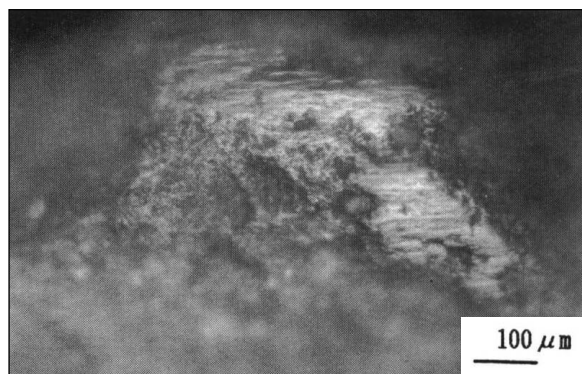


Abb. 36 – Differenzierung von Striae auf experimentellen Objekten (Yamada & Savada 1993, 455): links Holz sägen, rechts Knochen sägen

Zur Werkstoffanalyse mit lichtmikroskopischen Methoden

Die Bestimmung von Werkstoffen anhand mikroskopischer Oberflächenanalysen auf paläolithischen Artefakten ist von Keeley (1980) begründet worden. Zuerst liegen empirische Beobachtungen bzw. ein daraus abgeleitetes Modell, nach der Politurcharakteristika mit der Viskosität und anderen spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Werkstoffes in Verbindung stehen. Demnach bewirken viskose Materialien nicht nur einen runderen Verschleiß der auf der Oberfläche exponierten Flintgrains (Abb. 34), sondern würden auch in den „Eintiefungen“ zwischen den „Kristallaggregaten“ verschiedene Abrasionsmuster erzeugen (Abb. 37) (Veil et al. 1988, 258).

Bislang liegen keine Aufnahmen vor, die ein solches Modell bestätigen können. Es ist dennoch gemeinsamer Nenner aller Bearbeiter, die materialspezifische Politurcharakteristika an archäologischen Objekten postulieren. Yamada & Savada (1993) argumentieren anhand von 122 unter dem REM analysierten Stücken aus japanischem, feinkörnigem Kiesel-schiefer, daß Politurbildung wesentlich stärker vom Werkstoff als von der Bearbeitungsdauer abhängig ist, also eine Korrelation von Werkstoffhärte und Politurprägung besteht. Wegen des graduell-abrasiven Charakters der Politurtypen seien Materialunterscheidungen jedoch schwierig. Einzelphänomene, wie das vermeintlich verstärkte Auftreten von *Mikro-Pitting* bei der Bearbeitung trockener Haut, können nicht systematisch erklärt werden (Yamada & Savada 1993, 451). Das Problem der Festlegung materialspezifischer Merkmale räumen auch Bearbeiter ein, die dennoch Werkstoffbestimmungen an archäologischen Objekten durchführen (Diskussion z.B. Owen & Unrath 1986; Veil et al. 1988; Grace 1989, 60-1). Auch die „Expert analysis“ (Grace 1989), ein statistisches Rechenmodell zur Abgrenzung einzelner Politurtypen aufgrund von Merkmalen, scheitert am Problem, daß

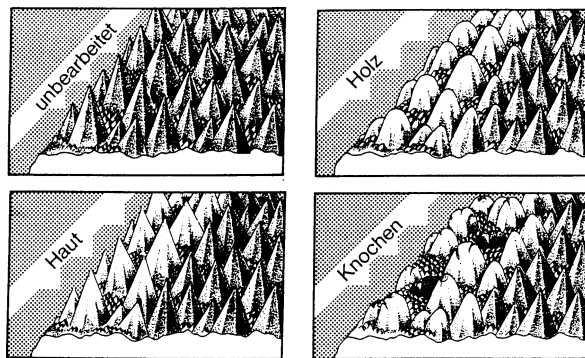


Abb. 37 – Modell zur materialspezifischen Politur-entstehung; stark überhöhte Oberfläche einer Werkzeugkante aus Flint bei ca. 1000-facher Vergrößerung (Veil et al. 1988, 257)

Politurtypen meist keine diskreten Merkmale aufweisen.

Die Gleichsetzung experimenteller Referenzerscheinungen mit denen auf urgeschichtlichen Werkzeugen entstammt bereits der ersten Auseinandersetzung mit dem Thema durch Semenov (1957). Keeley (1980) geht darüber hinaus von einer direkten Vergleichbarkeit von Politurerscheinungen auf prähistorischen Werkzeugen mit denen auf Experimentalobjekten aus. Einige Bearbeiter wenden das Modell werkstoffspezifischer Abrasion auch an grobkristallinen Gesteinen an. Entsprechende Beobachtungen wurden z.B. zu Geröllgeräten aus Quarziten (Plisson 1986; Narr & Lass 1991) oder Kiesel-schiefer (Lass 1990) vorgelegt.

Die *Keeley-Methode* hat sich in „Blind Tests“ nicht bestätigen lassen (Unrath et al. 1986). Im Kapitel „Methodische Grenzen der Polituranalyse“ werden weitere Probleme aufgezeigt. Die nachfolgend zitierten Inventaranalysen dienen lediglich der Illustration des forschungsgeschichtlichen Rahmens:

- *Clacton-on-Sea (Essex, Großbritannien)*

Die mittelpleistozäne Fundstelle hat mehrere Tausend Artefakte erbracht. Davon werden 250 scharfkantig erhaltene Stücke ausgewählt, von denen 144 aus fluvialen Schottern und 104 aus Geschiebemergel stammen (Keeley 1980, 87). An 32 Artefakten aus Schotter- und 14 aus Mergelablagerungen werden Gebrauchspolituren diagnostiziert (Keeley 1980, 116). Dabei handelt es sich um 44 Abschläge/ Abschlaggeräte und 2 Kerne bzw. Kernchopper.

- *Methode:* Lichtmikroskop (*High Power*)

- *Dokumentation:* Funktionskante, Kantenwinkel, häufigste Gebrauchsretuschenart

- *Kontaktmaterial/Funktionalität:*

Holz: glätten (10), hacken/ dechseln (4), sägen (2), schaben (3),

Haut: schaben (3),

Fleisch: schneiden, schlachten (11),

unbestimmbares Material: schaben (5), nicht identifizierbar: (6).

- *Swanscombe (Kent, Großbritannien)*

Von den 267 Artefakten aus dem „Unteren Lehm“ eignen sich 66 scharfkantig erhaltene zur Analyse (Keeley 1980, 120-4). Davon werden an 4 Abschlägen bzw. Abschlaggeräten Gebrauchsspuren diagnostiziert.

- *Methode und Dokumentation:* vgl. Clacton-on-Sea.

- *Kontaktmaterial/ Funktionalität:*

Holz: glätten (1),

Fleisch: schneiden, schlachten (1),

Knochen/ Geweih: sägen (1), hacken (1).

- *Hoxne, Lower Industry (Suffolk, Großbritannien)*

Die Typuslokalität des Hoxnian-Interglazials weist mehrere artefaktführende Horizonte auf. Keeley (1980, 125-65; 1993) beschreibt für 38 Artefakte Gebrauchsspuren. Es wird darauf hingewiesen, daß benutzte Abschlüge durchschnittlich länger und breiter seien als unbenutzte (Darstellung in ungeeigneten Kumulativdiagrammen) (Keeley 1993, 132).

- *Methode:* Lichtmikroskop (*High Power*)

- *Dokumentation:* Funktionskante, Kantenwinkel, häufigste Gebrauchsretuschenart

- *Kontaktmaterial/ Funktionalität* (Stand 1980):

Holz: glätten (2), hacken/ dechseln (1), schaben (3), spalten (5),

Holz/ Knochen: bohren (2),

Haut: schaben (3), schneiden (2),

Fleisch: schneiden, schlachten (11),

Pflanzen: schneiden (3),

nicht identifizierbar: (2).

- *Lehringen, Lkr. Verden (Niedersachsen)*

Der Befund des eemzeitlich datierten, erlegten Elefanten von Lehringen enthält neben einer Lanze 25 Flintartefakte (Thieme & Veil 1985). H. Plisson weist darauf hin, daß sich bis auf zwei Ausnahmen alle Artefakte sehr gut für die Analyse eignen (Beitrag Plisson, in Thieme & Veil 1985, 37-8). An drei „*Schlachtmessern*“ analysiert er Polituren, die auf das Schneiden von Fleisch schließen lassen. Ähnliche Befunde vertritt er auch für die Keilmesserstation Lichtenberg (Plisson, Beitrag in Veil et al. 1994) oder den spätpaläolithischen Siedlungsplatz Niederbieber (Bolos 1992, 70-4).

- *Methode:* Lichtmikroskop (*High Power*)

- *Dokumentation:* keine Angabe,

- *Kontaktmaterial/ Funktionalität:*

Fleisch: schneiden (2), 20min./ 60min. Dauer,

Fleisch/ Knorpel: schneiden (1), 30min.

- *Gröbern, Lkr. Gräfenhainichen (Sachsen-Anhalt)*

Der mit menschlichen, wahrscheinlich postmortalen Manipulationen in Verbindung stehende Elefantenkadaver von Gröbern datiert wie Lehringen in die Eemwarmzeit (Weber & Litt 1991). Auch die Zahl der Artefakte (25 Flintabschlüge, 2 Trümmerstücke (Heussner & Weber 1990) ähnelt dem Befund von Lehringen, obwohl der Jagdkontext nicht schlüssig beweisbar ist. Die Relevanz der unspezifisch gefertigten Abschlüge für Manipulationen am Elefanten wird mit der Lage innerhalb des Knochenlagers begründet (Weber 1990).

Eine Dokumentation der „*Zerlegungsspuren beim Schneiden von Fleisch, Haut und Leder*“ (Heussner &

Weber 1990, 318) erfolgt exemplarisch anhand zweier Fotos (370x Vergr.). Im ersten Fall wird eine Anpolitur des Schneidenbereiches mit Linearstruktur an den Ecken der distalen Kante als Schneiden von Leder bzw. Haut interpretiert. Das zweite Objekt weist einen „*matten, breiten, in die Hohlformen gehenden Politurssaum*“ auf (Heussner & Weber 1990, 232). Eine dorsale Linearstruktur wird wegen der scharf abgegrenzten Striae als Beleg des Schneidens von Haut bzw. Leder mit Schmutz gedeutet (Heussner & Weber 1990, 318).

- *Methode:* Binokular (*Low Power*), Lichtmikroskop (*High Power*)

- *Dokumentation:* Einzelbeschreibung

- *Kontaktmaterial/ Funktionalität:*

Fleisch/ Haut/ Leder (gesamt 10)

- *Salzgitter-Lebenstedt (Niedersachsen)*

Die Hauptfundschiicht des mittelweichselzeitlichen Fundplatzes ist in ihrer Matrix ein fluviatiler, schwach humoser Feinkies. Darin sind fluviatil verlagerte Artefakte aus baltischem Flint gefunden worden (Bosinski 1967; Lass 1988, 24)). Nach Abschluß der Grabungen handelt es sich um ca. 4200 Artefakte, davon 87 bifazielle und 320 unifazielle Geräte. Die Fundstelle wird heute dem Micoquien zugerechnet (Pastoors 1998, 12-3).

- *Methode:* Lichtmikroskop (*High Power*),

kein Bezug zu Gebrauchsretuschen; Reinigung mit Allzweckreiniger, im Anschluß mit 10%-iger Salzsäure und Ethanol (Lass 1988, 29).

- *Dokumentation:* im Einzelfall nicht reproduzierbar; Diagramme relativer Häufigkeiten

- *Gerättyp/ Funktionalität:*

Faustkeile: Trennen von Gelenken, Zerschlagen von Knochen (75%),

Schaber/ schaberartige Geräte: (80-90%),

Levallois-Spitzen: Bearbeitung frischer Haut (Veil et al. 1988, 260).

- *Tabun, Kebara, Qafzeh, Hayomim E, Tor Faraj C (Israel)*

Neben Residuen von Schäftungsmaterial werden auf Artefakten dieser Moustérien-Fundplätze auch Abrasivpolituren beschrieben (Shea 1993).

- *Methode:* Lichtmikroskop (*High Power*)

- *Dokumentation:* Referenzaufnahmen

- *Kontaktmaterial/ Funktionalität:*

Holzbearbeitung: 35% (n=1219),

Schäftungsmaterial: 15%,

Schlachtung: 19%;

Fell-/ Lederbearbeitung: 8%,

Knochen-/ Geweiharbeiten: 7% (Shea 1993, 24).

Methodische Grenzen der Polituranalyse

Betrachtet man eine Reihe von Publikationen zu archäologischen Fundstellen aus den 80-er Jahren, hat man in der Tat den Eindruck, daß materialindikatorische Politurcharakteristiken archäologisch relevanter Werkstoffe vor allem im 200-400-fachen Vergrößerungsbereich eines Auflichtmikroskopes recht eindeutig identifizierbar seien. Den Zuordnungen am archäologischen Inventar gehen meist umfangreiche Experimente zur Gewinnung von Referenzerscheinungen voraus (z.B. Vaughan 1985). All diesen aktualistischen Studien fehlt jedoch das wesentliche Kriterium wissenschaftlichen Experimentierens: Kompatibilität und Reproduzierbarkeit unter identischen Laborbedingungen. Infolge der phänomenologischen Ausdeutung lichtmikroskopischer Politurcharakteristiken haben „Blind Tests“, bei denen Forscher experimentell benutzte Artefakte identifizieren sollen, durchweg ungenügende Übereinstimmungen erbracht (Owen & Unrath 1986). Bamforth (1988, 20-3) gibt zwar die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der Durchführung von Blind Tests mit nur 20-30% an, dennoch sollen nachfolgend einige Unsicherheitsfaktoren angesprochen werden, die reproduzierbaren und ergebniskompatiblen Versuchen bislang entgegenstehen.

Problem 1: Reinigung der Artefakte

Das Problem der schlechten Reproduzierbarkeit verschiedener experimenteller Studien beginnt bereits bei den sehr unterschiedlich durchgeführten Reinigungsmethoden: Die Arbeitsgruppe der „Tübinger Blind-Tests“ (Owen & Unrath 1986) reinigt die Werkzeuge im Ultraschallbad und verzichtet weitgehend auf chemische Substanzen. Lediglich zur Lösung fettiger Rückstände wird eine kleine Menge Spülmittel an das Wasser im Ultraschallbad gegeben. Reinigung mit scharfen Laugen und verdünnter Salzsäure sind ebenfalls üblich, erzeugen beim Herauslösen von Kalk jedoch löchrige Polituren (Pseudo-Mikropitting) und sind mit einer mechanischen Reinigung (Ultraschallbad) nicht kompatibel.

Voraussetzung der mikroskopischen Untersuchung ist meist eine fettlösende Reinigung, sowohl archäologischer wie auch experimenteller Objekte, nicht zuletzt zur Entfernung von Handschweiß. Übliche Reinigungsmethoden sind z.B.:

- die Reinigung mit Wasser im Ultraschallbad (z.T. unter Zusatz von Spülmittel), z.B. Owen & Unrath (1986),
- Reinigung mit 15% Salzsäure bzw. 15% KOH, z.B. Lass (1988),
- Reinigung mit NaOH (Moss 1986), Aceton (Levi-Sala 1986; 1993) oder Ethanol (Heussner 1987; Pawlik 1992; 1995).

Die Ausführungen und Abbildungen von Moss (1986: fig. 22-24) belegen, daß verschiedene Reinigungsmethoden erheblich unterschiedliche Politurerscheinungen erzeugen können (Abb. 38). Sie vermutet bei experimentellen Objekten eine oft ungenügende Reinigung additiver Materialresiduen, die besonders bei Knochen, Geweih und Holz verfälschende Referenzaufnahmen verursachen können (Moss 1986, 91).

Auch die Vermischung additiver Residuen in den Politur-Referenzaufnahmen einiger Bearbeiter (z.B. Kay 1996, 315-8) mit Aufnahmen reiner Abrasivpolituren anderer Bearbeiter (Yamada 1993) macht es dem Neueinsteiger nahezu unmöglich, sich aus vorhandener Literatur einen Katalog experimenteller Polituren zu erstellen. Weiterhin zeigt sich, daß offensichtlich jeder Bearbeiter seine Referenzstudien unter völlig verschiedenen Laborbedingungen betreibt. Einigkeit besteht lediglich im Umgang mit Materialresiduen (Blut, Schäftungspech, Phytolithen etc.), wo auf eine vorherige Reinigung selbstverständlich zu verzichten ist.

Bei den von mir durchgeführten Experimenten (Kapitel IV) werden verschiedene Reinigungsmethoden getestet (Ultraschallbad, Abbürsten). In jedem Falle wird eine fettlösende Reinigung mit Ethanol vorgenommen. Die Frage, inwieweit additive Partikel eine Rolle spielen, nimmt den ersten Teil der auflichtmikroskopischen Referenzstudien ein. Es zeigt sich, daß eine Entscheidung, ob der Werkstoff eine Veränderung der Oberflächenstruktur des lithischen Werkzeugs bewirkt, oder tatsächlich Materialresiduen einen verfälschenden Einfluß ausüben, nur mit Vergrößerungen im Mikrobereich getroffen werden kann. Auch ohne Einfärben des Werkstoffs ist allein am charakteristischen hellen Glanz beim Bearbeiten von Geweih klar, daß trotz intensiver Reinigung Werkstoffpartikel in der Feuersteinoberfläche zurückbleiben. Da die phänomenologische Ausdeutung von Polituren einen überholten Forschungsstand widerspiegelt (vgl. Vaughan 1981, 179), muß auf eine Auseinandersetzung ex-

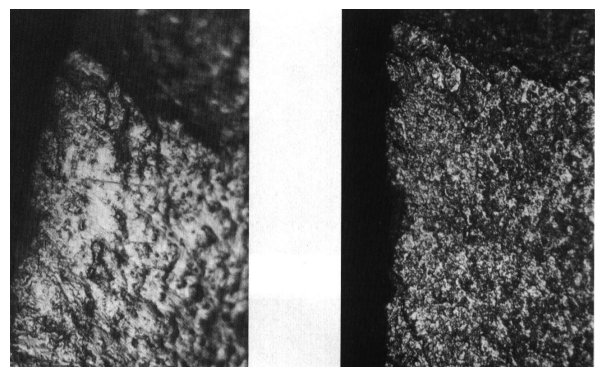


Abb. 38 – Reinigung einer Funktionskante nach Holzbearbeitung in Ultraschallbad mit destilliertem Wasser (links), dasselbe Stück nach 15min. Reinigung in 15%-iger NaOH-Lösung (rechts) (Moss 1986: fig. 22)

perimentelles vs. archäologisches „Phänomen“ hier nicht erneut eingegangen werden.

Unabhängig von der Diskussion vermeintlich materialspezifischer Polituren ist die Interpretation von Striae als Anzeiger der Bewegungsrichtung des Werkzeugs von hohem Stellenwert. Sofern ihre Entstehung durch PDSM ausgeschlossen werden kann, besteht hier ein Interpretationspotential, daß vom Problem der Abrasiv- vs. Additivpolitur unabhängig analysierbar ist. In diesem Sinne sind z.B. Nachweise von Striae auf Erntemessern auch dann historisch wertvoll, wenn die Frage der Entstehung des Sichelglanzes ungeklärt geblieben ist (Korobkova 1993).

Problem 2: Auflösungslimit optischer Mikroskope

Auflichtmikroskope, für die Analyse opaker Objekte bestimmt, werden in der Mineralogie und Werkstoffkunde zur Untersuchung planer Schriffe verwendet. Für gekrümmte Oberflächen ist die extrem kurze Brennweite der Objektive von Nachteil, da sie ein ständiges Nachjustieren des Objektes erforderlich macht. Die geringe optische Tiefenschärfe erschwert die fotografische Dokumentation. Vor der Einführung digitaler Bildbearbeitung mit Tiefenschärfe-Tool war es technisch kaum möglich, mehr als kleinformatige Spots der Oberflächen fotografisch abzubilden.

Die geringe Tiefenschärfe von Auflichtmikroskopen (200-500x) erhöht den flachen optischen Eindruck. Abhilfe kann durch einen Polarisationsfilter geschaffen werden, der jedoch den Nachteil hat, zusätzlich poliert wirkende Oberflächenpartien zu erzeugen (Unrath 1982). Bei Ausstattung des Mikroskops mit einem Objekt-Interferenzkontrast kann mit optischen Interferenzen zur Kontrastierung der Höhendifferenzen in der Objektoberfläche gearbeitet werden. Das Differential-Interferenzkontrast-Verfahren (DIK) verbessert den räumlichen Eindruck wesentlich und kann z.B. zur Beurteilung von Striae gute Effekte erzielen (Unrath 1982; Pawlik 1995, 15).

Da metrische Verfahren im Auflichtmikroskop einen relativ hohen Zeitaufwand erfordern, gibt es bislang kaum Untersuchungen über die Tiefendimension der beobachteten Modifikationen. Vorschläge, anhand der metrischen Auswertung von Interferenzbildern Oberflächenveränderungen zu beschreiben (Dumont 1982), sind wegen des hohen technischen Aufwandes in der Vergangenheit nicht angewandt worden. Interferenz- und Lichtschnittverfahren werden von Unrath (1982) ausführlich diskutiert. Bereits in den 60-er Jahren sind am Leningrader Institut Versuche mit Lichtschnitt- und Phasenkontrastverfahren durchgeführt worden. Der Tatsache, daß durch reflektierende Kuppen der Flintgrains virtuelle Politurflächen entstehen können, ist man sich dabei bewußt. Praktische Relevanz hat die photometrische Ausmessung der Reflexion von Polituren bislang nur in wenigen Versuchsrei-

hen, wobei die Helligkeitsdifferenz der Reflexion von Flächen im Hell- und Dunkelfeld gemessen wird (Semenov 1970, 8; Keeley 1980, 62-3). Das Verfahren wird in einer technischen Weiterentwicklung als „*Textur-Analyse*“ beschrieben (Newcomer et al. 1988). Ähnlich funktioniert die Aufzeichnung und histographische Auswertung von Grauwerten als Maß für die Glattheit vordefinierter Flächen (Yamada & Sawada 1993).

Ebenfalls aus technischen Gründen bleiben Untersuchungen zur Rauhtiefe mit den seit langem bekannten Diamantnadel-Tastschnittgeräten auf Ausnahmen beschränkt. Den Einsatz eines Tastschnittgerätes zur Messung der Rauhtiefe diskutiert Heussner (1987, 26-7). Das von Carl Zeiss Jena (NEC) entwickelte Gerät ist in den 70-er Jahren in der technischen Werkstoffprüfung eingesetzt worden. Mit einer Diamantnadel wird dabei ein überhöhtes Oberflächenprofil erstellt und die Rauigkeit der Oberfläche mit einer Auflösung bis zu 0,5µm aufgezeichnet. Heussner (1987, 29-31) hat mit diesem Gerät einige Experimente durchführen können und diskutiert die technischen Möglichkeiten zur Anfertigung geeigneter Matrizen.

Durch den erleichterten Zugang zu Lasertastschnittgeräten bieten sich mittlerweile sehr bequeme und standardisierte Methoden zur Oberflächenprüfung. Sie werden in der Praxis jedoch bislang nur in Ausnahmefällen verwendet (z.B. *UBM-Lasertopographie*, vgl. Stemp & Stemp 2001). Durch den mir ermöglichten Arbeitsplatz an einem konfokalen Laserscan-Mikroskop kann erstmals an einem größeren archäologischen Komplex eine quantifizierende Oberflächenanalyse realisiert werden.

Problem 3: Limits am Rasterelektronenmikroskop

Das REM erzeugt ein zeitsequentielles Bild aus der Wechselwirkung eines Elektronenstrahls mit der Objektoberfläche, das zeilenweise aufgebaut wird (Flegler et al. 1995; Reed 1996; Böcker 1997). Die Topographie kann ohne Tiefenschärfeproblem abgebildet werden. Die neueste Generation arbeitet mit einer Vakuumkammer ohne Gold-Palladium- bzw. Graphitbedampfung (z.B. Fraunhofer-Institut Halle/ S.) und ist daher für archäologische Originale besonders interessant. Die bei älteren Geräten notwendige Oberflächenbedampfung macht aus konservatorischen Gründen meist die Anfertigung von Matrizen oder Kopien notwendig (Pawlik 1995, 17).

REM-Aufnahmen sind keine reale Auflösung der Oberfläche. Zum einen werden Polituren durch den Kanteneffekt dunkel abgebildet, während körnige Oberflächen aufgehellt werden (Yamada 1993, 436). Zum anderen erzeugen Elektronenschatten unter Umständen virtuelle Bilder (Lee & Englewood 1993). Zur Umrechnung der Graustufen von REM-Bildern und damit der Darstellung der realen Textur wird von Ya-

mada & Savada (1993, 454) ein EDV-Programm (IR 1000) eingesetzt. Für digitalisierte Belegfotos wird eine Vergrößerung von 3500x (bezüglich Format 9x13) empfohlen (Yamada 1993, 439-40).

Problem 4: Limitierung durch postdepositionelle Oberflächenmodifikationen

Vor allem nach Untersuchungen von Levi-Sala (1986; 1993; 1996) zu postdepositionellen Oberflächenmodifikationen („PDSM“ = *Postdepositional Surface Modifications*) wird deutlich, daß viele ältere *High Power*-Befunde in ihrer Interpretation revidiert werden müssen (Kamminska et al. 1993; Grace 1996). I. Levi-Sala untersucht den Einfluß abrasiver Prozesse in Verbindung mit sedimentmechanischer Umlagerung und an den exponierten Kanten angreifender Bodenchemie. Auch Bäsemann (1986; 1987) legt umfangreiche Nachweise zu Oberflächenmodifikationen durch Bodenchemismus vor.

Die Einwände beider Bearbeiterinnen sind stichhaltig: Direkte Analogien von experimentellen Referenzen verschiedener Kontaktmaterialien können in Unkenntnis der Langzeit-Stabilität im Sediment nicht unreflektiert auf paläolithische Inventare übertragen werden. Obwohl Pawlik (1995, 80-1/ 101) mit seinen Versuchen Argumente gegen den verfälschenden Einfluß von Werkstoffresiduen erbringt, muß konstatiert werden, daß infolge der fehlenden Dokumentationen im Nanobereich letztendlich keine schlüssige Beweisführung gegen eine Vermischung additiver und abrasiver Erscheinungen erfolgt ist. Experimentelle Referenzobjekte lassen daher die wichtigste Frage – die der Langzeitstabilität der Spuren – völlig unberücksichtigt. Folgende Unsicherheitsfaktoren bezüglich des Analogieschlusses Experiment vs. archäologisches Objekt sind bislang diskutiert worden:

- Durch Bodenchemismus bedingte Modifikation der Grainstruktur der Flintoberflächen: Dadurch werden politurartige und unter dem Auflichtmikroskop nicht von Abrasivpolituren unterscheidbare Flächen erzeugt (Kamminska et al. 1993; Levi-Sala 1993; 1996).
- Mechanische Beanspruchung durch Umlagerung: Diese wird anhand von Experimenten in rotierenden sand-/ kiesgefüllten Trommeln nachgestellt (Levi-Sala 1986, 106-7; fig. 26-27). Im Ergebnis zeigen sich vor allem an den kantennahen Oberflächen der Experimentalobjekte deutliche Polituren (Abb. 39).
- Glanzpatina, deren Initialstadium als Oberflächen-glanz erscheinen kann (Levi-Sala 1993; 1996).
- Fehlinterpretationen des Phänomens „Mikro-Pitting“, das nicht zuverlässig von lückenhaften Abrasiv- oder Additivschichten unterschieden werden kann (Yamada 1993).

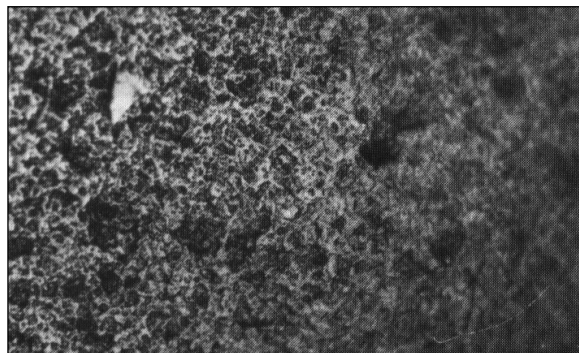


Abb. 39 – Oberflächenglanz nach Rotation in einer kiesgefüllten Trommel (Levi-Sala 1986: fig. 26f)

Die umlagerungsbedingte Entstehung von Polituren wird als verfälschendes Element mit den Rotationsversuchen hinreichend belegt (Levi-Sala 1986, 106-7). Sowohl die Reibung Flint auf Flint als auch Bewegung in kiesigen Sanden kann nach kurzer Zeit zu Polituren und damit entsprechenden Fehlinterpretationen führen (Abb. 39). Da diese Politureffekte hauptsächlich an den mechanisch am stärksten belasteten Kanten auftreten, dürfte der „Kanteneffekt“ ein ernstzunehmender Faktor einer kritischen Revision einiger Inventare darstellen, die in sandig- bis grobkiesigen Ablagerungen eingebettet waren (z.B. Keeley 1980).

Residuenanalysen

Residuen sind am Artefakt anhaftende Material- oder Werkstoffreste, die mit der Werkzeugnutzung in Verbindung stehen. Vaughan (1981, 179) definiert Residuen am experimentellen Objekt als additive Ablagerungen, die unter dem Auflichtmikroskop auch bei Reinigung mit Wasser, Alkohol, Aceton noch erhalten bleiben und sich nur mit verdünnter Salzsäure lösen lassen. In den meisten Fällen werden Residuen durch eine Kombination von mikroskopischen Aufnahmen (Lichtmikroskop, REM) in Verbindung mit der energiedispersiven Analyse von Röntgenstrahlen (EDAX) nachgewiesen.

• Phytolithen

Mit dem Lichtmikroskop und/ oder REM lassen sich in die Werkzeugoberfläche eingelagerte Phytolithen nachweisen (z.B. Anderson-Gerfaud 1980; 1992; Pawlik 1995). Diese von Pflanzen mit dem Wasser aufgenommenen Silicium-Zellen lagern sich als isolierte Zell-Fremdkörper von ca. 10-40µm in den Pflanzen ab. Durch Abrieb bei der Bearbeitung pflanzlicher Werkstoffe lagern sich Phytolithen unter günstigen Umständen in den kantennahen Oberflächenschichten des Werkzeugs (Sichelglanz) ein. Der Zusammenhang von Sichelglanz und gräsertypischen Phytolithen ist

von Anderson-Gerfaud (1980) überzeugend dokumentiert worden. Dennoch taugen Phytolithen-Belege nicht immer als Beweis für Pflanzenbearbeitung. Interpretationsprobleme ergeben sich aus der Tatsache, daß auch aus dem Sediment stammende, bodenresistente Phytolithen unter bestimmten bodenchemischen Bedingungen sekundär in die SiO_2 -Struktur des Werkzeuges eingelagert werden und damit nur postdepositionelle Zusammenhänge widerspiegeln (Fullagar 1993). Phytolithenreiche Ablagerungen können auch bei Durchwurzelung oder durch Ascheablagerungen entstehen, wie das z.B. im Höhlensediment des Hohlefelds bei Schelklingen belegt ist (S. Schiegl, in *Bearbeitung*).

- *Blut*

Für den Nachweis von Geräten zur Tierzerlegung ist der Nachweis von Blutresiduen interessant. Hämoglobin-Positivtests wurden an bis zu ca. 10 000 Jahre alten Objekten beschrieben (Loy 1987; 1988; - et al. 1990; Hyland et al. 1990; vgl. Pawlik 1995, 33). Diese Nachweise wurden mehrfach mit fundierten Argumenten angezweifelt, vor allem anhand des Nachweises rascher bakterieller Zersetzung (Cattaneo et al. 1993; Eisele et al. 1995, 45). Ebenfalls als umstritten gelten Nachweise artspezifischer DNA-Analysen von Blut-Residuen (Williamson 1999). Residuen von Vogelblut können direkt über DNA-Tests ermittelt werden, während das hohe Alter zweifelhaft bleibt.

- *Klebstoffe*

Besonderes Interesse der Forschung gilt seit langer Zeit den prähistorischen Klebstoffen, im speziellen Klebstoffen aus Birkenpech, die zur Schäftung von Steinwerkzeugen in Griffen aus Holz, Knochen oder Leder gedient haben (Weiner 1992; 1999). Ausführlicher in *Kapitel IV*.

- *Kohlenwasserstoffverbindungen*

Leichte organische Elemente sind heute noch schwer zu identifizieren. Durch Beschuß mit einem Elektronenstrahl kann (sofern das Objekt klein genug für die Probenkammer ist) das Auslösen von Röntgenphotonen spezifischer Energiezustände analysiert werden (*System Micro PIXE/ Micro RBS*: Christensen et al. 1993; Christensen 1999). Anhand relativer Häufigkeiten von Elementen („*Element-Mapping*“) können hier nicht nur Rückschlüsse auf schwere anorganische Verbindungen, sondern auch auf leichte Kohlenwasserstoffverbindungen gezogen werden.

Die IBA-Methode (Louvre-Labor, Paris), für organische Verbindungen geeigneter als EDAX (Pawlik 1995), ist in einem Versuch an prähistorischen Flint-Artefakten erprobt worden (Christensen et al. 1992). Trotz des Nachweises von Kohlenwasserstoffverbin-

dungen erweisen sich spezifische Bestimmungen als schwierig (Pawlik 1995, 17). Die Zuordnungen werden z.T. als unrealistisch eingestuft (Grace 1996). Auch von Experten der Mikrosondentechnik wird derzeit abgeraten, leichte Elemente mit energiedispersiven Methoden zu analysieren, da die Ergebnisse nicht spezifisch genug sind. Verfahren zur Bestimmung leichter Elemente befinden sich in der Prüfungsphase (*mdl. Mitteilung M. Westphal 2000*).

- *Pyrit*

Ein interessantes Feld mit eindeutigem EDAX-Befund bieten Residuen aus Pyrit (FeS_2). Pyritkristalle erzeugen beim Anschlagen auf Flint brennende Funken, die wiederum ein leicht brennbares Kontaktmaterial (z.B. Zunderschwamm) entzünden. Diese Technik des „Steinzeit-Feuerzeugs“ kann in einigen Fällen spurenanalytisch belegt werden (Stapert & Johansen 1999; Pawlik 1999).

Zusammenfassung

1. Kantennahe Polituren lassen sich ausschließlich auf die abrasive „*wear theory*“ eingrenzen. Dabei können Striae entstehen, die auf die Hauptbewegungsrichtung des Werkzeuges hinweisen. Die Interpretation von Striae ist nur in Verbindung mit einer belegbaren Kantenabration zulässig.

2. Verschiedene Oberflächenmodifikationen können inzwischen von Interpretationen als Gebrauchspolitur entkoppelt werden. Den Gebrauchspolituren sehr ähnliche Muster entstehen durch postdepositionelle Oberflächenmodifikationen, vor allem durch Bodenchemismus und mechanische Umlagerung im Sediment. Weitere Entstehungsmöglichkeiten von *PDSM*, z.B. durch Aufbewahrung in Sammeltüten, sind dabei ebenfalls zu berücksichtigen.

3. Eine Gleichsetzung experimentell erzeugter Gebrauchsmodifikationen mit ähnlichen Erscheinungen auf archäologischen Objekten ist besonders für Polituren im *High Power*-Bereich der Lichtmikroskopie abzulehnen. Auf diese Weise erzielte qualitative Werkstoffbestimmungen sind rein phänomenologisch und entbehren naturwissenschaftlicher Kriterien.

4. Die Strukturveränderungen an der Oberfläche archäologischer Artefakte aus Kreidefeuerstein (Glanzeffekte) sind bislang nicht hinreichend erklärt und quantitativ untersucht worden (vgl. *Kapitel IV*).

5. Die *silica-gel theory*, die eine Anlösung der Oberflächenschichten postuliert, wird abgelehnt. Der Effekt „*Sichelglanz*“ ist ein Sonderfall und trägt nicht zum Beweis einer solchen Theorie bei (vgl. *Kapitel IV*).

IV. Auswertung methodischer Experimente

Einsatzmöglichkeiten des Laserscan-Mikroskopes

Aus den quellenkritischen Vorbemerkungen wird sowohl bezüglich der Analyse von prähistorischen als auch experimentellen Objekten das Manko quantitativer Datenerhebungen deutlich, vor allem in Anbetracht der Fokussierung auf Modelle graduell-abrasiver Werkzeugver stumpfung. Das folgende Kapitel hat zum Ziel, auf der Grundlage der *wear theory* Verfahren zur Quantifizierung der Oberflächenabrasion an baltischem Flint zu untersuchen.

Laserscan-Mikroskope bieten durch die Kombination von Auflichtmikroskop, konfokalem Laserscan-System mit EDV-Verarbeitung und reflexionsfreien, monochromatischen Bildumsetzungen ideale Möglichkeiten zur Analyse von planen Materialoberflächen vom mm- bis nm-Bereich (Abb. 40). Die Geräte werden zur technischen Werkstoffanalyse (Metalle, Gläser, Keramik) sowie zur Überprüfung von Mikrochips eingesetzt, so auch das nachfolgend beschriebene Gerät (Abb. 41, 42). Die Auflösung der verwendeten *LSM-Unit* der Firma Carl Zeiss (Baujahr 1996) hat bezüglich der z-Dimension ein Limit bei 500nm. Damit liegt das primäre Einsatzfeld dieser Geräte im Mikrobereich. Neuentwicklungen der letzten Jahre mit verbesserter Auflösung machen Lasermikroskopie auch für den Nano-Bereich interessant.

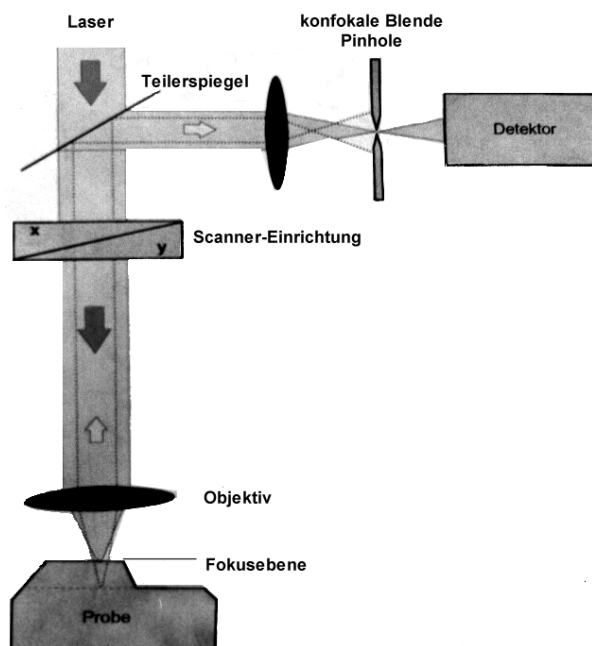


Abb. 40 – Funktionsweise des konfokalen Laserscan-Mikroskopes; umgezeichnet nach einer Wandtafel im MPI für Metallforschung Stuttgart



Abb. 41 – Arbeitsplatz am Laserscan-Mikroskop

Das Gerät arbeitet mit einem konfokalen Helium-Neon-Laser, der nach Fokussierung des Bildpunktes im Auflichtmikroskop eingeschaltet wird. Die Umschaltfunktion zwischen Auflicht und Laser-Scan wird in der Bildschirmeinstellung von Abb. 43 vorgenommen. Je nach Auswahl des Bildausschnittes und der „number of sections“ (Anzahl der z-Scans), die im vorgegebenen Bereich der Oberflächenreflektion eingestellt werden (Abb. 44, rechts), wird der Laser zum Abtasten des quadratischen Spots angesteuert. Dabei ist wichtig, daß der Laser im gesamten Bildausschnitt geeignete Reflexionsflächen vorfindet. Obwohl eine leichte Schiefe der Oberfläche nachträglich durch die Funktion „tilt correction“ ausgeglichen werden kann, liegt hier ein Unsicherheitsfaktor für die Diagnose an den relevanten Flint- bzw. Knochenoberflächen vor.

Im Modus „surface topography“ wird eine Windows-Oberfläche zur Erstellung von Oberflächendiagnosen relativ planer Flächen geöffnet (Abb. 45).



Abb. 42 – Auflicht-Laserscan-Unit; rechts bei maximaler Höhe des Untersuchungsobjektes, d.h. der Objektträger ist bis zum Anschlag nach unten gefahren.

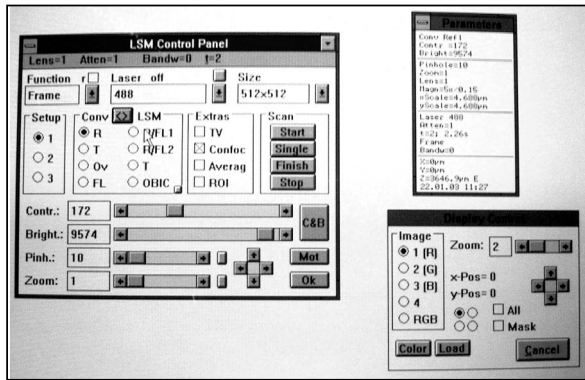


Abb. 43 – Display zum Wechsel zwischen Lichtmikroskopie und Laserscanning

Die Schaltflächen im Display *surface topography* bieten nun eine Reihe von Möglichkeiten zur metrischen und grafischen Auswertung der gescannten Informationen. Die Hauptanwendung für vorliegende Untersuchung besteht in der Auswertung der z-Profile als grafische Umsetzung einer quadratischen Oberflächentopographie des Bildausschnittes (Abb. 46).

Nach dem Abscannen mit dem Laser besteht eine Reihe von Möglichkeiten, die Oberflächeninformationen grafisch und numerisch zu analysieren:

1. Erstellung topographischer Aufnahmen aus den abgetasteten z-Scans zu einem Flächenbild.
2. Erstellung von z-Profilverläufen zu jedem einzelnen Tastschnittverlauf.
3. Rauigkeitsparameter nach DIN 4768 von 1974 („Ermittlung der Rauheitsmessgrößen R_a , R_z , R_{max} mit elektronischen Tastschnittgeräten“ - vgl. Abb. 47).
4. Erstellung eines an die Rauigkeitsparameter gekoppelten z-Histogramms.
5. Erstellung von Kartierungen in Form von Isolinen oder Isoflächen.
6. Erstellung monochromatischer Aufnahmen im roten Wellenlängenspektrum.



Abb. 44 – Display zur Prüfung des reflektierenden z-Bereiches und zur Einstellung der z-Intervalle

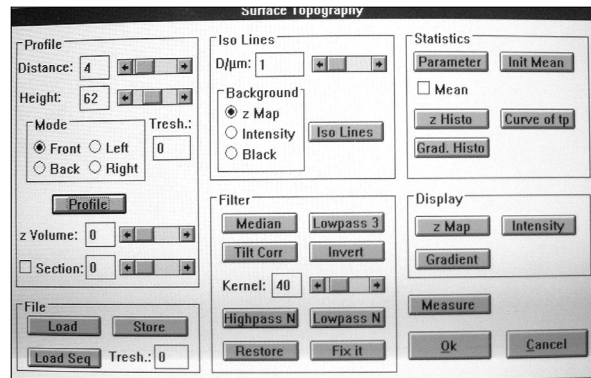


Abb. 45 – Bildschirmoberfläche im Modus „surface topography“

Wie aus der DIN hervorgeht, ist zur Beschreibung der Oberflächenstruktur von Gesteinen die Mittenrauhentiefe (R_a : arithmetischer Mittelwert der Beträge aller Profilwerte) und untergeordnet auch dessen quadratischer Mittelwert R_q entscheidend (Abb. 47).

Da der Mittenrauhwert R_a die Beträge der Einzelabweichungen zu einer fiktiven Mittelebene angibt, ist zur besseren Verdeutlichung der Grainstruktur des Flints der Wert R_a jeweils zu verdoppeln. Wenngleich die Schuppenstruktur des Feuersteins sicher nicht nur einlagig an der Oberfläche ausstreicht, ist $2xR_a$ ein recht realistisches Maß zur Beschreibung der Graintiefe und damit der Feinkörnigkeit des Materials.

Die anderen Kenngrößen der DIN sind hier nicht voll verwertbar, da sie für die Beschreibung relativ planer Grundflächen geschaffen wurden und infolge der natürlichen Unebenheiten der Flint-Oberflächen hier verzerrt werden (Abb. 47). R_{max} wird entscheidend durch Verunreinigungen der Oberfläche verfälscht. R_q ist im allgemeinen ein Ausreißer und nicht reproduzierbar (mdl. Mitteilung E.Bischoff 1998). Ausnahmen kann es bei sehr glatten Flächen geben, in der Regel ist aber R_a die wichtigste Bezugsgröße.

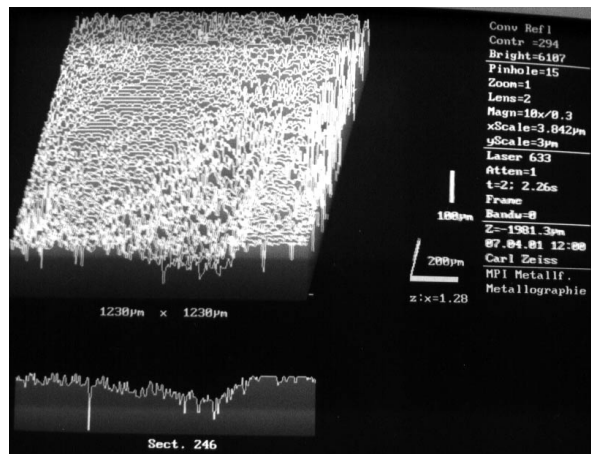


Abb. 46 – Bitmap-Darstellung der Topographie des Bildausschnittes, unten Profil parallel zur x-Achse

Perthometer. Definitionen, Oberflächen-Kenngrößen



P_t Profiltiefe
DIN 4771

Profiltiefe P_t ist der Abstand zwischen zwei äquidistanten Begrenzungsgeraden von der Form des geometrischen Profils, die das Istprofil innerhalb der Bezugsstrecke kleinstmöglich einschließen. Die Länge der Bezugsstrecke ist anzugeben.

Ausgleichsgerade schneidet das Istprofil derart, daß die Summe der Quadrate aller Profilabweichungen innerhalb der Meßstrecke l_m ein Minimum wird.

P-Profiltiefe (ausgerichtetes Profil) stellt die Abweichungen von der Ausgleichsgeraden innerhalb der Meßstrecke l_m dar.

Wahl der Grenzwellenlänge
(Cut-off) λ_c DIN 4768, ISO 4288

Periodische Profile	Aperiodische Profile	Grenzwellenlänge λ _c (mm)	Einzel-/Gesamtmeßstrecke l _m / l _g (mm)
Füllabstand S _n (mm)	R _a (µm)	λ _c (mm)	l _m / l _g (mm)
>0,01 bis 0,04	bis 0,1	0,08	0,06 / 0,4
>0,04 bis 0,13	>0,1 bis 0,5	>0,02 bis 0,1	0,25 / 1,25
>0,13 bis 0,4	>0,5 bis 10	>0,1 bis 2	0,8 / 4
>0,4 bis 1,3	>10 bis 50	>2 bis 10	2,5 / 12,5
>1,3 bis 4	>50	>10	8 / 40

R_z R_{max} Rauhtiefe
DIN 4768

Einzelrauhentiefe Z_i ist der senkrechte Abstand des höchsten vom tiefsten Profilkontur (= R_p), Gemittelte Rauhtiefe R_z ist der Mittelwert aus den Einzelrauhigkeiten Z_i aufeinanderfolgender Einzelmeßstrecken:

$$R_z = R_{z,GM} = \frac{1}{n} (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n)$$

R_{z,GM} entspricht dem R_a-Mittelwert aus mehreren Einzelmeßstrecken nach DIN 4762.

Maximale Rauhtiefe R_{max} ist die größte Einzelrauhentiefe innerhalb der Gesamtmeßstrecke.

R_ziso, R_c
ISO 4287/1, DIN 4762

R_ziso ist der arithmetische Mittelwert aus den Amplituden der fünf höchsten Spitzen und der fünf tiefsten Riefen:

$$R_{z,iso} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 y_{p_i} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 y_{v_i}$$

Spitzen und Riefen werden durch die Mittellinie bestimmt. Bei weniger als fünf Spitzen und Riefen in einer Einzelmeßstrecke l_e ist der R_ziso-Wert nicht definiert.

R_c ist der arithmetische Mittelwert aus den Amplituden aller Spitzen und Riefen.

$$R_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{p_i} + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{v_i}$$

W_t Wellentiefe
DIN 4774

Wellentiefe W_t ist der senkrechte Abstand zwischen zwei äquidistanten Begrenzungsgeraden von der Form des geometrisch idealen Profils, die das Welligkeitsprofil innerhalb der Meßstrecke l_m kleinstmöglich einschließen.

W-Profil (Welligkeitsprofil) ist die mittlere Linie, die durch das Profilfilter erzeugt wird, ohne langwelligere Profile, die der Form zuzuordnen sind.

R_a, R_q Mittenrauhwerte
DIN 4762, DIN 4768, ISO 4287/1

Mittenrauhwert R_a ist der arithmetische Mittelwert der Beiträge aller Profilwerte des Rauheitsprofils.

$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} |y(x)| dx$$

Mittenrauhwert R_q ist der quadratische Mittelwert aller Profilwerte des Rauheitsprofils.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} y^2(x) dx}$$

y(x) = Profilwerte des Rauheitsprofils.

Für R_a werden auch die Bezeichnungen AA und CLA verwendet, für R_q die Bezeichnung RMS.

R_p Glättungstiefe, R_{mp} R_y
DIN 4762

R_p ist der Abstand des höchsten Profilkonturpunktes von der Bezugslinie (Glättungstiefe).

Nach älterer Definition wird für den R_p-Mittelwert auch die Bezeichnung R_{mp} verwendet. R_p ist dann die größte Glättungstiefe mehrerer Einzelmeßstrecken.

R_y ist der Abstand des tiefsten Profilkonturpunktes von der Bezugslinie. Für R_m wird auch die Bezeichnung R_v (profile valley depth) verwendet.

R_y ist der senkrechte Abstand des höchsten vom tiefsten Profilkonturpunktes R_p + R_y.

R_y entspricht der Definition einer Einzelrauhentiefe Z_i nach DIN 4768, d.h. der R_y-Mittelwert aus mehreren Einzelmeßstrecken ist identisch mit dem R_{z,GM}-Wert.

Rauhtiefe R_a nach DIN 4762 (1960) entspricht der R_y-Definition. R_a wurde 1978 zurückgezogen.

R_{3z} Grundrauhentiefe
nach Werknorm DBN 31007 (1983)

Einzelrauhentiefe R_{3z} ist der senkrechte Abstand der dritthöchsten Profilspitze vom dritttiefsten Profiltal innerhalb einer Einzelmeßstrecke l_e.

Grundrauhentiefe R_{3z} ist der Mittelwert aus den Einzelrauhigkeiten R_{3z} fünf aufeinanderfolgender Einzelmeßstrecken l_e.

$$R_{3z} = \frac{1}{5} (R_{3z,1} + R_{3z,2} + \dots + R_{3z,5})$$

Profilspitze und Profiltal müssen sowohl eine vertikale als auch eine horizontale Mindestgröße überschreiten.

Abb. 47 - Definition der wichtigsten Rauheitsparameter nach DIN

Analyse experimenteller Gebrauchsretuschen

Zur Unterscheidung von Bruchmustern natürlicher Kantenbeschädigungen vs. Gebrauchsretuschen sind einige systematische Voruntersuchungen notwendig. Dies gilt besonders zur Verifizierung eines Zusammenhangs von systematischen Gebrauchsretuschen mit kantennahen Polituren. Entscheidend ist die nur in Experimenten ermittelbare Abrasion pro Werkstoff und Zeiteinheit. Zu Rauigkeitsparametern kantennaher Oberflächen von Feuersteingeräten werden hierbei am LSM erste Werte ermittelt, die in weiteren Studien präzisiert werden können.

- *Natürliche Kantenbeschädigungen*

Tausende von natürlichen Kantenbeschädigungen durch Umlagerung weist das mittelpleistozäne Inventar von Lübbow (Lkr. Lüchow-Dannenberg, Niedersachsen) auf (Steguweit 1997; 1998). Die Flintartefakte sind in bis zu 30m mächtigen Vorschüttsanden der Drenthe-Grundmoräne abgelagert worden. Abrollungserscheinungen von Artefakten sind typisch für Umlagerung in Sanden und Kiesen und wesentlich stärker ausgeprägt als bei Umlagerung in Böden oder feinkörnigem Sediment.

Wenngleich die Artefakte von Lübbow weniger abgerollt erscheinen als z.B. die von Wallendorf (Weber 1986), sind Aussplitterungen durch harte Initialbrüche tiefmuschelig (*LD* oder *SD*, vgl. Tab. 7) und daher ein klarer Indikator für Kantenbeschädigungen durch harte Gesteine. Oft kommt der nach Hayden (1979) als SNAP bezeichnete rechtwinklige Ausbruch der Kanten vor. An einer kleinen Auswahl eines Inventars von Lübbow (Sammlung K.Breest) können diese typischen Kantenbeschädigungen exemplarisch dokumentiert werden (*Tafel 4*).

Experimente an harten organischen Werkstoffen

Fragestellungen zur Abgrenzung werkstoffbedingter Gebrauchsretuschen und Oberflächenmodifikationen werden besonders intensiv an verschiedenen harten organischen Materialien getestet. Der Grund besteht darin, daß andere Bearbeiter (z.B. Vaughan 1981; 1985; Pawlik 1995) für diese in der Praxis häufig vorkommenden Bruchmuster die relativ sichersten Kriterien aufgestellt haben (vgl. Tab. 8).

An verschiedenen Werkstoffen werden mit unterschiedlicher Intensität transversale und longitudinale Arbeitstakte durchgeführt. Der Schwerpunkt liegt auf transversalen Tätigkeiten. Longitudinale Tätigkeiten haben nur einige wenige relevante Kriterien erbracht, wie z.B. die Tendenz der Kantenbegradigung durch

bifaziell aussplitternde Negative. Dieses Muster longitudinaler Abrasion kommt im archäologischen Material nur relativ selten vor.

Ein Teil der beschriebenen Experimente entstammt einem von mir geleiteten Praktikum zur Gebrauchsspurenanalyse (*Inst. f. Ur- u. Frühgeschichte Tübingen, 2000*). Weitere Vergleichsstudien sind aus dem Bestand der Sammlung des Tübinger Instituts für Ur- und Frühgeschichte vorhanden: die Experimentalkomplexe von G.Unrath, L.Owen und J.Hahn (Elfenbeinexperimente) sowie die von H.Paulsen hergestellten Geräte der Sammlung A.Pawlik (Blind Tests der 80-er Jahre, dazu verschiedene Tutoriumsexperimente).

Der Gesamtbestand an experimentellem Referenzmaterial einschließlich selbstgefertigter Objekte umfaßt ca. 250 Stücke, größtenteils aus nordischem Flint und Jurahornstein (vgl. Owen & Unrath 1986; Pawlik 1995). Die in meinen Experimenten verwendeten Abschläge sind sämtlich aus baltischem Flint. Sie sind mit harten Schlagsteinen (Quarzgerölle) geschlagen und z.T. mit einem Geweihhammer retuschiert worden.

Versuch A: trockenes Geweih schaben

- 10min. Geweihhammer schaben mit scharfkantigem Abschlag (*Tafel 5*).

Material: feinkörniger, baltischer Flint

Kantenwinkel: 25-30°

Spanwinkel: relativ konstant

Druck: relativ stark

Effekt: 11, „small shallow“-Negative,

Tiefe zur Flächenmitte 0,8-1,5mm,

Bruchinitialisierung: flachmuschelig, z.T. ausgesplittert

Bruchendigung: 6x flachmuschelig; 5x Angelbrüche, teilweise SER (*Tafel 5/ F2*)

- 20min. Abwurfstange schaben, größerer Kantenwinkel (*Tafel 6*)

Material: feinkörniger, baltischer Flint

Kantenwinkel: 40°

Spanwinkel: relativ konstant

Druck: relativ stark

Effekt: „small step“- Negative, Tiefe

(zur Flächenmitte) 0,9-1,2mm,

Bruchinitialisierung: flachmuschelig

Bruchendigung: trapezoide Negative, partiell SER (*Tafel 6/ 2*), flach endend (*Tafel 6/ 3*)

Trockenes Geweih gehört zu den härtesten organischen Werkstoffen. Die Bruchinitialisierung der Mikroretuschen ist relativ geradlinig, es entstehen kaum Bulben und daher keine tiefmuscheligen Aussplitterungen. Erwartungsgemäß sind die Gebrauchsretuschen lang endend (auf die Oberfläche greifend) und in ihren Querschnitten teilweise trapezoid (*Tab. 8*).

Damit entsteht eine Schnittmenge zu Befunden, die für harte Hölzer geltend gemacht werden (Vaughan 1985).

Die Bearbeitung von Geweih spielt vor allem ab dem beginnenden Jungpaläolithikum eine Rolle (Geschoßspitzen, Speerschleuder-Hakenenden, Nadeln). Vor der Bearbeitung sollte Geweih lange Zeit in Wasser eingeweicht werden, da es dadurch weich und elastisch wird (*Mitteilung eines Künstlers in Tschukotka, der Schnitzereien aus Rengeweih und Walroßelfenbein anfertigt*). Im Inventar von Bilzingsleben gibt es nach neuen Untersuchungen keine eindeutigen Belege für eine Geweihbearbeitung mit Feuersteinartefakten (Vollbrecht 2000). In der spätcromerzeitlichen Fundstelle Boxgrove wird ein Geweihhammer beschrieben, an dem jedoch keine Bearbeitungsspuren durch Silex erkennbar sind (Roberts & Parfitt 1999).

Versuch B: Muschelbearbeitung (sägen, schaben)

- Muschelschale 30min. (pro Kante) sägen und abschaben (*Tafel 6/4*);
Material: feinkörniger, baltischer Flint
Kantenwinkel: 35/ 40°
Spanwinkel: Sägen 90°, beim Schaben variierend
Druck: mittel
Effekt: 11 Negative „small shallow“ (L = 0,8-1,5mm)
Bruchinitialisierung: flachmuschelartig, SNAP-Brüche, zusätzlich starke Kantenabrasion
Bruchendigung: teilweise trapezoid (*Tafel 6/5*), meist flach endend (*Tafel 6/6*)

Durch intensive Bearbeitung von Muschelgehäuse mit den lateralen Kanten eines Abschlags entstehen zunächst (nach 5-10min. Bearbeitungsdauer) durchgehende SNAP-Brüche. Die Tiefe (Dicke) der Bruchfront beträgt ca. 0,7-0,8mm. Damit erreicht die Werkzeugkante offenbar einen stabilen Zustand. Sie bricht nicht weiter, sondern abradert und verrundet in der weiteren Bearbeitung (*Tafel 6/7*). Die trapezoiden Bruchendigungen weisen (vgl. trockenes Geweih) auf hartes Kontaktmaterial.

Versuch C: trockenes Hartholz schaben/ glätten

- Eibenholzlanze 20min. schaben/ glätten (*Tafel 7*).
Kantenwinkel: 25-30°
Spanwinkel: beim Schaben (abspannend) sehr flach (überstumpf), d.h. Arbeitswinkel sehr klein, beim Glätten variabel
Druck: mittel/ stark
Effekt: überwiegend Kantenverrundung, einige trapezoidale Aussplitterungen
Bruchinitialisierung: abradert, nicht erkennbar
Bruchendigung: Verrundung, wenige Angelbrüche (SER)

- Hartholz 25min. schaben und glätten (*Tafel 8*)
Kantenwinkel: 30-35°
Spanwinkel: beim Schaben (abspannend) ca. 120°, beim Glätten variabel
Druck: mittel/ stark
Effekt: überwiegend Kantenverrundung, einige trapezoidale Aussplitterungen
Bruchinitialisierung: abradert, nicht erkennbar
Bruchendigung: Verrundung, wenige Angelbrüche (SER)

Beide Artefakte wurden zum Abarbeiten von Holzgeräten eingesetzt. Während die Abschläge beim Abspannen sehr flach (messerartig) angesetzt wurden, ist der Arbeitswinkel beim Glätten und Abschaben der Astansätze wesentlich stumpfer. Durch den variablen Arbeitswinkel entsteht hier keine *Second Edge Row*, sondern eine gleichmäßige Kantenverrundung. Diese ist als abrasiver Effekt mit dem LSM meßbar. Um eine bessere Kompatibilität zu den Profilausmessungen in *Tafel 6* zu erreichen, ist der Mittenrauhwert R_a jeweils zu verdoppeln. Der einfache Wert R_a stellt lediglich die durchschnittliche Abweichung der Einzelwerte von einer Ebene dar.

Durch intensive Abrasion (Kantenverrundung) verringert sich der kantennahe Mittenrauhwert ($2xR_a$). Während die Rauigkeit der natürlichen Flintoberfläche ca. 12µm (*Tafel 7/2*) beträgt, vermindert sie sich im Bereich der Kantenverrundung auf ca. 3µm (*Tafel 7/1*). Damit ist hier erstmals der quantitative Beweis einer abrasiven Glättung der Grain-Struktur durch Werkzeugnutzung im Sinne der *wear theory* erbracht.

Derselbe Effekt ist bei einem ähnlich eingesetzten Artefakt bei etwas steilerer Arbeitskante erbracht (*Tafel 8*). Die natürliche Grain-Struktur des Flint (Herkunft Küste in Schleswig-Holstein) ist hier größer als beim sonst überwiegend verwendeten Rohmaterial (Senon-Flint aus Lübbow, Niedersachsen/ Insel Mon, Dänemark). Die Grundrauigkeit beträgt hier zwischen $2xR_a$ ca. 20-30µm. Durch Kantenverrundung wird dieser Wert von 30 auf 22µm vermindert (*Tafel 8/1 vs. 8/2*), im zweiten kantennahen Spot von 32 auf ca. 20µm (*Tafel 8/3: Profile 2=Fläche, 1=Kante*). In beiden Fällen haben variable Arbeitswinkel zu einer Verrundung und damit abrasivem Verschleiß der Kante geführt. Nachfolgende Experimente an harten und mittelharten Hölzern zeigen, daß vor allem der Arbeitswinkel entscheidend für die Art des hauptsächlich entstehenden Abnutzungsmusters Verrundung oder *Second Edge Row* ist. Beide Erscheinungen sind – je nach Arbeitsweise – für das transversale Arbeiten an Hölzern typisch:

- Hartholz 20 min. schaben und glätten (*Tafel 9 ob.*).
Kantenwinkel: 35-45°
Spanwinkel: beim Schaben steil ca. 80-100°

Druck: relativ stark

Effekt: ventral 7 trapezoide Negative bis 0,5mm Tiefe, partiell SER, dorsal SNAP, partiell Kantenverrundung

Bruchinitialisierung: abradiert, nicht erkennbar

Bruchendigung: trapezoid, partielle SER

Offenbar stellt die Zeitmarke 20min. einen realistischen Wert dar, ab wann die Kante zu verrunden beginnt. Zur Initialisierung der Verrundung ist eine stabile Arbeitskante nötig, deren Dicke mindestens 0,7mm betragen sollte. Zusätzlich muß der Arbeitswinkel variieren (dorsal). Am selben Stück ist bei ventraler Spanfläche ein abweichendes Bild erkennbar: Trapezoide Negative entwickeln sich bei zunehmender Dauer der schnitzenden Tätigkeit zu einer durchgehenden *Second Edge Row*. Diese wird von Vaughan (1981; 1985) ebenfalls (wie SNAP, Makroretusche) als kantenstabilisierend beschrieben, da sie zu einer Übersteilung der Arbeitskante führt.

- Hartholz 20 min. mit retuschierter Kante schaben und glätten (*Tafel 9 Mitte*).

Kantenwinkel: 50-65°

Spanfläche: dorsal

Spanwinkel: beim Schaben/ Glätten überstumpf, d.h. Arbeitswinkel ca. 60°

Druck: relativ stark

Effekt: trapezoide, breite Aussplitterungen, keine Ansätze einer SER

Bruchinitialisierung: ausgesplittert

Bruchendigung: mehrstufig trapezoid, Länge der Negative 0,5-1,3mm

Durch die starke Makroretusche, die eine Übersteilung der Arbeitskante bewirkt hat, bleibt die Arbeitskante auch bei längerer Bearbeitung relativ stabil. Die Mikroretuschen sind ausnahmslos trapezoid, ohne eine *Second Edge Row* auszubilden. Die SER benötigt zu ihrer Entstehung eine gleichmäßig ansetzende Bruchinitialisierung, was durch die Makroretusche verhindert wird. Die Arbeitskante weist schwachen Residenglanz auf.

Versuch D: trockene Knochen bearbeiten (abschaben/ glätten)

Eine Bearbeitung durchgetrockneter Knochen erweist sich gegenüber der in Experiment H durchgeführten Bearbeitung frischer Knochen als wesentlich aufwendiger. Die gebrauchsbedingten Bruchmuster sind denen von Hartholz sehr ähnlich. Eine Einlagerung additiver Partikel (vermeintlich heller Glanz) ist geringer als bei frischen Knochen.

Werkzeugtechnisch denkbar wäre hier die Zurichtung von Knochenspitzen, wie sie seit dem Mittelpaläolithikum (z.B. Salzgitter-Lebenstedt) und ver-

stärkt seit dem Aurignacien (z.B. Vogelherdhöhle) bekannt sind. Eine spanend-glättende Bearbeitungstechnik von Knochen ist im Mittelpleistozän bisher nicht bekannt.

Experimente an mittelharten organischen Werkstoffen

Gemäß der Voruntersuchungen (Vaughan 1981; Odell 1981) unterscheiden sich harte organische Werkstoffe von mittelharten, viskoserer Materialien in Tiefe und Querschnitt der Gebrauchsretuschen. Das kann in eigenen Experimenten bestätigt werden.

Versuch E: frisches Holz bearbeiten

- frisches Splintholz (Haselstecken) 10 min. bidirektional schaben/ glätten (*Tafel 9 unten*).

Kantenwinkel: 60°

Spanfläche: ventral + dorsal

Spanwinkel: beim Schaben/ Glätten überstumpf, d.h.

Arbeitswinkel ca. 60°

Druck: mittel (Fläche A), stark (Fläche B)

Effekt: ventral (A) small shallow-Neg., T. 0,5-0,7mm, dorsal (B) small step-Neg., Tiefe 0,7mm

Bruchinitialisierung: flachmuschelrig

Bruchendigung: flach (A), stufig (B)

Das Auftreten flach endender Negative (Fläche A) deutet auf einen weicheren Werkstoff (Entrinden des Holzes). Bei stärkerem Druck (Fläche B) entstehen stufige Ausbrüche. Die Arbeitskante weist schwachen Residenglanz auf. Zur Untersuchung des Residenglanzes, der auf die Einlagerung additiver pflanzlicher Gerbstoffe in die kantennahen Oberflächen zurückzuführen ist, wird ein weiteres Werkzeugexperiment durchgeführt. Dabei wird nur bis zum Initialstadium des Auftretens regelhafter Gebrauchsretuschen gearbeitet.

- frisches Holz (Eiche) 10 min. bidirektional entrinden, schaben und glätten (*Tafel 10*).

Kantenwinkel: 30°

Spanfläche: dorsal

Spanwinkel: beim Schaben/ Glätten überstumpf, d.h.

Arbeitswinkel ca. 40-60°

Druck: mittel (Fläche A), stark (Fläche B)

Effekt: ventral keine Aussplitterungen, Glanz durch eingelagerte Pflanzensäure (Steguweit 1994); dorsal unregelmäßige, einzelne micro-/ small shallow-Negative, Tiefe 0,2mm (*Tafel 10 unten links*)

Bruchinitialisierung: flachmuschelrig

Bruchendigung: flach (*feather scars*)

Trotz der kurzen Benutzungsdauer kann der schwache Kantenglanz entlang der ventralen Kante auch bei

gründlicher Reinigung (Ultraschallbad, Ethanol) nicht entfernt werden. Die Kante, wie auch die unmodifizierte Ventralfläche des Artefaktes, wurden einer LSM-Rauhigkeitsmessung unterzogen (*Tafel 10 Mitte*). Dabei zeigt sich eine Pseudo-Glättung der kantennahen Oberfläche im Bereich des Kantenglanzes. Durch Einlagerung additiver Partikel in die Tiefen der Oberflächengrain-Struktur kommt es zu einer Verminderung des Mittenrauhwertes R_a von 16 auf $11\mu\text{m}$. In monochromen Oberflächenaufnahmen wird deutlich, daß bei dieser Art von Politur nicht die Peaks der hochstehenden Grains abgeschliffen werden, sondern in die schuppigen Zwischenräume Material eingelagert wird, das relativ hartnäckig haften bleibt. Damit ist belegt, daß bei hochauflösenden Vergrößerungen im Experiment Glanzeffekte auftreten, die am prähistorischen Objekt weitgehend irrelevant sind, da sie dort durch intensive bodenchemische Prozesse überlagert werden.

Der Nachweis solch additiv angelagerter Partikel zeigt die Schwierigkeit, experimentelle Politurphänomene mit solchen auf prähistorischen Objekten zu vergleichen. Bei qualitativ guten auflichtmikroskopischen Fotos (z.B. Unrath 1982) stellt sich der Verdacht einer Vermischung verschiedener Phänomene bereits aufgrund des optischen Eindruckes ein (vgl. Odell 1975). Polituren bei Holz- oder Knochenbearbeitung werden von Keeley & Newcomer (1977, 39-44) als diskrete Oberflächenspots beschrieben, die sich vom Zentrum aus vergrößern. Ein physikalisches Erklärungsmodell des damit verbundenen relativ schnellen Umschlags der Oberfläche von *schuppig* zu *glatt* wurde nie vorgelegt, während eine Erklärung mit Additivpartikeln plausibel ist und von Odell (1975) zur Diskussion gestellt wurde.

Auch Referenzabbildungen von Unrath (1982) zeigen Flächenmodifikationen durch additive Materialresiduen (*Abb. 48/ 3-4*). Die Objekte stammen aus der Predorset-Siedlung Umingmak in der kanadischen Arktis und sind aus feinkörnigem Hornstein. Der Erhaltungszustand der Artefakte ist „bergungsfrisch“, Verrundungen oder Kantenbestoßungen gibt es kaum (Unrath 1982). Anhand eigener Experimente und der bis dahin erschienenen Literatur zur *High Power*-Analyse sieht Unrath (1982) in den meisten mit höheren Auflösungen untersuchten Objekten Belege für Holz- und/ oder Knochenbearbeitung. Während in *Abb. 48/ 1-2* ein gradueller Übergang des Verschleißes eine Abrasion plausibel macht, ist das punktuelle Auftreten völlig planer Flächen unabhängig von Kantenverschleiß (*Abb. 48/ 3-4*) ein Beispiel additiver Residuen.

Der Additiveffekt auf den Artefakten der genannten Arktisstation, der trotz Interpretationsverschiedenheiten direkte Belege von Werkzeugnutzung erbringen kann, ist nicht allgemein auf paläolithische Objekte übertragbar und bildet Ausnahmefälle. Wie in den Vorbetrachtungen geschildert, sind abrasive und chemische Effekte der PDSM dagegen als Regelfall anzusehen.

Um mögliche Unterscheidungskriterien zwischen Werkzeugnutzung und PDSM finden zu können, sind Rauhigkeitsmessungen notwendig. Der Grad abrasiver Polituren im kantennahen Bereich ist quantifizierbar und korrespondiert in jedem Falle mit Kantenmodifikationen durch Verrundung oder Microchipping.

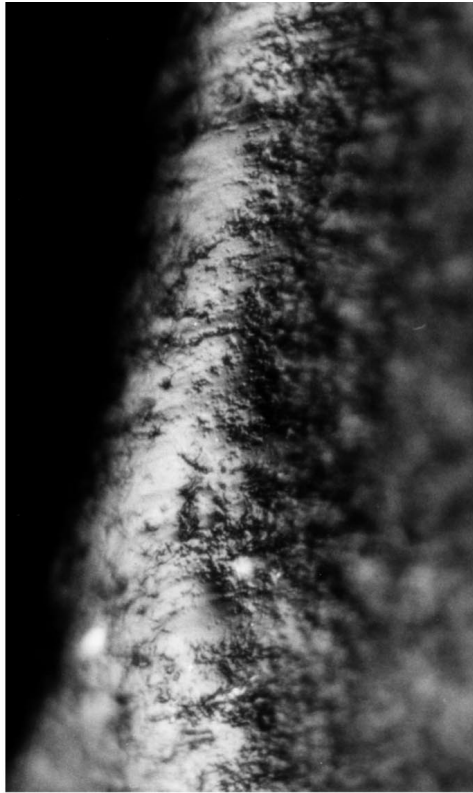
Ein hinlänglich beschriebenes Begleitphänomen, das neben quantitativen Belegen zur Identifizierung echter Gebrauchspolituren beiträgt, sind regelhaft verlaufende Striae. Die Richtung von Striaegruppen entspricht der Kinematik des Werkzeuges. Striae können außerdem auf unidirektional entstandene Polituren hinweisen (Odell 1975, 229-31).

Versuch F: Elfenbein schaben

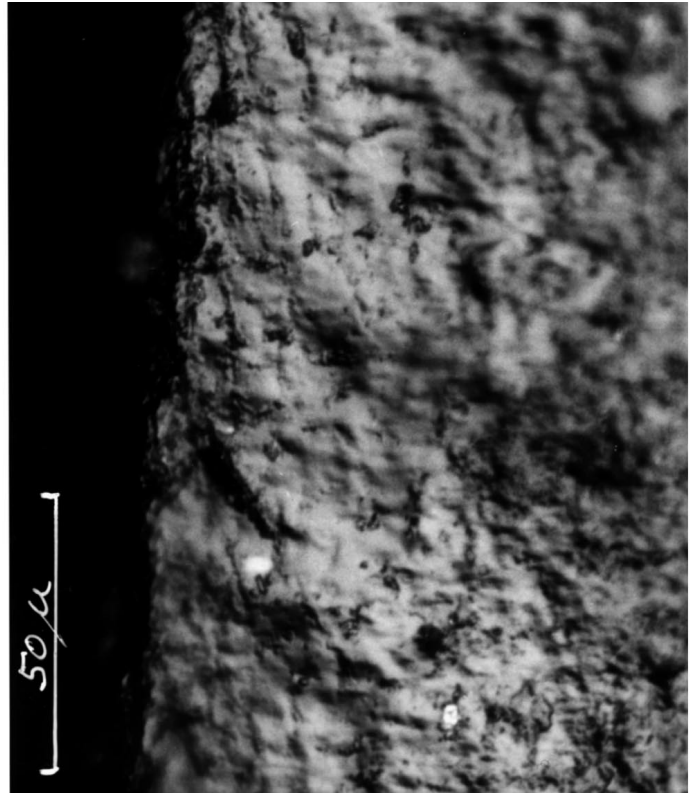
- 30 min. Stoßzahnspitze schaben, unidirektionale Arbeitsrichtung (*Tafel 11*).
- Kantenwinkel*: 40°
- Spanfläche*: dorsal
- Spanwinkel*: beim Schaben/ Glätten überstumpf, d.h. Arbeitswinkel ca. $40-60^\circ$
- Druck*: mittel
- Effekt*: ventral unregelmäßige, geringfügige Aussplittierungen; dorsal durchgehende small shallow-Negative, Tiefe $0,5-0,8\text{mm}$
- Bruchinitialisierung*: flachmuschelrig/ ausgesplittert
- Bruchendigung*: feather scars/ small step

Bei der Bearbeitung einer Stoßzahnspitze (Walroßelphenbein) wurde eine gebuchtete Kante verwendet. Die Gebrauchsretuschen in der Bucht sind regelmäßig ausgeprägt (*Tafel 11 unt. li.*). In den Aussplittierungsnegativen setzen sich additive Partikel fest, die einen typischen hellen Glanz erzeugen (vgl. *Blind Tests*, Owen & Unrath 1986). Die Oberfläche ist zur Kante hin sukzessive geglättet (*Tafel 11 unt. re.*). Das ist sowohl durch eingeschmierte Partikel zwischen den Grains, als auch durch abgestumpfte Grainspitzen erklärbar. Dabei ist es recht schwierig, eine Fläche auszumessen, die im Bildausschnitt $1,2 \times 1,2\text{mm}$ plan genug für das Abscannen mit dem Laser ist. Die natürliche Oberflächenrauhigkeit ($2xR_a$) kann mit $12-15\mu\text{m}$ geschätzt werden. Die Beurteilung ist hier anhand der in der Monitorarstellung des LSM stufenlos abfahrbaren Profile möglich. Das Rauhigkeitsprofil (*Tafel 11 unt. re.*) zeigt eine Störung der Fläche an, das normale Spektrum der Oberflächentiefe ist aber ebenfalls ablesbar. Der Mittenrauhwert ($2xR_a$) beträgt an dieser Stelle noch ca. $10\mu\text{m}$ und sinkt zur Kante weiter ab.

An diesem Werkzeug ist erkennbar, daß Elfenbein sowohl mechanische Abrasion bis zur Kantenver stumpfung verursachen kann, als auch durch die Einlagerung additiver Partikeln typische Muster erzeugt, die unter dem Lichtmikroskop einen hellen Glanz erzeugen.



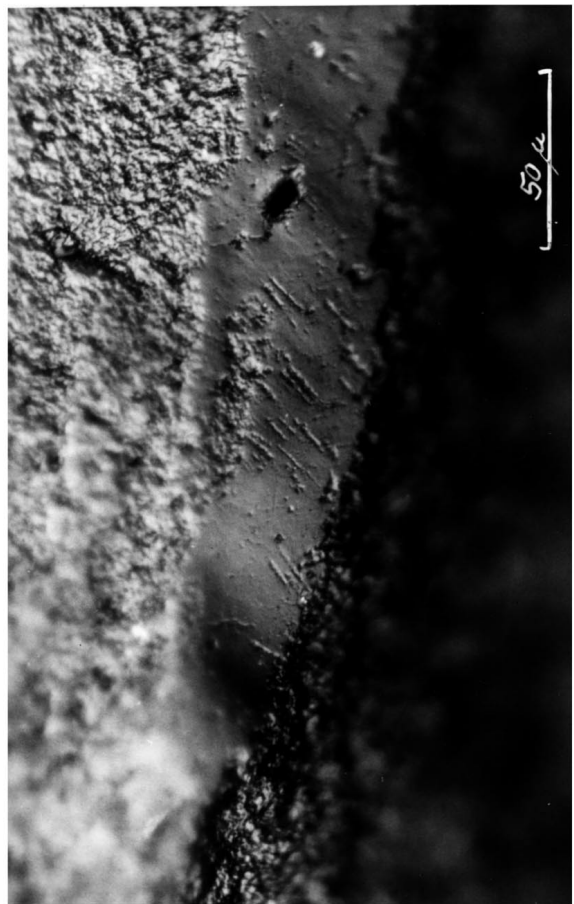
1



2



3



4

Abb. 48 – Gebrauchspolituren in der Arktisstation Umingmak (Unrath 1982);
1 und 2 - Holz/ Knochen (abrasiv?); 3 und 4 - Holz (wahrscheinlich additiv)

Die Beobachtungen der *feather scars* sowie des hellen Kantenglanzes konnten an einem weiteren Elfenbein-Experiment während des Gebrauchsspurenseminars verifiziert werden, bei dem 20min. unidirektional Elfenbein geschabt wurde. (Tafel 12/ 1-2).

Versuch G: Bearbeitung von eingeweichem Geweih

- 30 min. eingeweichtes Geweih (12h Wasser) unidirektional abschaben, zuspitzen (Tafel 12/ 3-4)
Kantenwinkel: 35°
Spanfläche: dorsal
Spanwinkel: überstumpf, Arbeitswinkel ca. 30-40°
Druck: mittel
Effekt: dorsal im Kantenbereich in (1) small shallow-Negative, Tiefe 0,5-0,8mm; im übrigen Kantenbereich (markierte Linie) micro shallow, Tiefe 0,3-0,5mm (vgl. Tafel 12/ 3 links).
Bruchinitialisierung: flachmuschelig
Bruchendigung: feather scars

Ähnlich wie bei der Bearbeitung von trockenem Geweih kommt es zu Einlagerungen additiver Partikel in die Oberfläche, die leichte diagonal verlaufende Striae hervorrufen (Tafel 12/3 unten links). Im Gegensatz zur Holzpolitur wirkt die Geweihpolitur nicht völlig oberflächennivellierend. Der unmodifizierte Mittenrauhwert ($2xR_a$) der Fläche beträgt ca. 10µm (Tafel 12/ 4), am Rand sinkt er auf bis zu 6µm ab. Wegen der Verfälschung der Flächendarstellung und der Parameter durch additive Partikel ist dieser Wert auch hier nur an Profilen, im Bereich der regelhaften Grainstrukturen und ihrer Tiefen abschätzbar.

Versuch H: Bearbeitung von frischen Knochen

- 30 min. unidirektional Periost von frischen Knochen schaben
Kantenwinkel: 30°
Spanfläche: dorsal
Spanwinkel: überstumpf, Arbeitswinkel ca. 30-40°
Druck: mittel
Effekt: auf Spanfläche „small shallow“-Negative, Tiefe 0,5-0,8mm, S-Step-Negative, Bruchendigungen z.T. splittig; keine SER ausgebildet
Bruchinitialisierung: flachmuschelig
Bruchendigung: feather scars, Übersteilung der Kante

Die Bearbeitung frischer Knochen ähnelt in den Gebrauchsretuschen sehr stark der von mittelharten Hölzern. Abrasive Verrundungen der Kante sind bei langem Gebrauch über mehrere Stunden möglich. Die Politurbildung, wie bereits diskutiert sehr wahrscheinlich durch Additivpartikel bedingt, wird von Unrath (1982, 89) in Form von Spots beschrieben, die sich

weniger extensiv auf der Fläche ausbreiten als bei ähnlich intensiver Holzbearbeitung. Solche Polituren treten in archäologischen Komplexen selten auf.

Experimente an weichen organischen Werkstoffen

Versuch J: Schneiden von Fleisch, frischen Häuten/ Fellen

Die Bearbeitung weicher organischer Substanzen wie Fleisch und Haut/ Fell gilt im Kontext von *High Power*-Befunden als umstritten. Das Schneiden von Fleisch wird in der Analyse oft mit einer typischen, kantennahen Politur in Verbindung gebracht (z.B. Skakun 1993, 139). Die Politur entstünde – ähnlich wie bei harten Werkstoffen – nicht nur auf der direkt beanspruchten Schneidfront, sondern auch lateral im kantennahen Bereich. Der physikalische Prozeß, der zu einer Verstumpfung der kantennahen Oberfläche führen soll, ist bislang nicht erklärt worden. Es besteht der Verdacht, daß hier eine Fehlinterpretation additiver Partikel erfolgt ist. Den Analysen, die das Schneiden von Fleisch diagnostizieren, hält Pawlik (1995) entgegen, daß eine signifikante Schneidenabnutzung bzw. Polituren hier erst nach frühestens 30 min. intensiver Benutzung nachweisbar ist. In mehreren „Tübinger Experimenten“ sind entsprechende Schlacht- und Gerbvorgänge mit Feuersteingeräten durchgeführt worden, wobei die Artefakte (meist einfache Abschlüge) jeweils einer realistischen Verwendungsdauer bis zum Verstumpfen der Schneide unterzogen werden (Steguweit 1994). Nach gründlicher Reinigung sind unter dem Auflichtmikroskop bei diesen Artefakten keinerlei Gebrauchsspuren im *High Power*-Bereich diagnostizierbar.

Auswaiden und Schneiden von Rohhaut werden bei Politurmustern oft in einem Atemzug genannt. Daher wird in den Experimenten auf den Aspekt Wert gelegt, bei welchen Arbeitsgängen dieser Art der Einsatz von Silexartefakten überhaupt sinnvoll ist (Steguweit 1994, 69) (Abb. 49 links).

Die nachfolgenden Beobachtungen beziehen sich auf einen Sonderfall der Tiernutzung, die Verwendung von Silexartefakten zur Fellbearbeitung („*hide working*“):

1. Bei routiniertem Abziehen der Decke (Abschlagen mit der Faust) ist eine Nachbearbeitung der Innenseite, sofern das Fell oder Leder weiterbearbeitet werden soll, nicht nötig. Die Decke wird an den Läufen relativ weit proximal angeschnitten und anschließend ohne Verwendung von Steinartefakten zwischen Cutis und Subcutis abgezogen, ohne daß die Subcutis beschädigt wird. Damit entfällt der Vorgang des nachträglichen Abschneidens der Subcutisreste (Abb. 49 rechts). Geräte zur Bearbeitung von Häuten und Fel-

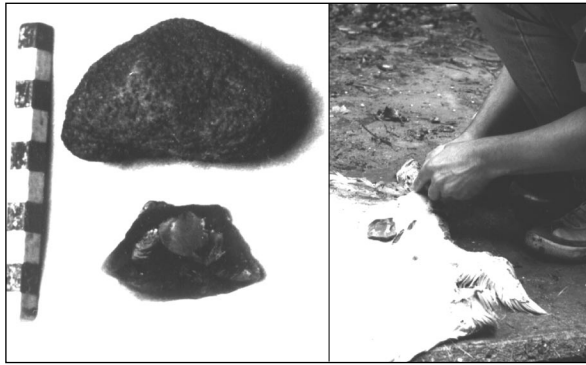


Abb. 49 – Fellbearbeitung mit Bogenschaber (Flint) und Reibstein zur Hirngerbung (Sandstein) (li.), Abschaben der Subcutis mit einem Flint-Artefakt (re.)

len sind bogenförmige Schaber aus Holz oder Metall (die sogenannten „Haareisen“), während kleine Abschläge wegen der scharfen Kanten ungeeignet für diese Vorgänge sind.

2. Vor dem Gerben muß das Kollagengefüge der Haut aufgeweitet werden. Dieser Prozeß wird als „Weichen“ bezeichnet (Bravo & Trupke 1970). Dadurch ist das Fell relativ leicht durch Abzupfen oder Abschaben zu entfernen (Steguweit 1994, 72-8). Bogenförmige Schaber, die im Inuit-Sprachgebrauch als Universalwerkzeug „Ulu“ bekannt sind, sind hierfür geeignet. Diese Geräte weisen eine konvexgeformte (halbmondförmige) Schneide auf, die sowohl zum Schneiden (Auswaiden) als auch zum Schaben (Fellbearbeitung) eingesetzt werden kann (Henze 1999). Während im Experiment ein kleiner, ungeschäfteter Bogenschaber aus Flint zum Einsatz kam (Abb. 49 links), sind Ulus meist in Holzgriffen geschäftet (Abb. 50). Die Klingen bestehen z.T. aus geschliffenem Schiefer, aber auch aus Flint, Hornstein oder Quarzit. Entsprechende Silexgeräte sind (zumindest bei morphologisch und in den Größenordnungen weitgehender Ähnlichkeit) seit frühsaalezeitlichen Befundzusammenhängen bekannt, z.B. aus Eythra (Eissmann et al. 1995, 285) oder Lübbow (Steguweit 1998, 35) (Abb. 51). Auf ein Arbeiten mit unretuschierten Abschlägen kann im Falle von Hautbearbeitung vollstän-

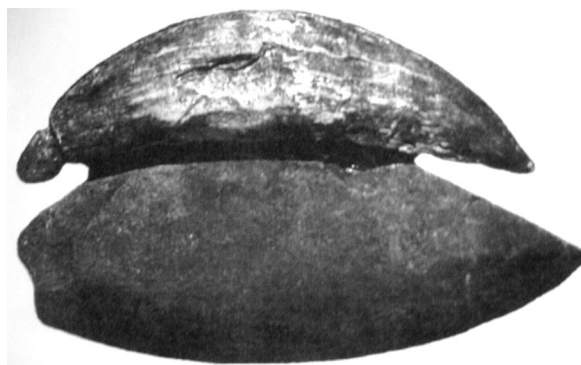


Abb. 50 – St. Lawrence-Insel, Ulu mit Schieferklinge (wahrscheinlich 13.-19.Jh.), L. 103mm (Henze 1999)

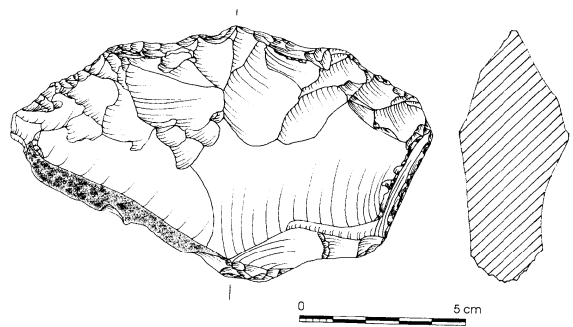


Abb. 51 – Fundstelle Lübbow (Niedersachsen), bogenförmiger Schaber, funktional als „Ulu“ interpretierbar (Steguweit 1998, 35)

dig verzichtet werden, da scharfe Kanten sich eher als hinderlich erweisen. Der Versuch, die Innenseite einer Robbenhaut systematisch von Subcutisresten zu befreien zeigt, daß solche Arbeitsprozesse mit kleinformatigen Abschlägen undurchführbar sind und Ulu-Formen erforderlich machen (Abb. 52).

Einen Grenzfall zwischen weichen und spröden Werkstoffen bildet (bezüglich Gebrauchsspuren) der Arbeitsgang „Nachschaben von zur Trocknung aufgespannten Häuten“ (Abb. 53). Die Oberfläche der Haut ist bereits trocken und spröde. Beim Schaben entstehen bei unterschiedlichen Arbeitswinkeln (30-60°) Aussplitterungsformen wie an mittelharten Werkstoffen (Shallow-Negative). Das heißt, daß die Bearbeitung trockener Häute dem bekannten Spektrum für mittelharte Werkstoffe hinzuzufügen ist.

Zusammenfassung zu den Experimenten

1. Grundlegende Gesetzmäßigkeiten von Werkstoffhärte, Werkzeugwinkel und resultierenden Gebrauchsretuschen (Tab. 8) können bestätigt werden. Die fehlende Standardisierung der Arbeitswinkel ungeschäfteter Werkzeuge läßt allerdings nur eine Annäherung an günstige Kantenwinkel und damit artefaktmorphologische Korrelationen zu, wobei prinzi-



Abb. 52 – Bearbeitung der Innenseite einer Robbenhaut mit einem unretuschierten Flint-Abschlag



Abb. 53 – Abschaben (Nachbearbeitung) einer aufgespannten Rehdecke mit einem unretuschierten Flint

piell zwischen longitudinalen und transversalen Tätigkeiten unterschieden werden kann.

2. Kriterien zur Differenzierung der *Low Power*-Befunde können für verschiedene harte organische Materialien (Harthölzer, Geweih, Elfenbein) erweitert bzw. bestätigt werden. Die 6 Holzexperimente zeigen, daß:
- eine zuverlässige Korrelation harter Werkstoffe und der Ausprägung einer *Second Edge Row* besteht (einen relativ homogenen Arbeitswinkel vorausgesetzt),
 - die Bruchinitialisierung, sofern nicht abrasiv zerstört, bei harten Werkstoffen flachmuschelig ist (vgl. Cotterell & Kamminga 1987),
 - Harthölzer oft im Umriß trapezoide Aussplitterungen produzieren.

3. Neben der *Second Edge Row* ist die Kantenverrundung ein entscheidendes Merkmal bei intensiver transversaler Bearbeitung harter Werkstoffe. Erstmals in diesen Experimenten kann die nutzungsbedingte Abrasion an den kantennahen Oberflächen der Feuersteingeräte gemessen und quantifiziert werden (LSM-Rauhigkeitsparameter). Dabei können Rückschlüsse auf Nutzungsart und -intensität des Werkzeuges gezogen werden.

Zur sekundären Opalisierung von baltischem Flint

Mineralogische Grundlagen

Bei der petrogenetischen Erklärung von SiO_2 -Konkretionen wie Chert, Flint, Kieselholz und Achat war die physikalisch-chemische Triebkraft für die Akkumulation des SiO_2 lange ungelöst, da sich aus Praecursoren mit (relativ pro Volumeneinheit) geringerem SiO_2 -Gehalt in einem langsamen Reifeprozess chemisch dichteres SiO_2 bildet (Landmesser 1995). Flint spielt heute als Rohstoff im Prinzip keine wirtschaftliche Rolle (lediglich als Asphaltaufheller), weshalb hier bis vor kurzem ein Forschungsdefizit bestanden hat. Da sich Feuerstein-Varietäten wegen ihres amorphen Gefüges nicht in kristallographische Systeme einpassen lassen, bilden sie – wie die meisten organogenen Bildungen – eine schwer einzuordnende Gruppe, die lediglich infolge ihrer identischen Silikatstruktur zusammengefaßt werden kann (z.B. Heaney et al. 1994). Mineralogische Differenzierungen von Feuersteinvarietäten anhand ihrer mikrokristallinen Struktur haben Micheelsen (1966) und Knauth (1979) beschrieben.

In der Rückschau bis in die 90-er Jahre bestehender Hypothesen (Engelhardt 1973; Bettermann & Lein 1976; Knauth 1979; Rottländer 1981; 1989; Maliva & Siever 1989) gibt es das Grundproblem, nicht plausibel erklären zu können, „wieso sich die Kieselsäure an einer Stelle zu sammeln vermag“ (Rottländer 1981, 17). Die Entstehung von Flint kann in der Tat nicht vollständig anhand rezenter Vorgänge studiert werden. Biogene Silikatbildung ist in rezenter und subrezenter Form lediglich von opal-abscheidenden Diatomeen bekannt. Diese Algenarten sind maximal 50Ma alt, zugleich sind bis auf einige tiefmarine Ablagerungen keine opalinen Formationen älter als aus dem Miozän bekannt (Knauth 1994, 233-4).

Ein neues Modell, das zum einen die Frage zur Flintgenese, zum anderen die Frage sekundärer Strukturveränderungen der amorphen SiO_2 -Varietäten im allgemeinen sehr schlüssig lösen kann, wird von Landmesser (1995) vorgelegt. Unter dem Motto „*Mobilität durch Metastabilität*“ bzw. „*Mobilisation durch Reifung*“ erklärt er den Modifikationsprozess von amorphem SiO_2 als thermodynamisches Modell. Dazu Landmesser (1995, 150):

„Der Begriff „*Reifung*“ ist hierbei ganz allgemein als *Erniedrigung des chemischen Potentials μ SiO_2 der Komponente SiO_2 in SiO_2 -Bodenkörpern definiert, umfaßt also neben Ostwald-Reifungs-Prozessen auch die μ -Erniedrigung durch SiO_2 -Phasentransformationen“.*

Ohne das Erklärungsmodell eines Reifeprozesses unter metastabilen Energiezuständen gab es bislang keine Erklärung der Konzentration von SiO_2 in Chert-

Ablagerungen. Das gilt speziell für den im archäologischen Rampenlicht stehenden Senon-Flint, der aus gelartigen marinen Kieselalgenablagerungen entstanden ist. Am Ende des diagenetischen Prozesses stehen SiO_2 -Knollen. Zwischen den Grains gibt es Schichtlücken, die durch Akkumulation zur Grainstruktur entstehen. Dieser Prozeß endet jedoch nicht mit dem Erreichen des festen Aggregatzustandes, sondern setzt sich als Reifeprozeß unter metastabilen chemischen Bindungen weiter fort. Katalytisch können vor allem an den Oberflächen der Knollen auch bodenchemische Prozesse einwirken, wodurch sich die Bindungsstruktur ausschließlich in den äußeren Grain-Schichten verändern kann. Die von außen ansetzende Strukturveränderung ist nicht nur auf Substitutionsreaktionen zurückzuführen (Bäsemann 1987), sondern vor allem als sukzessive Opalisierung dokumentierbar (Kapitel „Postgenetische Strukturveränderungen“). Erst das thermodynamische Modell von Landmesser (1995) schafft dazu eine plausible Lösung, wobei folgendes Prinzip zugrunde liegt:

Da von einem makroskopisch formstabil erfolgten Reifeprozeß ausgegangen wird, es also keine offenen Wege gibt, auf denen SiO_2 -Lösungen fließen könnten, müssen für den nachträglichen SiO_2 -Transport im reifenden Praecursor Diffusionsvorgänge verantwortlich sein. Dieser Reifeprozeß wird als Abfolge der folgenden diagenetischen Stadien beschrieben (Landmesser 1995, 152-5):

- 1) amorphes SiO_2 —
...(- μSiO_2)...
- 2) Opal-CT/C —
...(- μSiO_2)...
- 3) Chalcedon/ Quarz

Der thermodynamische Hintergrund dieses petrologisch-geochemischen Prinzips der Mobilisation (Metastabilität) durch Reifung ist durch chemische Potentiale darstellbar. Bei der Transformation ist von Landmesser (1995) an Makro-Stücken ein Gewichtsverlust bis zu 15% meßbar, da der Anteil an kristallinem Wasser zwischen den Grains ständig abnimmt. Die Tendenz der relativen SiO_2 -Anreicherung ist nicht primär durch diagenetische Prozesse begründet, wie das bis dahin angenommen wurde (Rottländer 1981), sondern eine Folge thermodynamischer Umwandlungen, die zu stabileren chemischen Bindungen führen. Dabei kann im Senon-Flint die Phasentransformation SiO_2 zu Opal-CT vorliegen.

Der prinzipielle Trend besteht in der Erhöhung der Si-Dichte. Der Silikat-Anteil im amorphen SiO_2 liegt bei einem spezifischen Gewicht von unter $2,2\text{g/cm}^3$. Dieser Wert gilt zugleich als obere Grenzmarke der Dichte von amorphem SiO_2 . Während des Reifeprozesses steigt der Anteil an dichteren Mikrokristallen: Im metastabilen Opal-CT vermindert sich die Dichte phasenweise bis $2,0\text{-}2,1\text{g/cm}^3$, steigt dann aber im

Opal-C auf $2,27\text{ g/cm}^3$, beträgt bei Chalcedon ca. $2,6\text{ g/cm}^3$ und erreicht bei Quarz bis zu $2,65\text{ g/cm}^3$ (Landmesser 1995, 152).

Es kann belegt werden, daß die Mobilisierung der Bindungsstabilität durch bodenchemische Faktoren katalytisch beschleunigt wird, was bei Flint als maßgeblicher Faktor oberflächlicher Strukturveränderungen angesehen werden kann (Bäsemann 1987). Bei der SiO_2 -Varietät Achat (Fundort Elme im Schwarzwald, Buntsandstein) weist Landmesser (1995, 152-3/ fig. 2) anhand eines Profilschliffes nach, daß der Prozeß der Umstrukturierung an einem Handstück von der Oberfläche nach innen angreift. Das umgebende Sedimentgestein führt zu kugelig strukturiertem Achat (Opal), wobei die Kugelpackung von der Oberfläche nach innen wächst. Landmesser konstatiert, daß die bindungsspezifische Metastabilität bei amorphem SiO_2 verallgemeinerbar ist, wobei die Tendenz der Reifung zu thermodynamisch günstigeren Zuständen ausschlaggebend ist.

Jones et al. (1964) unterscheiden kristallinen und amorphen Opal. Sie beschreiben amorphen Opal (in fossilisierten Hölzern) als Kugelpackungen in Größenordnungen von 150-350nm. Eine bei Sanders & Darragh (1971) abgebildete Opalpackung liegt mit geschätzten 350nm an der Obergrenze des Spektrums. Wenngleich hier ein wichtiger genetischer Unterschied zwischen Opalanlagerung einerseits und Opalisierung durch Strukturveränderung im Flint andererseits besteht, liegt mit dem Größenspektrum der Kugelpackungen ein wichtiges diagnostisches Indiz unter dem Mikroskop vor. Dies gilt besonders für das Initialstadium, wenn keine vollständige Schicht und damit keine Nachweismöglichkeit mittels Röntgen-Diffraktometrie (XRD) besteht.

Das Modell einer oberflächlichen Entstehung von Opal-CT unter sediment-katalytischen Bedingungen soll für Senon-Flint getestet werden. Postfrakturale Oberflächenmodifikationen der Farbe und Struktur sind dabei hinlänglich bekannt (Bäsemann 1987). Im Rahmen der Fragestellung zu politurartigen Oberflächenmodifikationen an Geräten aus Feuerstein wird nachfolgend versucht, den mineralogischen Hintergrund dieses „phänomenologisch“ oft beschriebenen Effektes zu erhellen.

Postgenetische Strukturveränderungen

- a) sekundäre Opalisierung

Untersuchungen, die z.T. als forschungskritische Ansätze zur Gebrauchsspurenforschung angelegt sind, gehen vor allem von der Tatsache aus, daß Flint zu Substitutionsreaktionen mit dem umgebenden Sediment neigt. Dies ist an den erheblichen Farbveränderungen (z.B. grau zu braun) erkennbar, die Feuer-

steinartefakte durch umgebende, eisenoxidhaltige Kiese und Sande erfahren können (z.B. die Kiesgrubenfunde von Lübbow, Sammlung H.Leunig: Steguweit 1997, 43-6) (Abb. 55). Die sekundären Modifikationen an den ca. 5 000 Artefakten und Trümmerstücken hat der Mineraloge W.Gauger zu erklären versucht (Gauger 1979; 1986a,b; 1988; - & Dürre 1987). Gauger (1988, 278-81) beschreibt den z.T. starken, fettartigen Glanz als Folge einer oberflächlichen Quarzpalisadenschicht, die durch in die Flint-Oberfläche eingelagerte Limonit-Opal-Verbindungen entstehen würde. Er sieht dies generell aber in Form einer „Überkieselung“ des Flints, ähnlich der Überkieselung, die an fossilen Hölzern ansetzen kann. Daß gerade in Lübbow ein Teil des Flints und fast ein Drittel der dünnen Abschläge völlig „durchkieselte“ erscheint, d.h. eine transluzente, in einigen Fällen fast durchsichtige Struktur aufweist (Abb. 54), schafft Erklärungsbedarf. Die zunächst neutral als „Opalisierungserscheinungen“ beschriebenen Effekte (Steguweit 1997, 45) lassen sich im folgenden petrographisch präzisieren.

Trotz des hohen Anteils opalisierter Flintoberflächen ist ein Teil der Artefakte patiniert. 42% der Abschlaggrundformen weisen mehr oder weniger starke Patinierung auf, davon sind allerdings lediglich knapp 10% überwiegend oder vollständig patiniert (Abb. 55). Die nur teilweise, oberflächlich ansetzende Patinierung deutet darauf hin, daß diese erst nach der Herstellung der Artefakte eingesetzt hat. Das wiederum spricht für eine zeitweilige Lagerung der Silices im oberflächennahen Milieu. Wie Rottländer (1983, 558) ausführt, wird Patinierung in erster Linie durch Reaktion mit Alkaliionen hervorgerufen. Diese können durch Staub oder Löß eingetragen werden oder durch Reaktion mit Humus- oder Gerbstoffen. Demnach könnte der Patinierungsprozeß an einem Teil der Artefakte als Hinweis auf eine Umlagerung aus huminsäurereichen Oberflächenschichten verstanden

werden, wobei das Milieu mit großer Wahrscheinlichkeit in die prä- oder frühglaziale Phase vor der Ablagerung der Vorschüttsande datiert (Gauger 1988).

Weiterhin ist fraglich, ob Oberflächenglanz (beginnende Opalisierung) tatsächlich als Initialstadium der Patinierung zu verstehen ist (Rottländer 1989). Während Patinierung eine deutliche Dichteverringering infolge der extern angreifenden Korrosion des Gefüges bewirkt, ist Opalisierung eine Si-Anreicherung durch Verdichtung der Silikatstruktur (Landmesser 1995).

Erklärungsmodelle gibt es bezüglich der Farbveränderungen an baltischem Flint. Es kann aufgrund von Schlagexperimenten an Lübbower Flint (Kiesgruben 59/10) festgestellt werden, daß äußerlich braune oder dunkelgraue Knollen im Kern fast immer hellgrau sind. Besonders haben die durch Verwitterung von Dolomiten entstandenen Limonitverbindungen des Drenthe-I-Stadials zur überwiegenden Braunfärbung beigetragen (Gauger 1988). Das betrifft über die Hälfte aller Abschlaggrundformen. Weiße bis hellbraune Färbung (5%) ist meist die Folge nachträglicher Einlagerung von Eisenoxiden aus eisenhaltigem Sickerwasser auf bereits patinierten Flinten. Lediglich die weiß bis hellgrau patinierten (4,6%) oder grauen (13,8%) Artefakte, zusammen knapp ein Fünftel des Materials, sind offenbar von den eisenhaltigen Schotter-sedimenten unbeeinflusst geblieben (Abb. 56).

Dasselbe Phänomen beschreibt Bäsemann (1987) an Abschlägen der Fundstelle Rheindahlen B3 (Inventar des frühen Saalekomplexes). Die Ergebnisse gleichen denen von Lübbow. Es kann gezeigt werden, daß durch die Reaktion mit wässrigen und sedimentabhängigen Lösungen etwa 5-7% der Siliciumverbindungen durch solche der Elemente Eisen, Aluminium, Kalium und Calcium ersetzt wurden, was die unterschiedliche Färbung der Außenschicht verursacht (Bäsemann 1987).

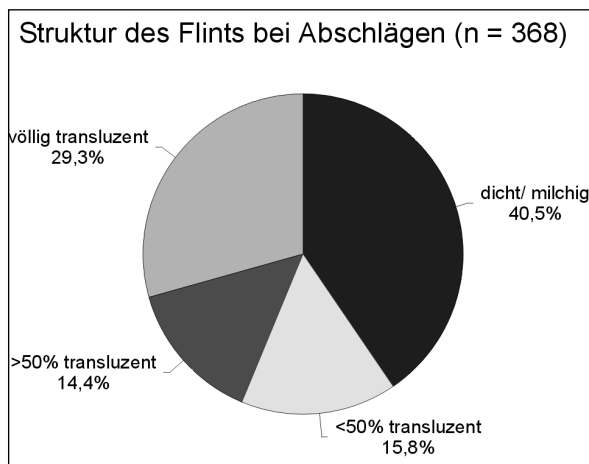


Abb. 54 – Lübbow (Lkr. Lüchow-Dannenberg), Relative Anteile von Strukturveränderungen an Abschlägen aus baltischem Flint

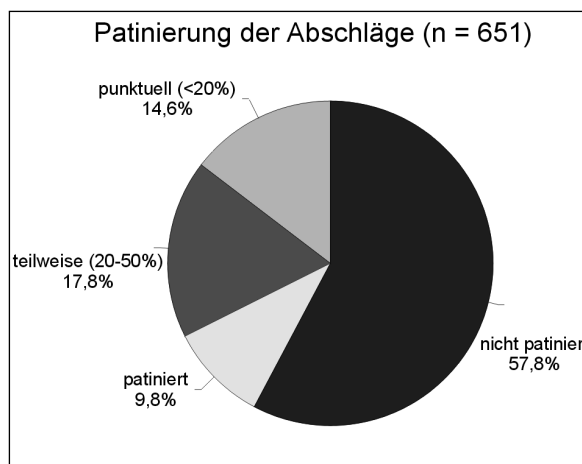


Abb. 55 – Lübbow (Lkr. Lüchow-Dannenberg), Relative Häufigkeit von Patinierung an Abschlägen aus baltischem Flint

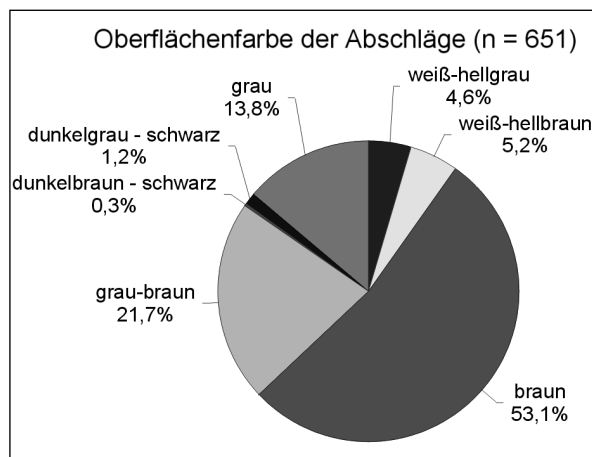


Abb. 56 – Lübbow (Lkr. Lüchow-Dannenberg), Relative Anteile von Oberflächenfarben an Abschlägen aus baltischem Flint

- *b) bodenchemische Strukturveränderungen*

Umfangreiche Versuche zur bodenchemisch bedingten Veränderung der oberflächennahen Struktur von Flint, Quarzit, Lydit, Radiolarit und anderen Gesteinen hat R. Bäsemann (1986; 1987) durchgeführt. In ihren Experimenten testet sie Modifikationen der Gesteinsoberflächen bei dreijähriger Einlagerung in Bodenproben verschiedener pH-Werte. Die Präparate werden anschließend aufgesägt, so daß die Modifikationen der Außenschichten gegenüber dem unmodifizierten Gesteinskern beurteilt werden können. Zur Analyse verwendet sie eine Mikrosonde mit EDAX (*Energy Dispersive Analysis of X-rays*), zusätzlich REM-Aufnahmen. Bäsemann (1986, 98-9) beschreibt die mit EDAX meßbaren Modifikationen der Elementkonzentrationen an vier verschiedenen baltischen Flint-Varietäten (1x Flint Laegerdorf, 3x Hemmoor) folgendermaßen:

In den Außenschichten der Versuchsobjekte ist generell ein Anstieg des Si-Gehaltes und ein Sinken des Ca-Gehaltes zu konstatieren. Alkalisches Milieu (hier Lehm mit pH 7,64) führt bei grau-schwarzen Varietäten aus Hemmoor zu einer deutlichen Farbaufhellung. Desweiteren tritt die oberflächennahe Flintschicht in Substitutionsreaktionen mit Verbindungen der Böden, so daß eine erhöhte Einlagerung von Al, Mg, K und Fe meßbar ist. Besonders Eiseneinlagerung (Sickerwässer in Sanden und Kiesen) führt zu einer Braunfärbung der Außenschicht.

Die Untersuchungen bestätigen das Modell von Landmesser (1995), da mit dem Anstieg des Si-Gehaltes (die Irrtumswahrscheinlichkeit von EDAX liegt bei ca. 1%) bereits nach dreijähriger Reaktionszeit die Tendenz der sukzessiven Dichteerhöhung meßbar ist. Da die Möglichkeiten der energiedispersiven Messung auf rein quantitatives Element-Mapping beschränkt sind, müssen Aussagen zu den damit einhergehenden

chemischen Strukturveränderungen spekulativ bleiben. Bäsemann (1986; 1987) sieht, bedingt durch bis in die 80er Jahre nicht schlüssige Modelle zur Flintgenese, hier vor allem bodenbedingte Substitutionsreaktionen, die auf die Bindungslücken der SiO₂-Schuppen und damit verbundene halbdurchlässige Struktur zurückzuführen ist. Das spiegelt zwar den Austausch von Ca gegen Spurenelemente der Umgebung wider, nicht jedoch den Si-Anstieg. Interessant ist, daß bei Quarzit unter denselben Laborbedingungen eine Abnahme des Si-Gehaltes zu verzeichnen ist (Bäsemann 1986; 98). Daher kann die Si-Zunahme bei Flint nicht sedimentologisch erklärt werden. Stattdessen liegt der Hinweis auf die Tendenz der Dichteerhöhung unter metastabilen Bindungsverhältnissen vor (Modell Landmesser).

Bäsemann (1986) kann bei Kontakt Ca-reicher Böden mit feinkörnigem, schwedischem Quarzit unter identischen Laborbedingungen einen abweichenden Effekt feststellen. Hier kommt es nicht zu einer sukzessiven Si-Zunahme. Auch dieser Befund deckt sich mit dem thermodynamischen Modell, da sich Quarzit im chemischen Potential bereits auf einem niedrigen, stabilen Energiezustand eingepegelt hat.

- *c) Zusammenwirken von Abrasion und Bodenchemismus?*

Levi-Sala (1993; 1996) ist der Frage nachgegangen, warum *PDSM*, im speziellen Fall das Initialstadium von Oberflächenglanz, vor allem dort angreifen, wo die Verwechslungsgefahr am größten ist, nämlich an den Funktionskanten. Trotz der damit verbundenen Relativierung der „*Keeley-Methode*“ (Levi-Sala 1986, 103) ist die experimentelle Kritik ein schwer auflösbares Gemisch aus mechanischer Kantenabrasion (Experimente in rotierenden Trommeln) und bodenchemischem Angriff der Oberflächen. Während Trommelexperimente mit Sandfüllung das Initialstadium mechanischer Abrasion simulieren, sind solche Experimente mit Bodenproben eine Mischung aus mechanischer Abrasion und chemischer Reaktion. Auf diesen Faktor weist Levi-Sala (1986, 103) selbst hin. Der Nutzen der Experimente besteht darin, daß hier vor allem im Initialstadium bodengenetischer Oberflächenmodifikationen Polituren auftreten, die der *generic weak polish* beim Schneiden von Fleisch und Haut, vertreten z.B. durch Vaughan (1981) oder Plisson (1985), verdächtig ähnlich sehen.

Schwache Polituren auf prähistorischen Objekten sind also in erster Linie eine Mischung aus Kantenabrasion und Bodenchemismus. Doch wie erklärt sich nun die ganz ähnliche Erscheinung auf experimentellen Objekten? Linearstrukturen auf schwach poliert wirkenden Flächen nach Bearbeitung frischer Haut (Ziegenhaut-Experiment) dokumentiert Levi-Sala (1996, 102: *fig. 64-5*) anhand von REM-Aufnahmen als Additivspuren. Interessant ist der Beweis, daß ge-

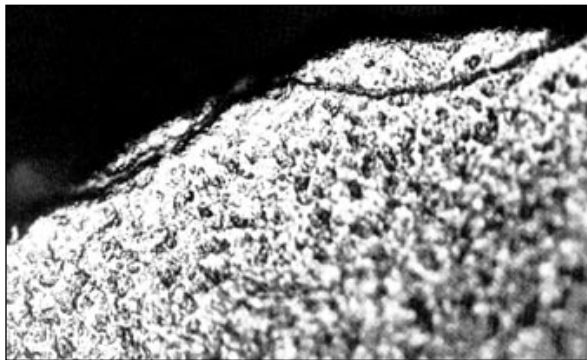


Abb. 57 – schwache Politur (Auflichtmikroskop) am archäologischen Objekt, die auf Fleisch-/ Hautbearbeitung zurückgeführt wird (Plisson 1985)

rade eine konkave Störung (Rille) nun mit Partikeln zugesetzt ist, diese Additivpartikel durch Reinigung aber nicht entfernbar sind. Im Experiment sind also eher additive Materialresiduen in Verbindung mit unter Umständen (bei sehr langer Benutzung) schwach abrasiv ausgeprägter Politur zu konstatieren, während am archäologischen Objekt Bodenchemismus diesen Effekt erzielt.

Neue Untersuchungen zur Mikrostruktur von baltischem Flint

Die dominante Phase im Flint wird als mikrokristalliner Quarz bezeichnet. Die Grain-Größen können je nach Varietät zwischen weniger als $1\mu\text{m}$ und $50\mu\text{m}$ betragen, ihre Durchschnittsgröße wird mit $8\text{--}10\mu\text{m}$ angegeben (Knauth 1994, 234).

Die Mikrostruktur von bergfrischem, nordischem Flint (dunkler Flint aus Stevns, Dänemark) wird von Micheelsen (1966) beschrieben. Die Grains mit einer Korngröße bis zu $7,5\mu\text{m}$ bestehen ihrerseits aus sogenannten Plates, deren Abstände $4,5\text{nm}$ betragen. Die Plates werden durch einen Monolayer aus kristallinem Wasser zusammengehalten.

Rottländer (1989, 13-4) bestätigt diesen Aufbau mit REM-Aufnahmen an unterschiedlichen Varietäten. Damit bestünde seiner Ansicht nach eine Unterstruktur, die als pseudokristalline Phase wiederum die Makrostruktur der Grains und deren Spaltbarkeit beeinflussen würde. Die Annahme, daß eine Bruchfläche so weit wie möglich der flachschuppigen Struktur folgt (Rottländer 1989, 25), ist meiner Ansicht nach nicht richtig. Der muschelige Bruch von baltischem Feuerstein wird ganz eindeutig von den Zug- und Druckkräften seines Spröbruchverhaltens bestimmt (Cotterell & Kamminga 1987). Bevorzugte Spaltflächen, die einen Einfluß auf die Ausbreitung der „Schlagwellen“ (Rottländer 1989, 24-5; 108) hätten, werden von anderen Bearbeitern bruchmechanischer Zusammenhänge für Flint nicht beschrieben (Speth 1972; 1981; Cotterell & Kamminga 1987; 1990). Die

Optik einer bei frischen Bruchflächen meist flachschuppig wirkenden Oberfläche scheint eher ein Effekt der REM-bedingten Oberflächenverfälschung (Elektronenschatten) zu sein (Flegler et al. 1995; Reimer 1998). Sie suggeriert tatsächlich den Eindruck, Bruchverläufe würden sich nach einer Textur der Schuppen richten, was unter dem LSM widerlegt werden kann.

Dennoch sind REM-Aufnahmen wegen ihrer Auflösungsschärfe geeignet zur Dokumentation der Korngrößen- und Strukturanalyse (Reed 1996). Grundlagen archäologischer Anwendungen des REM wurden von Cook (1986) und Olsen (1988) erörtert.

Versuchsaufbau zur Frage sekundärer Opalisierungserscheinungen

Rottländer (1989, 97-129) hat die Variabilität der Grainstruktur verschiedener Flintvorkommen untersucht. Das nachfolgende Experiment fokussiert dagegen auf die Variabilität an ein- und derselben Flintvarietät.

Als Rohmaterial dient baltischer Flint der Drenthe-Grundmoräne (Kiesgrube Lübbow). Dazu wird ein Naturstück, das an der Außenseite starke sekundäre Opalisierungserscheinungen zeigt, frisch angeschlagen, so daß jeweils mehrere opalisierte und bergfrische Oberflächen vom selben Handstück präpariert werden können (Bedampfung mit Gold-Palladium).

Folgende Merkmale sollen untersucht werden:

- *Unterschiede der Oberflächenstruktur frisch vs. opalisiert im Nanobereich?*

frisch: Die frische Bruchfläche des Handstückes ist schuppig, beim Heranzoomen sind die Brüche der Grains als scharfkantige Polyeder mit Größenordnungen von $1\text{--}3\mu\text{m}$ im Spektrum von baltischem Kreidefeuerstein als feinkörnig zu bewerten (Tafel 13 links).

opalisiert: An der glänzenden alten Außenfläche des Handstückes kann der typische Fall der teilweisen Umstrukturierung der Flintgrains beobachtet werden, im Sinne einer teilweisen Lösung und Ausfällung als Opal-CT. Die Größe der Kugeln beträgt $200\text{--}400\text{nm}$ und liegt damit im typischen Spektrum (Tafel 13 rechts oben). Allerdings bilden die Opalkugeln hier noch keine geschlossene Schicht, die Umstrukturierung befindet sich im Primärstadium. Nach Untersuchungen von Jones et al. (1964) ist die Struktur von Opal und opalisierten Hölzern stets als regelhafte Kugelpackung mit einheitlich großen Grains von $150\text{--}350\text{nm}$ bekannt. Bei technischem Opal werden Kugelpackungen von ca. $300\text{--}400\text{nm}$ Größe beschrieben (Deer et al. 1992, 368/fig. 5).

Beim Heranzoomen in den nm-Bereich wird deutlich, daß sich die Grainstruktur in einigen Bereichen

kugelig verdichtet und damit die Oberflächentextur verändert (*Tafel 13 rechts unten*). Durch katalytische Lösungsvorgänge des Bodenchemismus werden Teile der äußeren SiO₂-Schuppen angelöst und als Opalkugeln sekundär wieder ausgefällt. Das gilt besonders aufgrund der erhöhten Löslichkeit von Flint in saurem Milieu, ab einem pH-Wert von 8. Die Tendenz der damit verbundenen Strukturverdichtung an der Oberfläche des Flint bestätigt das im Kapitel „Mineralogische Grundlagen“ dargelegte Modell.

Die Anlagerung einer homogenen Opalschicht (im Sinne einer homogenen Kugelpackung) scheidet aus Gründen des niedrigen chemischen Potentials der umgebenden Sedimente dagegen aus. Opalanlagerung an Flint ist als Sonderfall anzusehen, da nur bei einer von außen reagierenden amorphen SiO₂-Konzentration, die über dem Potential des Flint liegt, eine additive Opalbildung erfolgen kann (Lierel & Mende 1991). Demzufolge erbringt die Prüfung der Oberflächenschicht mittels Röntgen-Diffraktometrie (XRD) hier kein signifikantes Ergebnis. Ein entsprechender Versuch wurde mit Proben desselben Handstückes unternommen (*Herzlichen Dank an C.Berthold, Mineralogisches Institut Tübingen*).

- *Sind makroskopisch sichtbare Strukturunterschiede frisch vs. opalisiert damit erklärbar?*

Die Glättung der Grainstruktur infolge der sekundären Opalisierung (*Tafel 14*) greift vor allem an den exponierten Flächen an. In morphologisch zurücktretenden Flächen kommt es teils zu einer drusigen Ausprägung von Opalkugeln, die Oberfläche bleibt aber insgesamt weit rauher.

Mit der Dokumentation im Nanobereich wird eine Erklärung für den makroskopischen Effekt gegeben, daß bergfrischer Flint oberflächlich stumpf ist, während der Großteil paläolithischer Artefakte einen fettigen Glanz und teilweise transluzente Struktur aufweist. Dieser Glanz, bedingt durch die Oberflächennivellierung infolge Opalisierung, zeigt sich im Lichtmikroskop als optisches Verschmieren. Die Flächennivellierung infolge der Opalbildung kann mit REM-Aufnahmen (*Tafel 14*) verdeutlicht werden.

Archäologisches Fallbeispiel: Werkzeuge von Lichtenberg

Abrasive Kantenverrundung und sekundäre Opalisierungserscheinungen werden wegen der hervorragenden Erhaltungsbedingungen des Inventars exemplarisch an Geräten der mittelpaläolithischen Fundstelle Lichtenberg (Veil et al. 1994) getestet. Das Inventar wird durch Keilmesser, Faustkeile und Blattschaber bestimmt. Die Blattschaber haben z.T. extrem akkurat retuschierte Kanten und sind messerscharf. Die Datierung der Fundschicht liegt im mittleren Pleniglazial

um ca. 55 000 (Veil et al. 1994; Veil 1995), wodurch das Inventar eine Parallele zur niedersächsischen Station Salzgitter-Lebenstedt (Bosinski 1967; Tode 1982; Busch & Schwabedissen 1991) darstellen würde, aus der ebenfalls Keilmesser vorliegen (Pastoors 1998). Nach jüngsten pedologischen Untersuchungen können auch stratigraphische Parallelen zur frühweichselzeitlichen Keilmesser-Fundstelle Königsau (Mania & Töpfer 1973) diskutiert werden (*mdl. Mitteilung S.Veil 1999*).

Die Wahl der Untersuchung fällt auf fünf Stücke aus baltischem Flint, die bereits von H.Plisson (Veil et al. 1994, 54-8: *fig. 22/1, 23/1, 24/1-2, 26/5*) auflichtmikroskopisch untersucht worden sind. Es handelt sich um ein Keilmesser mit feinretuschierter Kante (*Tafel 15/1*), einen rückengestumpften Abschlag (*Tafel 15/2*) und drei Blattschaber mit überwiegend bifacieller Feinretusche (*Tafel 15/3* und *16/1-2*). Keines der Objekte weist Gebrauchsretuschen auf. An vier dieser Stücke hat hingegen H.Plisson jeweils „unsichere“ bzw. „wahrscheinliche“ Gebrauchspolituren diagnostiziert, beim fünften Objekt den wahrscheinlichen Gebrauch zum Schneiden von Fleisch oder Haut (Veil et al. 1994, 54-8).

- *Ergebnisse der LSM-Analyse:*

In der Neuuntersuchung zeigt sich, daß die Oberflächen der Lichtenberger Artefakte nicht nur farbliche Modifikationen durch Substitutionsreaktionen in Sickerwässern erfahren haben (vgl. Bäsemann 1987), sondern auch strukturell stark verändert sind. Auf den kantennahen Oberflächen, auf denen in der auflichtmikroskopischen Erstuntersuchung Politursäume diagnostiziert worden sind sowie auf den Flächenmitten werden jeweils geeignete, quadratische Meßflächen von ¼mm Kantenlänge gewählt. Für die Messungen ist wichtig, daß diese Spots relativ ebene, störungsfreie Flächen bilden.

Es zeigt sich, daß die graduelle Opalisierung der Oberflächen vor allem auf den Flächen der Flintobjekte angreift und bei allen fünf Stücken zu einer deutlich meßbaren Glättung der Schuppenstruktur (entspricht 2xR_a) auf den kantenfernen Flächen führt. Während an den retuschierten Kanten des Keilmessers in den Retuschenegativen eine unmodifizierte Rauigkeit von 8-11µm vorliegt (*Tafel 17*), sind die Flächenmitten mit etwa 2-5µm deutlich modifiziert. Bei den Messungen an der natürlichen Bruchfläche eines Abschlags (*Tafel 18*) zeigt sich eine bis zur Kante reichende, flächendeckende Opalisierung, die auf der Fläche mit ca. 4-5µm Rauigkeit intensiver als an der Arbeitskante angreift, wo mit 5-7µm aber ebenfalls eine Strukturveränderung vorliegt.

Die nummerierten schwarzen Quadrate auf den Artefakten (*Tafel 15-16*) zeigen die jeweils gemessenen Spots, von denen die Parameter der Oberflächen-

rauhigkeit vorliegen. Das Interesse liegt hier auf dem Vergleich der Mittenrauhwerte, in *Tab. 9* aufgelistet. Die letzte Spalte zeigt die Differenz zwischen der gemittelten Rauhmigkeit im kantennahen Bereich im Vergleich zur Flächenmitte des Artefaktes. Damit wird ein Maß der sekundären Glättung infolge des Opalisierungsprozesses gegeben.

Objekt Nr.	R _a kantennaher Spots R _a (K), µm	R _a Fläche R _a (F), in µm	Mean R _a (K) – Mean R _a (F), µm
Li-51/52	3,89	0,817	1,05
	5,74	2,84	
	2,99	0,986	
	4,59	1,8	
Li 19-52/49	2,44	1,92	0,37
	3,39	2,73	
	2,23	(7,3 – Störstelle)	
Li-49/49	5,81	4,03	1,43
	5,12	(7,67 – Störstelle)	
Li 2-52/49	5,81	2,61	3,2
Li 1-52/50	3,26	2,87	2,2
	6,87		

Tab. 9 – Lichtenberg, Lkr. Lüchow-Dannenberg, Mittenrauhwerte ausgewählter Geräte, Oberflächen-glättung infolge sekundärer Opalisierung

Die drei Blattschaber weisen dasselbe Phänomen auf: die kantenfernen Spots sind jeweils stärker opalisiert als die relativ geschützten Innenflächen der Kantenretuschen. Die Oberflächen sind durch Bodenchemismus sekundär überglättet und die Grainstruktur teilweise aufgelöst.

FAZIT: Die Intensität der sekundären Opalisierung überlagert bei allen fünf Stücken von Lichtenberg mögliche anthropogene Abrasivpolituren. Da bei einer kurzen Nutzung der Geräte, etwa beim Schneiden von Fleisch oder Haut, keine Gebrauchsetuschen zu erwarten sind, liegt bezüglich Oberflächenanalysen hier ein methodisches Limit vor. Infolge der graduellen Rekristallisation, die einer schwachen Politur gleicht, sind mögliche Gebrauchsspurenbefunde überlagert worden. Eine Nutzung dieser Geräte läßt sich zwar nicht ausschließen, jedoch auch nicht mehr beweisen.

Die Limitierung von *High-Power*-Befunden durch *postdepositional surface modifications (PDSM)* kann mit dem LSM als chemisch bedingte Modifikation der Oberflächenrauhmigkeit gemessen werden. Bestätigt wird damit die Beobachtung von Levi-Sala (1993; 1996), daß ein schwacher Kantenglanz, der durch das Zusammenspiel von Bodenchemismus und mechanischer Umlagerung vor allem an den Kanten ausgeprägt ist, dem experimentellen Befund beim Schneiden von Fleisch und Haut ähnelt und möglicherweise irrtümlicherweise gleichgesetzt wird (H. Plisson, in: Veil et al. 1994). Das Problem eines optisch überhöhten Glanzes unter dem Auflichtmikroskop, bedingt durch optisch verschwimmende, im Alterungsprozeß verrundende Grainflächen, wird durch Effekte sekundärer Opalisierung noch verstärkt. Da die Verände-

rung der Oberflächentiefe mit Lichtmikroskopen nicht beurteilt werden kann, liegt erst mit dem LSM ein geeignetes Untersuchungsverfahren vor.

Zur Mikrostruktur des „Sichelglanzes“

Woraus besteht die Sichelglanzschicht? Vertreter der *silica-gel-theory* sehen in der Entstehung von Sichelglanz (Spurell 1892; Witthoft 1967) ein typisches Beispiel für das Modell einer Hydratisierung der Werkzeugoberfläche und opaliner Ausfällung des angelösten SiO₂. Dabei löse sich hydratisiertes, amorphes SiO₂ bei pH-Werten < 9, einer relativen Wassersättigung und Temperaturen ab 25°C aus der Oberfläche des Flint und fälle amorph wieder aus (Anderson-Gerfaud 1980; Korobkova 1993). Obwohl der experimentelle Nachweis, daß tierisches oder pflanzliches Material in feuchtem Zustand stärkere Gebrauchsspuren hinterläßt als im trockenen Zustand, die Hypothese einer Hydrierung stützen könnte (Anderson-Gerfaud 1980), liegen keine diagnostischen Beweise einer opalinen Struktur vor. Das Verdienst der Untersuchungen von P.Anderson-Gerfaud (1980; 1981) liegt darin, daß sie den Nachweis in den Sichelglanz eingeschlossener Phytolithen führt, ohne allerdings die Matrix selbst zu analysieren. Aus der Tatsache, daß diese Phytolithen in die Oberflächen eingelagert sind, sieht sie einen Hinweis auf amorphes SiO₂.

Ähnlich argumentiert Korobkova (1993), die mit dem Nachweis von Striae auf dem Sichelglanz von Klingen deren Kinematik als geschäftete Klingeneinsätze beweist (*Abb. 58*).

Kontrovers dazu gibt es eine Deutung des Sichelglanzes im Sinne der *wear theory* (Meeks et al. 1982). Die Schlußfolgerung, es sei bei Sichelglanz keine additive Schicht nachweisbar, sondern es handele sich um optisch verschmierende Effekte der Lichtmikro-

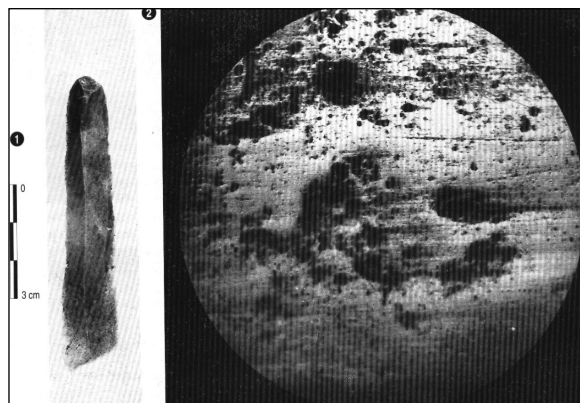


Abb. 58 – Sichelglanz an einer früheolithischen Klinge, mit Striae (Korobkova 1993, 373)

skopie bei gerundeten Grains, ist Ergebnis der ungenügenden Auflösung der Abbildungen, die nur der Frage unmodifizierter oder modifizierter Grains im Mikrobereich nachgeht. In diesen Profilen sei kein Strukturwechsel erkennbar, was somit gegen eine Hydratisierung von SiO_2 -Grains spreche. Es wird weder im Nanobereich auf das Vorhandensein einer opalinen Mikrostruktur geprüft, noch der Test eines energiedispersiven Elementmappings der Oberflächen durchgeführt. Folglich ist anzumerken, daß im ausschließlich abrasiven Erklärungsmodell die Einlagerung von Phytolithen in die Oberfläche ein ungelöstes Rätsel bleibt.

Die „Patt-Situation“ der konkurrierenden Modelle kann ist inzwischen durch energiedispersive Spektrometrie und den Nachweis einer Additivschicht gelöst worden. Durch Untersuchungen mit der Mikrosonde von Kamminska & Szymczak (1999) liegt der Beweis vor, daß Sichelglanz durch additive, amorphe Silikatverbindungen, Kapillarflüssigkeit und mineralische Bestandteile der pflanzlichen Werkstoffe (Gräser) entsteht. Anhand der EDAX-Mikrosondentechnik kann der Nachweis der additiv angelagerten Elemente Si, Ca, P, Mg, Al, Cl und S geführt und gleichzeitig belegt werden, daß die additive Schicht unabhängig vom Werkzeug jeweils dieses Elementspektrum aufweist. Eine Diskussion der pflanzlichen Substanzen, die sich hinter diesen Elementen verbergen, ist bislang nicht geführt worden. Da neben silikatischen Bestandteilen auch Metalle abgelagert werden, deutet dies auf mineralische Bestandteile. Der Nachweis von Chlor belegt Chlorophyll grüner Pflanzen oder Salze von Halophyten. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, um quantitative Spektren in Abhängigkeit von den pflanzlichen Werkstoffen (frische Gräser vs. trockene Halme etc.) zu ermitteln.

- *Sichelglanz-Experiment*

Wenngleich der Beweis der Additivschicht eindeutig ist, wurde dies bislang nicht bildhaft verifiziert. Entsprechende Aufnahmen, die eine sekundär opaline Struktur im Flint widerlegen und damit die Additiv-These stützen, können sowohl mit dem REM als auch dem LSM angefertigt werden.

In Vorbereitung ist Sichelglanz im Experiment erzeugt worden. Ausführliche Experimente dieser Art zu Werkzeugform, Spanwinkel und der resultierenden Sichelglanzverteilung entlang der Arbeitskante sind bei Jensen (1994) nachzulesen. Der Versuch konnte daher wegen der hinlänglich bekannten Prämissen auf ein Objekt beschränkt werden.

Mit einem frisch geschlagenen, scharfkantigen Abschlag aus baltischem Kreidfeuerstein von der dänischen Ostseeküste sind ca. 2h intensiv frische Gräser geschnitten worden (*Herzlichen Dank an Frau E.Fa-*

bian, Tübingen). Die Folge ist ein gut ausgeprägter, bereits makroskopisch erkennbarer Sichelglanz entlang der Funktionskante (*Tafel 19 oben*). Dieser erstreckt sich ca. 3-4mm auf die Oberfläche und streicht dann in einem Bereich von ca. 1mm aus.

LSM-Diagnose: Drei Oberflächenspots werden in den Rauheitswerten mit dem LSM gemessen: Spot (1) in der unmodifizierten Oberfläche, Spot (2) und (3) innerhalb des Sichelglanzstreifens. Der verwendete baltische Flint besteht aus einer Varietät von durchschnittlicher Graintiefe (*Tafel 19 Mitte*). Die einfache Mittenrauhentiefe (R_a) der unmodifizierten Oberfläche (Spot 1) beträgt $3,68\mu\text{m}$ (*Tafel 19 unten links*), so daß die durchschnittliche Tiefe der Grainstruktur ($2xR_a$) bei ca. $7-8\mu\text{m}$ liegt. Durch Anlagerung der Sichelglanzschicht wird die Mittenrauhentiefe erheblich reduziert, sie beträgt im Bereich des kantennahen Streifens nur noch $2,43\mu\text{m}$ für Spot 2 (*Tafel 20 unten rechts*) und $2,32\mu\text{m}$ für Spot 3.

REM-Diagnose: Bildausschnitte am REM können bis in den Bereich von 500nm relativ gut aufgelöst werden. Gemäß der Additiv-Hypothese ist die Struktur der Sichelglanzschicht im Bereich der Grain-Auflösung (Maßstab $5\mu\text{m}$) nicht in Gestalt abradierter Grains belegbar, wenngleich Reste der überlagerten Grainstruktur noch erkennbar sind (*Tafel 20 oben*). Linearstrukturen sind in diesem Fall nicht erkennbar, stattdessen beweist das Vorkommen von Mikro-Pitting in diesem Bildausschnitt (linke Seite), daß die additive Schicht während der Anlagerung dehydriert worden ist.

Zur Falsifizierung einer opalinen Struktur der Additivschicht wurde ein Bild im Grenzbereich des REM mit einer 23 000-fachen Auflösung (bezogen auf Bildgröße $9x13$) angefertigt. Trotz des Maßstabes (500nm) ist keine Auflösung der additiven Schicht in opaline Strukturen möglich (*Tafel 20 unten*). Sie müßte in dieser Vergrößerung indes deutlich sichtbar sein. Bei der Herstellung von technischem Opal können im selben Vergrößerungsbereich gute Abbildungsergebnisse der kugeligen Bindungsstruktur belegt werden. Das ist am untersuchten Handstück auf keinem der vergrößerten Spots der Fall.

FAZIT: In Verbindung mit den Untersuchungen von Kamminska & Szymczak (1999) kann hiermit ein Nachweis des Phänomens Sichelglanz als additiver Substanz geführt werden. Die Aufnahmen widerlegen das Ausfällen opalinen Silica-Gels, da keine Opalstrukturen identifizierbar sind. Außerdem widerlegen sie die Erklärung als reine Abrasivstruktur. Zum dritten bieten sie mit dem Nachweis mehrerer Komponenten pflanzlichen Materials die plausibelste Erklärung für die Einlagerung von Phytolithen.

Potential der Residuenanalyse am Beispiel von Schäftungspech

Durch trockene Destillation der Rinde („Birkenbast“) wie auch der Zweige weißer Birken (*Betula pendula*, *Betula pubescens*) entsteht Birkenteer (*Pix Betulae*). Als Pech wird im exakten Sprachgebrauch dagegen nur das finale Destillationsprodukt bezeichnet, das durch Eindampfen des Teers zur Gewinnung der gewünschten Viskosität entsteht (Pietsch 1991; Weirner 1992).

Die Rinde der Birke enthält in hoher Konzentration das Phylosterin Betulin ($C_{30}H_{50}O_2$), den Biomarker der *Betulaceae*. Damit ist eine chemische Direktbestimmung eines Teers als Birkenrindenderivat möglich (Abb. 59). Betulin ist der Stoff, der die Birkenrinde weiß und wasserabstoßend macht. Es ist in hoher Konzentration (10-12%) ausschließlich in der Rinde der weißstämmigen Birken (*Betula alba*) enthalten, in geringerer Konzentration auch in der Rinde anderer *Betulaceae* (z.B. *Alnus*, *Corylus*).

Um Residuen von Birkenpech als Schäftungsklebstoff interpretieren zu können, sind zunächst einige Ausführungen zur Pechherstellung erforderlich. Das Problem prähistorischer Teergewinnung liegt in der richtigen Temperatursteuerung, die ein hohes Maß an Erfahrung bei der Herstellung voraussetzt. Da Betulin sich ab Temperaturen von etwa 360°C in Spaltprodukte zersetzt, in prähistorischen Pechen aber dennoch häufig unzersetzt nachweisbar ist (Grünberg et al. 1999), muß die Herstellung also einerseits im Nieder-temperaturbereich unter 360°C durchgeführt worden sein, so daß das Betulin nicht zersetzt wird. Andererseits muß der Schwellenwert der beginnenden Verschmelzung (öliger Ausfluß) von mindestens 300°C erreicht werden.

Einen Herstellungsprozeß nach reinen Erfahrungswerten und ohne Thermometer, der dennoch im idealen Temperaturbereich von 300-400°C liegt (Betulin-Nachweis positiv, *Rathgen-Labor, Berlin*), beschreibt der Experimentalarchäologe H.Paulsen (*mdl. Mitteilung 1999*):

Ein Gefäß wird fest mit Birkenrinde (*Betula pendula*) vollgestopft und oben luftdicht verschlossen. Das Gefäß wird dann auf ein eigens gebautes Lehmfundament von ca. 30cm Höhe mit einem innen angelegten Ab-

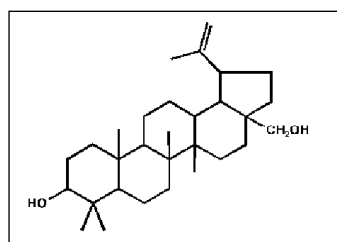


Abb. 59 – chemische Verbindung Betulin ($C_{30}H_{50}O_2$)

flußkanal gestellt, wobei der Abflußkanal vom Loch im Gefäßboden zu einem Auffangbehälter führt. Das Holzfeuer wird rings um den Topf gelegt und nach Erfahrungswert auf einem geeigneten Temperaturniveau gehalten, so daß der Teer als ölarartige Masse in das Auffanggefäß abfließt.

Anschließend wird der Teer bis zum Erreichen der gewünschten Viskosität eingekocht.

Ähnliche Versuche der Herstellung mit Gefäßen (Eintopf- und Doppeltopfverfahren) sind wiederholt beschrieben worden, machen jedoch immer ein sekundäres Eindampfen des viskosen Produktes erforderlich. Ein knetbares Pech kann im Direktverfahren hingegen erst bei Temperaturen um 380°C erzielt werden (*mdl. Mitteilung D. Todtenhaupt 1999*), was zu einer Aufspaltung des Betulins führt. Echte Destillationsverfahren müssen daher vor allem die ölige Phase nutzen, die sekundär eingekocht wird.

Die labormäßige Pechbereitung durch Holz-/Rinden-Pyrolyse im echten Destillationsverfahren wird von der Gruppe der TU Wien mit Angabe exakter Meßwerte beschrieben (Sauter et al. 2000, 4-5):

Etwa 60g naturfeuchte Birkenrinde werden zerkleinert, bei ca.70°C im Trockenschrank getrocknet und bis zur Verarbeitung über Kieselgel aufbewahrt. Die verbleibenden 50g getrocknetes Material werden wie folgt pyrolysiert: das Probenmaterial wird in ein vertikal angebrachtes, oben verschlossenes und unten verengtes Geräteglas-Rohr (ca. 30-35cm hoch, ca. 5cm Innendurchmesser, unten durch Glaswolle locker verschlossen) eingebracht und mit einem thermostatisierbaren elektrischen Heizmantel bis 500°C erhitzt (*Temperaturfühler im Inneren des Reaktionsraumes, Aufheizzeit ca. 80min.*) und ca. 1 Stunde bei dieser Temperatur gehalten. Das abtropfende Pyrolysat wird über einen Trichter in einem Kolben aufgefangen.

- Beginn ab ca. 260°C, nahezu farbloses, viskoses Öl fließt aus,
- ab 280°C zunehmend dunkler werdend,
- ab ca. 300°C braunes, viskoses Öl (beim Erkalten klebrig-fest) und Rauchgasentwicklung (*Gesamtausbeute des Schwelpechdestillates ca. 6 g*).

Zur Destillation im Gaszylinder gibt die Arbeitsgruppe der Teerschwele Düppel hingegen folgende, von den oben genannten Temperaturen abweichende Werte an (*mdl. Mitteilung D.Todtenhaupt 1999*):

- ab 300°C Ausfließen eines bräunlichen Öls,
- ab ca. 360°C Schwarzfärbung und typischer Geruchsumschlag wegen beginnender Teerbildung,
- ab ca. 380°C Entstehung einer knetbaren Masse,
- ab 420°C gutes, flüssiges Pech und verbleibende spröde Masse (die Reaktionszeit dauert bis dahin ca. 50min).

D.Todtenhaupt betont, daß bei Versuchen im Gaszylinder und im Topfverfahren unter 350°C kein brauchbarer Klebstoff gewonnen werden könne. Dagegen sprechen Sauter et al. (2000, 4) bereits bei 295-305°C von einem viskos-ölgigen bis klebrig-festen Destillat, das allerdings unter vermindertem Druck (22-26mbar) gewonnen wird.

Ethno-historische und experimentelle Vergleichsstudien

Birkenrinde fiel im nordeuropäischen Raum vor allem als Abfallprodukt beim Wechseln der Dachabdeckung an (Sandermann 1965). Wegen der wasserabweisenden Eigenschaften diente sie skandinavischen, sibirischen und nordamerikanischen Völkern nicht nur zum Abdecken der Hütten, sondern auch zur Herstellung von Gefäßen und Bekleidungsstücken. Die ostkanadischen Dogrib-Indianer stellten Birkenrindenkanus her (Andrews & Zoe 1999).

Die Klebstoffeigenschaften des Birkenteers sind dagegen nicht so überragend, daß die Birke aus diesem Grunde für eine Verwendung im Trockendestillationsverfahren prädestiniert wäre. Hier eignet sich die Kiefer weit besser (Beck et al. 1997). Der Schlüssel zur Tatsache, daß dennoch Birkenrinde als bevorzugter Rohstoff zur Destillation gedient hat, dürfte neben der guten Zugänglichkeit in der hervorragenden Entflammbarkeit des Materials liegen. Folgende Destillationsverfahren sind aus ethnologischen bzw. experimentellen Studien bekannt:

- *Variante 1* (Oloffson 1936)

Ein eng gerolltes Päckchen Birkenrinde wird angezündet und dann in Wasser gelöscht. Durch Kauen wird das Zwischenprodukt zu einer klebrigen, knetbaren Masse verarbeitet. Es handelt sich dabei um keine echte Destillation, sondern nur um ein Ausschwitzen des Harzes aus der Rinde. Das Betulin bleibt vollständig erhalten. Birkenharz als Kaugummi wird noch im 19. Jahrhundert bei den sibirischen Völkern der Ostjaken und Samojuden beschrieben (Finsch 1897; *Zitat bei Oloffson 1936*).

- *Variante 2* (Czarnowski et al. 1990)

Eng gerollte Birkenrinde wird in eine mit glühenden Steinen ausgelegte Schmelzgrube gepackt. Wichtig ist neben völligem Luftabschluß eine Auffangmöglichkeit und gleichzeitiger Kondensationsablauf des flüssigen Destillats. Denkbar wäre in präkeramischer Zeit z.B. das Auffangen des flüssigen Teers in Schädelkappen oder lehmverkleideten Gruben. In diese Richtung ausdeutbare Befunde von Steinen, die mit Bir-

kenpech überzogen sind, gibt es aus der mesolithischen Station Friesack (*mdl. Mitteilung B.Gramsch 1999*). Selbst im Neolithikum hat es keinerlei Retorten gegeben, die auf eine Grubenkonstruktion bzw. ofenartige Konstruktionen mit gebranntem Lehm schließen lassen könnten (Weiner 1992).

- *Variante 3* (Sandermann 1965)

In Nordeuropa wurden Harzscheiben als Gemische aus zerriebener Birkenrinde und anderen, nicht destillierten Harzen gefunden, wobei die zerriebene Rinde als Magerungsmaterial dient und die Klebstoffeigenschaften verbessert. Diese Variante würde einen (relativ geringeren) Betulingehalt nachweisen lassen. Sie könnte zudem die Eindeutigkeit der Unterscheidung Harz vs. Pech erschweren bzw. verfälschen.

- *Variante 4*

Die Halbverschmelzung und Weiterbehandlung nach dem Prinzip der Variante 1 kann unter Zuhilfenahme eines luftdicht verschlossenen Gefäßes (z.B. Alufilmdose, *mdl. Mitteilung J.Kegler 2001*) experimentell nachvollzogen werden. Die Birkenrinde wird im Gefäß eng zusammengerollt und ins Feuer gelegt, bis der Geruchsumschlag bei ca. 350°C einsetzt. Das Zwischenprodukt ist eine leicht angeröstete Masse, aus der ein Gemisch aus Harz und Öl ausschwitzt. Durch Kneten und Kauen wird dieses Zwischenprodukt zunehmend viskoser, durch ständiges Auslesen bzw. Ausspucken der verkohlten Stückchen auch zunehmend reiner. Das Ergebnis sieht zumindest makroskopisch den Stücken von Königsäue sehr ähnlich.

FAZIT: Keramiklose Birkenpechherstellung im Trockendestillationsverfahren bereitet nicht nur Probleme der Temperatursteuerung, sondern verlangt auch umfangreiche Konstruktionen, die ein Ausschwitzen über die Gasphase ermöglichen. Neben der Schwierigkeit, in Grubenverfahren eine solch große Hitze dauerhaft zu halten, ist eine Steuerung im Bereich 360-400°C nahezu auszuschließen.

Alle anderen Verfahren, die den Erhalt des Betulins sicherstellen, werden durch Ausfließen eines relativ dünnen Öls und dessen sekundärer Eindampfung erzielt. Präkeramische Konstruktionen zum Auffangen des Öls wären denkbar, sind jedoch bislang nicht nachgewiesen worden.

Sofern ein gekoppeltes Verfahren aus kurzer Feuerwirkung und Harzakkumulation durch Kauen belegbar ist, würden sich die Stücke aus Königsäue sehr gut mit der oben beschriebenen Variante 1 oder 4 in Deckung bringen lassen. Dann allerdings läge hier kein Destillationsprodukt vor, sondern lediglich ein angeschwulstes Birkenharz.

Chemische und spektrometrische Verfahren zur Pech- und Teeranalyse

- *Fourier-Transform-Infrarotspektographie*

Bei dieser Methode wird das Gemisch aller Komponenten spektroskopisch aufgezeichnet (Derrick 1989). Dabei würde der Peak des Betulins als Grundstoff des Birkenrindenpechs signifikant zu Buche schlagen.

- *Pyrolyse-Gas-Chromatographie/ Massenspektroskopie (GC/MS)*

Nach Trennung der Komponenten wird die Lösung auf 600-700°C erhitzt. In der Gasphase kann die Probe gleichzeitig massenspektrometrisch analysiert werden. Das Verfahren wird von Sauter et al. (2000, 5-6) folgendermaßen beschrieben:

„Gaschromatograph ... mit direkter Kopplung an ein Massenspektrometer MAT 8230 (Finnigan). Als Trennsäule dient eine 30m fused silica-Kapillarsäule DB-5 (Durabond) ... Trägergas ist Helium mit einem Vordruck von 0,9bar. Probenaufgabe bei 45°C ... Die Massenspektren werden bei 70eV im El-Modus für den Massenbereich von m/z 45-750 aufgenommen.“

- *¹³C-NMR-Spektroskopie*

Die Methode ist im Rahmen der Forschungen zur Eismumie vom Similaungletscher („Ötzi“) entwickelt worden. Sie beinhaltet spezielle statistische Auswertungsverfahren (Fröhlich et al. 1999). Dazu ist eine Probenmenge von mindestens 30-50mg erforderlich.

- *Glucose und Fructose-Anteile in GC/MS*

Jahreszeitlich schwankende Anteile von Glucose und Fructose können gaschromatographisch erfaßt werden, wie am ältesten Kaugummi der Welt von Starr Carr praktiziert (Aveling & Heron 1998). Kauharz ist ein altes Genußmittel und bis in subrezente Zeit bei sibirischen und nordeuropäischen Völkern bekannt. Neben Kiefernharz wurde auch auf Birkenharz gekaut (Finsch 1897; Oloffson 1936; Vilkuna 1964).

- *Mikroskopische Analyse von Feuereinwirkungsspuren*

Die Pechresiduen von Königsauwe weisen zumindest äußerlich angreifende Feuereinwirkungsspuren auf (Grünberg et al. 1999). Entsprechende Nachweise sind anhand von REM-Aufnahmen z.B. auch an Artefakten der Seeufersiedlung Burgäschisee-Süd dokumentiert worden, an denen noch Kittschäftungsreste anhaften (Pawlik (1995)). Die Methode ist vor allem für Nachweise ab dem Neolithikum sinnvoll, da ab dieser Zeit Schäftungspeche in großer Zahl von Kompositgeräten bekannt sind.

Schäftungsklebstoffe in präkeramischen archäologischen Fundstellen

Nachweise von Birkenpech aus dem Zeitabschnitt des präkeramischen Paläolithikums und Mesolithikums sind in den letzten Jahren erheblich angewachsen (Weiner 1999). Einige Befunde sollen nachfolgend diskutiert werden:

- *Fundstelle Königsauwe (Sachsen-Anhalt)*

Neue Untersuchungen belegen, daß aufgrund von GC/MS und dem Betulin-Nachweis hier der weltweit älteste Schäftungsklebstoff unter Verwendung von Birkenrinde vorliegt (Grünberg et al. 1999). Die zwei Stücke von 0,87g bzw. 1,38g sind in der ersten Publikation als Harzreste gedeutet worden. Das größere Stück hat – wie Negativabdrücke eines rückengestumpften Steinartefakts zeigen – als Griffschäftungskitt für ein Kompositgerät gedient. Es weist darüber hinaus auch Reste eines Fingerabdruckes auf (Mania & Toepfer 1973, 119-20).

Der Beweis für Birkenrinde als Grundstoff wird massenspektrometrisch über die hohen Betulinwerte erbracht und zusätzlich mit dem FT-IR-Spektrum abgesichert (Peak der Triterpen-Fraktion). Der Ausschluß eines Birkenharzes, welches entsprechend der experimentellen Variante 1 oder 4 Spuren von Feuereinwirkung zeigen kann, ohne ein echtes Destillationsprodukt zu sein, wird vor allem durch die Nichtlöslichkeit des Stoffes in Methanol geführt (Beitrag Baumer/ Koller; in: Grünberg et al. 1999, 22). Es handele sich um „spezielle teerartige Produkte“ (Laubholzteere), die erst in Chloroform vollständig löslich sind. Neben der Nichtlöslichkeit in Methanol sind aus der Pharmazie eine Reihe weiterer Bestimmungsmethoden bekannt, die noch erprobt werden könnten (z.B. List & Hörhammer 1977, 740-1).

Die Löslichkeit fossiler Harze habe ich an einigen Beispielen untersucht: Während sich frisches Baumharz innerhalb eines Tages in Methanol (bei Zimmertemperatur) auflöst, gibt es bei Kopal (Probe 8,3mg) im gleichen Zeitraum nur eine geringe Reaktion (Farbumschlag von gelb zu weiß), während bei Bernstein keine Reaktion meßbar ist. Aus weiteren Versuchen von R.Rottländer (Notizen im chemischen Labor, Institut f. Ur- u. Frühgeschichte Tübingen + mdl. Mitteilung 2000) geht hervor, daß Bernstein im Zeitraum von 24h zu etwa 10% in Lösung geht, Kopal zu 25-30%. Einen Löslichkeitstest zur Unterscheidung von Harzen und Birkenpech empfiehlt Rottländer mit Arsenpentachlorid.

Da in den beiden Stücken von Königsauwe Betulin nachgewiesen ist, steht zwar eindeutig fest, daß die beiden Stücke tatsächlich aus Birkenrinde gewonnen worden sind (Grünberg et al. 1999). Unklar bleibt dennoch dessen Herstellungsverfahren.

Was könnte es hier gegenüber einer echten Pechdestillation noch für Alternativen gegeben haben?

Das Harz des Birkenstammes scheidet wegen des verschwindend geringen Betulingehaltes aus. Zudem harzt die Birke im Gegensatz zu Koniferen (z.B. der Kiefer) sehr schwach, die Gewinnung wäre im Gegensatz zu Koniferenharz also sehr ineffektiv. Auch Birkenknospen, deren ätherisches Öl (Betulene) verharzbar ist, scheidet hierfür aus. Dasselbe gilt für den Stammsaft der Birke, eine nahezu wässrige Lösung, die zwar eindampfbar ist, aber ebenfalls kein Betulin enthält.

Die Rohstoffbestimmung „*Birkenrinde*“ widmet sich jedoch nicht ausführlich genug der Frage, ob es sich tatsächlich um ein Destillat handelt. Über mikroskopische Untersuchungen konnten blasige Strukturen und Verunreinigungen festgestellt werden, die zumindest ein teilweises Aufschmelzen bzw. Erhitzen im Feuer belegen (Grünberg et al. 1999, 12). Diese Strukturen könnten im Sinne des Anbrennens und Löschens (Oloffson 1936) entstanden sein. In der Diskussion wird stattdessen der hohe Betulinanteil als eindeutiger Beweis für eine „Niedertemperatur“-Pechschwelle (unter 350°C) interpretiert (Grünberg et al. 1999, 24, 28-31). Neben den beschriebenen Schwierigkeiten der Temperatursteuerung ist fraglich, ob in diesem Verfahren die geeignete Viskosität für einen Klebstoff überhaupt zu erzielen ist.

Auch R. Rottländer (*mdl. Mitteilung 2000*) ist der Meinung, daß Betulin in der Schwitze nicht zwangsläufig über die Gasphase kondensieren müsse, sondern auch undestilliert ausschwitzen könne. Bei einem Grubenschwelfeuer könnte so die obere Schicht verbrennen, eine mittlere Schicht bei Idealtemperatur kondensieren, eine untere Schicht vielleicht unverbrannt bleiben und lediglich Harz ausschwitzen.

Die beiden Fundstücke von Königsau werden dem Neandertaler zugewiesen. Relativstratigraphische Untersuchungen der kompletten jungpleistozänen Abfolge des Ascherslebener Sees datieren die Fundschichten in ein frühweichselzeitliches Interstadial (Mania & Toepfer 1973). Das kleinere Stück stammt aus der unteren Schicht A, das größere aus der oberen Schicht B. Neue AMS-¹⁴C-Datierungen von 43 800±2100 BP (unkal.) für Königsau A und 48 400±3700 BP (unkal.) für Königsau B (Grünberg et al. 1999, 11) widersprechen sowohl der Alterseinstufung frühweichselzeitlicher Interstadiale (Mania 1999, 28-9) als auch der relativstratigraphischen Abfolge (die ältere Schicht wäre demnach rund 5000 ¹⁴C-Jahre jünger).

Auf Datierungsprobleme mit AMS-Daten durch Plateau-Effekte wurde inzwischen anhand eines Datenvergleichs mit TL-Daten auch bei Aurignacien-Schichten hingewiesen (Richter et al. 2000). AMS-Daten über 40ka werden als außerhalb des technisch möglichen Datierungszeitraumes angesehen (*mdl. Mitteilung P.Haesaerts 2000*).

- *Fundstelle Neumark-Nord*

An einem Abschlaggerät aus hellgrauem Flint wird von Mania (1998b, 87) folgender makroskopischer Befund beschrieben:

„*Sie (die Hälfte – Anm. L.S.) zeigt die scharfe, sehr regelmäßig verlaufende, etwas gebogene Schneide eines Abschlagmessers und trägt Gebrauchsglanz. Im Abstand von 1,5cm verläuft parallel zur Schneide eine bräunliche Verfärbung, auf der noch millimeterdicke Reste einer harzartigen Kittmasse kleben – offensichtlich der Rest eines in einen Griff geschäfteten Steinmessers.*“

Das Stück kann leider aus technischen Gründen nicht in die Untersuchungen zu Gebrauchsspuren von Neumark-Nord einfließen. Analysen der Materialresiduen werden derzeit vom Rathgen-Labor (*Staatl. Museen Preussischer Kulturbesitz Berlin*) und dem Dörner-Institut (*Staatliche Museen München*) durchgeführt. Dem momentanem Stand zufolge liegt sowohl im FT-Infrarotspektrum (*Abb. 60*) als auch bei der Pyrolyse-Gas-Chromatographie der Nachweis für ein Harz oder Teerderivat vor, wobei die Artbestimmung noch offen ist. Da im ersten Stadium der Untersuchungen starke Ähnlichkeiten zu Birkenpech festgestellt wurden, wurden erste Tests auf Birke zugeschnitten. Aus den Pollenprofilen von Neumark-Nord ist *Betula pendula* sowohl vor als auch nach dem Hochinterglazial nachgewiesen (Eissmann & Litt 1994). Die standortbedingt gleichermaßen in Frage kommende Moorbirke (*Betula pubescens*) ließe sich davon pollenanalytisch nicht unterscheiden. Inzwischen läßt sich Birkenpech offenbar ausschließen, eine genaue Artbestimmung des Harzes/Teeres ist noch offen (*mdl. Mitt. D.Manias/ J.Koller 2001*).

Im Infrarot-Spektrum zeigt das Material eine Korrelation von 0,813 mit einer Probe reinen Birkenpechs, das experimentell für die Repliken des Eismanns vom Similaungletscher hergestellt worden ist (*vgl. weiter oben beschriebenes Verfahren, H.Paulsen*) (*Abb. 60*).

- *Fundstelle Gröbern (Sachsen-Anhalt)*

Der Befund eines Waldelefantenskelettes wird aufgrund von im Verband gefundenen Silexartefakten als anthropogen manipuliert beschrieben (Weber & Litt 1991). Weitere Befunde, wie ein Cerviden-Knochen-span, werden als nicht-anthropogen modifiziert angesehen (Erfurt & Mania 1990, 223).

Lithische Gebrauchsspurenbefunde auf den Stücken beschreibt K.-U.Heussner (Beitrag in Heussner & Weber 1990). Besonders interessant sind auf den Abschlägen anhaftende „*schwarze Partikel*“, die bisher nicht röntgenographisch analysiert wurden (*mdl. Mitteilung T.Weber 1998*). Eine EDAX-Analyse, wie auch das Methodenspektrum von Infrarot und GC/MS, könnten Ergebnisse zu diesem Material erbringen.

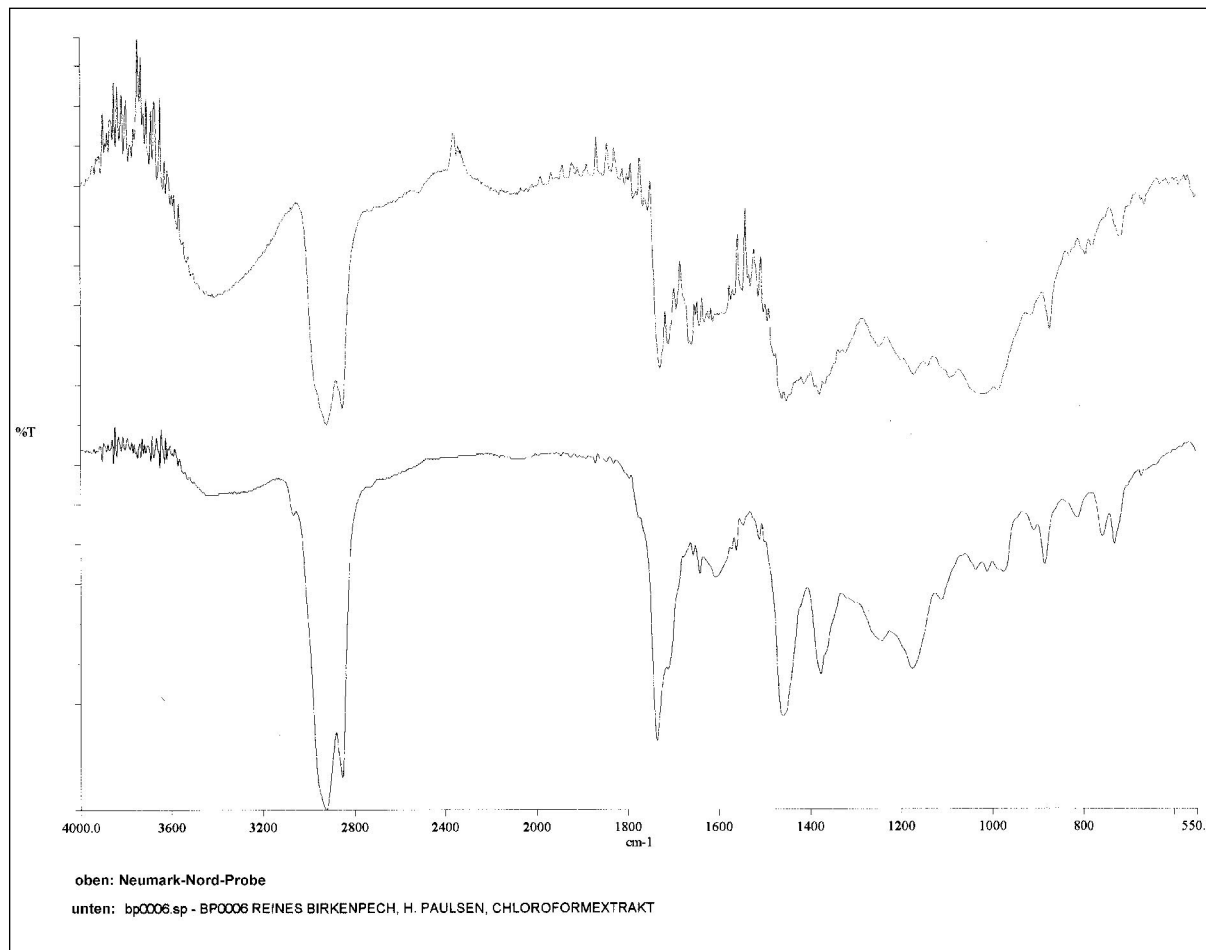


Abb. 60 – FT/IR-Spektren einer Probe von Neumark-Nord (oben), im Vergleich zu einem experimentell hergestellten Schäftungspech (unten); Analysen im Rathgen-Labor, SMPK Berlin

- *Fundstelle Umm el Tlel (Syrien)*

Residuen von Natur-Bitumen sind an zwei Feuersteinartefakten aus Syrien nachgewiesen worden (Boëda et al. 1996). Die Fundstelle wird in das späte Mittelpaläolithikum datiert, ca. 40-30ka. Bitumen ist eine Mischung natürlicher Kohlenwasserstoffe dunkler Farbe. Es ist in porösen Gesteinen eingelagert und kommt besonders an den Küsten des Nahen Ostens in oberflächigen Ablagerungen vor, z.B. in Jordanien, Syrien oder am Toten Meer (Marschner & Wright 1978).

Ein weiterer, indirekter Residuen-Nachweis ist vor kurzem in Schicht IV dieser Fundstelle (Moustérien) mit einem Projektil (Medialfragment einer Levallois-Spitze) erbracht worden (Boëda et al. 1999). Das Artefakt steckt im Halswirbel eines Pferdes, ist also einst als geschäftete Projektilspitze eingesetzt worden. Ähnliche Formen von Levallois-Spitzen werden schon in mittelpleistozänen Inventaren gefunden (vgl. Steguweit 1998). Sie werden jedoch bislang mangels Beweisen nicht als Projektile interpretiert. In Anbetracht der Ergebnisse von Neumark-Nord ist auch hier eine Schäftung unter Verwendung von Klebstoff nicht auszuschließen.

Die Verwendung von Pech zur Klebschäftung von Projektilen ist für eine Reihe von Spitzenformen ab dem frühen Jungpaläolithikum sehr wahrscheinlich. Direkte Beweise von Residuen liegen aus einigen Stationen des späteren Jungpaläolithikums vor.

- *Fundstelle Lascaux (Frankreich)*

In dieser Fundstelle sind Rückenmesser gefunden worden, die noch Schäftungsabdrücke vom Einkleben aufweisen (Allain 1979). Sie sind bislang nicht diagnostisch untersucht worden. Auch die etwa aus zeitgleichem Kontext stammenden Speerschleuder-Haken aus Geweih sind meist an der Basisabschrägung künstlich angeraut, ein indirektes Indiz für die Verwendung von Klebstoff im Solutréen und Magdalénien.

- *Fundstelle Friesack (Brandenburg)*

Birkenrindenpech ist in diversen mesolithischen Stationen nachgewiesen worden. Die Fundstelle Friesack wird in das frühe Mesolithikum datiert, ca. 9000-8000 BC (Gramsch 1999). In Friesack sind Birkenrindenrollen, sowie Pech in Wurst- und Plattenform gefun-

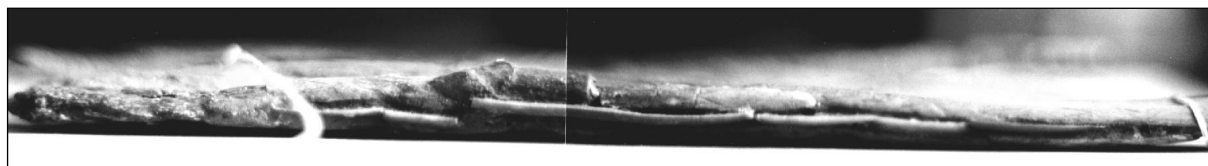


Abb. 61 – Olenij Ostrow (Karelien, Russland), mit Birkenpech gekitteter Rückenmesserbesatz eines Dolches
(Foto L. Steguweit)

den worden (Proben dazu in Bearbeitung am Rathgen-Labor, SMPK Berlin).

- *Fundstelle Olenij Ostrow (Karelien, Russland)*

Vollständig erhaltene Projektil- und Rückenmesser-schäftungen sind aus mesolithischen Torfstationen des nördlichen Rußland bekannt (Gurina 1989). In einem doppelseitig mit Rückenmessern besetzten Dolch des

Gräberfeldes von Olenij Ostrow (Abb. 61) liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit Birkenpechklebstoff vor (Analysen in Vorbereitung).

FAZIT: Die Methoden zur Analyse von Schäftungs-pech haben trotz bahnbrechender Fortschritte entscheidende Fragen zur präkeramischen Herstellung noch nicht gelöst, insbesondere in der Differenzierung „Destillat“ vs. „Halbverschmelzung“.

V. Auswertung der Gebrauchsspuren an Bilzingslebener Steinartefakten

Flächenverteilung der Gebrauchsspurenbefunde

Eine Teilmenge von ca. 10 000 Feuersteinartefakten der Bilzingsleben-Sammlung wird nach Artefaktwahrscheinlichkeit und Erhaltungsgrad untersucht. Die Durchsicht der 10 000 Stücke umfaßt prinzipiell scharfkantige (nicht abgerollte oder abgestoßene) Objekte aller Grundformklassen, überwiegend aus den Grabungsjahren 1978-96 und damit von Quadraten der Uferplatte.

Trotz notwendiger Beschränkungen der mikroskopischen Analyse auf kleinere Teilmengen wurde eine Anzahl von Quadraten, die im zentralen Bereich der Aktivitätszonen der Uferplatte liegen, vollständig auf Gebrauchsretuschen überprüft: Neben den in *Tab. 10* aufgeführten Quadraten waren das Qu 224, 238, 285, 286, 293, 294 und 301. Die makromorphologisch erhobenen Grundformklassen (*Tab. 10*) entsprechen der Inventarisierung von D.Mania, wobei lediglich die Auswahlgeräte (vgl. *) einzeln verpackt aufbewahrt werden.

Es zeigt sich, daß trotz der großen Stückzahlen an Flintobjekten Gebrauchsspurenbefunde Einzelfälle darstellen und die dafür prädestinierten Stücke meist bereits durch makromorphologische Artefaktmerkmale hervortreten. Sowohl aus den unter dem Binokular vollständig durchgesehenen, als auch aus allen anderen im Depot Bilzingsleben zugänglichen Quadraten der Grabungsjahre 1978-96, bei denen jeweils die einzeln verpackten Artefakte mit dem Binokular voruntersucht wurden, konnte daher eine engere Auswahl von 1053 Objekten zu detaillierten Spurenuntersuchungen getroffen werden (*zum Einzelnachweis vgl.*

Daten-CD). Bereits in dieser Vorauswahl zeigt sich, daß Abschlaggrundformen den Schwerpunkt bilden, da Kerne und „Kernartige“ (D.Mania) meist stärker kantenbeschädigt oder abgerollt sind. Eine Übersicht der damit erhobenen Teilmenge gibt *Tafel 21*:

1. Quadrate mit vollständig untersuchtem Silexmaterial (*Tafel 21, rote Signatur*),
2. Quadrate, bei denen alle Geräte untersucht wurden (*Tafel 21, blaue Signatur*),
3. Quadrate, von denen nach Binokular-Durchsicht ausgewählte Artefakte untersucht wurden (*Tafel 21, grüne Signatur*).

Qu	Geräte	Spurenbefunde	
249	44	1	
250	34	2	
251	54	-	<i>Tab. 11 –</i>
259	23	-	<i>Analyse aller</i>
264	33	-	<i>Geräte folgender</i>
265a	15	1	<i>Planquadrate</i>
278	33	-	<i>(vgl. Tafel 21,</i>
279	20	-	<i>blaue Signatur)</i>

Die Auswahl umfaßt damit bis auf Ausnahmen, die zur Zeit nicht in der Bilzingsleben-Sammlung aufbewahrt werden, sämtliches Material der Uferterrasse. Der Großteil der verbleibenden Menge scheidet wegen der Aufbewahrung in Sammeltüten oder Sammelschachteln (Abschläge, Kerne und kernartige Stücke) für mikroskopische Spezialuntersuchungen von vornherein aus (vgl. Pawlik 1995).

Das entscheidende Defizit einer Interpretation räumlicher Verteilungsstrukturen besteht in der Tatsache, daß mir keine detaillierten Unterlagen für eine Zuordnung der Artefakte in die verschiedenen Sedi-

Vollständig analysierte Qu	Auswahl-Geräte *	Geräte	AB	TR	Spurenbefunde	
182	6	13	49	25	2	
210	11	28	83	35	1	
248		56	163	30	3	
271	7	30	108	64	-	
273	2	19	72	27	-	
284	9	15	124	41	1	
287	3	16	39	20	1	
295		12	100	32	3	
296	3	17	32	27	1	<i>Tab. 10 – Grundformen</i>
299	3	6	27	15	1	<i>ausgewählter Quadrate;</i>
300	9	19	95	28	-	<i>gesonderte Teilmenge</i>
306		6	34	26	2	<i>einzeln aufbewahrter „be-</i>
323		26	132	72	2	<i>merkenswerter“ Geräte (*),</i>
325		9	58	50	1	<i>(Bestimmung D. Mania)</i>

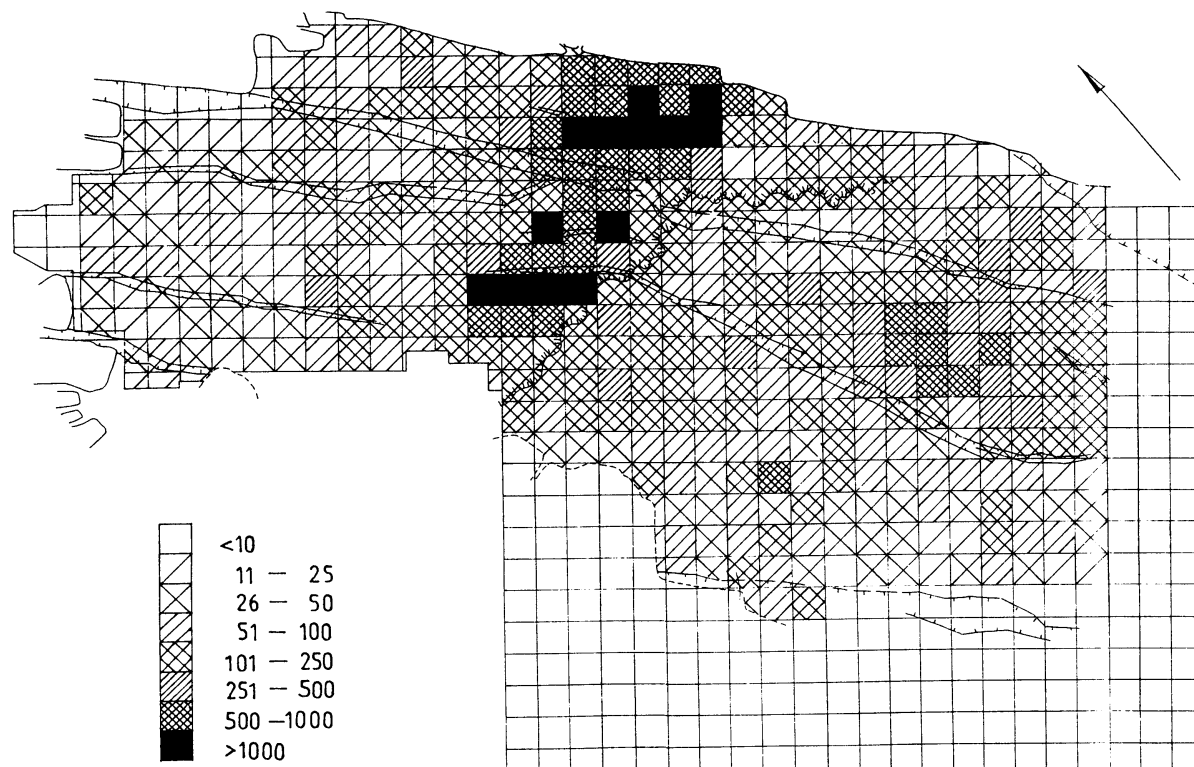


Abb. 62 – Bilzingsleben, Häufigkeitsverteilung der Sillexobjekte (Mania 1997c, 50)

mentationsphasen (Seekalk, Travertinsand, Beckenlöß/ Schluff) zur Verfügung stehen. Mania (1997c, 50) weist hier auf prinzipielle Umlagerung des Sillexmaterials „während der Vernässung und Überflutung der Uferterrasse“ hin, wodurch kleinformatige Objekte sekundär einsedimentiert seien und kein Rückschluss auf das primäre Verwerfen der Artefakte möglich sei. Er nennt andererseits eine „Stromrinne des Schwemmfächers mit bis zu 80cm mächtigen Travertinsanden“, weshalb teilweise Häufigkeiten von mehr als 1000 Feuersteinartefakten pro Planquadrat auftreten (Abb. 62, schwarze Signatur) (Mania 1997c, 50).

In Anbetracht der unzugänglichen Dokumentation können sämtliche Gebrauchsspurenbefunde nur zweidimensional bezüglich der Grabungsfläche interpretiert werden. Vorschläge, die im Manuskript vorliegenden umfangreichen Profildokumentationen für eine dreidimensionale Kartierung der Sedimentmächtigkeiten mit einem GIS-Programm aufzuarbeiten, konnten bis zum Abschluß dieser Untersuchung nicht realisiert werden.

- Zur Frage der relativen Häufigkeiten (Verteilungsstrukturen)

Schwemmfächer: Die dichteste räumliche Verteilung von Flintobjekten (meist >500 Stk./m²) liegt im Travertin- und Quarzsand des Schwemmfächers vor, wofür Mania (1997c) als Ursache sekundäre Umlagerung während der Transgression des Seespiegels nennt (Abb. 62). Eine fluviatile Verlagerung steht unab-

hängig von der Bewertung ihrer Genese außer Frage, weshalb hier keine räumliche Interpretation von Spurenbefunden möglich ist.

- **Uferplatte:** Für die Uferplatte werden sowohl der Großteil der faunistischen Hinterlassenschaften als auch der organischen und lithischen Objekte als geschlossener Fundkomplex angesehen, wobei der *In-Situ*-Anteil des Fundmaterials („an primärer Lagerstätte“) auf etwa 40-60% des Gesamtmaterials geschätzt wird (Mania & Mania 1999, 27; 2000, 125). D.Mania sieht hier einen „Lagerplatz“ von 40-45m Durchmesser, in dem sich verschiedene Aktivitätszonen menschlicher Tätigkeit abzeichnen (Mania & Mania 2000, 125) (Tafel 3).

Kleinformatige Objekte (< 5cm) werden als parautochthon eingelagert bewertet. Auf der Uferplatte liegen zwei Cluster mit Flinthäufigkeiten >500 Stk./m² vor: das ist zum einen Qu 224, zum anderen eine Fundkonzentration von ca. 5x5m mit dem Mittelpunkt in Qu 321 (im Einzelnen Qu 275, 276, 320, 321, 322, 339, 355). Letztere Konzentration wird als möglicher Schlagplatz interpretiert (Mania 1997c, 50).

- Ergebnisse der Kartierung der Gebrauchsspurenbefunde

Um mögliche Clusterbildungen zu visualisieren, wird in Tafel 22 die Häufigkeit von Spurenbefunden in den betreffenden Quadraten (Kantenlänge 1,5m) dargestellt. Dabei wird deutlich, daß die Verteilung der Be-

funde relativ regelmäßig über die gesamte Grabungsfläche streut. Wenngleich die Befunde insgesamt – durch Umlagerungsprozesse bedingt – nur als Schleier über der Fläche liegen, ist eine Konzentration im Übergangsbereich „Schwemmfächersand/ Beckenschluff-Fazies“ zu verzeichnen, die zu diskutieren ist. Die Abweichungen von einer vollständigen Gleichverteilung werden folgendermaßen interpretiert:

1. Spurenbefunde im abseitig gelegenen Bereich des Schwemmfächers treten nur vereinzelt auf. Die Ursache liegt wahrscheinlich darin, daß die Grabungsquadrate der Jahre bis einschließlich 1977 aus technischen Gründen nur anhand von ausgewählten Objekten („*Bemerkenswerte Stücke*“ nach D.Mania) untersucht werden konnten, also deutlich unterrepräsentiert sind. Neben dieser bezüglich Gebrauchsspuren willkürlich ausgewählten Teilmenge können weitere, von Gramsch (1979) untersuchte Stücke dieses Grabungsabschnittes diskutiert werden.

2. Die erhöhten Befundzahlen im östlichen Teil des Schwemmfächers korrelieren mit den größten Mengen an Flint in diesen Quadraten (> 500 Stk.). Alle Objekte sind in Travertin- bzw. Quarzsand eingesedimentiert und sekundär umgelagert. Dennoch sind ihre Kanten zu ca. zwei Drittel nicht abgerollt, die Umlagerungsintensität ist relativ gering (vgl. Gramsch 1979).

3. Die Anzahl von Befunden pro Quadrat (*Tafel 22*) ist für die derzeitige Grabungsfläche im mathematischen Sinne nicht interpretierbar, da die Ereigniszahl pro Auswertungseinheit stets unter 5 Fällen liegt und damit statistisch nicht signifikant ist. Die Ausnahme (Quadrat 224 mit 5 Fällen) ist durch die nur in diesem Planquadrat erreichte Stückzahl von über 500 Objekten bedingt und ebenfalls nicht interpretierbar.

4. Der Großteil der lithischen Spurenbefunde liegt in einem breiten Streifen zwischen Schwemmfächer und der „Uferplatte“ (Breite 3-5m). Im Bereich des sogenannten „Pflasters“ ist dagegen ein weitgehendes Fehlen von Spurenbefunden zu verzeichnen (3 Fälle). Während für diesen Bereich nur sehr wenige „*bemerkenswerte Stücke*“ in die mikroskopische Analyse eingingen, wurde dennoch das gesamte Material auf potentielle Spurenbefunde durchgesehen. Der Anteil großer und scharfkantiger Abschlaggrundformen, die hierfür Potential bieten, ist in diesem Grabungsbereich geringer als im Übergang Schwemmfächer/ Uferplatte. Unterschiedliche Umlagerungsintensität, aber auch verschiedene Sedimentationsbedingungen könnten die Ursache sein (vgl. *Notizen zur Materialprüfung*).

FAZIT: Die wenigen Befunde pro Quadrat stellen bezüglich der Gesamtmenge eine Zufallsverteilung dar. Daher kann in kleinräumigen Einheiten keine Diskussion darüber geführt werden, ob Spurenbefunde mit

den von Mania (1997c) aufgestellten Aktivitätsbereichen (autochthone Befundsituationen) deckungsgleich sind. Eine Abnahme der Befunde im Bereich des fluviatil akkumulierten Geröllhorizontes („Pflaster“) ist augenfällig, kann aber im Rahmen vorliegender Daten nicht eingehender interpretiert werden.

Grundformmorphologie vs. Gebrauchsspuren

Grundlage der Auswertung ist die empirische Datenerhebung gemäß dem auf der *Daten-CD* einsehbaren Merkmalkatalog. Zu den 124 Bilzingslebener Artefakten mit mikroskopischen Gebrauchsspuren werden je 6 codierte Merkmale ausgewertet. In bivariaten Grafiken werden Gegenüberstellungen von Merkmalen durchgeführt, die sinnvoll kombinierbar sind und damit Antworten auf die in *Kapitel II* gestellten Fragen geben können. Der Hauptaspekt wird dabei auf Zusammenhänge zwischen Grundformmorphologie und den typischen Gebrauchsmustern der *Low Power*-Analyse (bis 30x Vergrößerung) gelegt.

Neben drei Grundformmerkmalen (GF, RET, KW) werden die empirischen Beobachtungen der mikroskopischen Gebrauchsretuschen (GEBR) und Oberflächenmodifikationen (POL) als codierte Merkmale zusammengefaßt (vgl. *Merkmalkatalog, Daten-CD*).

Befunde der gebrauchsbefindigen Mikrobruchmechanik können unter bestimmten Prämissen (Regelmäßigkeit, typischer Verlauf bezüglich der Arbeitskante, dominierend bzw. ausschließlich unifazielle Ausprägung) als sehr zuverlässig eingestuft werden, und sind damit klar von Trampling-Modifikationen (Mc Brearty et al. 1998) zu unterscheiden.

• Zur Frage von High-Power-Befunden

Wie Weber (1986) in der Gegenüberstellung zweier Teilkomplexe aus dem Schwemmfächer und der Uferplatte feststellt, weisen die in Travertin- bzw. Quarzsand eingelagerten Feuersteine einen fettigen Glanz auf. Auch die im Charophytenkalk eingelagerten Objekte sind oberflächlich glänzend, wenn auch meist weniger intensiv als die aus dem Schwemmfächer (*Abb. 63*). Für beide Teilmengen können am LSM Befunde sekundärer Opalisierung erbracht werden, wofür die Objekte *Bilz. 99, 2* (Schwemmfächer) und *Bilz. 305, 5* (Uferplatte, Kalk) exemplarische Belege bieten (*Tafel 23*). In allen Fällen verringern sich Mittenrauhwerte auf den Oberflächen stärker als entlang der Kanten. Die graduelle Strukturauflösung der Grains als postsedimentäre Oberflächenmodifikation kann an monochromen Aufnahmen bei Bildausschnitten von 250µm Kantenlänge exemplarisch belegt werden (*Tafel 23*). Ähnliche Befunde liegen zu den in *Tab. 12* aufgelisteten Objekten vor.

Objekt Nr.	R _a kantennaher Spots R _a (K), µm	R _a Flächenspots R _a (F), µm	Mean R _a (K) - Mean R _a (F), µm
Bilz. 298, 24 (Uferplatte)	10 – 12 (Doku a-1, a-2)	7,50 (Doku b-6) 5,60 (Doku a-5) 7,00 (Doku a-4)	4,3
Bilz. 305, 5 (Uferplatte)	16,4	14,4	2,0
Bilz. 235, 9 (Uferplatte)	> 12 (keine Automessung)	10,7 (Doku a-2)	1 – 2
Bilz. 99, 2 (Schwemmf.)	10,2 (Doku a-4) 9,18 (Doku b-4)	4,05 (Doku a-2)	5,6
Bilz. 139, 81 (Schwemmf.)	> 10 (keine Automessung)	8,47 (Doku a,b,c)	2 – 3

Tab. 12 – Bilzingsleben, Mittenrauhwerte ausgewählter Objekte als Gradmesser ungleicher Oberflächenmodifikation infolge sekundärer Opalisierung

Ungeachtet der Interpretation von Gramsch (1979) kann der Effekt der verstärkten Glättung eher kantenferner Oberflächen hier bestätigt werden. Die Ursache hierfür ist jedoch nicht anthropogene Abrasion (z.B. durch Griffschäftung), sondern bestätigt die bereits in Kapitel IV dargelegten Prinzipien sekundärer Opal-CT-Bildungsprozesse. Im Zuge dieses Beweises müssen derartige Befunde bis auf weitere Gegenbeispiele als ausschließlich sedimentchemisch bedingt eingestuft werden.

Die von Gramsch (1979) vorgelegte Analyse von Geräten (retuschierten Objekten) aus dem Schwemmfächer stützte sich auf *High-Power*-Befunde bei auflichtmikroskopischer Vergrößerung (80-300x). Er weist auf „sekundäre mechanische Beanspruchung“ eines Teils der Stücke hin und schätzt deren Anteil auf 20-30% (Gramsch 1979, 705). Diese habe er bei der Untersuchung ausgeklammert, offenbar aber nicht im Sinne sedimentologischer Einheiten (alle Stücke stammen aus dem Schwemmfächer), sondern nach Verkratzungsgrad. Die unverkratzten Stücke, also etwa zwei Drittel der Schwemmfächergeräte, wurden daraufhin näher untersucht. Die Linearstrukturen seien jeweils auf den Ventralflächen sichtbar, bevorzugt auf den Flächenmitten. Schlußfolgernd werden von ihm schabende Arbeitsprozesse vermutet, wobei die Kon-

takfläche jeweils ventral gelegen hätte. Die Tatsache, daß die Befunde eher kantenfern liegen, wird von ihm nicht funktional diskutiert.

Die Neuuntersuchung von Objekten aus dem Schwemmfächer zeigt hingegen, daß Striae (Linearstrukturen) ausschließlich auf sekundär umstrukturierten Oberflächen liegen. Sie sind daher prinzipiell ebenfalls postsedimentär. Ähnliche Strukturen konnten auf etwa 20 Objekten der von mir untersuchten Teilmenge gefunden werden, z.B. auf dem in *Tafel 27* abgebildeten Objekt (*Bilz. 99, 2*). Die Ursachen ihrer Entstehung können unterschiedlich sein (Umlagerung, Trampling, moderner Transport in Sammeltüten etc.), können jedoch nicht mit dem von Yamada (1993) und in Kapitel IV dargelegten abrasiven Verschleiß an Experimentalobjekten gleichgesetzt werden. Damit verlieren diese Spuren ihre Beweiskraft für anthropogene Nutzungsmuster.

Die Beschränkung auf die Analyse der Kanteneffekte an den Artefakten (Mikrobruchmechanik, abrasive Effekte) resultiert zum einen aus systematischen Voruntersuchungen zu postsedimentären Prozessen, zum anderen aus den genannten Belegen bezüglich des Charakters sogenannter *High Power*-Befunde (Glanz, Striae, Linearstrukturen) am Material von Bilzingsleben.

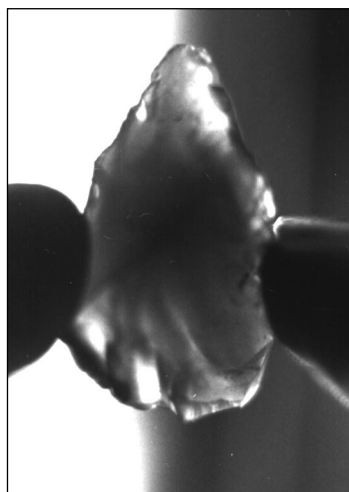


Abb. 63 – Bilzingsleben, vollständig opalisiertes Flintgerät aus dem Schwemmfächer, transluzente Struktur (*Bilz. 129, 23*)

• *Auswertung der Merkmalerfassung zur Gebrauchsspurencharakteristik*

An 124 Bilzingslebener Artefakten wurden mikroskopische Gebrauchsspuren diagnostiziert. Grundformen

Grundform	Anzahl
Trümmerstück (modifiziert)	33
Kortex-Abschlag (Kortex - Anteil >50 %)	20
Kortex-Abschlag (Kortex - Anteil <50 %)	16
Abschlag mit natürlichem Rücken	3
einfacher Abschlag	34
einfache Klinge	0
einfache Spitze	11
Kern	7

Tab. 13 – Grundformen mit Gebrauchsspurenbefunden

der Geräte sind am häufigsten Abschläge, Trümmerstücke und Kortexabschläge (Tab. 13; Abb. 64).

Von den 124 Objekten sind 91 retuschiert (Code 1-3), zuzüglich 10 Artefakten mit Gebrauchsretuschen, die in den Makrobereich übergehen. Die meisten Fälle werden durch unifaziell an einer Kante retuschierte Artefakte gestellt (n=77), selten sind unifaziell an mehreren Kanten retuschierte (n=10) und bifaziell retuschierte (n=4). Bifaziell an mehreren Kanten retuschierte Stücke (Code 4) treten nicht auf.

Neben dem hohen Anteil von Trümmerstücken, deren modifizierte Kanten zum Schaben/ Glätten sowohl von hartem als auch mittelhartem Material verwendet worden sind, bilden Schaber aus Abschlaggrundformen ohne Kortexreste die größte Gruppe. Kombinierte Schaber/ Messer und auch Geräte zu ausschließlich longitudinaler Tätigkeit sind selten (Abb. 65).

Bereits die bivariaten Grundformstatistiken legen eine Nutzung des Gerätspektrums vor allem zu trans-

versalen Tätigkeiten nahe. Wie Abb. 66 zeigt, ist der überwiegende Anteil unifaziell retuschierter Geräte zum Schaben mittelharten/ harten Material verwendet worden, was auf planendes Verhalten zwischen Anlage einer unifaziellen, kantenstabilisierenden Retusche und anschließender Verwendung hindeutet.

Die Anlage einer kantenstabilisierenden Retusche, die in den Makrobereich reicht, kann im Einzelfall durch den Gebrauch selbst entstehen (Code 0), ist aber mehrheitlich intentionell angelegt (Code 1-3).

Gibt es neben der bewußten Anlage von Schaberkanten auch Korrelationen von Kantenwinkel und Werkzeugnutzung? Die Frage ist von technologischem Interesse, da sich Kanten mit einem Winkel von ca. 50° am besten zum Schaben eignen. Betrachtet man die Objekte im Interquartilbereich, so besteht die Tendenz einer Normierung von Schaberkanten im Bereich 50-60°, wobei die Kantenwinkel zur Bearbeitung mittelharten Materials etwas weiter nach unten streuen

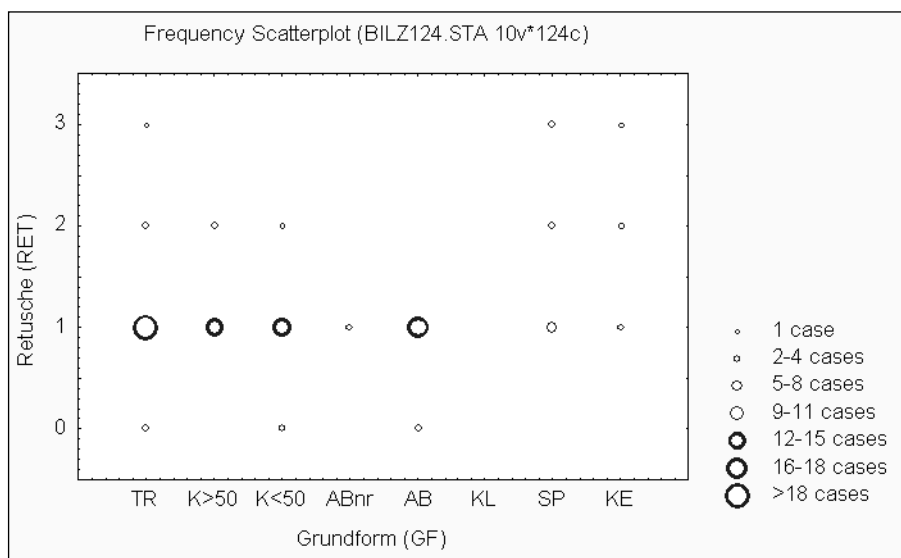


Abb. 64 – Grundform (GF) vs. Makroretusche an Grundform (RET) (vgl. Merkmalkatalog) (n = 101, zuzügl. 23x keine Retusche)

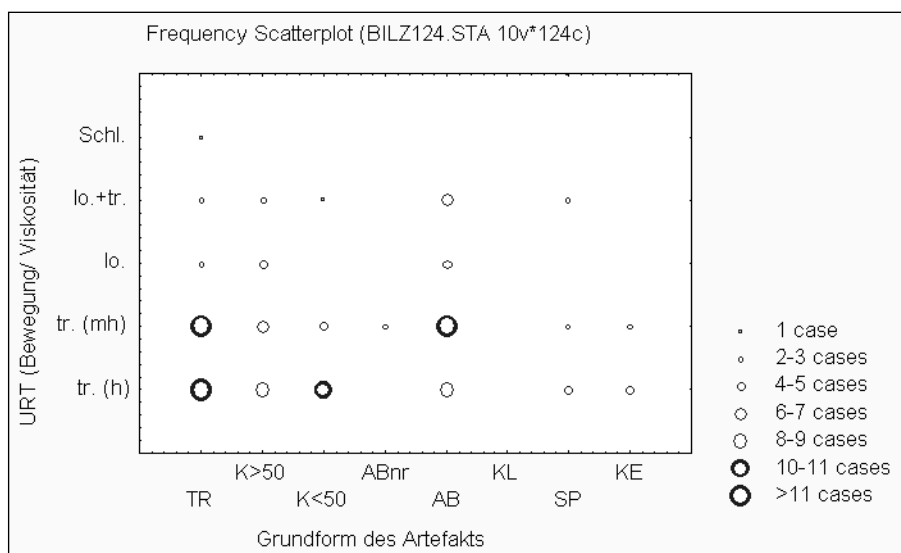


Abb. 65 – Grundform (GF) vs. Bewegungsrichtung/ Viskosität des Kontaktmaterials (URT), (vgl. Merkmalkatalog) (n = 124)

(45-60°). Geräte, die sowohl zu longitudinalen als auch transversalen Tätigkeiten eingesetzt worden sind, weisen die flexibelsten Kantenwinkel auf (35-55°), während Schneid- bzw. Sägewerkzeuge die schmalsten Arbeitskanten haben, im Interquartilbereich unter 50° (Abb. 67).

Die Zusammenhänge der Mikrobruchmechanik (Gebrauchsretuschen) zu Bewegungsrichtung (Kinematik) und Werkstoffhärte (Viskosität) sind in Kapitel III-IV im Experiment dargelegt worden. Sie bieten eindeutige Korrelationsmöglichkeiten, so daß die Übertragung auf das archäologische Material legitim ist. Beispiele für typische Befunde sind mit Tafel 24-25 dokumentiert, die empirische Dokumentation aller 124 evidenten Befunde kann auf der beiliegenden CD eingesehen werden.

Neben der Mikrobruchmechanik sind Befunde abrasiver Kantenverrundung als besonders wichtiges Ergebnis der Experimente (Kapitel IV) herausgearbeitet

worden. Interessant ist auch im archäologischen Material die Beobachtung abrasiver Kantenverrundungen (n=17), die bei der untersuchten Teilmenge relativ klar mit Gebrauchsretuschen durch transversale Arbeitstakte korrelieren (Abb. 68).

Die Kantenwinkel der abrasiv verrundeten Arbeitskanten liegen im Interquartilbereich mit 35-55° jedoch niedriger als für Stücke, an denen ausschließlich mikrobruchmechanische Gebrauchsretuschen durch Schaben diagnostiziert werden (Abb. 69). Neben einem Kerngerät weist ein Kortexabschlag einen ungewöhnlich hohen Arbeitswinkel von 85° auf, so daß das obere Quartil graphisch in die Länge gezogen wird. Der scheinbare Widerspruch generell kleinerer Winkel korrespondiert mit Experimenten, wonach hier eine Form intensiven Gebrauchs bei variierendem Arbeitswinkel vorliegt (Verwendung als Hobel bzw. zum Glätten von Holzgeräten). Objekte mit abrasiver Kantenverrundung sind demnach Schaber mit flexiblem Arbeitswinkel, die relativ intensiv genutzt worden

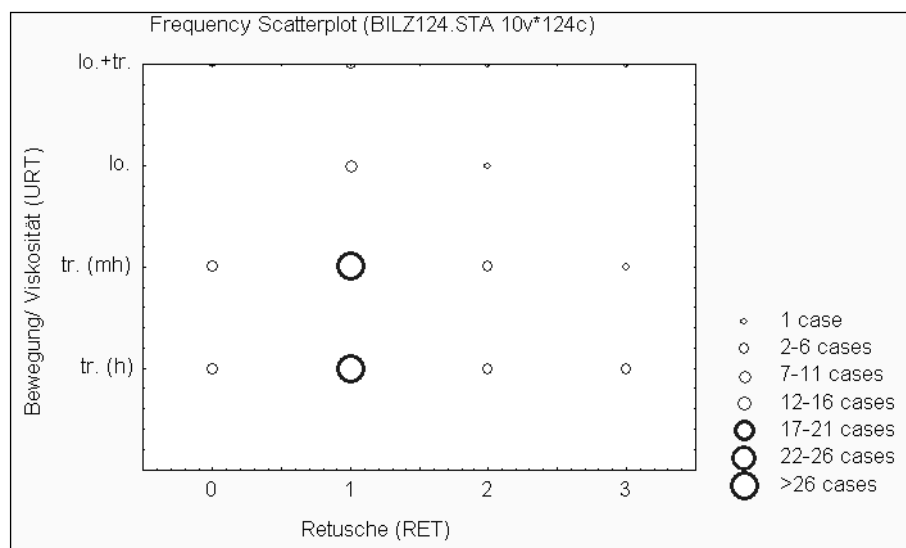


Abb. 66 – Makroretusche (RET) vs. Bewegungsrichtung/ Viskosität des Kontaktmaterials (URT), (vgl. Merkmalkatalog) (n = 101)

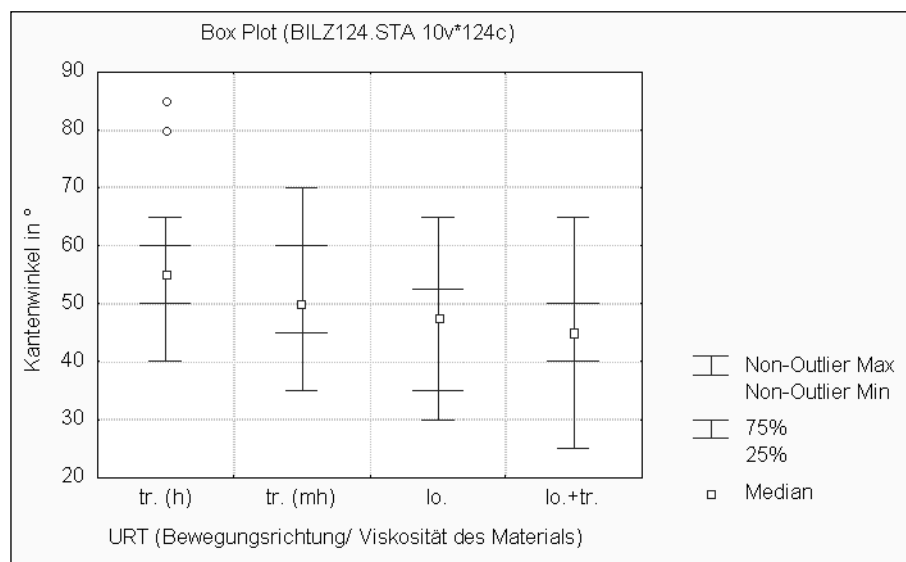


Abb. 67 – Kantenwinkel (KW) in 5°-Schritten vs. Bewegungsrichtung/ Viskosität des Kontaktmaterials (URT), (vgl. Merkmalkatalog) (n = 124)

sind. Eine gleichzeitige Nutzung zum Schneiden (Kombinationsgerät) wäre ebenfalls denkbar zur Deutung der kleineren Winkel. Die Morphologie der Stücke deutet jedoch auf eine gute Eignung zum Hobeln/ Glätten von Holz hin.

Objekte mit Striae (*High Power*-Linearstrukturen) sind für statistische Erhebungen unterrepräsentiert. Neben drei Befunden der Teilmenge mit *Low Power*-Befunden werden derartige Beobachtungen an 17 weiteren Stücken gemacht. Da die Striae ausnahmslos auf sekundär opalisierten Oberflächen liegen und daher postanthropogenen Ursprungs sind, wird auf die Diskussion dieser wenigen und zudem nicht aussagekräftigen Einzelbelege verzichtet.

• *Interpretation der Befunde*

Die dominierende Häufigkeit rein transversalen Gebrauchs (Schaben/ Glätten) im Bilzingslebener Materialkomplex führt zur Frage entsprechender Kontaktma-

terialien. Wegen des häufigen Vorkommens von Holzresten auf der Uferplatte (Mania & Mania 1998) wäre eine Verwendung der Geräte zur Holzbearbeitung sowohl bezüglich der Handhabung als auch bezüglich der Charakteristik von Makro- und Mikroretuschen plausibel.

Obwohl eine gewisse Normierung der Kantenwinkel der verwendeten Geräte besteht, sind die Geräte in ihren Grundformen Modifikationen sehr heterogen. Alle Artefakte sind wegen der dicken Rücken und fehlender Normierung einer Rückenmodifikation mit hoher Wahrscheinlichkeit ohne Griffschäftung verwendet worden. Auffallend ist, daß Artefakte mit Befunden eine durchschnittliche Länge von 3-6cm aufweisen. Damit ist die Teilmenge der Abschlaggrundformen mit Gebrauchsspuren klar von der mikrolithischen Größenklasse (Weber 1986) abgrenzbar. Da die ausgewählte Teilmenge einen repräsentativen Querschnitt aller Grundformgrößen darstellt, ist diese Aussage empirisch abgesichert.

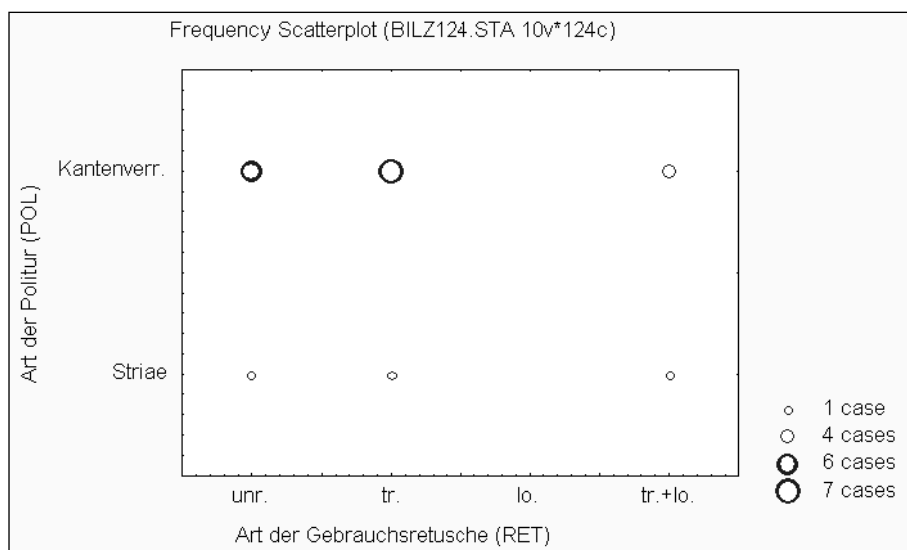


Abb. 68 – Art der Gebrauchsretusche (RET) vs. High-Power-Befund (POL) (vgl. Merkmalkatalog) (n=20)

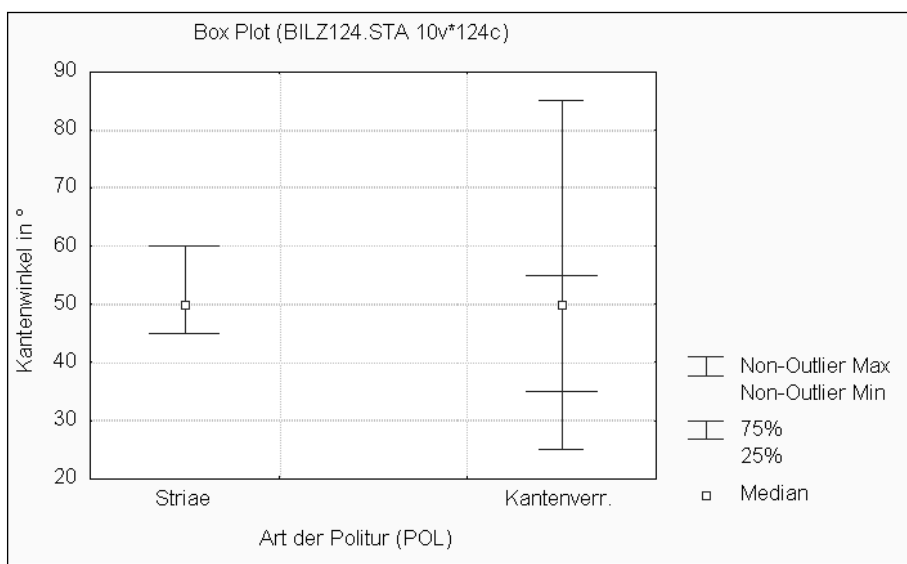


Abb. 69 – Art der Politur (POL) vs. Kantenwinkel (KW) in 5°-Schritten (n=20)

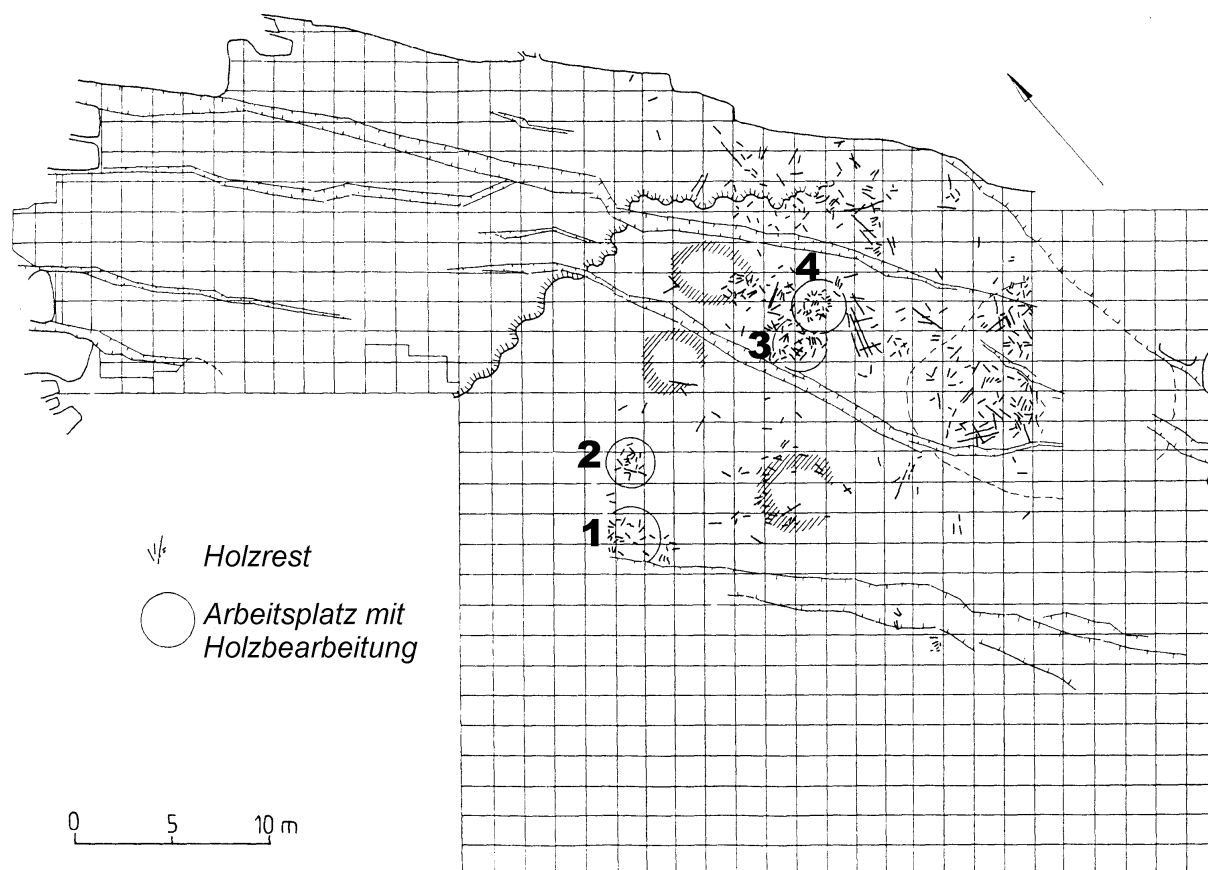


Abb. 70 – Bilzingsleben, Verteilung der Holzreste (Mania & Mania 1998, 35); ergänzt: Legende zu den Strukturen, Numerierung der „Werkplätze“

Die aus der mikroskopischen Diagnose gewonnenen Erkenntnisse zur bevorzugten Verwendung können mit der Flächenkartierung ausgegrabener Holzreste überprüft werden (Abb. 70). Mania & Mania (1998, 35) geben auf dem Areal der Uferplatte vier sogenannte „Arbeitszonen mit Holzverarbeitung“ an. Tatsächlich gibt es Korrelationen von entsprechenden Gebrauchsspurenbefunden und einer Ballung von Holzresten in einigen Grabungsbereichen (Tafel 22), die von D. Mania als Holzbearbeitungszonen bezeichnet werden (Numerierung vgl. Abb. 70):

1. im westlichen Teil der Uferplatte, mit dem Zentrum in Qu 289/296
2. im relativ kleinen Bereich, fast deckungsgleich mit Qu 182
3. jeweils 3 Befunde im Bereich südlich der mittleren Ringstruktur, mit dem Zentrum in Qu 234/248
4. im mittleren Bereich der Uferplatte, südlich der nordöstlichen Ringstruktur, Zentrum in Qu 246/247.

Neben den vier Stellen mit auffallenden Konzentrationen von Holzresten gibt es weitere Häufigkeitsverteilungen

über die gesamte Fläche, wobei der Schwemmfläche deutlich weniger Objekte aufweist. Auch auf der Uferplatte liegt hier offenbar keine Zufallsverteilung vor, sondern es gibt zonal erhöhte Häufigkeiten pro Flächeneinheit.

Zusätzlich kann zur Gesamtkartierung der Abb. 70 angemerkt werden, daß in der Fläche etwa zu 50% Erlenreste vorliegen, die auf das natürliche Standortvorkommen zurückzuführen sind und z.T. unmodifiziertem Bruchholz entstammen (Mania 2001, 53). Die Interpretation von Mania & Mania (1998) bezüglich der vier Arbeitszonen zielt also bewußt auf Konzentrationen ortsfremder Gehölzbestandteile ab, die als anthropogen modifiziert angesehen werden. Makroreste von bisher etwa 100 analysierten Holzproben (*Analysen H. Süß*, in: Mania & Mania 1998) liegen neben Rosengewächsen auch von Ahorn, Birke, Esche, Eiche und Weide in jeweils mehreren Fällen vor. Obwohl alle diese Hölzer ihre natürlichen Standorte in Gewässernähe haben, ist die Möglichkeit eines vorwiegend anthropogenen Eintrages ebenfalls denkbar. Die Hölzer decken das Werkstoffspektrum „hart“ und „mittelhart“ ab und wären mit Spurenbefunden gut korrelierbar (vgl. Codierung URT).

Betrachtet man die Verteilung der Abb. 70 großflächiger, als die interpretative Fokussierung auf kreis-

förmige Werkplätze in *Tafel 23* dies tut, so ist eine relativ gute Deckungsgleichheit von lithischen Befunden und Holzresten vorhanden. Unter dem Aspekt parautochthoner Einsedimentierung – und damit geringfügiger Umlagerung von Silices auf der Uferplatte (im Sinne der Lößoberfläche) – könnte hier ein Zusammenhang bestehen, der sich aus dem Verwerfen abgearbeiteter Silexgeräte und der schnellen Einsedimentierung durch Bearbeitung entstandenen Holzabfalls ergeben haben kann. Wenngleich damit kein hinreichender Beleg einer Permanentbesiedlung des Platzes erbracht werden kann, ist der Nachweis kurzfristiger und gezielter menschlicher Aktivität am Ort in jedem Falle gesichert. Gleichzeitig kann Bilzingsleben (neben Modifikationsbelegen an den Hölzern selbst) durch diesen Beweis zu den europaweit äußerst seltenen mittelpleistozänen Fundstellen mit Holzbearbeitung gezählt werden. Hier wären als gesicherte Parallelen lediglich Schöningen (Thieme 1999) und Clacton-on-Sea (Oakley 1972) zu nennen, während an anderen Fundstellen mit Holzresten, wie Torralba und Ambrona (Biberson 1964) oder Bad Cannstatt (Wagner 1995), kein überzeugender Nachweis anthropogener Manipulationen möglich ist.

Um detaillierte Aussagen zur zeitlichen Tiefe der spurenaufweisenden Silices zu erhalten, wäre im weiteren die mit vorliegender Dokumentation nicht durchführbare Zuordnung bezüglich Tiefenangaben und damit die Frage synchroner oder nicht synchroner Einsedimentierung von Interesse. Die weitgehend intakten Fruktifikationsorgane der Charophyten legen nahe, daß die Sedimentation im Seekalk zum Teil durchaus chronostratigraphische Erhebungen zulassen würde, daß z.B. Objekte an der Seekalkbasis einige Jahre früher einsedimentiert wurden als im oberen Bereich dieser Schicht. Andererseits ist lediglich auf dem Niveau des Lösses bzw. Schwemmlösses von einer relativ trockenen und stabilen Landoberfläche auszugehen, während das Aufwachsen des Charophytenrasens bereits ein feucht-schlammiges Milieu markiert. Das Werkplatzmodell zur Holzbearbeitung wäre daher nur dann sinnvoll, wenn sich die Korrelation von Hölzern und verwendeten Silices auf das Niveau Lößoberfläche/ Seekalkbasis eingrenzen ließe.

Zusätzlich zur fundplatzinternen Analyse kann das mikroskopische Gebrauchsspurenspektrum durch fundstellenübergreifende Vergleiche abgesichert werden.

Bewertung im Fundstellenvergleich

Neumark-Nord

Die mittelpaläolithischen Fundstellen des Tagebaus Neumark-Nord (NN) liegen am Ufer eines ehemaligen Seebeckens (Mania 1990b; 1996; Brühl 2000) (*Abb. 71*).

Die fundführende Mudde der limnisch-telmatischen Folge wird von geologischen Bearbeitern mit verschiedenen, unabhängigen Argumenten (Stratigraphie, Palynologie, TL- und CO₂-Datierung) als eemzeitlich eingestuft (Eissmann 1994; 2001), während archäologische Bearbeiter für den See ein Interglazial zwischen Drenthe- und Warthephase des Saaleglazials favorisieren und die hangenden Ablagerungen (inclusive Eem) als weitgehend erodiert ansehen (Mania 1998b; Brühl 2001, 132). Die Geologen verweisen auf das Fehlen von Böden zwischen Drenthe und Warthe in Sedimentfallen des mitteldeutschen Tagebaugesbietes. Stattdessen liegt in limnisch-telmatischen Becken des Altmoränengebietes (z.B. Gröbern, Grabschütz, Rabutz) der Pollentyp des Eem stets direkt über der Drenthegrundmoräne (Litt 1990; 1992; Eissmann & Litt 1994). Das Nichtvorhandensein einer Wartheterasse deutet zusätzlich darauf hin, daß das Warthestadial nicht als glaziärer Großzyklus einzustufen ist.

Die untersuchten Artefakte stammen aus Zonen am Rande des interglazialen Seebeckens (*Abb. 71*). Im Zuge der Notbergungen zwischen 1986-96 sind teilweise komplexe Befundzusammenhänge von Artefakten und manipulierten Großsäugerskeletten ausgegraben worden (Mania 1990, 51-102).

Ein großer Teil der untersuchten Feuersteinartefakte wurde im Jahre 1995 innerhalb archäologischer Grabungsflächen (A-E) ausgegraben und dokumentiert (Brühl 2001). Die Verwendung eines Teils der Abschlüge und Abschlaggeräte als Tranchiermesser ist naheliegend, da diese teilweise im unmittelbaren Umfeld der Tierkadaver gefunden worden sind (z.B. *Tafel 27 Mitte*).

136 Abschlüge und Abschlaggeräte können nach einer makroanalytischen Vorauswahl aller im Depot der Forschungsstelle Bilzingsleben zugänglichen Artefakte auf Gebrauchsspuren untersucht werden. An 47 Objekten werden regelhafte Aussplitterungsmuster diagnostiziert, wofür einige Beispiele im Katalog abgebildet sind (*Tafel 26-27*). Die empirische Dokumentation aller Befunde ist auf der Daten-CD einsehbar.

Die Systematik der Gebrauchsretuschen wurde im selben Merkmalsystem wie Bilzingsleben aufgenommen. Entsprechend *Abb. 65* zu Bilzingsleben kann zunächst eine Gegenüberstellung von Grundformklassen und der Art der Kantenmodifikation erfolgen (*Abb. 72*). Die größte Gruppe bilden Abschlüge (AB) mit bifaziellen Gebrauchsmustern für das Schaben auf

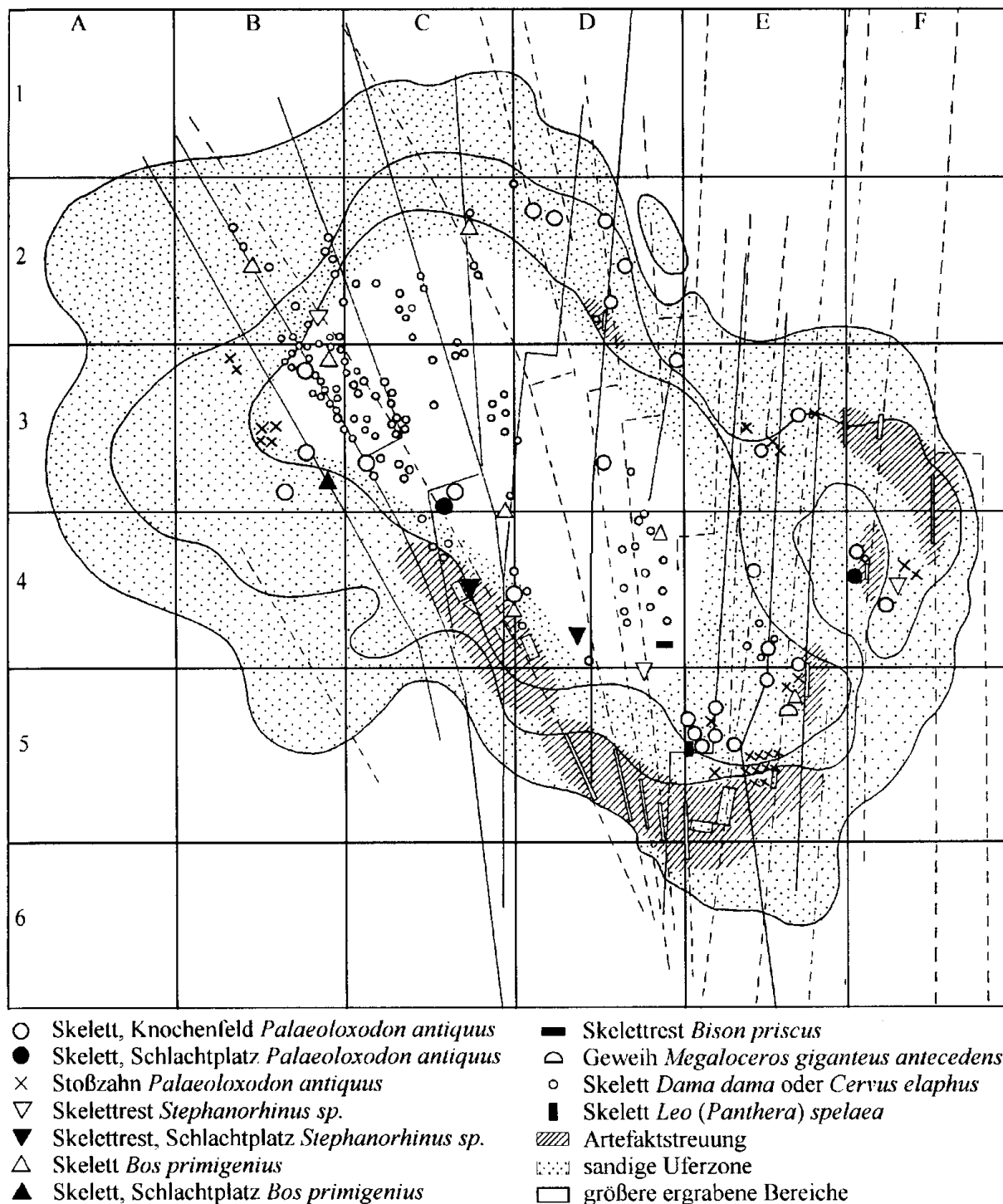


Abb. 71 – Neumark-Nord, Gesamtplan zur Paläontologie und Archäologie des Interglazials (Brühl 2001, 133)

harten Materialien (MR unr.), gefolgt von unidirektionalen Schabern (MR tr.). Ein gesichertes Kriterium transversalen Arbeitens an harten organischen Materialien ist auch hier die *Second Edge Row*. Da aufgrund der Einlagerung in einer limnisch-telmatischen Folge der Bodenchemismus zu einer vollständigen Überprägung der Flintoberflächen geführt hat, können *High Power*-Befunde ausschließlich in Form abrasiver Kantenverrundung diagnostiziert werden (n=3).

Interessante Korrelationen zeigt die Gegenüberstellung von Gebrauchsretuschen und Kantenwinkeln (Abb. 73). Abschlüge bzw. Geräte, mit denen auf harten Materialien geschabt wurde (tr. h.), weisen im Interquartilbereich Kantenwinkel von 35-55° auf, während reine Schneidwerkzeuge (lo.) mit 30-40° deutlich kleinere Kantenwinkel haben. Die Kantenwinkel liegen gegenüber Bilzingsleben (Abb. 67) bei allen vier Gruppen deutlich niedriger (Interquartilbe-

reiche). Dies ist auf den hohen Anteil von Serienabschlägen (dorsal nur Negativoberfläche) zurückzuführen, die z.T. im Levalloiskonzept (Boëda 1994) hergestellt wurden.

Wenngleich die Ergebnisse der Gebrauchsspurenanalyse vor allem transversale Hauptbewegungsrichtung prognostizieren, liegt hier kein Widerspruch zu den eingangs favorisierten waidmännischen Tätigkeiten vor. Experimente zeigen, daß das Schneiden von Fleisch und das Bearbeiten von Häuten selbst bei intensivem Gebrauch der Messer bis zur Verstumpfung der Schneide meist weder Polituren noch signifikante Gebrauchsretuschen hervorruft (Pawlik 1995, 43-53/96-7). Die Verwendung der morphologisch als Klinsen bzw. Messer anzusprechenden Stücke von Neumark-Nord zum Schneiden von Fleisch und Häuten ist möglich, wobei ein nachweislicher Anteil dieser Werkzeuge durch (anschließendes) Schaben verstumpft ist. Die Nachschärfung hölzerner Jagdwaffen

am Jagdplatz wäre hierfür ein denkbarer, wenn auch spekulativer Erklärungsversuch. Dazu passen die häufigen Aussplittungsmuster in den gebuchteten Kanten (Tafel 26).

Tata

Die mittelpaläolithische Fundstelle Tata am Fuße des Gerecsegebirges in Ungarn enthält ein umfangreiches und vorzüglich erhaltenes Inventar, überwiegend aus Radiolarit gefertigt (Vértes 1964). Der Leiter der in den 50-er Jahren durchgeführten Grabungen favorisiert eine Datierung in einem der beiden frühweichselzeitlichen Interstadiale (Vértes 1964), die jedoch bis heute nicht vollständig abgesichert ist (Tattersall et al. 1988, 570).

Von 307 Abschlägen und Abschlaggeräten des Grabungsjahres 1958 (zuzüglich zweier Einzelstücke von 1959) konnten an 33 Artefakten gesicherte Ge-

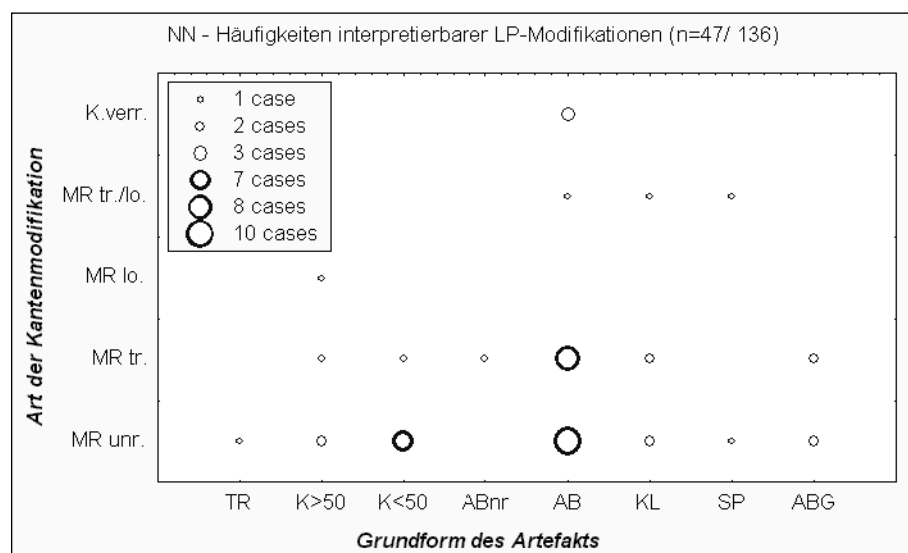


Abb. 72 – Neumark-Nord, Grundform (GF) vs. Art der Kantenmodifikation (GEBR/ POL)

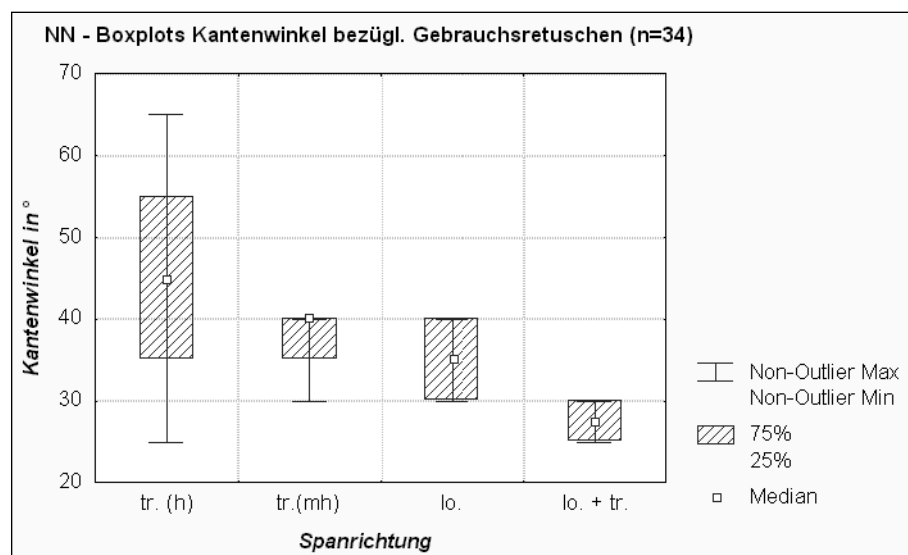


Abb. 73 – Neumark-Nord, Spanrichtung/ Viskosität (URT) vs. Kantenwinkel (KW)

brauchsretuschen festgestellt werden (Tab. 14; Tafel 28). Hinzu kommen 8 Artefakte mit wahrscheinlichen Spurenbefunden. Infolge der Ergebnisse zu Bilzingsleben und Neumark-Nord wird in den Analysen eine überwiegende Fokussierung auf Abschlaggrundformen, ihre entsprechenden Mikroretuschen und die zugehörigen Kantenwinkel vorgenommen. Die Selektion des Sammlungsmaterials beschränkt sich auf diejenigen Inventarkartons, in denen ausschließlich bzw. fast ausschließlich Abschlaggrundformen aufbewahrt werden. Diese werden vollständig untersucht.

Da die Analyse im Depot des Ungarischen Nationalmuseums erfolgt ist, können aus technischen Gründen lediglich Binokularbefunde vorgelegt werden. Die empirische Dokumentation von 20 ausgewählten Artefakten mit Spurenbefunden ist auf der Daten-CD einsehbar.

Die Dominanz der Silex-Varietät Radiolarit läßt direkte Vergleiche mit baltischem Flint zu, insbesondere zum Inventar von Neumark-Nord.

Zu den Grundformen und Gebrauchsmodifikationen sind wegen der geringen Fallzahlen (bei $n=33$)

keine deskriptiven Statistiken zulässig. Von den Artefakten mit Gebrauchsspurenbefunden sind 18 makroretuschiert (Geräte). Die 26 Fälle transversalen Gebrauchs werden durch 18 Geräte repräsentiert, während in nur 8 Fällen unmodifizierte Abschlüge durch transversale Bewegung entstandene Gebrauchsmuster aufweisen. Damit hat Tata einen wesentlich höheren Geräteteil von nachweislich auch zum Schaben benutzten Stücken als Neumark-Nord, wo schabende (transversale) Tätigkeiten überwiegend mit unmodifizierten Abschlügen durchgeführt worden sind (vgl. Abb. 72). Die Tatsache des hohen Modifikationsgrades der Schaber von Tata kann mit der Beziehung zwischen Gebrauch und dem dafür günstigsten Kantenwinkel gedeutet werden (Abb. 74).

Die Größe der Kantenwinkel ist insofern vergleichbar mit den Inventaren von Bilzingsleben, Neumark-Nord und Wallertheim, als Geräte zur transversalen Nutzung im Interquartilbereich größere Winkel aufweisen als Geräte zum Schneiden/ Sägen. Dennoch haben die Schaberwinkel in Tata gegenüber Bilzingsleben und Neumark im Interquartil und Medianwert den mit Abstand kleinsten Winkel von 45° .

Komplex (Nr. d. Inventar-Kartons)	Anzahl Artefakte	Anzahl Low P.-Befunde*	Inv.-Nr. d. Ungar. NM < Pb 58/ ... >
Grabung 1958, Nr. 2	28	6	64, 70, 73, 74, 77, 82,
Grabung 1958, Nr. 3	37	2 (+2)*	87, (91),(94), 98
Grabung 1958, Nr. 4	50	8 (+2)	107, 125, 131, 133, 138, 147, 149, 153, (155, 156)
Grabung 1958, Nr. 6	28	3	180, 196, 200
Grabung 1958, Nr. 8	31	2 (+3)	290, (299), 300, (317, 318)
Grabung 1958, Nr. 10	28	3	352, 370, 372
Grabung 1958, Nr. 11	25	1	394
Grabung 1958, Nr. 12	25	1	427
Grabung 1958, Nr. 13	11	1	438
Grabung 1958, Nr. 15	4	1	525
Grabung 1958, Nr. 16	12	2	530, 535
Grabung 1958, Nr. 18	26	1 (+1)	547, (554)
Grabung 1959	2	2	1033, 1320
gesamt:	307	33 (+8)*	

Tab. 14 – Tata, untersuchte Teilmenge mit Inventar-Nr. des Ungarischen Nationalmuseums; gesicherte und wahrscheinliche* (in Klammern) Spurenbefunde

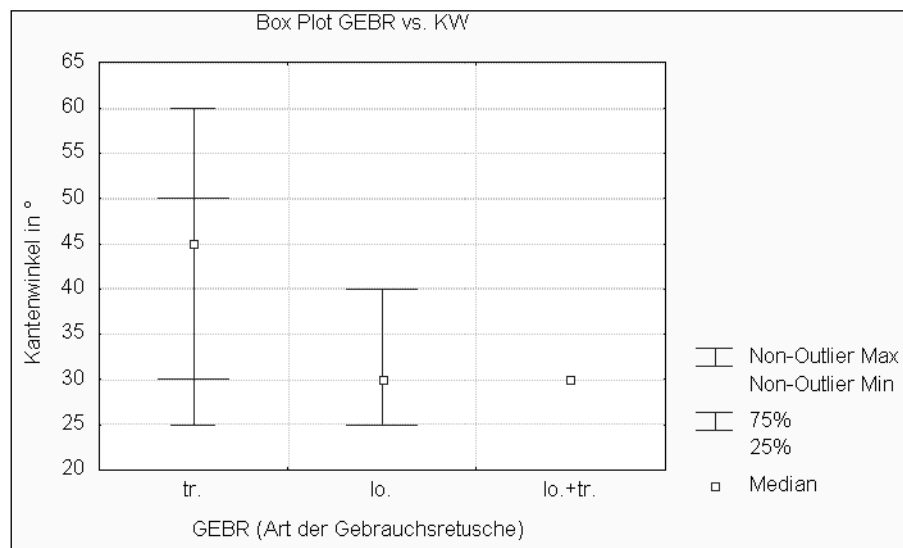


Abb. 74 – Tata, Art der Gebrauchsretusche vs. Kantenwinkel (in 5° -Schritten) ($n=33$)

Grund dafür ist die sehr leptolithische Abschlagindustrie. Um die prinzipiell schmaleren Abschlagkanten der potentiellen Schaber zu stabilisieren, wurde eine kantenstabilisierende Makroretusche angebracht.

Wallertheim

Das Inventar der eem- bis frühweichselzeitlichen Fundstelle Wallertheim in Rheinhessen (Conard et al. 1995; Conard & Adler 1997) kann wegen der einerseits sehr guten Erhaltung, wegen der andererseits interessanten Vergleichsmöglichkeit der Mikrobruchmechanik eines „Nicht-SiO₂“-Rohmaterials teilmengehend untersucht und ausgewertet werden.

Die Artefakte entstammen den Schichten A, D, E und F, mit dem Schwerpunkt in den Schichten A und D. Schicht A wird nach derzeitigem Auswertungsstand dem Eem (OIS 5e) zugeordnet. Die darin gefundenen Artefakte entstammen einer Primärproduktion am Ort. Artefakte aus den darüberliegenden Schichten B und C, der ersten posteemzeitlichen Kälteschwankung (OIS 5d) entsprechend, wurden in diese Untersuchung nicht einbezogen. Die Schichten D-F werden dem Brörup-Interstadial (OIS 5c) zugeordnet (Conard & Adler 1997). Die meisten der hier untersuchten Artefakte entstammen Schicht D. Die Bearbeiter (Conard et al. 1995) weisen auf *Offsite*-Phasen einer im Fundplatz nicht nachweislichen Gerätemodifikation hin. Demnach fallen verschiedene Phasen der Retuschierung und des Verwerfens der Artefakte aus der archäologischen Überlieferung heraus. Nachschärfung (*Retooling*) ist z.T. in Fundhorizont D nachgewiesen, außerdem anhand entsprechend modifizierter Knochen (vgl. Kapitel VI) die Nutzung scharfkantiger Artefakte am Ort.

Der Vergleichsschwerpunkt liegt auf einer Erhebung der Modifikationen bezüglich Grundform und Rohmaterial. Die stratigraphische Zuordnung der Einzelobjekte ist im Katalog (Daten-CD) einsehbar.

Die 89 untersuchten Artefakte (55 *Abschläge*; 34 *Abschlaggeräte*) bestehen aus Andesit, Rhyolith,

Quarz, Quarzit und Achat, weisen grundformtechnisch prädestinierte Funktionskanten auf und sind daher potentielle Werkzeuge. Gebrauchsretuschen, die gesichert auf eine systematische Nutzung schließen lassen, werden an 17 Stücken festgestellt, wovon 9 aus tuffitischem Rhyolith, 6 aus Rhyolith und 2 aus Achat bestehen. Die Dominanz des feinkörnigen Rhyolith gilt auch für 13 weitere Stücke fraglichen bzw. unsystematischen Gebrauchs (Aussplitterungen nur gering regelhaft), von denen 8 aus tuffitischem Rhyolith und 4 aus Rhyolith bestehen (Abb. 75). Grobkörnige Rohmaterialien (Achat, Quarz, Quarzit) bereiten sowohl wegen der rauhen Oberflächen, als auch der unscharfen Bruchendigungen der Mikro-Negative Interpretationsprobleme.

Von den 89 Artefakten weisen 30 Stücke sichere bzw. mögliche Modifikationen durch Gebrauch auf. Von den 17 sicheren Befunden entfallen 14 auf Abschläge und nur drei auf Abschlaggeräte. Bei den fraglichen Befunden beträgt das Verhältnis sechs Abschläge zu sieben Abschlaggeräten (Abb. 76).

Die empirische Dokumentation der 17 gesicherten Befunde ist auf beiliegender CD einsehbar, drei Artefakte und Befunde sind exemplarisch auf *Tafel 29* abgebildet.

Übereinstimmend zu Bilzingsleben und Neumark-Nord kann auch für Wallertheim festgestellt werden, daß im Bereich der *Low Power*-Analyse überwiegend transversale Nutzungsnachweise (Schnitzen, Schaben, Glätten) vorliegen. Dies kann durch eindeutige Befunde der *Second Edge Row* bestätigt werden, die sich beim feinkörnigen Rhyolith in Gestalt von Stufenbrüchen zeigt. Der plattige Bruchverlauf im Rhyolith verursacht diese Spezialform der Bruchendigung offenbar sogar viel regelhafter, als dies beim muscheligen Bruch des amorphen Feuersteins der Fall ist. Die bereits bestehenden Bruchendigungen der Gebrauchsretuschen erzeugen jeweils lateral eine Art „Sollbruchstelle“ für die benachbarten Gebrauchsretuschen, so daß sich eine regelhafte zweite Bruchfront (SER) parallel zur Arbeitskante bildet.

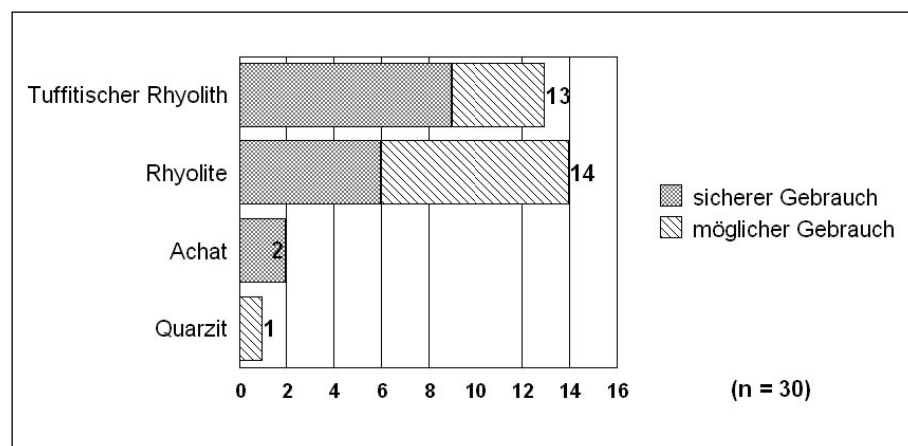


Abb. 75 – Wallertheim, Gebrauchsspurenbefunde an 30 Artefakten (17x gesichert/ 13x Gebrauch wahrscheinlich), nach Rohmaterial geordnet

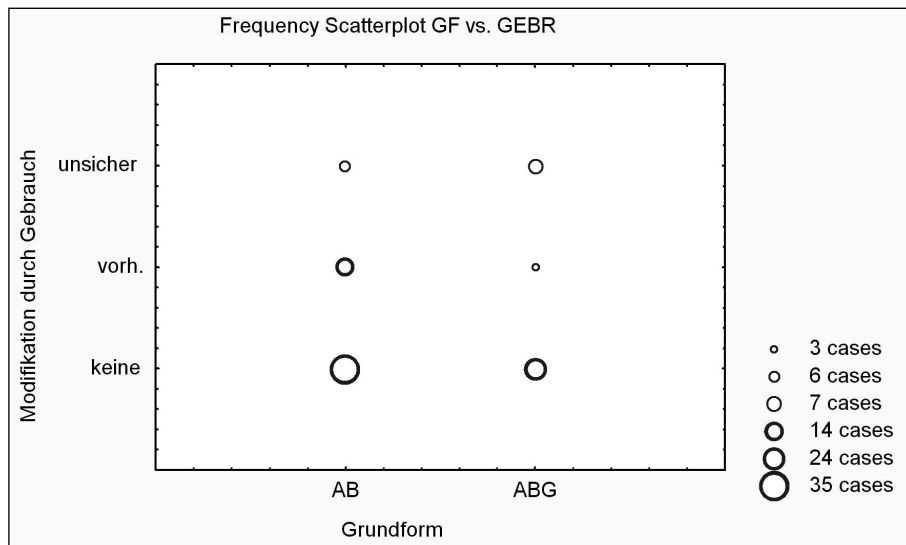


Abb. 76 – Wallertheim, Grundform vs. Gebrauchsmodifikationen (n=89)

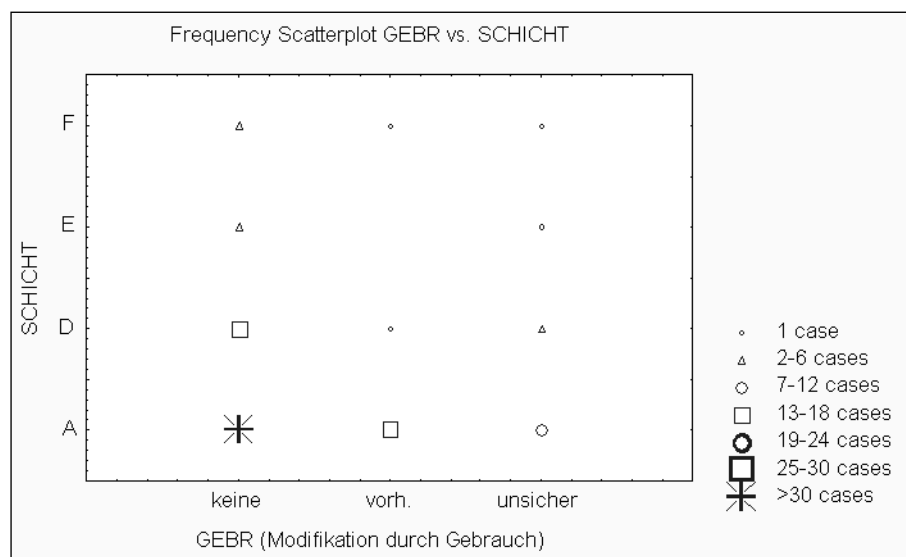


Abb. 77 – Wallertheim, Gebrauchsmodifikationen vs. Schichtzugehörigkeit (n=89)

Es zeigt sich, daß die überwiegende Zahl der Spurenbefunde aus dem eemzeitlichen Horizont A stammt, eine untergeordnete Teilmenge aus dem interstadialen Horizont der Schicht D und damit einer ca. 20ka jüngeren Fundstrate. Gleichwohl sind damit für beide archäologischen Besiedlungsphasen Gebrauchsspuren belegt.

Die Dominanz der Gebrauchsmodifikationen an unretuschierten Artefakten ist neben Neumark-Nord auch für Wallertheim typisch. Die Verwendung unmodifizierter Grundformen könnte damit ein spezifisches Kriterium von Jagdlagern unter warmzeitlichen Bedingungen sein. Die Nichtverwendung retuschierter Formen schafft Erklärungsbedarf, die Benutzung unretuschierter Kanten hingegen ist funktional plausibel und für viele waidmännische Arbeitsgänge zweckmäßig (Steguweit 1994).

Vértesszölös

Die mittelpleistozäne Fundstelle Vértesszölös am Rande des ungarischen Gerecse-Gebirges ist unter interglazialen Bedingungen abgelagert worden und weist die dominierenden Rohmaterialien Radiolarit und Flint auf (Kretzoi & Dobosi 1990). Neben den Sedimentationsbedingungen (Travertinfundstelle) ist das Vorhandensein mehrerer Zähne und eines Occipitalfragmentes von *Homo erectus* (Vlček 1995) von Bedeutung für einen Vergleich innerhalb der Bilzingslebener Chronozone. Hinzu kommt die Tatsache, daß es weder in Bilzingsleben noch in Vértesszölös Faustkeile gibt, sondern stattdessen eine hochwarmzeitliche Fazies vorliegt, die verallgemeinert als „mikrolithisches Altpaläolithikum“ bezeichnet wurde (Toepfer 1980).

Die exakte Zuordnung innerhalb des Mittelpleistozäns ist derzeit noch nicht abgesichert. Mania (1997b) favorisiert eine chronostratigraphische Stellung in

einem nicht definierten Interglazial innerhalb des Mindelkomplexes, was einer Relativdatierung älter als Bilzingsleben gleichkommt.

Die Grabungen in Vértesszölös wurden unter Leitung von L.Vértés in den Jahren 1963-68 durchgeführt, das Material wird vollständig im Ungarischen Nationalmuseum aufbewahrt. Die Durchsicht des lithischen Inventars von 1965 und 1967 (ca. 100 Objekte) erbrachte keine interpretierbaren Gebrauchsspurenbefunde. Grund dafür kann sowohl sedimentbedingte Umlagerung sein als auch eine im Rahmen der Materialbearbeitung nicht sondierbare Eolithenkomponente. Für Varianten nicht-anthropogener Kantenmodifikationen am Material sollen drei Beispiele genügen, die auf der Daten-CD einsehbar sind. Die Beispiele sind jeweils außerordentlich typisch für sogenannte „*Sedimentretuschen*“ am gesamten durchgesehenen Material:

1. Objekt Pb 67/ 792 weist bifaziell initialisierte SNAP-Ausbrüche auf.

2. Objekt Pb 67/ 648 weist eine intensive Sedimentretusche auf, die vor allem durch intensive Ausbrüche des Kantengrates diagnostizierbar ist.

3. Objekt Pb 67/ 782 weist stufige Ausbrüche (STEP) auf, die bifaziell initialisiert sind, was bei anthropogenen Gebrauchsetuschen nicht der Fall ist.

Für morphologische Materialstudien kann auf den umfangreichen Katalog des Ausgräbers und Erstbearbeiters verwiesen werden, in dem die untersuchte Teilmenge als kleinformatige Komponente innerhalb des im allgemeinen „*Pebble-Tool*“-reichen Materials vollständig abgebildet vorliegt (Vértés 1990, 496-518).

Bad Cannstatt

Die Fundstelle Bunker (*Grabung E.Wagner*) innerhalb der Travertinbrüche von Bad Cannstatt ist nach derzeitigem Forschungsstand gesichert in das jüngere Mittelpleistozän einzuordnen (Wagner 1995). E.Wagner (†) sah hier eine chronostratigraphische Parallele zu Bilzingsleben.

Die Materialeinsicht im Landesdenkmalamt Stuttgart im Jahre 1999 bezüglich lithischer Gebrauchsspuren hat folgende Ergebnisse erbracht:

Die untersuchten Artefakte der Kategorie 1-2 bestehen größtenteils aus Jura- oder Muschelkalkhornstein (*Tab. 15*). Die Abschläge (n=23) sind vor allem durch primäre Schlagmerkmale diagnostizierbar, während Schlagflächen- und Dorsalflächenbearbeitung fehlen bzw. die Stücke dorsal nur wenige Negative aufweisen. Neben Abschlägen gibt es eine Reihe von

<i>Abb.-Nr. (CD)</i>	<i>Inventar-Nr.</i>	<i>Material</i>
1	Bu '86, Qu 37/ 46, Nr. 99 (li) Bu '87, Qu 5/ 16, Nr. 102 (re)	Jurahornstein hell Jurahornstein, sekundär schw./ -braun gefärbt
2	Bu , Qu 4/ 1a, 100 (li) Bu '87, Qu 5c, 23 (Mi) Bu – ohne Beschr. (re)	Jurahornstein hell Jurahornstein hell Jurahornstein hell
3	Bu '87, Qu 5/ 1	Muschelkalkhornstein (vgl. Wagner 1995, Tafel 30/ 4)
4	Bu '87 – ohne Nr.	Muschelkalkhornstein (vgl. Wagner 1995, Taf. 30/ 2)
5	Bu '87, Qu 1/ 3, 50	Jurahornstein hell
6	Bu '87, Qu 3/ 3, 14	Muschelkalkhornstein
7	Bu '87, Qu 4d, 60	Flint
8	Bu '88, Qu 8d, 13	Jurahornstein hell
9	Bu '87, Qu 5/ 2, 35	Muschelkalkhornstein (vgl. Wagner 1995, Taf. 35 u.r.)
10	Bu '88, - ohne Nr.	Jurahornstein hell
11	Bu '88, Qu 2d, 35 Bu '88, Qu 1d, 77	Jurahornstein hell Muschelkalkhornstein
12	Bu '88, - ohne Nr.	Jurahornstein hell
13	Bu '86, Qu 32/ 4, 296 Bu '86, Qu 32/ 4, 296 (!) – 2	Jurahornstein hell Jurahornstein hell
14	Bu '86, Qu 36/ 46, 8 (li) Bu '84, Qu 42/ 4, 119 (Mi) Bu '84, Qu 42/ 4, 64 (re)	Jurahornstein hell Jurahornstein hell Jurahornstein, sekundär schw./ -braun gefärbt
15	Bu '87, Qu 5d, 14	Jurahornstein hell
16	Bu '87, Qu 5c, 23	Muschelkalkhornstein

Tab. 15 – Bad Cannstatt, Fdst. Bunker, Liste von 23 Artefakten der Kategorie 1-2; die Numerierung bezieht sich auf das Abbildungsverzeichnis der Daten-CD

Trümmerstücken, die anthropogen modifiziert sein können. Das Vorhandensein von Geräten aus Grundformen und Kernen kann nicht festgestellt werden.

In Anbetracht des Vorkommens flacher Gerölle und Trümmer aus Muschelkalk- und Jurahornstein durch natürlichen Rohmaterialeintrag, ist ein Abdrücken von abschlagartigen Trümmerstücken ebenfalls teilweise nicht auszuschließen. Insgesamt erweist sich das Material der Fundstelle Bunker daher als ungeeignet für technologische Vergleiche mit Bilzingsleben. Auch Vergleiche von potentiellen Gebrauchsspuren wären bei dem gegenüber Flint wesentlich weicheren Rohmaterial (Moos'sche Ritzhärte 6) problematisch. Die Daten-CD kann mit Abbildungen einiger der sicheren Artefakte lediglich einen morphologischen Eindruck des Inventars vermitteln.

Vergleich der lithischen Auswertungseinheiten

Die Teilmengen der vier aussagekräftigen Inventare (*Bilzingsleben, Neumark-Nord, Tata, Wallertheim*) lassen sich bezüglich ihrer Gebrauchsspurenbefunde in zwei Merkmalsgruppen trennen:

Neumark-Nord und Wallertheim bieten als kurzfristige Jagdlager Belege z.T. intensiver Artefaktnutzung bis zur Kantenver stumpfung, was anschließendes Verwerfen am Ort der Aktivität nahelegt. Fluviatiler Import des lithischen Rohmaterials ist dagegen ausgeschlossen. Während die Artefakte damit fast ausschließlich der Wahrscheinlichkeitskategorie 1 angehören, besteht eine gewisse Grauzone zwischen Befunden eindeutig anthropogener Kinematik und der Möglichkeit unidirektionaler Umlagerung im Sediment bei allerdings geringer Intensität (keine Abrollungsspuren). Die Teilmenge unsicherer Befunde beträgt daher jeweils ca. 10%, bei einer andererseits hohen Komponente sicherer Befunde (um 20%).

Demgegenüber bilden Bilzingsleben und Tata Inventare, die eine – über Rohmaterialkriterien untrennbare – Mischung aus eindeutigen bzw. wahrscheinlichen Artefakten und fluviatil importiertem Trümmerbruch der Terrassenbasis darstellen. Eine Trennung kann nur unter artefaktmorphologischen Kriterien erfolgen. Die verbleibende, scharfkantig überlieferte Teilmenge besteht größtenteils aus eindeutigen Abschlaggrundformen, untergeordnet auch aus modifizierten Trümmerstücken. Die Artefakte mit Spurenbefunden sind innerhalb des sedimentologischen Milieus weitgehend parautochthon abgelagert worden (keine Abrollungsspuren) und weisen klare Gebrauchsretuschen auf. Die größere Teilmenge der Untersuchungseinheit weist – auch bei Vorsortierung – meist noch sehr eindeutige Sedimentbeschädigungen auf (80-85%), die eine Spurenanalyse unmöglich machen. Die Grauzone zwischen sicher diagnostizierbaren und unsicheren Spurenbefunden liegt zwar hier bei nur 2-3%, der relative Anteil eindeutiger Befunde ist mit 10-12% allerdings deutlich geringer als bei den oben genannten Jagdlagern (*Abb. 78*).

Durchweg fluviatil aufgearbeitetes Material besitzt die Travertinfundstelle Vértesszölös, wobei hier alle potentiell möglichen Spurenbefunde durch sedimentologische Prozesse überprägt wurden.

Ungeachtet der Polarisierung bezüglich des kausalen Zusammenhangs von *site formation* und Gebrauchsspurenhäufigkeit, ist die Beziehung zwischen Arbeitskanten und (Haupt-) Kinematik der Werkzeuge bei den SiO₂-Komplexen Bilzingsleben, Neumark-Nord und Tata verallgemeinerbar. Transversal- und Longitudinalbefunde lassen sich demnach nicht nur anhand von Gebrauchsretuschen und Kantenabrasion voneinander unterscheiden, sondern – sowohl *intra-site*-spezifisch als auch fundstellenübergreifend – anhand der verschiedenen großen Arbeitskantenwinkel. Das belegt eine bewußte Planung von Werkzeugkonzepten.

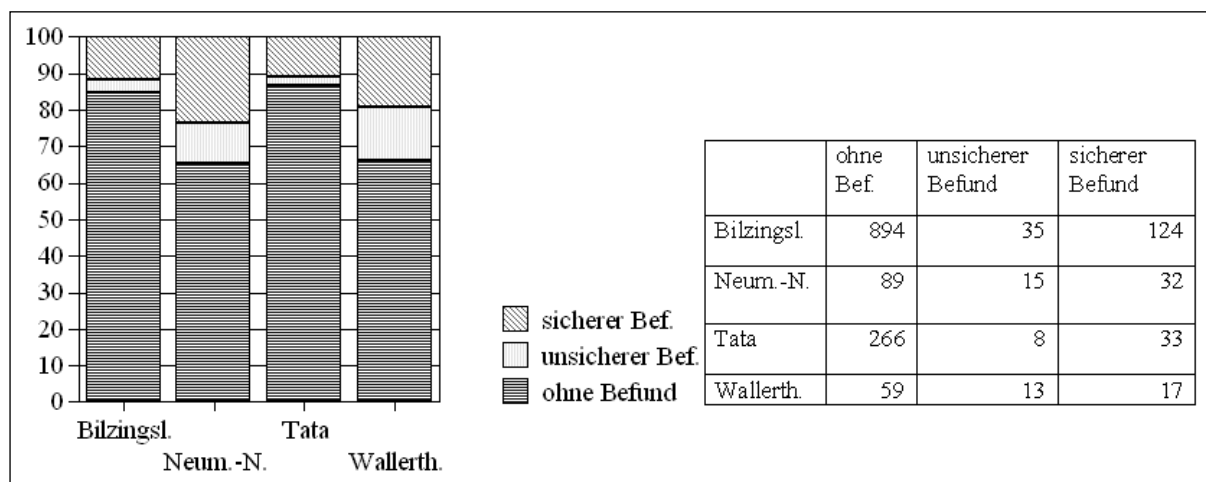


Abb. 78 – Diagramm zur relativen Häufigkeit lithischer Spurenbefunde (Y-Achse in %)

VI. Auswertung der Oberflächenmodifikationen auf Tierknochen von Bilzingsleben

Methodische Vorbetrachtungen

Bei der Beurteilung osteologischer Oberflächen besteht heute weitgehend Einigkeit über Beurteilungskriterien zur Abgrenzung von Schnittspuren gegenüber postdepositionellen Beschädigungen (z.B. Binford 1981; Shipman 1981; Cook 1986; Bunn & Kroll 1986; Behrensmeier et al. 1986; Münzel 1987; Berke 1987, Potts 1988; Olsen & Shipman 1988). Mikroskopische Regelmäßigkeiten wie auch ein homogen V-förmiger, spitz-U-förmiger oder regelhaft trapezoider Querschnitt bieten im Rahmen mikroskopischer Vergleichsstudien zuverlässige Kriterien der Identifizierung.

Eine mikroskopische Analyse von Schnittspuren innerhalb einer archäologischen Fragestellung wird erstmals durch Marshack (1970) dokumentiert. Quantitative Fragestellungen spielen dabei eine untergeordnete Rolle. Dennoch wird von Marshack (1970) ein methodischer Quantensprung vollzogen, da er versucht, anhand diagnostischer Kriterien der Mikroskopie Rückschlüsse auf die Schnittreihenfolge zu ziehen. Versuche der Objektivierung von Kriterien zur Verifikation von Schnittspuren („Gravuren“) vs. natürlichen Schrammen sind bis dahin gar zu oft der „Interessantheit“ selbstergrabener Inventare geopfert worden (z.B. zu *Pech de l'Azé*: Bordes 1972; dagegen d'Errico & Villa 1997).

Der Beginn der Nutzung mikroskopischer Verfahren an osteologischen Oberflächen ist vor allem der Schnittstelle zur Taphonomie zu verdanken, da zunächst Abgrenzungskriterien anthropogener Aktivitäten gegenüber natürlichen taphonomischen Prozessen aufgestellt werden. Erst seit etwa Mitte der 80-er Jahre erfolgt eine kritische Revision von Befunden kulturgeschichtlicher Brisanz mit differentialdiagnostischen Methoden (d'Errico 1991; 1994; - & Villa 1997; - & Gnesutta 1999; - & Vialou-Vilhena 1999; - & Nowell 2000; Backwell & d'Errico 1999; Steguweit 1999; Riemer 2000).

Die vorliegende Untersuchung befaßt sich primär mit der Frage von anthropogenen Veränderungen auf den Oberflächen von Tierknochen, insbesondere Schnittspuren. Alternative Möglichkeiten zu Schnittspuren bestehen sowohl in mechanischen Schrammen durch geologische Umlagerung oder Trampling, wie auch einer Vielzahl biotischer Modifikationen, wie Karnivoren- und Nagerverbiß oder Krallenmarken. Zweifellos bestehen hier übergreifende Zusammenhänge zwischen Kanten- und Oberflächenmodifikationen. Die Fragestellung wird wegen der begrenzten Unter-

suchungskapazität bewußt auf die Analyse der Oberflächenmodifikationen eingegrenzt, während die wichtigen Fragen der Frakturierung bzw. Retuschierung von Knochen (Mania 1986b; 1990a,c; - & Mania 1997) und deren differentialdiagnostische Prüfung weitgehend späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Morphologie von Schnittspuren

Anthropogene Schnittmarken können funktionalen oder nonutilitären Charakters sein. Bei Gravuren als Spezialfall von Schnittspuren ist vom Gebrauch derselben Werkzeugkante in einem homogenen Arbeitstakt auszugehen. Die Bearbeiter orientierten sich daher besonders auf Lösungen, Beweise für eine homogene Aufbringung zu finden.

Verschiedene Untersuchungen zu künstlerischen Gravuren beschäftigen sich mit der Frage, ob die Morphologie einer Schnittspur mit einem bestimmten Werkzeugtyp korrelierbar ist (Marshack 1970; 1972; Bosinski & Fischer 1974, d'Errico 1989). Wegen der unterschiedlichen Kontaktflächen bei verschiedenen Schräglagen der Werkzeuge und den daraus resultierenden Spurenquerschnitten wird klar, daß verallgemeinernde Aussagen einer solchen Korrelation unzulässig sind (vgl. Fritz 1999: fig. 10-11). Lediglich ein Zusammenhang zwischen Werkzeugwinkel und Spurenquerschnitt läßt sich in einigen Fällen nachvollziehen.

Der Gebrauch derselben Werkzeugkante kann in einigen Fällen anhand der identisch verlaufenden Lateralstriae („*striae parasites laterales*“) identifiziert werden (d'Errico 1994: fig. 26) (Abb. 79). Diese Striae entstehen bei einer mehrspitzigen Werkzeugkante durch die Kritzung mit den Nebenpeaks, je nach der Veränderung des Werkzeugwinkels.

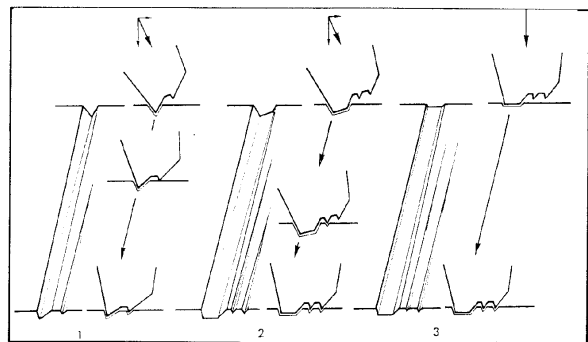


Abb. 79 – Entstehung von Lateralstriae („*striae parasites laterales*“), (d'Errico 1994: fig. 26)

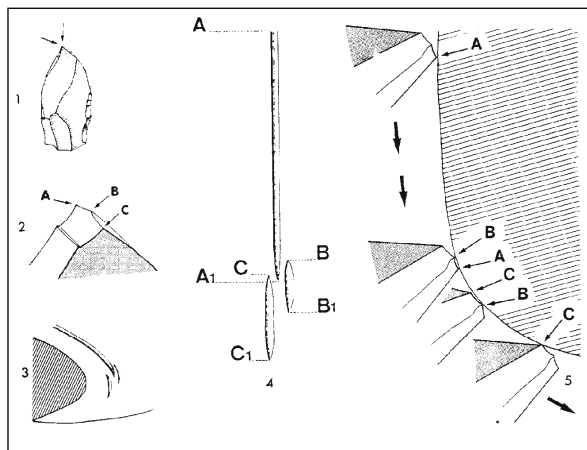


Abb. 80 – Entstehung von Endstriae („striae parasites finales“), (d’Errico 1994: fig. 29)

Diese verlaufen dann, auch wenn sie phasenweise aussetzen, völlig parallel zur Hauptschramme.

Die Endstriae („striae parasites finales“) entstehen hingegen bei gekrümmten Oberflächen, wenn eine Änderung des Kontaktpunktes zwischen Werkzeug und Unterlage eintritt (d’Errico 1994: fig. 29) (Abb. 80). Bei Änderung des Kontaktwinkels durch eine variable Handhabung können seitliche Kontaktwechsel am Werkzeug stattfinden, d.h. eine scheinbar unterbrochene Linie setzt sich bei leichtem Seitenversatz fort, ohne daß das Werkzeug getauscht wurde (d’Errico 1994) (Abb. 81).

Bei Schnittpuren, die mit scharfkantigen Geräten auf Knochen erzeugt werden, können weitere Striae entstehen:

- Randstriae durch sekundär abgelagerte Abrasivpartikel, die vom Werkzeug mitgeschleift werden und sich besonders an der Austrittskante der Spur an die Oberfläche abgelagern (Fritz 1999: fig. 14),

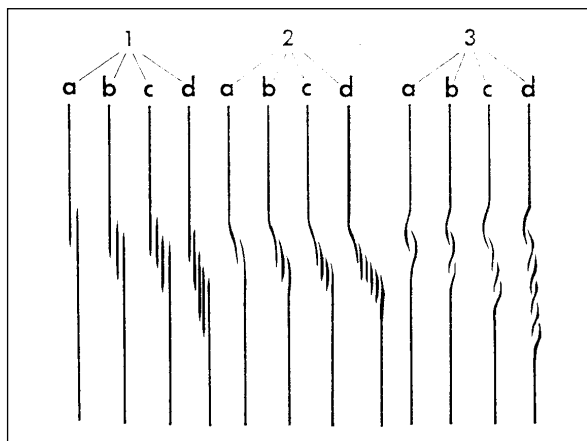


Abb. 81 – Änderung des Kontaktwinkels, daher Änderung der Kontaktpunkte zwischen Werkzeug und Oberfläche (d’Errico 1994: fig. 29)

- Striae durch Mehrfachlinien, wobei die Randstriae mehrfach nebeneinander abgelagert sein können, jedoch geringfügige Abweichungen zueinander aufweisen (Fritz 1999, 32). Besonders bei künstlerischen Einritzungen kann so u.U. die Anzahl der Strichwiederholungen identifiziert werden.
- Striae in den Spurenböden, die durch Kontakt mit mikrokristallinen Gesteinen (z.B. Quarzit) entstehen (Cook 1986).

Kriterien für Spurenverlauf und Spurenüberlagerung

Beobachtungen zur Richtung von anthropogen aufgebrauchten Ritzungen auf Steinplatten haben gezeigt, daß diese Spuren, bedingt durch die Druckinitialisierung, einen sehr klar eingedrückten Anfang aufweisen, während der Ausstrich der Spur relativ offen ist (Bosinski & Fischer 1974, 7). Dieser Effekt ist materialunabhängig und wurde für Knochen ausführlich beschrieben (Fritz 1999; Riemer 2000). Bei Knochen ist am Anfangspunkt einer Gravur zudem immer eine Materialakkumulation zu beobachten (Riemer 2000, 37), die durch das Eindringen des Werkzeuges in die Oberfläche entsteht.

Schwieriger sind richtungsweisende Kriterien in der Spur selbst zu finden. Fritz (1999, 32) beschreibt an Gravuren „stigmata de direction“ in Form erhabener Mikroreliefs in den Spurenböden, die dem Werkzeug einen Widerstand entgegensetzen, und nach dessen Überschleifen sich feine Späne abgelagern. Eine Identifizierung solcher Merkmale wird bei zunehmendem Grad der Oberflächenkorrosion schwierig. Bessere Kriterien finden sich an den lateralen Ausstrichen der Spuren in Form der sogenannten „bandes compactes“ (d’Errico 1994, 36), seitlicher, oft etwas runder Ausschabungen, die eine materialtransportierende Furchung bewirken, wodurch an den Rändern ein aufgebrochener Grat entsteht. Die Auswirkung der „bandes compactes“ (d’Errico 1994: fig. 13-14), zeigt sich am Schnittpunkt zweier Spuren. Die Wandung der zuletzt gezogenen Spur durchkreuzt klar erkennbar die Wandungen der ersten Spur. Das kann mit der Kreuzung zweier im Sand eingeritzter Linien verglichen werden.

Verschiedene Arbeiten von d’Errico (z.B. 1994) beschäftigen sich mit der Identifikation der Reihenfolge von Spuren bei ihrer Überlagerung, wofür folgende Kriterien geltend gemacht werden:

- Bei Spuren, die mit ähnlichem Druck ausgeführt werden und sich überlagern, kann bei der zweiten Spur ein seitlicher Versatz auftreten. Wird die zweite Spur mit geringerem Druck gezogen, wird sie nicht abgelenkt und beeinflusst auch den Verlauf der ersten Spur nicht.

- Nach dem Durchgang einer Spur durch eine bereits vorhandene kann es vorkommen, daß die zweite Spur ab dem Kreuzungspunkt neue Striae in der Spurenschleife aufweist. Das kann durch eine leichte Veränderung des Spanvorgangs (Druck oder Handhabung) bewirkt werden.
- Nach dem Durchbrechen einer Spur durch eine bereits vorhandene kann es am Austritt aus dem Kreuzungspunkt zu Mikrofrakturen beim erneuten Eintritt in die Materialoberfläche kommen, immer nur auf der Endseite in Richtung des Schnittverlaufs. An solchen Stellen kann sowohl die Abfolge der Reihenfolge als auch die Richtung des zweiten Schnittes identifiziert werden (d'Errico 1994).

FAZIT: Bei der Identifikation von künstlerischen Gravuren spielt die Frage der Quantifizierung der Spuren gegenüber Aussage zur Spurenmorphologie und -reihenfolge nur eine untergeordnete Rolle. Die Fragestellung ist bei altpaläolithischen „Gravuren“ zu modifizieren, da hier das Augenmerk dem Beweis der anthropogenen Aufbringung mit lithischen Artefakten gilt.

Technisches Potential zur Schnittspuranalyse

Das *Non-Contact-Scanning* mikroskopischer Flächen ermöglicht zum einen quantifizierende Aussagen zur Dimensionierung der Schnittspuren und hat zum anderen große Vorteile im Umgang mit wertvollen Originalobjekten. Bisherige Methoden wie Lichtschnittverfahren (Heussner 1987, 26) oder REM-Aufnahmen (Shipman 1981; Cook 1986) sind auf die Erstellung von Folienabdrücken bzw. Bedampfung angewiesen. Der Einsatz von Tastschnittgeräten, also ein Profilabtasten mit einer Diamantnadel, ist für weiche und relativ elastische Knochenoberflächen nicht geeignet. Die seit Beginn der 90-er Jahre verschiedenen Bearbeitern zugänglichen Laser-Profilometer (Kaiser und Katterwe 2001) weisen neue Wege der Dokumentation rauer Oberflächen.

Die Eindringtiefe von lithischen Werkzeugkanten (3D-Metrik und Oberflächenrauigkeit) ist mit bisherigen Dokumentationsmethoden nur abschätzbar, jedoch nicht zuverlässig meßbar (d'Errico 1994; Fritz 1999). Dank des LSM werden erstmals alle metrischen Informationen des jeweiligen Oberflächenscans quantitativ auswertbar, ergänzt von technischen Kenngrößen wie der Oberflächenrauigkeit und Rauhtiefe (vgl. Kapitel IV). Die Verwendung zur Messung von Knochenoberflächen ist zunächst erfolgreich getestet worden. Eine ausreichende Materialreflexion ist vorhanden, so daß ein ausgewählter Materialkomplex untersucht werden kann. Die technisch bestmögliche Auflösungsschärfe von 0,5µm wird zur Filterung des Grundrauschens der Oberflächenrauigkeit jeweils auf

3µm begrenzt, was sich als zweckmäßiger Kompromiß zur Bildauswertung erweist. Besonderes Augenmerk gilt neben dem Profilverlauf vor allem einem zu jeder Einzelspur erstellten Referenzprofil, das den etwa medianen, typischen Profilverlauf innerhalb des Bildausschnittes beschreibt.

Auch das LSM erfordert teilweise die Arbeit mit Abdrücken, da die Tiefe, auf die der Objektträger heruntergefahren werden kann, ungünstigerweise max. nur knapp 5cm beträgt, was mit der Umrüstbarkeit auf Durchlichtmikroskopie und einem fest installierten Durchlichtstrahler zusammenhängt (vgl. Abb. 42). Ähnliche Probleme gibt es bei einem Teil der Auflichtmikroskope. Abdrücke (Matrizen) müssen für Arbeiten am REM meist als hitzebeständige Matrizen erneut ausgegossen werden. Dazu wird ein Abgußmaterial (z.B. Epoxydharz) bzw. Abdruckmaterial benötigt, um die Querschnitte typischer Aussplittierungen zu dokumentieren. Beispiele solcher Materiale geben Unrath & Lindemann (1984) und Heussner (1987):

1. Abdruckfolien aus Zelluloseazetat (solvoelastische Abdrücke), z.B. „Rhodialine“, „Triafol G 254“.
2. Flüssige Lackmaterialien auf Nitrozellulosebasis zum Aufstreichen, z.B. „Vernis Replac“.
3. Polymerisationsfähige Substanzen, vor allem Elastomere auf Silikonkautschukbasis, z.B. „Silasoft N“. Von Unrath & Lindemann (1984) wird ein UV-Licht-härtendes Kaltpolymerisat bei der Anfertigung von Repliken der Fundstelle Sehremuz beschrieben. Der Nachteil des Silikonkautschuks besteht in dem ausschwitzenden Öl, das die Abdrücke bereits nach 2-3 Tagen verfremdet. Heussner (1987) empfiehlt daher Abdruckmaterial auf wasserlöslicher Alginat-Basis.

In vorliegenden Untersuchungen werden Matrizen aus Silikonkautschuk (*Silasoft N*, Firma Dentax) verwendet, von denen Positivabgüsse aus Epoxydharz angefertigt werden (vgl. Haidle & Orschiedt 1995). Der dünne *Silasoft N*-Abdruckfilm wird auf ein geeignetes, elastisches Basismaterial (z.B. *Optosil P*) aufgetragen, so daß sich die Abdrücke spannungsfrei von der Knochenoberfläche lösen lassen.

Experimente zur Dimensionierung von Schnittspuren

Während sich zahlreiche Arbeiten mit anatomischen Positionen für das Auftreten von Schnittmarken beschäftigt haben, ist die Spurenmorphologie bislang wenig untersucht worden. Insbesondere die Dimensionierung von Schnittspuren kann dank des Potentials des Laserscan-Mikroskopes nun den Alternativen sedimentologischer oder biogener Modifikationen gegenübergestellt werden.

Zur Frage von Schnittspuren durch Schlachtvorgänge

Als Binford (1981) Schnittspuren bei der Zerlegung von Rentieren dokumentiert, wie sie beim Arbeiten mit Stahlmessern bei den Nuniamut-Eskimos beobachtet wurden, scheinen sich infolge normierter und routinierter Arbeitsgänge in den Anordnungen der Schnittmarken hohe Regelmäßigkeiten abzuzeichnen. Hieraus ist der methodische Ansatz abgeleitet, auch Arbeitsgänge an archäologischem Material nachweisen zu können (z.B. Einschnitte zum Abziehen des Fells, das Zerlegen an bevorzugten Gelenkenden, das Trennen der Muskelansätze etc.). Bearbeiter archäologischer Inventare bestätigen das Auftreten funktionaler Schnittmarken, differenzieren jedoch die vermeintlich gesetzmäßigen Anordnungen (Berke 1987; Münzel 1987).

Schnittspuren werden in jüngerer Zeit auch für mittelpleistozäne Stationen wie Boxgrove (Parfitt & Roberts 1999), Isernia la Pineta und Atapuerca (Bermúdez de Castro et al. 1999, 115-8) geltend gemacht. Die Spuren in Boxgrove lassen anhand der anatomischen Lage von Spuren an Pferdeknochen auf deren waidmännische Zerlegung schließen. In Atapuerca werden anhand von Hieb- und Schnittmarken Manipulationen an Menschenknochen geltend gemacht, allerdings ohne nähere Beweisführung als „Kannibalismus“ bezeichnet (Bermúdez de Castro et al. 1999, 115-8).

Auswertungen archäologischer Inventare zeigen, daß trotz eindeutig geschlachteter Tiere, z.B. in neolithischen Abfallgruben, Schnittspuren bei diesen Befunden höchst selten vorkommen. Ein Beispiel ist die linienbandkeramische Siedlung von Eilsleben (Bördekreis): Trotz der hohen Zahl von Tierknochen in den

Abfallgruben treten hier kaum Schnittspuren auf (Döhle 1994). Einige Ausnahmen bilden Metatarsus-Diaphysenstücke von Schaf oder Ziege, die nahe der Längsrinne kräftige Ritzlinien aufweisen. Diese sind jedoch keine Schlachtabfälle, sondern zur Herstellung von Pfriemen und Spitzen gezielt angeritzt und gespalten worden (Döhle 1994, 72).

Modifikationen an Knochen der unteren Extremitäten werden auch in paläolithischen Inventaren gefunden, wobei Alternativen zu Schnittspuren in die Diskussion einzubeziehen sind (Gaudzinski & Turner 1996). Entsprechende Spuren sind an Metapodien von Bären in Biache-Saint-Vaast (Auguste 1992) und Taubach (Bratlund 1993) gefunden worden. Diese könnten – wie nachfolgendes Experiment ebenfalls belegt – auf Häutungsvorgänge zurückzuführen sein.

• Beispiel 1 - Experiment einer Rehzerlegung

Im Rahmen eines osteologischen Praktikums ist im Jahre 1994 von Tübinger Studenten unter Leitung von H.-P.Uerpmann ein Reh mit Steinwerkzeugen zerlegt worden (Steguweit 1994). Dabei ist trotz schnellen und effizienten Arbeitens der einzige Vorgang, bei dem Schnittspuren entstehen, das Aufschneiden der Haut an den Metapodien (vgl. Schütz et al. 1987). Der Arbeitsablauf des Auswaidens ist dabei wie folgt:

1. Das Durchschneiden der Decke mit einem Abschlag, um diese als Ganzes vom Rumpf abziehen zu können, verursacht an den unteren Extremitätenknochen umlaufende Schnittspuren (Abb. 82).

2. Zum Aufbrechen des Brustkorbes ist ein schweres Hiebgerät (Faustkeil) von Nutzen, mit dem aus distaler Richtung das Brustbein zertrümmert wird. Das Reh hängt dabei noch an den Hinterläufen (Abb. 83). Das Lendenfleisch wird mit Abschlagen abgetrennt.



Abb. 82 – Schritt 1: Einschneiden der Läufe mit scharfkantigem Silexabschlag

3. Die Sehnen der Hinterläufe werden zwar durchgeschnitten, die Keulen können aber ohne Schnitte/ Hiebe von Hand im Beckengelenk gebrochen und herausgedreht werden. Wenngleich das bei einem weniger zierlichen Tier Schwierigkeiten bereiten wird, ist hier ein schweres Hiebgerät von Vorteil, z.B. ein Faustkeil. Abschläge sind dazu unnötig.

4. Der Kopf kann nach dem Durchschneiden der Sehnen am Atlaswirbel abgedreht werden.

5. Die Rippenbogen werden mit einem Chopping Tool nahe der Wirbel von caudal nach cranial abgeschlagen (Abb. 84).



Abb. 83 – Schritt 2/3: Durchschlagen des Brustbeins; Abtrennen des Lendenfleischs

FAZIT: Aus werkzeugtechnischer Sicht sind lediglich zum Durchtrennen der Sehnen scharfkantige Geräte (am besten unretuschierte Abschläge) notwendig. Die Zerlegung des Knochenapparates erfordert dagegen bei einem kleineren Tier keine Feuersteinnmesser. Daher gibt es bei einem solchen Tier keine Notwendigkeit, bis auf den Knochen gehende Schnittspuren zu erzeugen.

Ein Durchschneiden des Periosts und damit tiefgründiges Anritzen der Kompakta erweist sich zudem wegen der enormen Härte frischer Knochen als relativ unwahrscheinlich. Eine Zerlegung unter Einsatz von Feuersteingeräten muß also keine Regelhaftigkeiten hinterlassen, wie das bei der Verwendung schwerer Metallmesser beobachtet wurde (Binford 1981).

• *Beispiel 2 - Eine jägerische Tierzerlegung*

Ein vom Tübinger Tierzerlegungsexperiment abweichendes Prinzip, das auf mobile Effizienz ausgerichtet ist, demonstriert eine wildbeuterisch lebende Gruppe der Mani im Süden Thailands in Anwesenheit einer Tübinger Archäologengruppe (Steguweit 1994, 71-2):

1. Nach dem Abstechen wird dem Tier zuerst der Kopf abgeschnitten, eine sicher absichtsvolle Geste, da der Vorgang mit der Niederlegung eines Nahrungsmittelopfers einhergeht.

2. Das Tier wird auf den Rücken gelegt und bauchseitig aufgebrochen. Unter Aufbiegung der Brustkorbhälften werden die Rippen nahe der Wirbel abgeschlagen. Die Rippen werden mit dem äußeren Rippenfleisch herausgelöst.

3. Nach Längsschnitten an allen vier Extremitäten werden die Langknochen herausgetrennt, ohne die äußere Decke des Tieres zu beschädigen. Das Fleisch der Extremitäten bleibt in der Haut, während die Knochen weggeworfen werden.



Abb. 84 – Schritt 5: Durchschlagen der Rippen nahe der Wirbel mit einem Kern

4. Nach dem Herausschneiden des Beckens wird als letztes die Wirbelsäule abgetrennt.

Im Ergebnis liegt so der größte Teil des Muskelfleisches leicht transportfähig vor. Zwei Träger können die Haut der Extremitäten mit Bast umwickeln, einen Knüppel durch die zusammengebundenen Läufe schieben und das Tier wegtragen, wobei durch das Heraustrennen der schweren Knochen eine erhebliche Gewichtsreduzierung erreicht wird. Die Rippen mit dem anhaftenden Fleisch können wieder in den ausgeweideten Rumpf hineingelegt werden (oder in einem gesonderten Behältnis transportiert werden), während die schwere Wirbelsäule am Zerlegungsort verbleibt.







Die Studie ist bezüglich Bilzingsleben nicht uninteressant. Die Häufigkeit zerschlagener Knochen, besonders von Extremitäten, Schädel- und Beckenfragmenten, könnte auch hier als Transportvorbereitung an einer *kill site* gedeutet werden. So könnten

kleinere Beutetiere ausgewaidet und durch das Entnehmen der Knochen oder Abtrennen des Schädels im Gewicht reduziert worden sein.

FAZIT: Beiden Tierzerlegungen ist gemeinsam, daß funktionale Schnittspuren kein zwingender Begleitumstand sind. Bei Verwendung von Feuersteingeräten scheint es eher notwendig, Gründe für das häufige Auftreten von Schnittspuren darzulegen als dagegen.

Dimensionierung experimentell erzeugter Schnittspuren

Für eine Datenerhebung zu Schnittmarken auf archäologischen Objekten ist neben der Verifizierung charakteristischer Merkmale (z.B. Shipman 1981; Cook 1986; Bunn & Kroll 1986; Behrensmeier et al. 1986; Olsen & Shipman 1988) die Messung einer experimentellen Vergleichsserie von Interesse (*Tab. 16*).

Kantenwinkel des Feuersteingerätes	Druck	Profilschema	Beschreibung der Schnittspurmorphologie
20 – 35° (sehr scharf)	schwach		<ul style="list-style-type: none"> - spitz-trapezoides Profil, Tiefe ca. 20-40µm - Striae in Spurenschale, deutlicher Mittelgrat - Kompression nach unten stärker als Abspannung, daher kein bzw. geringer Materialauswurf (<i>Tafel 34</i>)
20 – 35° (sehr scharf)	stark		<ul style="list-style-type: none"> - spitz-trapezoides Profil, Tiefe ca. 40-100µm - Striae in Spurenschale und an Profilmäandern - Kompression nach unten stärker als Abspannung, geringer Materialauswurf (<i>Tafel 30</i>)
20 – 35° (leicht verstumpft)	schwach		<ul style="list-style-type: none"> - trapezoides Profil, Tiefe ca. 20-30µm - schwache Striae in Spurenschale - starker Materialauswurf, meist auf der Seite einer Haupt-Spanseite der Spur (<i>Tafel 31 unt., Detail 3</i>)
20 – 35° (leicht verstumpft)	stark		<ul style="list-style-type: none"> - breit-trapezoides Profil, Tiefe 30-60µm - deutliche Striae in Spurenschale - relativ größter Materialauswurf, meist beidseitig (<i>Tafel 31 unt., Detail 4</i>)
40 – 60° (scharf)	schwach		<ul style="list-style-type: none"> - schmales, V-förmiges Profil, spitzwinklige Spurenschale mit leichtem Spurenschulden, Tiefe 20-40µm - Kompression stärker als Materialauswurf - Striae möglich, aber nicht zwingend
40 – 60° (scharf)	stark		<ul style="list-style-type: none"> - V-förmiges Profil, spitzwinklige Spurenschale mit deutlichem Spurenschulden, Tiefe 40-120µm - wenig Materialauswurf, starke seitliche Kompression - Striae vorhanden (<i>Tafel 31 ob.</i>)

Tab. 16 – Experimentalserie zur Untersuchung von Beziehungen des Kantenwinkels zur erzeugten Schnittspur an frischen Knochen

Dazu werden Rippen und Langknochen vom Schwein mit verschiedenen, vorausgewählten Werkzeugen aus baltischem Flint angeritzt. Die Schneidgeräte sollten verschiedene Kantenwinkel aufweisen, wie sie im Inventar von Bilzingsleben typisch sind. Das sind zum einen scharfkantige Abschlüge mit einem Kantenwinkel von etwa 20-35° (*in Bilzingsleben eher an der oberen Marke von 35° beginnend*), zum anderen retuschierte Geräte, deren Kante durch die Retusche für stärkeren Arbeitsdruck prädestiniert ist, mit einem Kantenwinkel von 40-60°. Jenseits der 60° gibt es keine gebrauchsfähigen Kantenwinkel mehr, um damit schneiden zu können.

Der Experimentalkomplex zeigt, sofern man den randlichen Auswurf („*Schneepflug-Effekt*“) am archäologischen Material als regelhaft erodiert betrachten kann, zwei deutlich trennbare Spurencharakteristika:

- *trapezoide Querschnitte*

z.T. mit Striae durch ein leicht abgestumpftes Gerät, die je nach angewandtem Druck bis zu etwa 100µm tief werden. Dabei leistet das Periost einen nicht zu unterschätzenden Widerstand, so daß die Spurentiefe von 100µm das Maximum bei der Aufbringung mit einem realistischen Kraftaufwand darstellt. Referenzaufnahmen zu waidmännisch relevanten Spuren sollten auch nur so intensiv gezogen werden, wie sie in der Praxis vorkommen. Eine entsprechende Kritik von Haynes (1991a) an den Experimenten von Olsen & Shipman (1988) scheint gerechtfertigt. Der Grund ist vor allem, daß ein zu starker Druck die Spurenmorphologie vom eher typisch spitztrapezoiden Profil tendenziell zur V-Form verändert.

- *V-förmige Querschnitte*

Diese sind Resultat des Ritzens mit eher breiteren Kantenwinkeln von 40-60°. Striae in den Spuren sind möglich, treten aber nicht zwingend auf. Trotz des größeren Schneidenwinkels ist die Kante scharf. Im Experiment werden die Spitzen schmaler Faustkeile verwendet. Auch unifaciale Geräte erfüllen ihren Zweck, haben aber meist einen asymmetrischen Materialauswurf (einseitiger „*Schneepflug-Effekt*“).

Modifizierte Knochen im Fundmaterial von Bilzingsleben

Einführung

Oberflächige Modifikationen sind an Knochen von Bilzingsleben sehr häufig zu beobachten. Darunter befinden sich vier Objekte mit bemerkenswert regelmäßig angeordneten Spuren. Die Erstpublikation dieser exponierten Objekte (Mania & Mania 1988) hat eine intensive und teilweise kontroverse Diskussion ausgelöst (z.B. Davidson 1988; 1990; 1992; Chase & Dibble 1992; Bednarik 1992, 1993). Der Grund liegt auf der Hand: Sofern der Nachweis einer anthropogenen Aufbringung erbracht werden kann, handelt es sich um die ältesten Belege darstellerischer Äußerungen der Menschheit, die als regelhaft aufgebraachte Gravuren und damit als konzeptionelles Stilmittel angesehen werden können (Bednarik 1995).

Die vier exponierten Objekte (*Tafel 33*) sind in ihren Befundzusammenhängen beschrieben und mit auflichtmikroskopischen Vergrößerungen dokumentiert worden (Mania & Mania 1988). Die homogene Anordnung wird als Resultat bewußt rhythmischer Sequenzen erklärt. Demnach gehen die Erstbearbeiter davon aus, daß die Schnittgruppen auf jedem Objekt in einem einzigen Arbeitsgang unter Verwendung desselben Werkzeuges aufgebracht worden sind. Dies sollte auch mikroskopisch belegbar sein. Morphologische Regelmäßigkeiten der Schnitte können als Kriterium für einen homogenen Handlungsablauf geltend gemacht werden.

Da der Verdacht, es könne sich um natürliche Sedimentschrammen handeln, bereits durch die makroskopisch regelhafte Anordnung gegenstandslos ist, liegt der Schwerpunkt der Diskussion von Beginn an auf dem intentionellen Charakter der Objekte (*Rock Art Research Vol.5/2 u. 6/2*). Interpretationen reichen von „*Proto-Kunst*“ (Bednarik 1988, 106; Halverson 1988, 104) bis zu kategorischer Ablehnung (Davidson 1988; Habgood 1989). Bednarik (1988, 99-100) betont, daß zwar eine vorsätzliche Handlung nicht automatisch die Fähigkeit abstrakten Denkens impliziert, in jedem Falle allerdings eine „*nonutilitäre*“ Aktivität (Edwards 1978) vorliegen müsse. Eine dritte Möglichkeit zieht spielerische, nichtsymbolische Ornamentik in Erwägung (Davis 1988, 102).

Der Beurteilung dieser Spurengruppen kommt bis heute eine herausragende Bedeutung zu, läßt sie sich doch auf die Frage zuspitzen: Gab es bewußtes, zielgerichtetes menschliches Handeln bereits bei Hominiden vor *Homo sapiens* und sind wir daher bereit, diese nicht nur im phylogenetischen, sondern auch im allgemeinsprachlichen Verständnis als Menschen zu bezeichnen? Die Zuordnung der Fundvergesellschaft-

tion von Bilzingsleben zu *Homo erectus* (Vičec 1978) wird von mehreren Bearbeitern gestützt und bestätigt (z.B. Jelinek 1985, 346). Auch eine andere Kladistik, die den europäischen *H. erectus* als Taxon in Frage stellt, würde der herausragenden Stellung der Objekte für das Mittelpleistozän keinen Abbruch tun.

Eine Schiefelage des Diskurses ist hier durch einige jüngere Publikationen festzustellen, die lediglich *H. sapiens* als Träger menschlicher Kultur sehen. Dabei wird der Terminus „*menschliche Kultur*“ durch eine strikte Abgrenzung von der materiellen Ausstattung erst mit dem Auftreten objektiv deutbarer, d.h. gegenständlicher Kunstwerke als solcher akzeptiert (Tattersall 1993, 153-71; Mithen 1996, 151). Erst die Kunstwerke des Aurignacien werden als echte Kulturbelege anerkannt. Die Zeitspanne, die zur ästhetischen Ausgereiftheit der Plastiken vom Geißenklösterle und dem Vogelherd geführt hat, wird dabei mit verschiedenen Werten geschätzt, bleibt jedoch ausschließlich an den eingewanderten *H. sapiens* gekoppelt (Foley 1997, 80). Die Kulturfähigkeit präsapienter Menschen in Europa wird damit ungeachtet evidenter Zeugnisse ihrer materiellen Ausstattung und Überlebensstrategien, die zumindest im Vorfeld der Saalevereisung sowie in der letzten Kaltzeit wohl zweifelsfreie klimatische Anpassungsleistungen darstellen, a priori abgelehnt (Davidson & Noble 1993, Klein 1995).

Ähnlich kontrovers ist zum Teil die phylogenetische Diskussion der Menschwerdung, obwohl neurobiologische Forschungen eine sprunghafte Gehirnentwicklung ausschließen und diese mindestens zwei Millionen Jahre andauern lassen. Obwohl die Herausbildung menschlichen Bewußtseins als stetiger Prozeß begriffen wird (Wynn 1981), wird *H. erectus* z.T. nur ein „Übergangsbewußtsein zwischen großen Affen und dem modernen Mensch“ zugestanden (Alexander 1989, 505). Ein begrifflicher Spagat, wie bei Foley (1991, 25) mit „*culture-bearing animal*“ nachzulesen, erfreut sich eher des mystifizierenden Effektes, als Klarheit in die Frage zu bringen, wo tatsächliche Trennlinien zwischen Tier und Mensch definiert werden können. Interessanterweise wird darin nicht die kulturelle Anpassungsleistung an eine neue Umwelt an vorderste Stelle gerückt, obwohl z.B. ein Überwintern im mitteleuropäischen Holstein zweifellos das Tragen von Kleidung erfordert und damit eine eindeutige Qualität darstellt. Auch der Titel „*Humans before Humanity*“ (Foley 1997) bedient stattdessen Klischees vom äußerst langsamen Emporschwingen des menschlichen Geistes, dessen Durchbruch sich erst in der Selbstreflexion überlieferter Kleinkunst des eingewanderten *Homo sapiens sapiens* zeigen würde.

Die Befangenheit solch „sapiens-zentristischer“ Theorien zur Bewußtseinsentwicklung wird inzwischen zuweilen bereits ironisch aufs Korn genommen. In der Tat bieten sie ein schmeichelhaftes Ergebnis: Unsere Art hätte die Illusion, Endergebnis des evolu-

tiven Trends einer stetigen Höherentwicklung zu sein, dessen Gipfelpunkt die Herausbildung des menschlichen Verstandes darstellt (Berra 1990; Gould 1998). In der Realität existiert dieser Trend jedoch ebenso wenig, wie *Homo sapiens* für sich beanspruchen darf, der einzige kulturfähige Hominide aller Zeiten zu sein. Wie Gould (1998) bemerkt, stellt die Erkenntnis, daß dem nicht so ist, möglicherweise – nach dem Kopernikanischen Weltbild, der Darwinschen Evolutionstheorie und der Freudschen Tiefenpsychologie – heute die vierte große „*Enteignung*“ der Menschheit dar...

Obwohl die Artefakte von Bilzingsleben einen eindeutigen Beleg umweltadaptiven Verhaltens von *H. erectus* darstellen, werden sie bislang selten als solche in die Diskussion einbezogen. Das scheint auch darin begründet, daß in der Literatur recht unterschiedliche Auffassungen nachzulesen sind, die Bilzingsleben nicht *H. erectus*, sondern in Verbindung mit Absolutdatierungen von ca. 200ka (Harmon et al. 1980) dem „*späten Prä-Neandertaler*“ (Condemi 1998, 38-9), dem *archaischen H. sapiens* (Stringer 1988; Wolpoff 1980; Habgood 1989, 139-40; Gamble 1996, 31) oder *H. sapiens neanderthalensis* (Mithen 1996, 161/211) zuordnen.

Dem Relativismus der Kulturfähigkeit fallen neben dem Sinngehalt des Begriffs „*materielle Kultur*“ auch Objekte zum Opfer, die schon seit geraumer Zeit als Belege nonutilitärer Aktivität vor *H. sapiens* bekannt sind (Edwards 1978, Bednarik 1988, 98; 1993; Valoch 1990, 302-3). Dennoch ist nicht zu bestreiten, daß die Argumentationsbasis für solche Beispiele recht dünn ist. Gravuren auf Knochen und Steinen zu einem System kognitiver Reflexionen des frühen Menschen zu erheben (Bednarik 1995), ist vor allem Resultat polarisierender Effekte des fachinternen Diskurses und kein selbstevidenter Beweis.

Ein Beispiel des verbleibenden „*Restrisikos*“ der Interpretation ist der mit einem Kreuz gravierte Nummulit aus Tata (Abb. 85), der als eine der wenigen bekannten künstlerischen Äußerungen des Neandertaler-Zeithorizontes gilt (Valoch 1990, 302-3) (*Einführung zur Fundstelle vgl. Kapitel V*). Während der Studien im Nationalmuseum Budapest hatte ich Gelegenheit, das Objekt unter dem Binokular anzuschauen. Es zeigt sich, daß das Stück eine Bruchlinie aufweist, die lateral gut zu sehen ist (Abb. 85 oben rechts) und oberflächlich exakt durch die Mitte der kreisrunden Fläche verläuft. Dennoch können die beiden senkrecht stehenden Ritzlinien auf der Oberfläche eindeutig als Gravuren angesprochen werden, die scharf eingeritzt worden sind. Dabei fährt eine der Gravuren die natürliche Bruchlinie nach, bzw. der Bruch ist möglicherweise durch die Gravur entstanden.

Überraschenderweise teilt Frau V.Dobosi als Augenzeugin und Teilnehmerin der damaligen Grabungen in Tata mit, die Fundumstände des Objektes seien

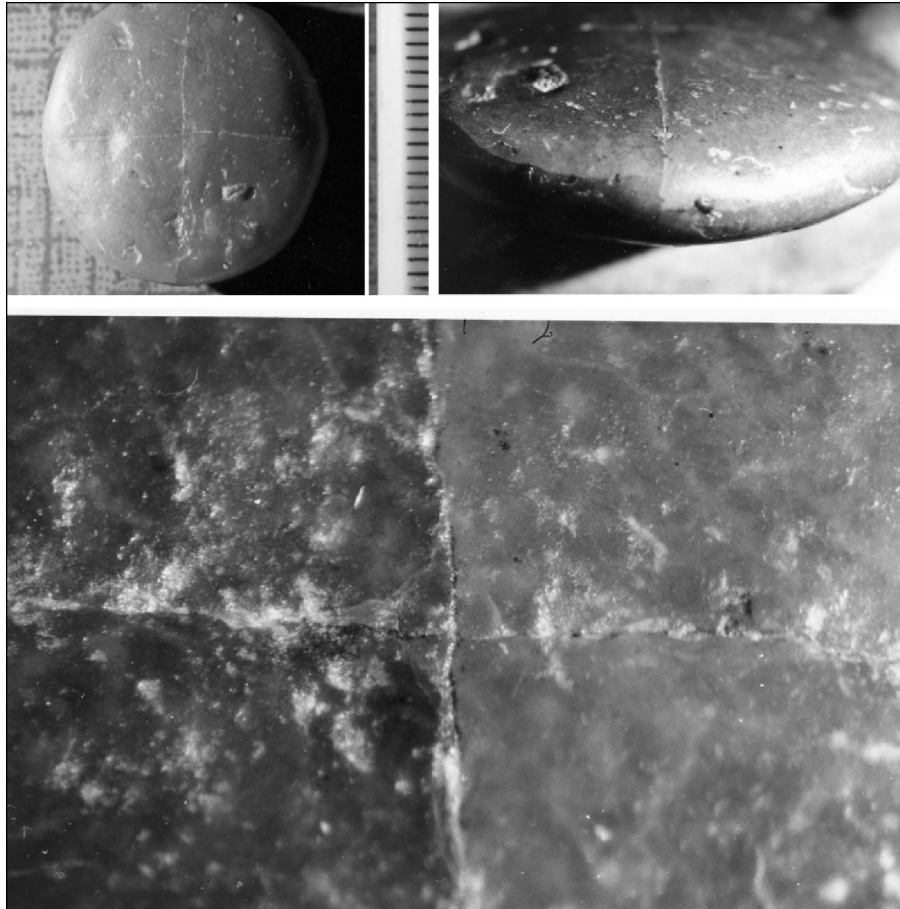


Abb. 85 – Tata,
Nummulit mit gekreuzten
Ritzlinien in Aufsicht und
seitlicher Ansicht (oben),
Detail des mittleren Bild-
ausschnittes (unten)

von jeher recht unsicher gewesen, da ein Grabungsarbeiter das Objekt erst aufgrund seiner „Gewissensbisse“ nachträglich an den Leiter L.Vértes abgegeben habe (mdl. Mitteilung 1999). Man wird also nie endgültig erfahren, ob dieses Stück authentisch ist oder eine Fälschung.

Obwohl alle Belege nicht zweckgerichtet hergestellter Objekte vor *Homo sapiens sapiens* kontrovers diskutiert werden können, haben neue Grabungsergebnisse vieles verändert. Seit Beginn der 90-er Jahre haben mittelpleistozäne Fundstellen wie Atapuerca (Bermúdez de Castro et al. 1999), Boxgrove (Roberts et al. 1999) und Schöningen (Thieme 1999) eine zuverlässige Neubewertung des Lebensbildes präsapienter Menschenformen ermöglicht (Roebroeks 2001). Zualtererst sind hier die Speere aus Schöningen zu nennen, die im Kontext mit Pferderesten gefunden worden sind (Thieme 1996; 1998; 1999). Mit diesen ballistisch ausgewogenen Speeren, den weltweit ältesten Fernwaffen, ist die Fähigkeit planender Jagd und der Einsatz optimierter Waffen eindeutig bewiesen.

Umbewertungen betreffen auch die Steingeräte des europäischen Urmenschen. Da Faustkeile des Acheuléen und frühen Acheuléen in Europa ausnahmslos ohne entsprechende Menschenreste gefunden wurden, galten opportunistisch in Hartschlagtechnik produzier-

te Geräte des „mikrolithischen Alpaläolithikums“ als die wichtigsten direkten Fundvergesellschaftungen von *Homo erectus*-Knochen und Artefakten (Toepfer 1980; Mania 1993; Kretzoi & Dobosi 1990). Die Faustkeile von Boxgrove in ihrer technisch perfekten Herstellungstechnik (Roberts 1996; - et al. 1997; - & Parfitt 1999) zeigen nun, daß auch der europäische *Homo erectus* (belegt durch eine im Kontext gefundene Tibia) diese Technik kannte und möglicherweise in einer kontinuierlichen Tradition zu seinen afrikanischen Vorfahren stand (Toth & Schick 1993). Sensationell ist in Boxgrove der Fund eines Geweihhammers, der die weiche Schlagtechnik zur Herstellung von Faustkeilen beweist (Roberts & Parfitt 1999).

Neue Erkenntnisse liefert auch die Paläoanthropologie: Die Funde zweier vollständiger Hirnschädel sowie eines Unterkiefers aus dem georgischen Dmanisi, südlich des Kaukasus-Hauptkammes gelegen, lassen mit einem paläomagnetischen Alter von ca. 1,8 Millionen Jahren die Tendenz der Nordwanderung von *Homo erectus* in einem völlig neuen Licht erscheinen (Bräuer et al. 1995; Gabunia et al. 2000). Auch die Menschenreste aus Tautavel in Südfrankreich, Ceperano in Süditalien und Atapuerca, *Gran Dolina* (TD 6) in Spanien belegen *Homo erectus* im mediterranen Raum seit mindestens 800ka (Bermúdez de Castro et

al. 1999). Dabei zeigen Bilzingsleben, Vértesszölös/ Arago und Ceprano besondere Merkmale der „entwickelten“ *Erectus*-Form an, der eine entscheidende neurokraniale Entwicklung belegt. Diese späten Vertreter lassen sich in den Datierungen zwischen etwa 500-300ka eingrenzen (Roebroeks 2001). Ob sie sich allerdings allein über die Datierung von Formen mit protoneandertaloiden (Petalona) oder altsapienten (Atapuerca) Merkmalen abgrenzen lassen, ist derzeit umstritten (Vlček 1995; 1999; Condemi 1998).

Der neurokraniale Entwicklungsschub, neben der Größenzunahme vor allem in der zunehmenden Funktionsdifferenzierung bestehend, belegt für *Homo erectus* maßgebliche Schritte der Menschwerdung, bis diese Menschenform im Mittelpleistozän von anderen Formen verdrängt wird, ausstirbt oder in ihnen aufgeht. Ob diese Staffel lineare oder parallel verlaufende Arten hervorgebracht hat, ist besonders nach den Funden des *Homo antecessor* von Atapuerca, wie auch Erkenntnissen der frühen Abspaltung des Neandertalerzweiges aufgrund genetischer Befunde, ein kontrovers diskutiertes Problem (Rath et al. 1998). Bedeutet das Auftreten protoneandertaloider Formen, wie sie in Petralona bei Thessaloniki (Hemmer 1972; Kurten 1983) oder Atapuerca, *Sima de los Huesos* (Bermúdez de Castro et al. 1999) im Mittelpleistozän gefunden worden sind, einen evolutiven Entwicklungsschritt, einen innerartlichen Wandel oder eine Parallelentwicklung mehrerer Taxa (Henke & Rothe 1995; Condemi 1998)?

War – so stellt sich andererseits seit den Funden von Dmanisi die Frage – schon der frühe *Homo ergaster/ erectus* in der Lage, seine biologische Anpassung an das Savannenklima zu überwinden? Sofern tatsächlich ein Zusammenhang zwischen linguistischer und wurfmotorischer Fähigkeit besteht, wäre der „*Homo jactans*“ (Werfer-Mensch) vielleicht tatsächlich der Schlüssel zum Verständnis der Menschwerdung und könnte die Kategorie des über Protowerkzeuge definierten *Homo habilis* ablösen. Einige Forscher halten heute, durch Belege der Differenzierung von Broca- und Wernicke-Zentrum im Zeitraum vor ca. 2-1,8 Millionen Jahren, einen Zusammenhang beider Fähigkeiten für gesichert (Dunbar 1996). Da der Gattungsbegriff *Homo habilis* lediglich über Werkzeuge, als evolutive Lösung eines „verlängerten Gebisses“ graziler Australopithecinen begründet ist, obliegt die Akzeptanz der Gattung *Homo* vor der Zeitmarke von 2 Millionen vor allem der Definition spezifisch menschlichen Verhaltens (Schwidetzky 1973). Die neurobiologische Definition von *Homo jactans-loquens* könnte hingegen eine relativ präzise Zeitmarke darstellen (Jaksic-Born 2000). Die Schöninger Speere, die Faustkeile von Boxgrove wie auch die nachfolgend beschriebenen nonutilitären Schnittmarken von Bilzingsleben sind gute Gründe, daß wir *Homo erectus*, besonders seinen späten europäischen Vertretern, in Zukunft noch einiges mehr zutrauen dürfen.

Mikroskopische Analyse der nonutilitären Schnittspuren

Die mikroskopische Dokumentation der exponierten Objekte von Bilzingsleben kann nicht nur wichtige Merkmale zur Verifizierung des Schnittspurencharakters erbringen, sondern auch zur Quantifizierung der Spurenmorphologie beitragen. Damit werden abgrenzbare Kriterien zwischen Schnittspuren und nichtanthropogenen Alternativen aufgestellt.

Die Beurteilung der Homogenität von Schnittspuren bezüglich ihres V-Profiles beruht neben den oben dargelegten Experimenten auf verschiedenen konsensfähigen Merkmalen (Binford 1981; Shipman 1981; Cook 1986; Bunn & Kroll 1986; Behrensmeier et al. 1986; Münzel 1987; Berke 1987, Potts 1988; Olsen & Shipman 1988). Dazu gehören der regelhafte Spurenrandverlauf und die regelhafte Dimensionierung. Das Abgrenzungskriterium über spureninterne Striae kann dagegen nicht aufrechterhalten werden, da auch bei Sediment- bzw. Tramplingsschrammen Striae auftreten können (Haynes 1991a, 158-64).

Neben diesen Merkmalen können in der Dokumentation der wichtigsten Objekte auch die Tiefe der Spur, der Spurenwinkel und damit der Schnittwinkel dokumentiert werden.

• Knochen-Objekt 182, 32

Die kleine Knochenscheibe (paläontologische Bestimmung unmöglich) von 114mm Länge, 55mm Breite und 9mm Dicke wurde im zentralen Aktivitätsbereich der Uferfläche gefunden, mit der Schnittspurenseite direkt auf einem Travertinblock festgebacken (Tafel 33/ 34). Die Oberflächenerhaltung ist daher vorzüglich, die Spurenbefunde sind völlig unverwittert.

Sieben der Linien sind nahezu parallel mit Abständen von je 3mm zueinander eingeritzt. Die Homogenität der ausgeprägt V-förmigen Spurenquerschnitte mit nahezu identischen Kantenwinkeln und Profiltiefen ist zweifelsfrei auf Schneiden mit einem scharfkantigen Feuerstein zurückzuführen (Tafel 35). Die Profiltiefen liegen zwischen 50-90µm. Interessant ist die durch Neigung des Flintwerkzeuges entstandene leichte Rechtsschiefe der Schnitte 4-6. Vor allem bei diesem Objekt können die Spurenparameter als selbstevidenter Beweis einer anthropogenen Aufbringung dienen, da die Gleichförmigkeit der V-förmigen Einschnitte nur durch ein scharfkantiges Werkzeug erzielt worden sein kann.

• Knochen-Objekt 219, 34

Bei dem Knochenfragment handelt es sich um ein distales Rippenfragment eines größeren Säugetiers (Tafel 36). Das Stück ist 286mm lang, 36mm breit und zwischen 5-9mm dick. Es ist im Aktivitätsbereich auf der Uferplatte gefunden worden.



Abb. 86 – Bilzingsleben,
Knochenobjekt 219, 34:
Schnittspur-Detail
(Gruppe S1)

Die flachkonvexe Außenseite weist vier parallele Spurengruppen von je etwa 50-60mm Länge auf, die jeweils dreifach abgesetzt sind (Abb. 86). Weitere Spurengruppen im linken Teil des Objektes (Tafel 36) sind schwächer ausgebildet.

Das zentrale Motiv liegt in der Mitte des Objektes in den Spuren S2 und S3. Die Gravuren sind nach einem geplanten Schema jeweils dreifach abgesetzt, ohne parallel zu verlaufen und ohne gleich positionierte Spureninitialisierungen aufzuweisen. Außerdem wird deutlich, daß die Schnitte bewußt überlappend gezogen wurden, es also nicht um ein funktionales, durchtrennendes Schneiden gehen konnte. Das Schema der Überlappung der jeweils letzten Spur C wiederholt sich in allen vier Schnittgruppen. Auch die proportionierten Abstände der Strichgruppen, im Bild von links nach rechts 40, 20 und 60mm Abstand zueinander aufweisend, sind bemerkenswert (Mania & Mania 1988).

Gegenüber *Objekt 182, 32* sind bei der Rippe alle Spuren über 100µm tief eingeschnitten. Die rechte Gruppe (S1) wurde dabei am tiefsten eingeritzt, mit 193µm mehr als doppelt so tief wie bei *Objekt 182, 32*. Spur 2c weist eine leichte Rechtsschiefe auf, ähnlich wie bei *Objekt 182, 32* in den Spuren 4-6. Es handelt sich zweifelsfrei um Schnittmarken mit einem scharfkantigen Feuerstein, dessen Kantenwinkel etwa zwischen 20-40° lag.

- *Knochen-Objekt 208, 33*

Der Kompaktasplitter eines Elefanten, ist im zentralen Aktivitätsbereich auf der Uferfläche gefunden worden (Tafel 37). Nach Vergleichen ist das Objekt eher als *Femur*-Fragment anzusprechen (*Bestätigung durch Herrn D.Mol*), während es bislang als *Tibia*-Splitter publiziert worden ist. Es ist 395mm lang, 120mm breit, 65mm dick und an beiden Enden im mazerierten Zustand gebrochen.

Die Spurenssequenz erstreckt sich auf einer Fläche von ca. 25x5cm. Sie besteht aus 7 radialen Schnitten zum spitzen Ende hin und 14 regelmäßigen, in etwa gleichem Abstand angeordneten transversalen Schnitten. Auf der linken Seite ist die Kompakta alt ausgesplittert, weshalb die Spurengruppe möglicherweise hier nicht mehr vollständig vorliegt.

Die Oberfläche der Kompakta ist relativ rau und stärker angewittert als bei den anderen Objekten. Hinzu kommen Wiedergabeverluste durch die Replikentechnik. Dennoch sind die Referenzprofile der 21 Spuren sehr homogen und in ihren trapezoiden Querschnitten gut miteinander vergleichbar (Tafel 38).

Das trapezoide Querschnittsprofil deckt sich mit experimentellen Schnitten, die mit einer leicht verstumpften Arbeitskante oder Werkzeugspitze erzeugt wurden. Die Homogenität der Profile läßt wiederum auf eine Anfertigung mit einundderselben Kante schließen. Auch die Eindringtiefe korrespondiert mit

den experimentell erzeugten Schnittspuren auf frischen Knochen, d.h. Verwitterungsstadium 0-1 nach Behrensmeier (1978). Die Spurentiefen betragen durchschnittlich 50µm bei einer Varianz von etwa +/- 20µm. Sie liegen damit etwa gleich tief wie bei *Objekt 182*, 32. Die relativ stärkere Oberflächenrauigkeit ist deutlich zu erkennen, während die vermeintlichen Aufwölbungen der Schnittträger lediglich der Replikentechnik zuzuschreiben sind.

In der Interpretation der Strichgruppe von Mania & Mania (1988, 93) wird die Gruppe der 7 Spuren in symmetrischer Weise um 7 Spuren an der anderen, fragmentierten Seite des Knochens ergänzt. Dadurch würden insgesamt 28 Striche vorliegen, was an Überlegungen zu Strichgravierungen auf dem jungpaläolithischen Lochstab von Le Placard (Marshack 1972) erinnert. Gleichwohl muß betont werden, daß es keinerlei diagnostische Hinweise auf eine solche Ergänzung gibt.

FAZIT: Auf drei der vier exponierten Objekte (*Tafel 33*) kann der Schnittcharakter der Spuren zweifelsfrei belegt und von weiteren Beispielen nichtanthropogener, taphonomischer Prozesse abgegrenzt werden. Obwohl die Profilcharakteristik zwischen den Objekten unterschiedlich ist, hat jedes Objekt eine spezifische Ritztiefe der Spuren und in sich ähnliche Profilverläufe. Die Profilcharakteristik der Schnitte auf den einzelnen Objekten ist so homogen, daß es wahrscheinlich ist, daß die Schnitte mit je einer Schneidkante eines scharfkantigen Silexwerkzeuges durchgeführt wurden. Die Regelmäßigkeit der Schnitte, mit zum Teil variierender Schräglage des Flintwerkzeuges (KN 182, 32 und 219, 34), spricht bei jedem der Objekte für homogene Arbeitstakte. Die Homogenität wäre schwerlich auf einen profanen, d.h. funktionalen Hintergrund (als Schnittunterlage) zurückzuführen und ist bei Objekt 2 infolge der dreifach abgesetzten Schnitte sogar völlig ausgeschlossen. Das bestärkt die herausragende Bedeutung dieser Objekte, wie sie von Mania & Mania (1988) publiziert wurde.

Modifikationen durch Trampling und Umlagerung

Der kleinen Gruppe von Objekten mit anthropogenen Schnittmarken steht eine große Zahl anderer Knochenobjekte gegenüber, auf denen durch Umlagerung, fluviatilen Transport und/ oder Trampling meist intensive Verschrammungen feststellbar sind. Infolge der unterschiedlichen Spurenmorphologie zwischen Gravuren und Verschrammungen kann damit neben der Bestätigung von Schnittspurmerkmalen auch ein Beitrag zu den überwiegenden, nichtanthropogenen Modifikation am Knochenmaterial geleistet werden.

Das Problem der schnittspurähnlichen Schrammen und Kratzer ist in der Literatur wohlbekannt. Diese

können z.B. durch Trampling entstehen (Behrensmeier et al. 1986; Olsen & Shipman 1988). Trampling verursache glattwandige Spuren mit U-förmigem, flachmuldigem Querschnitt, die sehr verschieden stark ausfallen können (Olsen & Shipman 1988, 551). Im Gegensatz zu Schnittspuren seien jedoch keine spureninternen Striae feststellbar, was auch von Cook (1986) als Abgrenzungskriterium genannt wird. Weitere Details sind nach Olsen & Shipman (1988) Gruppen von parallelen Verschrammungen sowie politurähnliche Kanteneffekte.

Im Gegensatz dazu begründet Haynes (1991a, 110-91) seine Daten zu Trampling-Spuren nicht mit Experimenten, sondern an aktualistischen Studien in afrikanischen Nationalparks. Er belegt entgegen Olsen & Shipman (1988), daß Trampling-Marken von Elefanten, die auf Knochenhaufen ihrer Artgenossen herumlaufen, parallele Verschrammungen erzeugen, die ebenfalls spureninterne Striae aufweisen (Haynes 1991a: *fig. 4.39/ 4.40*). Diese Striae entstehen durch festgebackene Sandkörner und Schmutzpartikel in den Fußsohlen der Elefanten.

Im weiteren kritisiert Haynes (1991a, 158-64), daß die Schlachtmarken der Experimente von Olsen & Shipman (1988) offenbar bewußt aufgebracht worden sind, die Spuren daher länger, tiefer und intensiver sind, als dies bei geschlachteten und mit Steinwerkzeugen zerlegten Tieren der Fall wäre. Es stellt sich dabei in der Tat die Frage der Reproduzierbarkeit von Experimenten, wenn vermeintlich typische Merkmale nur anhand selektierter Fotos postuliert werden. Oft fehlen dabei sämtliche technischen Parameter, die zum Beispiel den Knochenzustand und den angewandten Kraftaufwand beschreiben.

Die Schwierigkeit einer möglichst wertneutralen Abgrenzung von Schnittspuren und nichtanthropogenen Schrammen, die sich nur auf mikroskopisch verifizierbare Details stützt, zeigt sich auch bei der Untersuchung von ca. 100 Knochenobjekten aus Bilzingsleben. Entscheidend ist auch hier die Frage der *site formation*, speziell fluviatiler Umlagerung. Merkmale für Trampling sind weit schwerer zu fassen, da diese schwer von Schrammen durch Umlagerung im Sediment abgrenzbar sind (Shipman 1981). Das Auftreten von Trampling erhält aber in Anbetracht des Biotops, einer prädestinierten Tränkstelle im Flachwasser-Milieu, eine recht hohe Wahrscheinlichkeit. Zur Illustration von Gemeinsamkeiten und Unterschieden von Umlagerung und Trampling werden nachfolgend einige Objekte spurenmorphologisch dokumentiert und diskutiert.

- *Knochen-Objekt 86/ B1*

Das Darmbeinfragment eines Nashorns aus dem Sand des Schwemmfächers weist auf der Außenseite 32 größere Kratzer auf (*Tafel 39 oben*). Dem in der Ab-

bildung verwendeten Gitterraster lag im ersten Stadium der Materialauswertung die Idee zugrunde, sämtliche Spuren zu kartieren und auszuwerten. Dieser hohe Aufwand erwies sich nach kurzer Zeit jedoch als unbegründet. Zum einen lassen sich Sediment- bzw. Trampplingschrammen durch ihren unruhigen Profilrandverlauf gut von Schnittpuren und Zahnmarken unterscheiden, zum anderen ist die Intensität der Verschrammung nahezu aller Knochenobjekte von Bilzingsleben so hoch, daß sich eine empirische Dokumentation erübrigt. Die Verschrammung ist meist allseitig, wobei die morphologisch hervorstehenden Partien am stärksten verkratzt sind. Bei flachkonvex aufgewölbten Objekten ist dies stets der mittlere Teil der Fläche. Eine Deutung selektiv ausgewählter Objekte im Sinne von „Arbeitsunterlagen des Urmenschen“ entbehrt daher von vornherein jeder Grundlage.

Exemplarisch für die 32 unifaziell dokumentierten Schrammen des vorliegenden Objektes werden eine tiefe, intensive und eine flache, gering eingetiefte Schramme als LSM-Spot mit Profil abgebildet (*Tafel 39 unten*). Neben den flachmuldigen Querschnitten ist auch der inhomogene Randverlauf, der z.B. durch abrollende Kieskörner bei hohem Druck entstehen kann, ein typisches Merkmal für Verschrammung. Die Tiefe der einzelnen großen Schrammen von mehr als 100µm kann im mazerierten Zustand des Fragmentes (längeres Liegen im Flachwasser) begründet sein. Die typischen Tiefen von Schrammen liegen sonst meist etwa zwischen 30-70µm.

- *Knochen-Objekt 113, 85*

Die kleine Knochenscheibe von 28mm Länge weist drei parallel verlaufende Makrokratzer auf, deren rundmuldige Querschnitte und leicht erodierte, inhomogene Randverläufe eine natürliche Verschrammung nahelegen (*Tafel 40*). Dies kann unter dem Binokular zusätzlich durch feinste, zu den Hauptspuren exakt parallel verlaufende Schrammen bestätigt werden (*Tafel 40 rechts oben*).

- *Knochen-Objekt 36/ B1*

Unter den mehreren Objekten, die von Behm-Blancke (1987) und Feustel (1987, 60) ohne diagnostische Kriterien als künstlerische Gravuren bezeichnet wurden, nimmt *Objekt 36/ B1* eine herausragende Position ein (*Tafel 41, M 1:1*). Eine figurliche Interpretation als „*Felide*“ erweist sich jedoch in Anbetracht der eindeutigen Verschrammung beider Seiten des Objektes als völlig auszuschließen. Das exemplarisch abgebildete LSM-Profil einer tiefen Spur, die Behm-Blancke (1987) als Teil der Rückenlinie sah, weist alle Merkmale einer Sedimentschramme auf (*Tafel 41 unten*).

Weitere Spots, die unter dem Binokular untersucht wurden, sind auf *Tafel 44* markiert und in der Daten-CD einsehbar (*Ordner: 10 KN Bilzingsl. \ Doku 1,*

Doku 2). Die Spuren weisen folgende Merkmale auf:

- keine Striae in der Spurensohle,
- Spurensohlen unterschiedlich tief,
- z.T. feine Doppelkratzer durch Kieselkanten,
- Breite 0,5-2mm, Randverläufe unregelmäßig

Das „*kognitiv-semantische*“ System, von diversen verschrammten Objekten selektiv aus dem Zusammenhang herausgelöst (Behm-Blancke 1987; 1990) (*Tafel 43 oben*), zeigt erneut die Notwendigkeit differentialdiagnostischer Kriterien.

- *Knochen-Objekt 41/ B1*

Das Mandibelfragment eines Rothirsches, von Behm-Blancke (1987, 47) als „*Winkelbandmotiv*“ bezeichnet, weist intensive, relativ parallel verlaufende Schrammen auf, die jeweils bündelweise in leicht gegenständigen Winkeln verlaufen (*Tafel 43*). Behm-Blancke sah hier eine Art Winkelband-Dekor (*Tafel 43 Mitte*). Die rundmuldige und flachschürfende Spurenmorphologie bei ausfransenden Rändern ist der von *Objekt 36/ B1* sehr ähnlich, wobei Gruppen von Parallelschrammen die vielen kleinen Modifikationen überprägen. Die Daten-CD (*Ordner: 10 KN Bilzingsl. \ Doku 3*) gibt hierfür mehrere Beispiele. Untergeordnet können auch Zahnkratzer eine Rolle spielen. Trotz der intensiven Oberflächenmodifikationen ist das Mandibelfragment nicht stark abgerollt, sondern nur geringfügig umgelagert worden, bei klaren Spuren durch Sediment bzw. Trampling.

- *Stoßzahnfragment KN 257, 44*

Neben den oben beschriebenen werden drei weitere Objekte als Artefakte mit möglicherweise anthropogenen Zeichen genannt (Mania 1990a, 48-9; 1990c, 266-9; 1998b, 61) (*Tafel 44*). Während das Fragment eines Fußwurzelknochens vom Elefanten (*Tafel 44 unten*) leider nicht zugänglich ist, können die anderen beiden Objekte mikroskopisch analysiert werden:

Das erste Objekt, eine Quarzitplatte (*Tafel 44 links oben*), weist typische Sedimentschrammen auf, besonders intensiv an den Kanten und erhabenen Flächen.

Das andere Objekt mit vermuteten Zeichen ist ein Stoßzahnfragment mit allseitig intensiver Verschrammung (*Tafel 45*). Diese Schrammen sind z.T. bogenförmig gekrümmt (*Tafel 45 rechts; als Detail auf Tafel 44 rechts oben*). Der auf der Rückseite des vermeintlichen Zeichens ausgewählte Spot zeigt dazu ein interessantes Detail: Die transversalen Schrammen sind leicht gekrümmt (*Daten-CD: 10 KN Bilzingsl. \ Doku 4*). Diese Art der Verschrammung ist am logischsten mit einem Verkratzen bei gleichzeitiger leichter Drehung im sandigen Sediment zu erklären und daher ein sicheres Zeichen für Umlagerung. In diesem Zusammenhang wird auch die bogenförmige Struktur auf der Vorderseite gedeutet.

- *Knochen-Objekt 172, 109 (B2)*

Das flachkonvexe Knochenfragment weist typische Umlagerungsschrammen auf, die an der Kante initialisiert sind und von da aus auf die Fläche übergreifen (*Tafel 46, Zeichnung D.Mania*). Die Kanteninitialisierung ist eindeutiges Merkmal einer mechanischen Modifikation durch Verkratzen im Sediment. Die Spuren sind stets in parallel verlaufenden Bündeln angeordnet. Auf der Fläche gibt es typische, bogenförmig verlaufende Schrammen, die wiederum auf Drehung des Objektes um die eigene Achse hindeuten.

- *Knochen-Objekt 29/ B1*

Der Kompaktasplitter zeigt an den Kanten intensive Verrundungserscheinungen, typisch für fluviatile Umlagerung (Olsen & Shipman 1988) (*Tafel 47, 1*). Die Interpretation von Mania & Mania (1997, 222) als Kno-chenschaber wird nicht geteilt. Eine Diskussion dieser interessanten Objektgruppe wird weiter unten geführt. Die Parallelschrammen gehen von der Kante ab und sind daher klar auf Sediment/ Trampling zurückzuführen, wie von Haynes (1991a, 161-2) bei Trampling durch Elefanten belegt.

- *Knochen-Objekt 243, 59*

Das Schulterblatt (*Tafel 48*) weist auf der Innenfläche einzelne Schrammen durch Trampling auf, ähnlich wie von Haynes (1991a, 161) belegt. Alle Spuren sind unter dem LSM flachmuldig und haben typische, unregelmäßige Ränder.

- *Stoßzahnfragment KN 236, 38*

Das Stoßzahnbruchstück (*Tafel 51*) wird von Mania & Mania (1997, 224) als Schaber bezeichnet. Solche „schaberartigen Knochengерäte“ seien als Ergänzung zum lithischen Inventar notwendig gewesen. Sie sind überwiegend aus der Kompakta von Langknochen gefertigt, vor allem von Elefanten, ferner aus Beckenschaukeln und Schulterblättern von Elefanten und Nashörnern. Schaber stellen nach Mania & Mania (1997, 201) ca. 7% des Gerätspektrums aus Knochen.

Mania & Mania (1997, 224) bezeichnen das vorliegende Objekt als „mittelgroßen Schaber“ mit speziellen Gebrauchsspuren, die größtenteils diagonal von der Kante wegverlaufen. In Anbetracht taphonomischer Vergleichsmöglichkeiten dürfte die anthropozentrische Interpretation schwer zu halten sein. Betrachtet man die von Haynes (1991a, 128-31) dokumentierten Elfenbeinbrüche, die bei Kämpfen rivalisierender Elefantenbullen entstehen, so gibt es hinreichende Gründe einer natürlichen Frakturierung des Elfenbeins von Bilzingsleben. Darüberhinaus stellt sich die Frage, warum Arbeitsspuren an einem Elfenbeingerät starke Einzelschrammen hervorrufen sollten,

die sich doch offensichtlich als einmaliges Schürfer-eignis bei hohem mechanischem Druck an den Kanten eingetieft haben (*Tafel 53, 3-4*)? Knochenschaber, wie sie von vorgeschichtlichen Kulturen z.B. zum Fellschaben vor dem Gerben eingesetzt wurden, weisen stattdessen politurartige, verrundete Kanten auf.

Die vergrößerten Spots (*Tafel 49*) zeigen neben den genannten Kantenschrammen auch auf der Außenfläche des Objektes intensive Sediment- bzw. Trampling-Spuren.

Funktionale Schnittmarken und Arbeitsspuren

Funktionale Schnittmarken sind neben Kriterien ihrer Spurenmorphologie vor allem durch ihre anatomische Zweckmäßigkeit definiert. Während die Schnittmarken einer Reihe von Fundstellen auf Schlachtvorgänge zurückzuführen sind (z.B. Fladerer 2001), gibt es Fundstellen, die neben anatomisch plausiblen auch abweichende Schnittmarken aufweisen (z.B. Münzel 1987). Während funktionale Schnittmarkenkomplexe z.B. im Pavlovien des Wachtberges von Krems (Fladerer 2001) oder im arktischen Umingmak (Münzel 1987) aufgrund des archäologischen Gesamtbefundes zweifelsfrei gesichert sind, wirken Belege wie z.B. am Höhlenlöwen aus der Taphozönose von Siegsdorf (*Hengelo-Interstadial, Alter ca. 40 ka*) eher zweifelhaft (Gross 1992, 97-9). Das dabei oft vertretene Argument, ausschließlich in Schnittspuren würden spureninterne Striae auftreten, ist seit den Gegenbeispielen von Haynes (1991a) widerlegt.

Mögliche Schnittspuren auf Knochen von Bilzingsleben (*Tafel 50-52*) finden sich in lediglich zwei Fällen auf den *Scapula*-Innenflächen von Nashörnern. Eine Entstehung von Schnittspuren bei der Zerlegung mit Feuersteinwerkzeugen ist an diesen Stellen anatomisch unplausibel, da Schulterblätter ohne größere Krafteinwirkung mit den Händen vom Rumpf gelöst werden können. Eine mögliche Interpretation besteht hier in der Funktion einer „ad hoc“-Arbeitsunterlage während der menschlichen Begehung des Geländes. Die flachen und kompakten *Scapula*-Blätter könnten als Schnittunterlage zu relativ flüchtig durchgeführten, kurzfristigen Arbeitsprozessen gedient haben, wie z.B. zum Durchtrennen von Haut, Sehnenmaterial oder ähnlichem.

Sofern man einen großen zeitlichen Sprung für methodisch legitim hält, gibt es in der Zeit des Pavlovien Befunde, die eine Aufbringung solcher Schnittmarken bestätigen. Das „*Grab des Schamanen*“ aus Dolní Vestonice wurde in einer absichtsvollen Geste mit zwei Mammutschulterblättern und einer Darmbeinschaukel bedeckt (Klíma 1983, 83-9). Die *Scapula*, die den Schädel bedeckt hat, ist an der Unterseite mit einem dichten Bündel von Schnittmarken verse-

hen. Die Lage des Schnittbündels ist nahezu identisch mit der Lage auf den beiden Befunden von Bilzingsleben. Wenngleich B.Klíma die Schnittmarken für intentionell aufgebracht hält und ihnen eine Funktion im Bestattungsritus oder Totenglauben zuschreibt, sollte offen bleiben, ob diese Marken nicht weit vor der Nutzung der *Scapula* zum Bedecken eines Toten infolge einer profanen Nutzung als Schnittunterlage entstanden sein können. Sofern diagnostische Kriterien für Dolní Vestonice Schnittspuren bestätigen, wäre die Parallele trotz der zeitlichen Differenz von Interesse.

Die Schulterblätter *KN 81/B1* und *KN 75/B1* sind im untersuchten Material neben den Objekten mit nonutilitären Spuren die einzigen Stücke, deren Spurenmorphologie im ersten Fall klar V-förmige, im zweiten Fall trapezoide Spuren aufweist.

- *Knochen-Objekt 81/B1*

Die Innenfläche der *Scapula* mit den relevanten Spuren ist auf *Tafel 51* mit mehreren LSM-Aufnahmen dokumentiert (vgl. *Daten-CD*, *KN-Doku 05/ 06*). Die Tiefe der Spuren beträgt 40-60µm. Besonders in den Aufnahmen der *KN-Doku 05* (*Daten-CD*) wird deutlich, wie sehr die Spuren der experimentellen Aufbringung mit einer Silex-Kante bei hohem Druck und Kantenwinkel von 55° ähneln (vgl. *Tafel 31, 1*). Die LSM-Aufnahmen bestätigen dieses Bild, wenngleich die Topo-Scans wegen der relativ rauhen Oberfläche nicht sehr übersichtlich wirken (*Tafel 51*).

- *Knochen-Objekt 75/B1*

Das *Scapula*-Fragment mit einem strahlenförmigen Spurenbündel auf der Innenseite ist neben *Tafel 52* auf den *KN-Doku 07/ 08* der *CD* einsehbar. Der LSM-Spot zeigt mit dem trapezoiden Querschnitt eine klare Parallele zur Aufbringung einer Schnittspur mit einem spitzwinkligen Artefakt (25-40°) bei starkem Druck (vgl. *Tafel 30 oben/ 31 unten*).

FAZIT: Neben zwei Belegen relativ sicherer Schnittspuren werden keine Manipulationen an Knochen gefunden, die zwingend auf anthropogene Ursachen zurückzuführen wären. Eine Grauzone weiterer anthropogener Modifikationen, vor allem bei der Gruppe von Objekten, die als Arbeitsunterlage gedient haben können, liegt im Rahmen des Interpretationsspielraumes.

Andererseits zeigt sich, daß die Gruppe der Objekte, denen schaberartige Kantenschleifspuren durch Werkzeugbenutzung zugewiesen worden sind (Mania & Mania 1997), durchweg Merkmale sedimentbedingter bzw. durch Trampling entstandener Verschrammung aufweisen. *Tafel 53, 1* zeigt typische Belege für kantenverschrammte Knochen, wobei die Initialisierung der Schrammen meist an der Kante beginnt und

diese neben morphologisch exponierten Flächen am stärksten verschrammt. Die intensive Kantenverschrammung bei hohem Auflagedruck betrifft sowohl Knochen (*Tafel 53, 4*) als auch Elfenbein (*Tafel 53, 3*). Sie kann – neben den exemplarisch abgebildeten Objekten – an einer Vielzahl weiterer Knochen beobachtet werden. Viele der Spuren weisen Striae auf, was neben Schnittspuren vor allem typisch für Tramplingerschrammen ist (Haynes 1991a). Eine Vielzahl von Spuren auf Knochenfragmenten und besonders an deren Kanten deckt sich somit in wichtigen Merkmalen vor allem mit Trampling-Spuren, wie sie aus afrikanischen Bonebeds vorliegen.

Biotische Oberflächenmodifikationen

- *Zahnmarken*

Eine Reihe der Objekte weist Spurengruppen auf, die sich einerseits klar von den geradlinigen, parallelgerichteten Schrammen durch Sediment/ Trampling unterscheiden, andererseits aufgrund ihrer flachmuldigen Impressur-Querschnitte mit Sicherheit keine Schnittmarken sein können. Gegenüber den Schnittspurbefunden gibt es hier keine spanende Materialabhebung, sondern das Material der Spurenschale wird rundmuldig eingedrückt. Zahnmarken weisen daher keine Striae auf

Die Spuren sind oft bündelartig aufgebracht, ohne parallel zu verlaufen. Sie werden als Spuren der Eckzähne von Raubtieren (*Feliden*, *Caniden*) gedeutet, die gleichzeitig versuchen, die Kanten der Knochen zu verbeißen. Alle nachfolgend aufgeführten Beispiele zeigen gleichzeitig Spuren von Karnivorenverbiß.

Knochen-Objekt 316, 107: Ein Beispiel einer solchen Spurengruppe ist in *Tafel 54* dargestellt. Das Basisfragment einer Nashorn-*Scapula* weist eine Spurengruppe in einem morphologisch konkaven Bereich der Knochenoberfläche auf. Bei Abrollung oder Trampling wäre dieser Bereich geschützt. Gleichzeitig wird deutlich, daß die Spuren teilweise gebogen sind und in dieser Weise nicht durch geologische Belastung bzw. Tramplingdruck entstehen können (*Tafel 54 unten*). Sowohl Binokular-Aufnahmen als auch LSM-Spots zeigen eine große Breite der Spuren an, in Relation zur Tiefe wesentlich breiter als bei Sedimentschrammen bzw. Tramplingmarken (*Tafel 55*).

Knochen-Objekt 215, 71: Eine mehrfach gefundene makromorphologische Anordnung sind Strahlenbündel von relativ gleichartigen Spuren, die jeweils einunddemselben Eckzahn entstammen bzw. in ihrer Mikromorphologie sehr homogen sind. Auf einem Kompaktasplitter befinden sich neben einer 6-strahligen Spurengruppe (*Tafel 56 unten links*) zwar noch verschiedene unsystematisch angeordnete Kratzer, die

homogene Dimensionierung bezeugt jedoch für die 6 Spuren eine gemeinsame Ursache (vgl. *Daten-CD, KN-Doku 09*).

Knochen-Objekt 236, 10: Das Beckenfragment eines Nashorns (*Tafel 57*) weist mindestens 7 strahlenförmig angeordnete Spuren auf (*Tafel 57 unten rechts*). Diese sind in sich homogen (vgl. *Daten-CD, KN-Doku 10, Spuren 5-8*). Die Kanten des Darmbeins weisen wie-derum deutliche Verbißspuren auf.

Knochen-Objekt 250, 44: In der Dimensionierung der Spuren damit nicht zu vergleichen sind die wesentlich breiteren und tieferen Riefen an einem Kompaktasplitter, der gleichzeitig allseitig intensiv verbissen ist (*Tafel 58*). Die Spuren sind bis zu 3mm breit und dürften von einem wesentlich stumpferen Zahn stammen als die vorhergehenden drei Beispiele.

Ein ähnlicher Fall einer 7-strahligen Spurengruppe wird weiter unten auch für die Fundstelle Stránská skála zu diskutieren sein (*Tafel 67-68*). Gleichzeitig können auch Beispiele gefunden werden, wo sowohl Trampingschrammen als auch Zahnmarken möglich sind, wie an den Knochenobjekten *KN 204, 12 (Tafel 59); CD, KN-Doku 11), KN 288, 44 oder KN 222, 5 (CD, KN-Doku 11-13)*.

- *Verbiss durch Kleinsäuger (Rodentia)*

Die Schermaus *Arvicola* bevorzugt langsam fließende Gewässer mit über 0,2 m Wassertiefe, die eine Fließgeschwindigkeit von 0,5m/s nicht überschreiten. Das Milieu des Bilzingslebener Bonebeds stellt daher mit seinem subaquatischen Milieu einen identischen Lebensraum dar. Ideal sind solche mit Uferhöhen von mehr als einem Meter mit dichter, überhängender Vegetation. Primärbiotope sind eben diese Ufer und zusätzlich stark grundwasserbeeinflusste Standorte, von denen aus Sekundärbiotope besiedelt werden (Kminiak 1989).

Die jungpleistozän bis holozäne Schermaus (*Arvicola terrestris*, Linné 1758) kommt in zwei unterschiedlichen Ökotypen vor, einem aquatischen und einem subterranean (Müller-Böhme 1935). Wegen der Unsicherheit, ob es sich um dieselbe Spezies handelt, entstanden die Namen „Wasserratte“ (*Arv. amphibius*) für die wasserbewohnenden und „Wühlmaus“ (*Arv. terrestris*) für die landbewohnenden Schermäuse. Heute besteht im allgemeinen die Auffassung, daß es sich um dieselbe Art bzw. Unterart handelt, da beide Ökotypen nicht obligat an eine aquatische oder subterranean Lebensweise gebunden sind (Kminiak 1989). Ein ähnlicher Ökotyp kann auch für *Arvicola cantianus* angenommen werden, die kladistisch im Sinne einer Unterart *Arvicola terrestris cantiana* aufgefaßt wird (Roebroeks 2001).

Erstaunlich ist, daß der typische *Arvicola*-Verbiß (zwei flache, breite, dicht nebeneinanderliegende Spuren) trotz des idealen Lebensraumes am Knochenmaterial nicht oder kaum nachweisbar ist. Das verlangt eine Erklärung, die z.B. in enorm schneller Einsedimentierung liegen könnte.

- *Zur Frage von Krallenmarken*

Ein weiteres Denkmodell zur Erklärung der biotischen Spuren geben Versuche zur Entstehung durch scharfkantige Krallen. Von Raubkatzen (z.B. Luchs) ist das Verkratzen von Bäumen zum Beispiel ein wesentlicher Bestandteil der Reviermarkierung. Trotz Belegen für das intensive Verkratzen des Holzes und entsprechenden mikroskopischen Aufnahmen (Kaiser & Steguweit, o.J.) kann hier kein Analogieschluß auf Knochen gezogen werden. Eigene Experimente mit Hornschuhen vom Dachs bestätigen die Vermutung, daß diese nicht hart genug sind, um sich in das Periost frischer Knochen wirkungsvoll einzuritzen. Ähnliche Experimente mit Krallen von *Felis silvestris* haben zum selben Ergebnis geführt (*mdl. Mitteilung T.Kaiser 2001*).

- *Einseitig abgeschliffene Stoßzahnspitzen*

Im Material gibt es mehrere sehr kurz abgebrochene Stoßzahnspitzen, die im Spitzenbereich einseitig abgeschliffen und politurartig geglättet wirken. Bednarik (1995, 611) deutet eines dieser Objekte als „*a large polished ivory spear point*“ (*große polierte Elfenbein-Speerspitze*).

Eine solche Deutung ist aus verschiedenen taphonomischen Beobachtungen heraus unwahrscheinlich: Zum einen werden politurartige Kantenglättungen an Stoßzahnfragmenten oft durch Trampling oder Umlagerung im Sediment hervorgerufen (Brain 1981; Haynes 1991a). Im konkreten Falle ist die einseitige Glättung der Spitzen allerdings am plausibelsten auf natürlichen Abrieb durch den Elefanten selbst zurückzuführen. Eine tiefe Eindellung entsteht beispielsweise auch durch die sogenannte Rüsselfacette, den Bereich des Stoßzahns, auf dem das Tier am liebsten seinen Rüssel ruhen läßt.

Desweiteren beschreibt Haynes (1991a, 128-9), daß bei Kämpfen von Elefantenbullen oft die Spitzen der Stoßzähne abbrechen, was isoliert herumliegende Spitzen zwischen 5-50cm Länge verursacht. Die vier untersuchten, stets einseitig abgewetzten Stoßzahnspitzen sind zwischen 5-10cm lang. Es handelt sich um folgende Objekte der Bilzingsleben-Sammlung: *KN 138, B6; KN 24.9.69; KN 260, 37; KN 725, B3*.

Die jeweils einseitige Abplattung ist in allen vier Fällen auf Aktivitäten des Elefanten selbst zurückzuführen, die Brüche weisen zudem keinerlei Hinweise einer Projektilnutzung auf.

Retuschierte Knochen vs. Karnivorenverbiß

Während Schnittpuren von oberflächigen Zahnmarken durch Karnivoren z.T. nur über das Merkmal interner Striae unterschieden werden können, sind Verbißspuren an Knochenkanten meist gut identifizierbar (Blumenshine & Selvaggio 1991).

Einige der Kompaktasplitter von Nashörnern und Elefanten wirken in ihrer Form schaberartig modifiziert (Mania & Mania 1997, 219-47). Modifikationen an Tierknochen werden auch für andere europäische *Homo Erectus*-Fundstellen beschrieben wie für Boxgrove, Tautavel, Isernia la Pineta, Atapuerca und Vértesszölös. An einigen Stücken gibt es Negative mit Schlag- bzw. Druckpunkten, die – wodurch auch immer verursacht – eine punktuell einwirkende Bruchinitialisierung der Retuschenegative nachvollziehen lassen (z.B. Mania & Mania 1997: fig. 7).

Entsprechende Beobachtungen zu Knochensplittern, die als Abfälle in einer jungpleistozänen Hyänenhöhle von Bois Roche entstanden sind und abschlagähnliche Merkmale aufweisen, werden von Villa & Bartram (1996) diskutiert. Taphonomische Kritik scheint wegen der bevorzugten Karnivoren-Rückzugplätze vor allem für Höhlenfundstellen und die dort postulierten Knochengeräte angemessen (z.B. *Grotte du Vallonet*, *Grotte Vaufrey*, *Kulna-Höhle*). Hier liegt der Konkurrenzdruck in einer bevorzugten Nutzung zwischen Menschengruppen und Raubtieren, die z.T. in kürzerer Zeit abwechselnd eine Höhle okkupiert haben können. Gaudzinski (1999, 216) weist auf Ähnlichkeiten der Modifikationen zwischen einem durch Hyänenverbiß entstandenen Knochen aus Bois Roche mit retuscheartigen Merkmalen hin, die dem intentionellen Abschlagen von Knochenkanten zum Verwechseln ähnlich sehen.

In der Tat wirkt eine Reihe von Knochenschabern der Bilzingsleben-Sammlung derart überzeugend, daß man geneigt ist, sie ohne weiteres als Geräte zu akzeptieren. Andererseits ist der größte Teil dieser Knochen – selbst wenn die Retuschen an mehreren Kanten auftreten, lediglich unifaziell retuschiert (U. Mania 1995: fig. 4). Eine der wenigen Ausnahmen bildet ein faustkeilartiges Gerät, das von der äußeren Umrißform überzeugend wirkt (Mania 1998b, 59). Dennoch gibt es auch an diesem Faustkeil keine alternierend geführten Schlagfolgen entlang einer retuschierten Kante. Dieses wichtige Prinzip zur Herstellung von Faustkeilen, um aus einem natürlichen Kantenverlauf eine gerade, scharfe Kante zu erzeugen, ist sowohl an einigen Steingeräten von Bilzingsleben (z.B. Mania 1993, 531: fig. 5-4), als auch von Boxgrove (Roberts & Parfitt 1999) bekannt. Relativ überzeugende Knochenzweiseiter aus Kompaktasplittern von *Elephas antiquus* sind in der vulkanischen Umgebung von Rom gefunden worden, in den mittelpleistozänen Fundstellen

Fontana Ranuccio (Segre & Ascenzi 1984), Castel di Guido (Pitti & Radmilli 1984) und La Polledrara (Anzidei et al. 1989).

An einigen der zur Verifikation von Schnittpuren ausgewählten Stücke (*Auswahl durch D. Mania*) können klare Spuren durch Karnivorenverbiß identifiziert werden, wobei regelhafte Ausbrüche durch Zähne von Wölfen oder Hyänen mit den typischen Zylindermarken nur an Einzelstücken belegbar sind.

Das Objekt *KN 592, 16* wird auch von D. Mania als Beleg für Karnivorenfraß angeführt (*Tafel 61 oben*). Eindeutige Belege bieten auch die beiden anderen in *Tafel 61* gezeigten Stücke. Typisch sind im weiteren auch die breiten Ausbisse der Kanten, wie sie auf *Tafel 62-63* abgebildet sind, da beim Verbiß nicht nur zylindrische Randfrakturen auftreten.

Sehr typisch ist stattdessen retuscheartiger Verbiss, mit denen Hyänen Langknochen zum Teil systematisch aufknacken (Haynes 1991a, 146; Villa & Bartram 1996). Dabei entstehen neben regelhaften, retuscheartigen Negativen an den Längskanten aufgebissener Langknochenhälften jeweils eine Reihe dazu passender Splitter, die z.T. wie Knochenabschläge aussehen (Haynes 1991a,b). G. Haynes konnte diese Knochenabschläge an Sterbeplätzen von Elefanten sammeln. Seinen Ausführungen nach spezialisieren sich Hyänen dabei auf spongiöse Teile der Knochen, so daß sie beim Verbiß entstehende Kompaktasplitter nicht fressen.

Ist es menschliche Intention, daß Retuschen an den Bilzingslebener Knochenobjekten fast ausschließlich unifaziell ausgeführt sind? Interessant wäre zu diesem Thema eine Untersuchung der Retuschenegative hinsichtlich ihrer Dimensionierungen, vor allem aber auch bezüglich der Frage, ob diese Retuschen kantenbegradigend wirken oder nicht. Möglicherweise ließe sich über die Bruchinitialisierung eine Entscheidung finden, ob hier Schläge mit Steinen durchgeführt wurden, oder die Brüche durch Karnivorenzähne initialisiert sein können.

Neben dem Ausbeißen der Kante wird von Haynes (1991a, 155) beschrieben, daß bestimmte Tiere gern an im Wasser weich gewordenen Knochenkanten kauen, wie im Fall der Kalahari bei Giraffen beobachtet. Das Verhalten verursacht glatte, rundgelutschte Kanten, wie das z.B. auch in der Bilzingsleben-Sammlung an der Oberseite des Objektes *KN 338, 177 (Tafel 60)* zu sehen ist. Die Kante kann sowohl durch Umlagerung, als auch durch Abkauen/ Abnuckeln eines Tieres so verrundet worden sein.

Als Geräte angesehene Fragmente umfassen 7% des Knochenmaterials und sind Inhalt einer speziellen Bearbeitung durch Herrn E. Brühl. Aufgrund des bei der Durchsicht gewonnenen Eindrucks möchte ich anmerken, daß eine Entstehung der Modifikationen durch Karnivorenverbiß zum überwiegenden Teil

möglich scheint. Für die bevorstehende Aufarbeitung sollten möglichst umfangreiche aktualistische Studien zu Karnivorenverbiß zu Rate gezogen werden, die unter Umständen ein Spektrum aufweisen, das bislang ausschließlich als anthropogen erzeugt angesehen wurde.

Schnittspuren am Material von Wallertheim

Zum Vergleich der Schnittspurenmorphologie wurden fünf ausgewählte Knochenobjekte der Fundstelle Wallertheim untersucht (zur Fundstelle vgl. Kapitel V, Abschnitt Wallertheim). Zwei der vier untersuchten, von Herrn D. Adler aus dem faunistischen Inventar als Objekte mit der größten Wahrscheinlichkeit für Schnittmarken vorausgewählt, weisen tatsächlich eindeutige Schnittspurbefunde auf. Der Erhaltungszustand der Knochen ist sehr gut, daher sind oberflächige Befunde gut mit denen von Bilzingsleben vergleichbar.

- Wallertheim, KN 39/63, 17

Der Kompaktasplitter eines Großsäugers weist zwei kurze Schnittmarken auf, wie dies für waidmännische Zerlegungsvorgänge typisch ist und an anderen Fundplätzen ebenfalls belegt wurde (Tafel 64, die Spuren sind schwarz nachgezogen) (vgl. Münzel 1987; Fladerer 2001). Die Spurenquerschnitte sind regelhaft V-förmig, die Spurentiefe liegt mit 40 bzw. 60 µm im mittleren Bereich. Die V-Form legt, in Verbindung mit der eher geringen Tiefe der Spuren, das Schneiden mit einer scharfen Kante bei geringem bis mittlerem Druck nahe.

- Wallertheim, KN 39/58, 19

Das Fragment eines Pferdebeckens weist vier kurze Schnitte auf (Tafel 65 oben, die Spuren sind schwarz nachgezogen). Die Funktionalität der Spuren ist trotz ihrer eindeutigen Merkmale (*Striae, trapezoide Querschnitte, gerader Randverlauf*) anatomisch fraglich. Die Spuren sind mit einer Tiefe von 20-40 µm sehr flach (Tafel 65 Mitte/ unten, Tafel 66 oben).

Die Objekte Wallertheim, KN 41/68, 29 und Wallertheim, KN 43/55, 11 (Tafel 66) weisen keine Schnittmarken auf, sondern typische Sediment- bzw. Trampingschrammen, was neben den flachen und breitmuldrigen Spurensohlen vor allem durch die unregelmäßigen Spurenränder deutlich wird.

Neuuntersuchung eines Objektes von Stránská skála

Die archäologischen Fundstellen von Stránská skála I, am heutigen Stadtrand von Brno (Tschechien) gelegen, wurden in zahlreichen Arbeiten beschrieben und sowohl geostratigraphisch dem späten Cromer-Komplex als auch faunistisch dem oberen Biharium zugeordnet (Musil 1968; 1995; Zeman 1974; Valoch 1995b, 75). Sie gehören damit zum ältesten belegten Besiedlungshorizont in Mittel- und Nordeuropa, der mit Hominidenfundstellen wie Mauer oder Boxgrove etwa 500-600ka datiert und mit OIS 15-13 gleichgesetzt wird (Roebroeks & Kolfshoten 1995; Baales et al. 2000; Roebroeks 2001). Obwohl es in Stránská skála keine Hominidenreste gibt, käme einem Beleg für anthropogene Manipulationen an Tierknochen – selbst wenn es sich um Einzelfälle handelt – außerordentliche Bedeutung zu. Manipulationen, d.h. anthropogen fragmentierte Tierknochen, sind an 23 Objekten beschrieben worden, ohne daß dazu bislang mikroskopisch verifizierbare Details vorliegen (Patou-Mathis 1995). Argumentiert wird hauptsächlich mit dem geringen Anteil an Karnivorenverbiß im gesamten Faunenmaterial, so daß makroskopisch „unnatürlich“ wirkende Bruchverläufe als anthropogene Modifikationen angesehen werden. In fünf Fällen werden Modifikationen an Kompaktaspänen als mögliche Werkzeugnutzung interpretiert (Valoch 1995a, 166). Trotz des Nachweises gebrannter Knochen und eines angebrannten Hornsteins (Prichystal & Strnad 1995) sowie diverser Hornsteinobjekte (Valoch 1995a) erweist sich die Beurteilung der anthropogenen Komponente als schwierig.

Im folgenden wird der mikroskopische Befund an einem Knochenfragment vorgestellt, auf dessen Oberfläche eine Gruppe von sieben makroskopisch auffallend regelmäßigen, leicht radialstrahlig angeordneten Spuren erhalten ist (Valoch 1987; Patou-Mathis 1995, 173-4) (Abb. 87; Tafel 67). Patou-Mathis (1995, 173-4) fordert eine REM-Diagnose ein, da sie die Spuren dieses Objektes im Gegensatz zu anderen, als gesichert modifiziert angesehenen Stücken eher zweifelhaft findet.

Bei dem Objekt, einem Altfund von Fundplatz 8 („Woldrich-Höhle“) der Station Stránská skála I, handelt es sich entgegen früherer Bestimmungen um ein Kreuzbeinfragment eines juvenilen Bisons (*mdl. Mitteilung H.-P. Uerpmann 2000*).

Das Kreuzbein liegt in einem medialen Torso des ersten Sacralwirbels vor (Abb. 87). Die beidseitige Fragmentierung der lateralen Fortsätze (*Ala ossis sacri*) ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf Karnivorenfraß am frischen Knochen zurückzuführen. Cranial liegt die unbeschädigte Epiphysenfuge vor. Der caudale Bruch entstand an der Epiphyse entlang der ersten *Linea transversa*. Der glatte Bruch deutet darauf

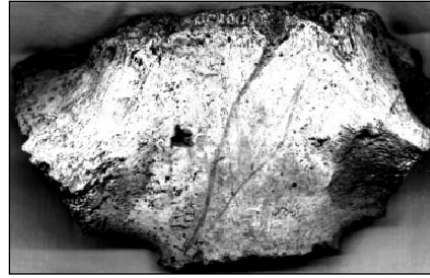


Abb. 87 – Stránská skála,
Vergleich des Sacralwirbels (rechts) mit
dem entsprechenden Medialfragment an
einem vollständigen Sacrum von *Bison
priscus* (links)

hin, daß die Epiphyse noch nicht vollständig verwachsen war, trotz der relativen Größe ein Indiz für ein juveniles Alter des Individuums.

Das Objekt weist auf der ventralen Oberfläche mehrere Modifikationen verschiedener Ursache auf (Tafel 67). Zwei flachmüldige, breite Kratzer sind postdepositionelle Schrammen. Sie erstrecken sich diagonal über die gesamte Ventralseite und überlagern die beiden ersten Spuren der radialstrahligen Gruppe (Tafel 67, Spuren 1-2). Ziel der Untersuchung sind sieben radialstrahlige Spuren von systematischer Anordnung (Tafel 67, Spuren 1-7). Die Bewegungsrichtung verläuft bei allen Spuren von cranial nach caudal, was an der deutlich eingetieften Initialisierung jeder Spur an deren oberem Ende erkennbar ist (Tafel 68).

Die flachmüldigen Spurenprofile lassen eine Aufbringung von Schnittspuren mit lithischen Werkzeugen

ausgeschlossen. Trotz der rundmüldigen Querschnitte (Tafel 67-68) sind alle Spuren in ihrem Randverlauf deutlich begrenzt, d.h. sie „fransen“ nicht seitlich aus, wie das bei Objekten der Bilzingsleben-Sammlung dokumentiert werden konnte (Tafel 39-40). Unregelmäßigkeiten des seitlichen Randverlaufs, die typisch für Sedimentkratzer sind (vgl. Tafel 39), sind hier kaum ausgeprägt. Daher ist eine Aufbringung durch mechanische Umlagerung oder Trampling auszuschließen.

Eine alternative Deutung bieten biotische Strukturen im Sinne von Gefäßkanälen auf Knochenoberflächen, wie dies von d'Errico & Villa (1997, 14-8) auch für das Objekt von Stránská skála geltend gemacht wird. Tatsächlich besteht ohne Anwendung differentialdiagnostischer Kriterien eine frappierende Ähnlichkeit der Spurenanordnung zu einem anatomo-

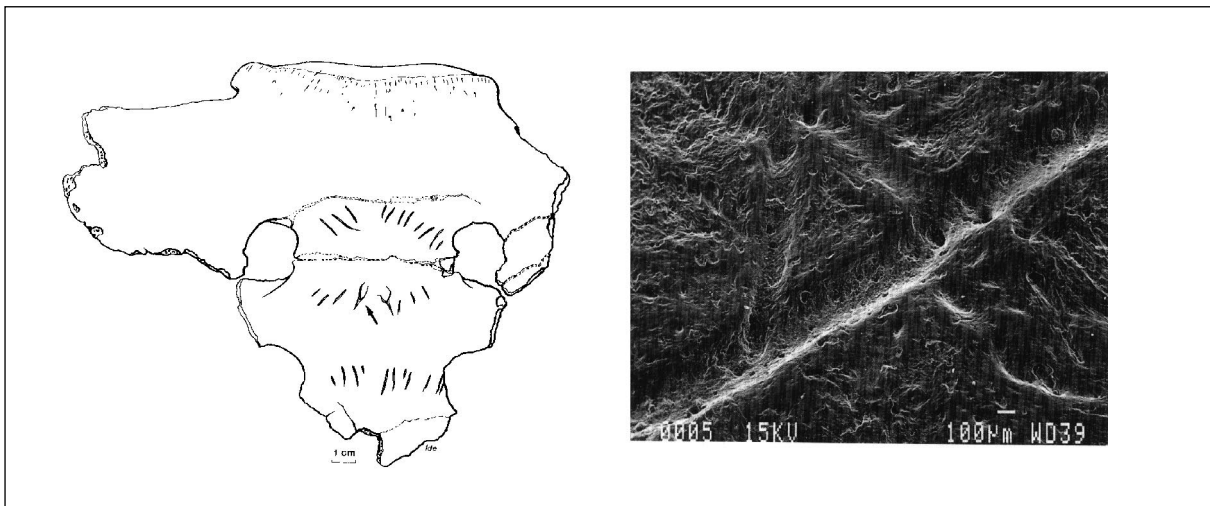


Abb. 88 – Pech de l'Azé II, Sacrum Bovide mit Gefäßstrukturen (d'Errico & Villa 1997, 17-18)

misch identischen Sacralfragment eines Boviden von Pech de l'Azé II (d'Errico & Villa 1997, 14-8) (*Abb. 88 links*). Die Autoren zeigen an diesem Stück, daß es sich anstelle von Gravuren um Gefäßkanäle handelt, die sowohl am ersten Sacralwirbel nach caudal als auch am zweiten Sacralwirbel jeweils radialstrahlig zu den Epiphysenfugen verlaufen. Die Spuren werden in ihren Querschnitten als rundmuldig und U-förmig beschrieben, die Ränder sind glatt. In der Sohle weisen sie z.T. unbeschädigte Kapillaröffnungen auf. In der Vergrößerung wird der Gefäßcharakter dieser Strukturen vor allem aber anhand einmündender Nebenanäle deutlich (*Abb. 88 rechts*).

Trotz der oberflächlichen Ähnlichkeit muß einer Gleichsetzung der Befunde von Stránská skála und Pech de l'Azé (d'Errico & Villa 1997, 14) widerspro-

chen werden, da die Spurenmorphologie des Objektes von Stránská skála in keinem Detail mit der von Gefäßkanälen übereinstimmt.

Die Deutung der scharfrandigen Kratzergruppe muß – vor allem wegen der verblüffend regelhaften Anordnung – eine gewisse Unsicherheit behalten. Dennoch gibt es sichere Anhaltspunkte einer Deutung als Verbißspuren: Zwei Bißlöcher in der ventralen Oberfläche (Abstand 37mm) korrespondieren sehr gut mit den Eckzähnen eines Caniden oder Feliden (*Tafel 67, Spuren 8-9*). Da die Dorsalseite beim Verbiß noch Fleischteile enthalten haben kann, entsteht hier kein Erklärungsproblem, das gesamte Stück als Ergebnis eines intensiven Verbisses eines Tieres mit scharfen Eck- und Backenzähnen (z.B. Canide/ Felide) zu deuten.

VII. Zusammenfassung

Die vorgelegte Untersuchung widmet sich in ihrem inhaltlichen Kern einer Materialbearbeitung der Fundstelle Bilzingsleben, speziell bezüglich des Nachweises anthropogener Gebrauchsspuren. Der programmatischen Zielstellung kann mit vielfältigen Belegen aus dem lithischen Inventar sowie verschiedenen mikroskopischen Beweisen anthropogener Manipulationen am Tierknochenmaterial entsprochen werden. Während die Befunde am lithischen Inventar Vergleiche zu anderen mittelpleistozänen Fundstellen Europas ermöglichen, bietet das osteologische Material eine herausragende Sensation: Drei mikroskopisch eindeutig verifizierbare Belege von systematisch aufgetragenen Schnittpuren sind gleichsam der weltweit älteste Nachweis einer nonutilitären Aktivität des mittelpleistozänen Menschen *Homo erectus bilzingslebenensis*. Darin manifestiert sich neben den Funden von Menschenresten der herausragende Stellenwert der Fundstelle Bilzingsleben, ungeachtet der in fortgesetzter Bearbeitung befindlichen Interpretation und Vorläufigkeit des Aufarbeitungsstandes ihrer archäologischen Fundgruppen.

Die Bearbeitung der lithischen und osteologischen Inventargruppen erfolgt unter der Prämisse des methodischen Ansatzes der *site formation* im Sinne von Schiffer (1987). Demnach ist auch die Beurteilung mikroanalytischer Befunde maßgeblich vom Charakter der Fundvergesellschaftung abhängig, welche durch alle natürlichen und kulturellen Prozesse vor und nach dem anthropogenen Ereignis definiert wird. Dies erfordert nicht nur einen – allegorisch gesprochen – umgekehrten Kontrollblick durchs Fernglas, sondern betrifft im konkreten Fall vor allem die Frage, ob es in Bilzingsleben Möglichkeiten einer natürlichen, nicht-anthropogenen Rohmaterialakkumulation gegeben haben kann. Das Durchsieben des gesamten Sedimentes der Grabungssaison 1997 erbrachte nicht nur kleinstformatigen Silex, sondern in großer Zahl das typische Gesteinsspektrum der Elsterrasse und Holsteinbasis, zuzüglich großer Mengen lokalen Muschelkalkschuttens sämtlicher Größenfraktionen. Zusätzlich führt die quellenkritische Bewertung in *Kapitel I* aus verschiedenen Überlegungen heraus zu der Schlußfolgerung, daß fluviatiler Eintrag von Material nicht nur als Randerscheinung gewertet werden kann, sondern maßgeblicher Faktor der Materialakkumulation in der Fundstelle ist.

Die Konsequenz für die Erhebung spezifischer Fragestellungen (*Kapitel II*) besteht in der Auswahl ausschließlich makroskopisch kantenscharfer Feuersteinobjekte, die sich zugleich mehrheitlich durch eindeuti-

ge Artefaktmerkmale auszeichnen. Aus dem Knochenmaterial wird neben dem Schwerpunkt auf Objekten mit regelhaften Schnittmarken zusätzlich eine Teilmenge untersucht, die einer exemplarischen Diskussion des gesamten Spektrums anthropogener und taphonomischer Oberflächenmodifikationen dienen soll.

Nach einer quellenkritischen Aufarbeitung des bisherigen Methodenspektrums zur lithischen Spurenanalyse (*Kapitel III*) können neue Ansätze und Ergebnisse vorgestellt werden (*Kapitel IV*). Durch differentialdiagnostische Bewertung der Glanz- und Politureffekte unter dem REM und Laserscan-Mikroskop lassen sich zum einen neue Ergebnisse bezüglich sekundärer Oberflächenmodifikationen an nordischem Flint erzielen. Dies kann exemplarisch an archäologischen Beispielen der Fundstelle Lichtenberg belegt werden. Zum anderen ermöglicht die Technik des LSM – in Verbindung mit Messungen der Oberflächenrauigkeit – erstmals eine quantitative Dokumentation abrasiver Effekte an Werkzeugkanten aus Feuerstein. Ergänzend wird anhand von REM-Aufnahmen zum Phänomen „Sichelglanz“ Stellung genommen. Im letzten Abschnitt von *Kapitel IV* wird das Potential von Residuenanalysen am Beispiel von Birkenrindenpech dargestellt, was durch einen Nachweis von Schäftungspech im Inventar von Neumark-Nord zugleich im Kontext des Untersuchungskomplexes steht.

Kapitel IV bildet zum einen die Grundlage der archäologischen Materialanalyse, weist zum anderen jedoch eigenständige Ergebnisse auf, und kann daher die Basis einer kritischen Revision der *High-Power*-Gebrauchsspurenanalyse stellen.

Die Auswertung der lithischen Gebrauchsspuren von Bilzingsleben (*Kapitel V*) erbringt plausible Ergebnisse bezüglich der Funktionalität von Grundformen und ihrer mikroskopisch nachweisbaren Verwendung. Die Datengrundlage stellen Grundformmerkmale der Artefakte in Verbindung mit Befunden regelhafter Mikroretuschen bzw. kantenabrasiver Effekte. Oberflächenpolituren sind aufgrund der belegbaren postdepositionellen Modifikationen nicht diagnostizierbar. Für den Fundhorizont von Bilzingsleben kann eine Flächenkorrelation von Holzresten mit entsprechenden Gebrauchsspurenbefunden festgestellt werden, die eine Basis für zukünftige, dreidimensionale und faziesabhängige Kartierungen bieten kann.

Neben der fundplatzinternen Erhebung können Ergebnisse lithischer Spurenanalysen zu drei weiteren Inventaren des Mittelpaläolithikums gewonnen werden. In der Gesamtheit zeigen sich sowohl bezüglich

der erheblichen Teilmengen pro Inventar, als auch bezüglich der Werkzeugkomponente Ähnlichkeiten zwischen den Travertinfundstellen Bilzingsleben, Tata und Vértesszölös auf der einen Seite gegenüber kurzfristigen Jagdlagern wie Neumark-Nord und Wallertheim auf der anderen. Übereinstimmend sind für die Fundstellen mit SiO₂-Material enge Korrelationen aus dem Kantenwinkel des Werkzeugs und der dominanten Hauptspanrichtung festzustellen.

Einen Materialkomplex mit eigenständigen methodischen Erhebungen stellen die Tierknochen mit Oberflächenmodifikationen dar. Neben aktualistischen Versuchen und Beobachtungen zu waidmännischen Vorgängen unter realitätsnahen Bedingungen wird eine experimentelle Studie zum Spektrum von Schnittspuren vorgestellt (*Kapitel VI*). Die Studie dient der quantitativen Datenerhebung zur Dimensionierung anthropogener Schnittspuren und erweist sich für archäologische Fragestellungen bezüglich Eindringtiefe und Profilcharakteristik als praxistauglich. Durch Untersuchung einer Teilmenge Bilzingslebener Knochenobjekte mit dem Laserscan-Mikroskop kann belegt werden, daß sich makromorphologisch schnittspurartige Modifikationen in einigen Fällen mikroskopisch eindeutig verifizieren lassen. Dies betrifft nicht nur drei Objekte mit nonutilitären Schnittmarken, sondern einige weitere Objekte, die als „*ad hoc*“-Arbeitsunterlage gedient haben können.

Der Komplex anthropogener Modifikationen läßt sich andererseits zuverlässig von der überwiegenden

Zahl nichtanthropogener Oberflächenverschrammungen abgrenzen, die durch Umlagerung oder Trampling entstanden sind. Eine dritte Gruppe von wenigen Einzelobjekten zeigt Modifikationen durch Zahnmarken, die ebenfalls eigene Profilcharakteristika aufweisen, zum Teil in Verbindung mit makromorphologischen Besonderheiten. Neben Oberflächenmodifikationen wird auch auf Karnivorenverbiß und deren typische Merkmale hingewiesen.

Zusätzlich zur Teilmenge von Bilzingsleben werden Knochen mit potentiellen Schnittspuren von Wallertheim und Stránská skála untersucht. Für Wallertheim können an zwei Objekten Schnittspuren diagnostiziert werden, während sich das Bovidenfragment von Stránská skála als nichtanthropogen modifiziert erweist. Damit entfällt dieses Objekt als Schnittspurebeleg aus dem Mittelpleistozän.

Die Untersuchungen am Inventar von Bilzingsleben beweisen in erster Linie eindeutig die Existenz des mittelpleistozänen Menschen an diesem Ort. In der Bewertung der speziellen Befunde im Kontext der *site formation* kann geschlußfolgert werden, daß die Begehung des Platzes nicht als Permanentbesiedlung aufzufassen ist, sondern als Folge von Einzelepisoden, in denen Menschen vor ungefähr 400 000 Jahren diesen Platz aufsuchten, um Holz und Knochen, vielleicht auch Sehnen, Geweih und Elfenbein für sich nutzbar zu machen. Diese Antwort kann – und sie muß – uns aus heutiger Sicht genügen.

Summary

The main focus of this investigation is the lithic and bone artifacts from the Middle Pleistocene site of Bilzingsleben (Thuringia, Germany), especially their traces of use. As a result, many traces both on lithic artifacts and faunal remains can be presented. While the traces on the lithic assemblage allow comparative studies with other European Pleistocene sites, the osteological material offers an exceptional discovery. Microscopic investigations of three bone fragments indicate deliberate engravings. The data strengthen the thesis that Bilzingsleben shows clear evidence for a non-utilitarian activity of *Homo erectus bilzingslebenensis* (Vlček 1978). These objects confirm the importance of the Bilzingsleben site for the questions of early human culture.

The background for the comprehensive introduction is given by the site formation concept as formulated by Schiffer (1987). Microscopic traces also reflect the character of the site formation. Key questions include, whether Bilzingsleben displays scenarios of natural raw material accumulation. By screening sediments from the archaeological layers many naturally fractured flints and other northern gravels are found. These observations document a redeposition of terrace material from the late Elster glaciation. In addition, all sizes of local shell limestone occur. Following the discussion of *Chapter I*, the author concludes that fluvial transport of lithics and bone fragments is the main reason for their accumulation.

In accordance with the results of the site formation discussion, it is consistent to focus the microscopic investigation only on sharp edged lithic artifacts. Concerning faunal remains, the main interest is set on the verification of cut marks. The analysis of selected bone fragments provides data for a discussion of the variety of taphonomic modifications.

Beside a critical review of the lithic use wear research (*Chapter III*), several new perspectives and microscopic results are introduced (*Chapter IV*). Using the technical potential of SEM and Laser scan microscopy, new interpretations are given to the phenomena "polish" and gloss on northern flint. The secondary modification of the flint surface can be shown on archaeological flint tools from the Middle Paleolithic site of Lichtenberg (Lower Saxonia, Germany). While the Laser scan microscope allows the measurement of roughness, a quantitative description is also given for the abrasive effects along the edges of flint tools. Some new investigations were done with SEM on sickle gloss. Last of all, the potential of residue analy-

sis on the example of birch tar as the most important prehistoric hafting material is discussed. Considering the evidence of hafting kit on the surface of one artifact from the site of Neumark-Nord (Sachsen-Anhalt, Germany), the technical possibilities of its investigation are discussed.

Chapter IV presents not only the methodological basis for the investigation of artifacts from Bilzingsleben, but also brings new insight into the discussion of *high power* analysis in lithic use wear.

The evaluation of lithic use wear in the Bilzingsleben inventory (*Chapter V*) shows clear evidence for correlations between the functionality of tools and their direction of motion. The database connects morphological characteristics of tools with micro-chipping and abrasive effects along the working edges. Surface polishing is in general overlaid by post-depositional modifications. The Bilzingsleben record displays a correlation between use wear traces of the working of hard organic materials and the accumulation of wooden remains. In addition to Bilzingsleben, the author conducts lithic use wear analyses on three additional Middle Paleolithic assemblages. In conclusion there are some common characteristics for the travertine embedded sites of Bilzingsleben, Tata and Vértesszölös on the one hand, and short time hunting bases like Neumark-Nord and Wallertheim on the other hand. All sites with SiO₂ material display a typical edge angle spectrum of tool types in correlation with their main direction of motion.

The second theme of this investigation is bone objects and their surface modifications. A methodological discussion presents both observation of butchery activities and technical experiments to examine the variety of cut marks according to different kinds of lithic working edges. The focus is set on morphometric dimensions of cutting profiles, such as the wall angle and depth. Comparing the profiles of traces on some bone artifacts from Bilzingsleben, clear evidence of their cutting character can be shown. Beside the three artifacts with non-utilitarian cut marks, several bigger faunal remains document cutting traces including "*ad hoc*" working platforms.

The few objects with anthropogenic modifications must be differentiated from the large number of scratches caused by fluvial redeposition or trampling. A third group of a few objects displays tooth marks. Their microscopic profile can be documented, in connection with typical morphological features. In addition there are many bones that display gnawing marks by carnivores. Several faunal remains with potential

cut marks from Wallertheim (Rheinhessen, Germany) and Stránská skála (Moravia, Czech Republic) were investigated. Two bones from Wallertheim display cut marks, while the bovid sacrum from Stránská skála preserves no anthropogenic traces but does exhibit tooth marks.

The investigation of the assemblage from Bilzingsleben helps to define the activities of Middle Pleistocene

human beings at the site. In the context of the general site formation, it can be concluded that there is no evidence for a permanent settlement at the site. Instead, there is a high probability for one or more short-term occupations, when people some 400,000 years ago came and looked for specific raw materials, like wood, bones and maybe also sinew, antler and ivory. This answer can and must be sufficient from our today's point of view.

Résumé

La présente étude est principalement consacrée à une analyse du matériel archéologique du site de Bilzingsleben plus particulièrement du point de vue de la tracéologie. Il a été possible de retrouver des traces d'usure sur l'industrie lithique et nous avons mis en évidence des traces microscopiques d'une manipulation anthropique sur le matériel faunistique. Tandis que les résultats sur l'industrie lithique offrent des points de comparaison avec d'autres sites pléistocène moyen de l'Europe, le matériel osseux révèle un résultat tout à fait hors de l'ordinaire. Nous avons reconnu par l'analyse microscopique, trois exemples d'incisions systématiques qui constituent la preuve la plus ancienne jamais trouvée d'une activité non-utilitaire de l'homme pléistocène moyen *Homo erectus bilzingslebenensis*. Cette constatation associée à la présence d'ossements de l'homme fossile souligne le rôle à part du site de Bilzingsleben, en dépit de l'état provisoire de l'analyse et de l'interprétation des différents types de vestiges archéologiques.

L'analyse de l'inventaire lithique et osseux s'est faite à partir de l'approche méthodologique du *site formation* d'après Schiffer (1987). D'après celle-ci, l'interprétation de traces microscopiques dépend en grand partie du caractère de l'association de vestiges qui est définie par des processus à la fois naturels comme culturels qui peuvent se produire avant ou après la manipulation anthropique. Ceci nécessite un autre angle d'approche, ce qui permet d'aborder dans le cas concret la question de savoir s'il a pu y avoir la possibilité d'une accumulation naturelle c'est à dire non-anthropique de matières premières à Bilzingsleben. Le tamisage de la totalité des sédiments de la campagne de fouilles de 1997 a mis à jour des silex de la plus petite catégorie de taille mais également le spectre de roches typiques de la terrasse daté du Elster et de la base du Holstein enrichie de quantités considérables de débris du Muschelkalk local de toutes les différentes catégories de taille. La recherche critique des sources du chapitre I nous amène, par conséquent, à la conclusion que l'apport fluvial du matériel n'est pas un phénomène de moindre importance mais est le facteur décisif de l'accumulation des vestiges du site.

Pour l'analyse du matériel lithique (chapitre II), nous avons uniquement sélectionné des objets en silex qui disposent de bords tranchants et qui portent aussi de caractéristiques d'artefacts. Parmi les objets en os, nous avons choisi pour l'analyse, hormis les pièces qui portent des incisions régulières, des objets qui servent d'une façon exemplaire à la discussion de l'éventail

complet des modifications de surface anthropique comme taphonomique.

A la suite d'une analyse critique de la panoplie de toutes les méthodes actuelles de la micro-tracéologie d'industries lithiques (chapitre III), nous proposons de nouvelles approches méthodologiques et de nouveaux résultats (chapitre IV). Par une évaluation différenciée des effets de polissage et de lustre grâce à un microscope REM et à un microscope Laser, nous sommes parvenus à mettre en évidence de nouveaux résultats sur les modifications secondaires de surface sur le silex dit baltique. Ceci peut être démontré par des exemples archéologiques du site de Lichtenberg. Ainsi, cette technique de microscopie rend-elle possible pour la première fois, en combinaison avec la mesure de la rugosité des surfaces lithiques, une information quantitative des effets abrasifs sur les bords d'outils en silex. De plus, nous appréhendons, grâce aux images REM, le phénomène du lustré dite « de faucille ». Dans la dernière partie du chapitre IV, nous évaluons le potentiel d'analyses de résidus, illustré par l'exemple de la poix d'écorce de bouleau. La mise évidence de la poix d'emmanchement au site de Neumark-Nord souligne l'importance d'une telle analyse.

Le chapitre IV fournit le fondement méthodologique de l'analyse du matériel archéologique mais donne également des résultats propres et constitue donc la base (les premiers aspects) d'une révision critique de la méthode de la micro-tracéologie dite *high power*.

L'étude des traces microscopiques d'usure de l'industrie lithique de Bilzingsleben (chapitre V) livre des résultats plausibles sur la fonction de support lithiques. Au départ de notre analyse, nous avons pris en compte les caractères des supports lithiques en combinaison avec la présence de micro-retouches régulières voire des effets d'abrasion de bords. Il n'est guère possible d'interpréter les polissages de surface en raison de modifications post-dépositionnelles. En ce qui concerne la surface d'occupation du site de Bilzingsleben, nous constatons une corrélation positive entre des restes de bois végétal et ces modifications de surface d'objets lithiques. Celle-ci fournit une base pour une future cartographie de faciès en trois dimensions.

Outre l'analyse du site de Bilzingsleben, nous fournissons des résultats d'analyses de micro-tracéologie de trois autres sites du paléolithique moyen. En ce qui concerne les composants de l'outillage, nous observons, en résumé, des résultats semblables, d'une part, pour les sites de travertine comme Bilzingsleben, Tata,

et Vértesszölös, et, d'autre part, pour les campements de chasse d'une courte durée d'occupation comme Neumark-Nord et Wallertheim. On observe des résultats communs surtout en ce qui concerne la corrélation entre l'angle des bords et la direction opérative principale des outils.

Un complexe original qui impose une méthodologie distincte, fournit des ossements de faune qui montrent des modifications de surface. En plus d'expérimentations et d'observations sur les pratiques de l'exploitation de la proie dans des conditions proches de la réalité, nous proposons une étude d'expériences sur le spectre possible des traces d'équarissage (chapitre VI). Cette analyse permet une saisie de données quantitative sur les dimensions des traces de decarnisation. Elle fournit également une contribution pratique à la reconnaissance de la profondeur et du profil de ces traces. Grâce à l'analyse des objets de Bilzingsleben par l'application d'un microscope laser, il est possible de mettre en évidence que des traces de la coupe macroscopiques sont vérifiables dans quelques cas au niveau microscopique. Ceci ne concerne pas uniquement les trois pièces qui portent des incisions non-utilitaires mais aussi quelques objets qui ont pu servir, par exemple, de support de travail « ad hoc ».

Les modifications anthropiques sont un moyen sûr de différencier les égratignures de la surface non-anthropique qui ont été causées par un remaniement ou par le piétinement. Un troisième groupe d'objets

porte des traces de dents qui révèlent un profil d'empreinte bien typique, en partie en combinaison avec d'autres particularités de la surface. Notre étude donne donc une contribution à la reconnaissance de caractères typiques de morsures de carnivores.

En plus des ossements de Bilzingsleben, nous avons analysé des ossements avec des traces d'équarissage potentielles des sites de Wallertheim et de Stránská Skála. En ce qui concerne Wallertheim, nous avons pu retrouver des traces d'équarissage sur deux objets, tandis que le fragment de bovidé de Stránská Skála s'avère ne pas être modifié par l'homme. Cet objet peut donc être supprimé de la liste d'objets avec des traces de decarnisation du pléistocène moyen.

Les recherches sur le matériel de Bilzingsleben prouvent, en premier lieu, la présence incontestable de l'homme du pléistocène moyen à cet endroit. L'évaluation de l'ensemble des vestiges au sens de *site formation* nous permet d'identifier ce site non comme un gisement d'une occupation permanente mais comme le résultat d'une suite d'occupations singulières par les hommes venus, il y a à peu près 400 000 ans, afin de s'approvisionner avec du bois végétal et des os, peut-être aussi des tendons, des bois de cervidés et de l'ivoire. Cette interprétation peut - et elle doit - suffire du point de vue actuel.

Übersetzt von Harald Floss und Philippe Gonod

VIII. Literaturverzeichnis

- Albrecht, G., Engelhardt, H., Müller-Beck, H. & G. Unrath (1994), Zur Unterscheidung von Artefakten und Naturbruch an der Fundstelle Sehremuz. – In: Albrecht, G. & H. Müller-Beck (Hrsg.), Das Paläolithikum von Sehremuz bei Samsat am Euphrat. *Tübinger Monographien zur Urgeschichte* 10, 121-132.
- Alexander, R. (1989), Evolution of the Human Psyche. – In: Mellars, P. & C. Stringer (eds.), *The Human Revolution*. Edinburgh (University Press). 455-513.
- Allain, J. (1989), La fin du Paléolithique supérieur en région Centre. – In: Le Magdalénien en Europe. Actes du Colloque de Mayence. *ERAUL* 38.
- Althen, G. W., Rusbült, J. & J. Seeger (1980), Ergebnisse einer regionalen Neubearbeitung des Muschelkalks der DDR. – *Zeitschr. geol. Wiss.* 8, 985-999.
- Anderson, P. (1992), Experimental cultivation, harvesting and threshing of wild cereals and their relevance for interpreting the use of Epipaleolithic and Neolithic artefacts. – In: *Préhistoire de l'agriculture. Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*. Editions du CNRS (*Monographies du CRA* 6), 179-210.
- Anderson, P., Beyries, S., Otte, M. & H. Plisson (1993) (eds.), *Traces et fonction: Les gestes retrouvés*. Actes du colloque international de Liège. – *ERAUL* 50.
- Anderson-Gerfaud, P. (1980), A testimony of prehistoric tasks: diagnostic residues on stone tool working edges. – *World Archaeology* 12, 181-193.
- Anderson-Gerfaud, P. (1981), Contribution Méthodologique a l'analyse des microtraces d'utilisation sur les outils préhistoriques. – These de 3e cycle. Université de Bordeaux.
- Andrews, P. & J. Cook (1985), Natural modification to bones in a temperate setting. – *Man* 20, 675-691.
- Andrews, T. & J. Zoe (1999), Das Birkenrindenkanu der Dogrib. – *The American Indian's Spirit* 7/IV-8/1, 41-46.
- Anzidei, A.P., F. Angelelli & L. Caloi (1989), Le gisement Pleistocène de la Polledrara di Cecanibbio (Rome, Italie). – *L'Anthropologie* 93, 749-781.
- Auguste, P. (1992), Étude archéozoologique des grands mammifères du site Pleistocène moyen de Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais, France): apports biostratigraphiques et paléthnographiques. – *L'Anthropologie* 96, 49-70.
- Aveling, E.M. & C. Heron (1998), Identification of Birch Bark Tar at the Mesolithic Site of Starr Carr. – *Ancient Biomolecules* 2, 69-80.
- Baales, M., Jöris, O., Justus, A. & W. Roebroeks (2000), Natur oder Kultur? Zur Frage ältestpaläolithischer Artefaktensembles aus Hauptterrassenschottern in Deutschland. – *Gemania* 78/1, 1-20.
- Backwell L. & F. d'Errico (1999), The application of SEM, confocal microscopy and image analysis to assess the first use of bone by early hominids. – *Proceedings of the Annual Conference of the Microscopic Society of Southern Africa* 29.
- Baden, M.M. (1982), *Medical-legal Aspects of Microbiology*. New York (Acad. of Sciences, Section Microbiology).
- Bamforth, D.B. (1988), Investigating Microwear polishes with Blind Tests: The Institute results in Context. – *Journal of Archaeological Science* 15, 11-23.
- Bar-Yosef, O. & N. Goren-Inbar (1993), The lithic assemblages of Ubeidiya, Lower Paleolithic Site in Jordan Valley. – *Qedem* 34. Jerusalem (Hebrew Univ. Press).
- Bäsemann, R. (1986), Natural Alterations of Stone Artefact Materials. – In: Owen, L. & G. Unrath (eds.), 97-102.
- Bäsemann, R. (1987), Umweltabhängige Strukturveränderungen an Steinartefakten. – *Arbeiten zur Urgeschichte des Menschen* 10. Frankfurt/M. (Verlag Peter Lang).
- Bates, M.R., Parfitt, S.A. & M.B. Roberts (1997), The chronology, palaeoecology and archaeological significance of the marine Quaternary record of the West Sussex Coastal Plain, Southern England, UK. – *Quaternary Science Reviews* 16.
- Baumann, W. & D. Mania (1983), Die paläolithischen Neufunde von Markkleeberg bei Leipzig. – *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Dresden* 16. Berlin (Deutscher Verlag der Wissenschaften).
- Beck, C.W., Stout, E.C., Pasi, L. & A. Jänne (1997), The Pyrotechnology of Pine Tar and Pitch Inferred from Quantitative Analyses by Gas Chromatography, Mass Spectrometry and Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance Spectrometry. – *Proceedings of the First International Symposium of Wood Tar and Pitch 1993*. Warsaw (State Archaeol. Museum), 181-192.

- Bednarik, R. (1988), Comments to Mania & Mania 1988. – *Rock Art Research* 5, 96-100.
- Bednarik, R. (1992), Paleoart and archaeological myths. – *Cambridge Archaeological Journal* 2, 27-57.
- Bednarik, R. (1993), Die Bilzingslebener Gravierungen im Lichte altpaläolithischer Beweise kognitiver Fähigkeit. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 549-553.
- Bednarik, R. (1995), Concept-mediated Marking in the Lower Palaeolithic. – *Current Anthropology* 36/ 4, 605-634.
- Behm-Blancke, G. (1987), Zur geistigen Welt des *Homo erectus* von Bilzingsleben. – *Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte* 70, 41-82.
- Behm-Blancke, G. (1990), Zur Vorstellungswelt des *Homo erectus* von Bilzingsleben. In: Herrmann, J. & H. Ullrich (Hrsg.), *Menschwerdung*. Berlin (Akademie Verl.). 287-291.
- Behrensmeyer, A.K. (1978), Taphonomic and ecological informations from bone weathering. – *Paleobiology* 4/2, 150-162.
- Behrensmeyer, A.K., Gordon, K.D. & G.T. Yanagi (1986), Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks. – *Science* 219, 768-771.
- Behrensmeyer, A.K. & A.P. Hill (1980), *Fossils in the making: Vertebrate taphonomy and paleoecology*. Chicago.
- Benda, L. (Hrsg.) (1995), *Das Quartär Deutschlands*. Berlin/ Stuttgart (Gebrüder Borntraeger).
- Berke, H. (1987), Archäozoologische Detailuntersuchungen an Knochen aus südwestdeutschen Magdalénien-Inventaren. – *Urgeschichtliche Materialhefte* 8, Tübingen.
- Bermúdez de Castro, J., Arsuaga, J., Carbonell, E. & J. Rodríguez (eds.) (1999), *Atapuerca - Nuestros antecesores*. León (edition CSIC).
- Berra, T.M. (1990), *Evolution and the Myth of Creationism*. Stanford (University Press).
- Bettermann, P. & R. Lein (1976), Geochemische Untersuchungen zur Feuersteinbildung im Santon/ Campan der Lägerdorfer Schreibkreide (SW-Holstein). – *N. Jb. Mineral. Abh.* 127, 156-173.
- Biberson, P. (1964), Torralba et Ambrona. Notes sur deux stations acheuléennes de chasseurs d éléphants de la vieille Castille. – *Miscelanea en homenaje al Abate Henri Breuil* 1. Barcelona.
- Binford, L.R. (1978), *Nunamiut Ethnoarchaeology*. New York.
- Binford, L.R. (1981), *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. New York/ London/ Toronto/ Sydney/ San Francisco (Academic Press).
- Binford, L.R. (1982), The Archaeology of Place. – *Journal of Anthropological Archaeology* 1, 5-31.
- Binford, L.R. (1983), *In Pursuit of the Past*. London (Thames & Hudson).
- Binford, L.R. (1984), Butchering, Sharing, and the Archaeological Record. – *Journal of Anthropological Archaeology* 3, 235-257.
- Bittmann, F. (1992), The Kärlich Interglacial, Middle Rhine region, Germany: vegetation history and stratigraphic position. – *Veget. Hist. Archaeobot.* 1, 243-258.
- Bittmann, F. (1998), *Unterlagen zur Palynologie-Tagung in Tübingen*. Unpubl. Manuskript.
- Blalock, H.N. & J.J. Herod (1999), A comparative study of stream habitat and substrate utilized by *Corbicula fluminea* in the New River, Florida. – *Florida Scientist* 62, 145-151.
- Blumenshine, J. & M.Selvaggio (1991), On the marks of marrow bone processing by hammerstones and hyaenas: Their anatomical patterning and archaeological implications. – In: Clark, J.D. (ed.), *Cultural beginnings*. Bonn (Habelt). 17-32.
- Boaz, N.T. & A.K. Behrensmeyer (1976), Hominid taphonomy: transport of human skeletal parts in an artificial fluvial environment. – *American Journal of Physical Anthropology* 45, 53-60.
- Böcker, J. (1997), *Spektroskopie*. Würzburg (Vogel).
- Boëda, E. (1994), Le concept Levallois: variabilité des méthodes. – *Monographie du CRA* 9. Paris (CNRS Éditions).
- Boëda, E., Connan, J., Dessort, D., Muhesen, S., Mercier, N., Valladas, H. & N. Tisnerat (1996), Bitumen as a Hafting Material on Middle Palaeolithic Artefacts. – *Nature* 380, 336-337.
- Boëda, E., Geneste, J.M. & C. Griggo (1999), A Levallois Point embedded in the vertebra of a wild ass (*Equus africanus*): hafting, projectiles and Mousterian hunting weapons. – *Antiquity* 73, 394-402.
- Bogen, C. (1994), *Die Geröllgeräte von Bilzingsleben*. – Unpubl. Manuskript (Univ. Jena).
- Böhme, G. (1997), Reste von Amphibien und Reptilien aus der Fundstelle Bilzingsleben und die quartären fossilen Herpetofaunen Thüringens. – In: *Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen)*. 113-120.

- Böhme, G. (1998), Neue Funde von Fischen, Amphibien und Reptilien aus dem Mittelpleistozän von Bilzingsleben. – *Praehistoria Thuringica* 2, 96-107.
- Böhme, G. (2000a), Reste von Fischen, Amphibien und Reptilien aus der Fundstelle Schöningen 12 bei Helmstedt (Niedersachsen). Erste Ergebnisse. – *Praehistoria Thuringica* 4, 18-27.
- Böhme, G. (2000b), Fossile Amphibien und Reptilien im Quartär Thüringens. – *Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt* 19/2000, 79-97.
- Böhme, G. (2001), Eigelege der Sumpfschildkröte *Emys orbicularis* aus dem mittelpleistozänen Travertin von Bilzingsleben. – *Praehistoria Thuringica* 6/7, 39-45.
- Bolus, M. (1992), Die Siedlungsbefunde des späteiszeitlichen Fundplatzes Niederbieber (Stadt Neuwied). Bonn (Habelt).
- Bordes, F. (1972), *A Tale of Two Caves*. New York (Harper & Row).
- Bosinski, G. (1967), Die mittelpaläolithischen Funde im westlichen Mitteleuropa. – *Fundamenta A* 4. Köln/Graz (Böhlau).
- Bosinski, G. & G. Fischer (1974), Die Menschen-darstellungen von Gönnersdorf der Ausgrabung von 1968. Der Magdalénien-Fundplatz Gönnersdorf 1. Wiesbaden.
- Brain, C.K. (1976), Some principles in the interpretation of bone accumulations associated with man. – In: G.L. Isaac & E.R. McCrown (eds.), *Human origins (Menlo Park)*. 97-116.
- Brain, C.K. (1981), *The hunters or the hunted? An introduction to African cave taphonomy*. Chicago (Univ. Press).
- Bräuer, G., Henke, W. & M. Schultz (1995), Der hominide Unterkiefer von Dmanisi: Morphologie, Pathologie und Analysen zur Klassifikation. – *Jahrbuch des RGZM* 42, 183-203.
- Bratlund, B. (1995), Nachweis der Auerochsen, *Bos primigenius*, in den Travertinen von Taubach/Thüringen. – *Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt* 14, 169-172.
- Bravo, G. & J. Trupke (1970), *100 000 Jahre Leder*. Basel/ Stuttgart.
- Brink, J. (1978), *An Experimental Study of Micro-wear Formation on Endscrapers*. National Museum of Man. *Mercury Series* 83. Ottawa, National Museums of Canada.
- Brothwell, D. (1976), Further evidence of bone chewing by ungulates: the sheep of North Ronaldsay, Orkney. – *Journal of Archaeological Science* 3, 179-182.
- Brühl, E. (2000), Die Archäologie der mittelpleistozänen Jäger von Neumark-Nord (Geiseltal). Das Material der Grabung 1995. *Unpubl. Magisterarbeit*. Jena (Institut für Ur- und Frühgeschichte).
- Brühl, E. (2001), Zur Ökonomie der mittelpleistozänen Jäger von Neumark-Nord. – In: Wagner, G. & D. Mania (Hrsg.), *Frühe Menschen in Mitteleuropa – Chronologie, Kultur, Umwelt*. Aachen (Shaker). 131-153.
- Bunn, H.T. & E.M. Kroll (1986), Systematic Butchery by Plio/ Pleistocene Hominids at Olduvai George, Tanzania. – *Current Anthropology* 27/5, 431-452.
- Bunn, H.T., Kroll, E.M. & L.E. Bartram (1991), Bone distribution on a modern east african landscape and its archaeological implications. – In: Clark, J.D. (ed.), *Cultural beginnings*. Bonn (Habelt). 33-54.
- Burdukiewicz, J.M. (o.J.), Technological analysis of the flint artefacts from Bilzingsleben. – (*Unpubliziertes Manuskript, vorgesehen für Bd. „Bilzingsleben VII“*).
- Burdukiewicz, J.M., D. Mania, A. Kocon & T. Weber (1979), Die Silexartefakte von Bilzingsleben: Zu ihrer morphologischen Analyse. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 20, 682-703.
- Busch, R. & H. Schwabedissen (Hrsg.) (1991), *Der altsteinzeitliche Fundplatz Salzgitter-Lebenstedt. Teil 2, Naturwissenschaftliche Untersuchungen*. – *Fundamenta A* 11/2, Köln/ Weimar/ Wien (Böhlau).
- Caspers et al. (1995), Niedersachsen. – In: Benda, L. (Hrsg.), *Das Quartär Deutschlands*. Berlin/ Stuttgart (Gebrüder Borntraeger). 23-58.
- Cattaneo, C., Gelsthorpe, K. & R. Hedges (1993), Blood residues on stone tools: indoor and outdoor experiments. – *World Archaeology* 25, 29-43.
- Chase, P. & H. Dibble (1992), Scientific archaeology and the origins of symbolism: a reply to Bednarik. – *Cambridge Archaeological Journal* 2, 43-51.
- Christensen, M. (1999), Technologie de l'ivoire au Paléolithique supérieur. Caractérisation physico-chimique du matériau et analyse fonctionnelle des outils de transformation. – *British Archaeological Report, International Series* 751.
- Christensen, M., Grime, G. & M. Menu (1993), Use-wear studies of flint tools with micro PIXE and micro RBS. – *Nuclear Instruments and methods in Physics Research B* 77, 530-536.
- Christensen, M., Walter, P. & M. Menu (1992), Use wear characterisation of prehistoric flints with IBA. – *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 64, 488-493.

- Conard, N.J. & D.S. Adler (1997), Lithic Reduction and Hominid Behavior in the Middle Paleolithic of the Rhineland. – *Journal of Anthropological Research* 53, 147-176.
- Conard, N.J., Adler, D.S., Forrest, D.T. & P.J. Kaszas (1995), Preliminary Archaeological Results from the 1991-1993 Excavations in Wallertheim. – *Archäolog. Korrespondenzblatt* 25, 13-27.
- Condemi, S. (1998), The Neanderthals: A cold-adapted European Middle Pleistocene population. – *Anthropologie* XXXVI/1+2, 35-42.
- Cook, J. (1986), The Application of Scanning Electron Microscopy to Taphonomic and Archaeological Problems. – In: Roe, D.A. (ed.), *Studies in the Upper Paleolithic of Britain and Northwest Europe*. – *British Archaeological Report, International Series* 296, 143-163.
- Cotterell, B. & J. Kamminga (1987), The formation of flakes. – *American Antiquity* 52, 675-708.
- Cotterell, B. & J. Kamminga (1990), Stone tools. – In: Cotterell, B. & J. Kamminga (eds.), *Mechanics of pre-industrial technology*. Cambridge (University Press). 125-159.
- Czarnowski, E., Neubauer, D. & D.Schwörer (1990), Zur Herstellung von Birkenpech im Neolithikum. – *Acta Praehistoria et Archaeologica* 22, 169-173.
- Dart, R. (1957), The osteodontoceric culture of Australopithecus prometheus. – *Transvaal Museum Memoires* 10 (Pretoria).
- Davidson, I. (1988), Comments to Mania & Mania. – *Rock Art Research* 5, 100-101.
- Davidson, I. (1990), Bilzingsleben and early marking. – *Rock Art Research* 7, 52-56.
- Davidson, I. & B. Noble (1993), Tools and language in human evolution. – In: Gibson, K. & T. Ingold (eds.), *Tools, language and cognition in human evolution*. Cambridge (Univ. Press). 366-388.
- Davis, W. (1988), Comments to Mania & Mania 1988. – *Rock Art Research* 5, 101-103.
- Deer, W.A., Howie, R.A. & J. Zussman (1992), *An Introduction to the Rock-forming Minerals*. London (Longman). (2nd ed).
- Derrick, M. R. (1989), Fourier Transform Infrared Spectral Analysis of Natural Resins Used in Furniture Finishes. – *Journal of the American Institute for Conservation* 28, 43-56.
- d'Errico, F. (1989), L'art gravé azilien? Analyse microscopique, reconstruction gestuelle, signification. Thèse de doctorat. Paris.
- d'Errico, F. (1991), Microscopic and statistical criteria for the identification of prehistoric systems of notation. – *Rock Art Research* 8 (2), 83-89.
- d'Errico, F. (1994), L'art gravé azilien. De la technique à la signification. XXXIème Supplément à Gallia-Préhistoire. Paris (CNRS Editions).
- d'Errico, F. & A. Nowell (2000), A new look at the Berekhat Ram figurine: implications for the origins of symbolism. – *Cambridge Archaeological Journal* 10/1, 123-167.
- d'Errico, F. & U. Gnesutta (1999), L'art mobilier épigravettien de la grotte de Settecannelle (Viterbo, Italie). Analyse technique et stylistique. – *L'Anthropologie* 103 (1), 121-160.
- d'Errico, F. & A. Vialou-Vilhena (1999), Colorant reduction sequences at the rock art site of Santa Elina (Mato Grosso, Brazil). – In: d'Errico, F. & R. Bednarik (eds.), *New approaches to rock art. Actes du Symposium „News 95“*, 74-82.
- d'Errico, F. & P. Villa (1997), Holes and grooves: the contribution of microscopy and taphonomy to the problem of art origins. – *Journal of Human Evolution* 33, 1-31.
- Diebel, K. & E. Pietrzeniuk (1980), Pleistozäne Ostrakoden vom Fundort des *Homo erectus* bei Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 21, 26-35.
- Döhle, H.-J. (1994), Die linienbandkeramischen Tierknochen von Eilsleben, Börderkreis. – *Veröff. des Landesamtes für archäologische Denkmalpflege Sachsen-Anhalt* 47.
- Dumont, J. (1982), The quantification of microwear traces: A new use for interferometry. – *World Archaeology* 14/2, 206-217.
- Dunbar, R. (1996), *Grooming, Gossip and the Evolution of Language*. London (Faber & Faber).
- Edwards, S. (1978), Nonutilitarian activities in the Lower Paleolithic: a look at the two kinds of evidence. – *Current Anthropology* 19, 135-137.
- Efremov, J.A. (1940), Taphonomy: New branch of paleontology. – *Pan American Geologist* 74/2, 81-93.
- Eichhorn, G. (1909), *Die paläolithischen Funde von Taubach in den Museen zu Jena und Weimar*. Jena (Fischer).
- Eisele, J.A., Fowler, D.D., Haynes, G. & R.A. Lewis (1995), Survival and detection of blood residues on stone tools. – *Antiquity* 69, 36-46.
- Eissmann, L. (1994), Grundzüge der Quartärgeologie Mitteldeutschlands. – In: Eissmann, L. & T. Litt (Hrsg.), 55-136.

- Eissmann, L. (1995), Sachsen: Geologie. – In: L. Benda (Hrsg.), *Das Quartär Deutschlands*. Berlin/Stuttgart (Borntraeger). 171-198.
- Eissmann, L. (2001), Alt- und mittelpaläolithische Funde Mitteldeutschlands im Lichte der heutigen Quartärstratigraphie und -paläogeographie. – Vorträge zur 43. Tagung der H.-Obermaier-Gesellschaft.
- Eissmann, L., Bernhardt, W. & A. Rudolph (1995), Die Acheuléenfundstücke von Eythra bei Leipzig. – In: *Archäologisches Korrespondenzblatt* 25, 275-289.
- Eissmann, L. & T. Litt (Hrsg.) (1994), *Das Quartär Mitteldeutschlands*. – *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* 7.
- Elsner, H. (1987), *Das Quartär im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlenbergwerke AG, Helmstedt*. (Unpublizierte Diplomarbeit) Universität Hannover.
- Engelhardt, W. (1973), *Sediment-Petrologie, Teil III: Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen*. Stuttgart (Schweizerbart).
- Erd, K. (1973), Pollenanalytische Gliederung des Pleistozäns der DDR. – *Zeitschr. geol. Wiss.* 1, 1087-1103.
- Erd, K. (1978), Pollenstratigraphie im Gebiet der skandinavischen Vereisungen. – *Zeitschr. geol. Wiss.* 9, 99-119.
- Erd, K. (1993), Zur Alterseinstufung des Fundhorizontes von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 580-81.
- Erd, K. (1997), Pollenanalytische Datierung des Seekalk/ Fundhorizontes von Bilzingsleben. – In: *Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen)*. 107-112.
- Erfurt, J. & D. Mania (1990), Zur Paläontologie des jungpleistozänen Waldelefanten von Gröbern, Kr. Gräfenhainichen. – In: *Neumark-Gröbern. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 43, 215-224.
- Feustel, R. (1987), Eiszeitkunst in Thüringen. – In: Müller-Beck, H. & G. Albrecht (Hrsg.), *Die Anfänge der Kunst vor 30 000 Jahren*. Stuttgart (Theiss). 60-63.
- Finsch, O. (1897), *Reise nach West-Sibirien im Jahre 1876*. Berlin.
- Fischer, K. (1989), Wildrinder- und Schweinereste (*Bovidae et Suidae, Artiodactyla, Mammalia*) aus dem mittelpleistozänen Holstein-Komplex von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 30, 404-415.
- Fischer, K. (1991a), Wildrinderreste (*Bovidae, Artiodactyla, Mammalia*) aus dem mittelpleistozänen Holstein-Komplex von Bilzingsleben. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, H.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, *Bilzingsleben IV. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 139-140.
- Fischer, K. (1991b), Postkraniale Skelettreste von Bibern (*Castor L., Throgotherium Fischer, Castoridae, Rodentia, Mamm.*) aus dem Mittelpleistozän von Bilzingsleben. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, H.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, *Bilzingsleben IV. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 63-70.
- Fischer, K. (1997), Vögel (*Aves*) und mittelgroße bis kleine Carnivoren (*Mammalia*) aus der Holstein-Warmzeit von Bilzingsleben. – In: *Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen)*. 183-88.
- Fischer, K. & W.-D. Heinrich (1991), *Sus scrofa (Mammalia: Artiodactyla, Suidae)* aus der altpaläolithischen Fundstätte Bilzingsleben in Thüringen. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, W.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, *Bilzingsleben IV. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 141-143.
- Fladerer, F. (2001), Die Faunareste vom jungpaläolithischen Lagerplatz Krems-Wachtberg, Ausgrabung 1930. – *Mitteilungen der Prähistorischen Kommission Bd. 39*. Wien (Österr. Akad. d. Wissensch.).
- Flegler, S.L., Heckman, J. & K.L. Klomparens (1995), *Elektronenmikroskopie: Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Heidelberg (Spektrum).
- Foley, R. (1991), How useful is the culture concept in early hominid studies? – In: (Ders.), *The origins of human behavior*. London (Unwin Hyman). 25-38.
- Foley, R. (1997), *Humans before humanity*. (2nd ed.), Oxford (Blackwell Publishers).
- Forstén, A. (1993), A comparison of some mid-Pleistocene *Equus* dental samples, including that from Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 598-600.
- Frank, N. (1997), Anwendungen der Thermionen-Massenspektrometrie zur Uranreihen-Datierung pleistozäner, mittelpaläolithischer Travertinvorkommen. – *Unpubl. Dissertation*. Universität Heidelberg.
- Frank, N., Braun, M., Hambach, U., Mangini, A. & G.A. Wagner (2000), Precise timing of last interglacial and Holstein interglacial travertine growth episodes in central Europe. – *Quaternary Research* 54, 38-48.
- Fritz, C. (1999), La gravure dans l'art mobilier magdalénien, du geste à la représentation. Contribution de l'analyse microscopique. Paris.

- Fröhlich, J., Hametner, C., Sauter, F. & A. Graf (1999), Identifizierung von Betulin in prähistorischen Pechfunden mittels ^{13}C -NMR-Spektroskopie. – *Berliner Beiträge zur Archäometrie* 16, 241-250.
- Fullagar, R.L.K. (1993), Flaked stone tools and plant food production. – In: Anderson et al. (eds.), 331-337.
- Gabunia, L., Vekua, A., Lordkipanidze, D., Justus, A., Nioradze, M & G. Bosinski (2000), Neue Urmenschenfunde von Dmanisi (Ost-Georgien). – *Archäologisches Korrespondenzblatt* 30, 23-38.
- Gamble, C.S. (1996), Die Besiedlung Europas: 700 000 - 40 000 Jahre vor heute. – In: Cunliffe, B. (Hrsg.), *Illustrierte Vor- und Frühgeschichte Europas*. Frankfurt/ New York (Campus).
- Gamble, C.S. (1999), *The Palaeolithic Societies of Europe*. Cambridge (Univ. Press).
- Gaudzinski, S. (1999), The faunal record of the Lower and Middle Paleolithic of Europe: remarks on human interference. – In: Roebroeks, W. & C. Gamble (eds.), *The Middle Palaeolithic Occupation of Europe*. Leiden (Univ. Press). 215-233.
- Gaudzinski, S. & L. Turner (1996), The role of early humans in the accumulation of European Lower and Middle Palaeolithic bone assemblages. – *Current Anthropology* 37, 153-156.
- Gauger, W. (1979), Glanzpatinierung von Flint-Artefakten und Feuersteinen in rezenten Elbeschottern bei Barförde, Gemeinde Hittbergen, Kr. Lüneburg, und in Drenthezeitlichen Flußschottern bei Lübbow, Kr. Lüchow-Dannenberg. – *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 48, 139-144.
- Gauger, W. (1980), Sedimentpetrographische Untersuchung (Kiesanalysen) flintartefakthaltiger Schotter bei Lübbow und ihre Einstufung in die Pleistozän-Stratigraphie. – *Der Geschiebesammler* 13.
- Gauger, W. (1986a), Flinte und paläolithische Artefakte aus den Kiesgruben am Öring. – *Hannoversches Wendland* 11, 93-104.
- Gauger, W. (1986b), Über den Glanz alter Feuersteinbruchstücke und paläolithischer Flintartefakte (besonders vom Öring, SO. Lüchow). – *Der Geschiebesammler* 19, 141-147.
- Gauger, W. (1988), Oberflächenstrukturen paläolithischer Flint-Artefakte aus dem Öring (Hannoversches Wendland). – In: *Jahrbuch des Naturwissenschaftl. Vereins des Fürstentums Lüneburg* 38, 277-290.
- Gauger, W. & W. Dürre (1987), Ein Weg zur Altersbestimmung umgelagerter paläolithischer Artefakte am Beispiel der Kiesgrubenfunde Lübbow und Woltersdorf, Kr. Lüchow- Dannenberg. – *Die Kunde N.F.* 38, 1-26.
- Geneste, J.-M. (1985), *Analyse lithique d'industries Moustériennes du Périgord: une approche technologique du comportement des groupes humains au Paléolithique moyen*. Bordeaux (Dissertation).
- Geneste, J.-M. (1988), Les industries de la Grotte Vaufray: technologie du débitage, économie et circulation de la matière première lithique. – In: Rigaud, J.-Ph. (Dir.), *La Grotte Vaufray. Mémoires de la Société Préhistorique Française* 29, Paris. 441-517.
- Gesang, H. (1978), Zur Geologie des Travertins von Burgtonna in Thüringen. – In: Kahlke, H.-D. (Hrsg.), *Das Pleistozän von Burgtonna in Thüringen. - Quartärpaläontologie* 3. Berlin (Akademie Verlag). 43-49.
- Gifford, D.P. (1981), Taphonomy and paleoecology: a critical review of archeology's sister disciplines. – In: Schiffer, M.B. (ed.), *Advances in archaeological method and theory*. Vol. 4 (New York). 365-438.
- Goldberg, P., Nash, D.T. & M.D. Petraglia (1993), Formation Processes in Archaeological Context. – *Monographs in World Archaeology* 17. Madison, Wisconsin (Prehistory Press).
- Gordon, C.C. & J.E. Buikstra (1981), Soil pH, bone preservation, and sampling bias at mortuary rites. – *American Antiquity* 46/3, 566-571.
- Gould, S.J. (1998), *Illusion Fortschritt: Die vielfältigen Wege der Evolution*. Stuttgart (Fischer).
- Grace, R. (1989), Interpreting the Function of Stone Tools: The quantification and computerisation of microwear analysis. – *B.A.R. International Series* 474.
- Grace, R. (1996), Use Wear Analysis: The State of the Art. – *Archeometry* 38/ 2, 209-229.
- Gramsch, B. (1979), Gebrauchsspuren an Silexartefakten von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 20, 704-707.
- Gramsch, B. (1999), Baumbast und Holz. – *Archäologie in Deutschland* 4/99, 20-21.
- Gross, C. (1992), Das Skelett des Höhlenlöwen (*Panthera leo spelaea* Goldfuß, 1810) aus Siegsdorf/ Ldkr. Traunstein, im Vergleich mit anderen Funden aus Deutschland und den Niederlanden. München (Dissertationsdruck).
- Grünberg, J., Graetsch, H., Baumer, U. & J. Koller (1999), Untersuchung der mittelpaläolithischen „Harzreste“ von Königsau, Ldkr. Aschersleben-Staßfurt. – *Jahreschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte* 81, 7-38.
- Günther, E.W. (1991), Die Gebisse der Waldelefanten von Bilzingsleben. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, H.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, *Bilzingsleben IV. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 149-174.

- Gurina, N.N. (1989), Mesolit Karelij. – In: Kolzov (Hrsg.), Mesolit SSSR. *Archaeologia SSSR Bd. 2*. Moskva (Nauka). 27-31.
- Habgood, P. (1989), Kommentar zu Mania & Mania 1988. – *Rock Art Research* 6/2, 139-141.
- Haglund, W.D., Reay, D.T. & D.R. Swindler (1988), Tooth mark artifacts and survival of bones in animal scavenged human skeletons. – *Journal of Forensic Science* 33, 985-997.
- Haglund, W. D., Reay, D.T. & D.R. Swindler (1989), Canid scavenging disarticulation sequence of human remains in the pacific northwest. – *Journal of Forensic Science* 34, 587-606.
- Haglund, W.D. & M.H. Sorg (eds.) (1997), Forensic taphonomy - The postmortem fate of human remains (Boca Raton).
- Hahn, J. (1993), Erkennen und Bestimmen von Stein- und Knochenartefakten: Einführung in die Artefaktmorphologie. – *Archaeologica Venatoria* 10. (2., überarbeitete Auflage). Tübingen.
- Haidle, M.N. & J. Orschiedt (1995), Die Verwendung von Repliken bei der rasterelektronischen Untersuchung von osteologischem Material. – *Archäologisches Korrespondenzblatt* 25, 265-273.
- Halverson, J. (1988), Kommentar zu Mania & Mania 1988. – *Rock Art Research* 5, 104.
- Harmon, R., Glazek, J. & K. Nowak (1980), $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dating of travertine from the Bilzingsleben archaeological site. – *Nature* 284, 132-135.
- Hayden, B. (ed.) (1979), Lithic Use Wear Analysis. New York (Academic Press).
- Haynes, G. (1982), Utilization and skeletal disturbance of North American prey carcasses. – *Arctic* 35/2, 266-281.
- Haynes, G. (1988), Longitudinal studies of african elephant death and bone deposits. – *Journal of Archaeological Science* 15, 131-157.
- Haynes, G. (1991a), Mammoths, Mastodonts & Elephants: Biology, Behavior, and the Fossil Record. Cambridge (Univ. Press).
- Haynes, G. (1991b), Noncultural modifications to mammalian bones in sites of mass deaths and serial predation. – *Anthropologie* 29/3, 151-156.
- Heaney, P.J., Prewitt, C.T. & G.V. Gibbs (1994), Silica: Physical Behavior, Geochemistry and Materials Applications. – *Reviews in Mineralogy* 29.
- Hebig, W. (1983), Fischreste von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 24, 558-569.
- Hebig, W. (1993), Weitere Bemerkungen zu den Fischresten von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 591.
- Heinrich, W.-D. (1991), Biometrische Untersuchungen an Fossilresten des Bibers (*Castor fiber* L.) aus der Fundstelle Bilzingsleben. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, W.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, Bilzingsleben IV. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle* 44, 35-62.
- Heinrich, W.-D. (1993), Zur Paläoökologie und Biostratigraphie der fossilen Kleinsäugerreste aus dem Travertinkomplex von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 582-590.
- Heinrich, W.-D. (1994), Biostratigraphische Aussagen der Säugetierpaläontologie zur Altersstellung pleistozäner Travertinfundstätten in Thüringen. – *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen E* 13, 251-267.
- Heinrich, W.-D. (1997a), Über *Trogotherium cuvieri* (Mammalia, Rodentia: Castoridae) aus dem mittelpleistozänen Travertinkomplex Bilzingsleben II in Thüringen. – In: Bilzingsleben V. Bad Homburg/Leipzig (Ausbildung + Wissen). 135-182.
- Heinrich, W.-D. (1997b), Zur Taphonomie, Paläoökologie und Biostratigraphie fossiler Kleinsäugerfaunen aus dem mittelpleistozänen Travertinkomplex Bilzingsleben II in Thüringen. – In: Bilzingsleben V. Bad Homburg/Leipzig (Ausbildung + Wissen). 121-134.
- Heinrich, W.-D. (1998), Weitere Funde von Kleinsäugetieren aus dem Travertinkomplex Bilzingsleben II in Thüringen. – *Praehistoria Thuringica* 2, 89-95.
- Heinrich, W.-D. (2000), Rodentier- Biostratigraphie und Altersstellung der mittelpleistozänen *Homo erectus*-Schichten der Travertinfundstätte Bilzingsleben II in Thüringen, Mitteldeutschland. – *Praehistoria Thuringica* 4, 28-40.
- Hemmer, H. (1972), Notes sur la position phylétique de l'homme de Petralona. – *L'Anthropologie* 76, 155-162.
- Henderson, J. (1987), Factors determining the state of preservation of human remains. – In: Boddington, A., Garland, A.N. & R.C. Janaways (eds.), Death, decay and reconstruction: Approaches to archaeology and forensic sciences. Manchester. 43-54.
- Henke, W. & H. Rothe (1995), *Homo erectus* - valides Taxon der europäischen Hominiden? – *Bulletin Soc. Suisse d'Anthrop.* 1, 15-26.
- Henze, E.D. (1999), Ein prähistorisches „Ulu“ - das Eskimo Frauenmesser der Arktis. – *The American Indian's Spirit* 7/IV-8/1, 18.

- Heussner, K.-U. (1987), Methoden und Aussagemöglichkeiten der Spurenanalyse an Feuersteingeräten. – *Unpubl. Dissertation*. Berlin (Humboldt-Universität).
- Heussner, K.-U. & T. Weber (1990), Das archäologische Inventar - Spezielle Untersuchungen zu den Feuersteinartefakten. – In: Mania, D., Thomae, M., Litt, T. & T. Weber (Hrsg.), Neumark – Gröbern. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle 43*, 225-235.
- Hill, A. (1979a), Butchery and natural disarticulation: An investigatory technique. – *American Antiquity 44/4*, 739-744.
- Hill, A. (1979b), Disarticulation and scattering of mammal skeletons. – *Paleobiology 5*, 261-274.
- Hill A. & A.K. Behrensmeyer (1984), Disarticulation patterns of some modern East African mammals. – *Paleobiology 10/3*, 366-376.
- Hill A. & A.K. Behrensmeyer (1985), Natural disarticulation and bison butchery. – *American Antiquity 50*, 141-145.
- Hunger, H.-J. (ed.) (1994), Werkstoffanalytische Verfahren: Eine Auswahl. Stuttgart (Dt. Verl. f. Grundstoffindustrie).
- Hyland, D.C., Tersak, J.M., Adovasio, J.M. & M.I. Siegel (1990), Identification of the Species of Origin of Residual Blood on Lithic Material. – *American Antiquity 55*, 104-112.
- Imbrie, J., Hays, J.D., Martinson, D.G., McIntyre, A., Mix, A.C., Morley, J.J., Pisias, N.G., Prell, W.L. & Shackleton, N.J. (1984), The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine d180 record. – In: Berger, A., Imbrie, J., Hays, G., Kukla, G. & B. Saltzman (eds.), *Milankovich and Climate Part 1*. – NATO ASI Series C. Dordrecht (D.Reidel). 269-305.
- Isaac, G.L. (1979), Traces of Pleistocene Hunters: An East African Example. – In: Lee, R. & I. de Vore (eds.), *Man the Hunter*. (1st ed. 1968). New York (Aldin). 253-261.
- Jaksic-Born, C. (2000), "Homo loquens" – Zur Naturgeschichte von Kommunikation und Sprache. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 41*, 159-198.
- Jechorek, H. (2000), Die fossile Flora des Reinsdorf-Interglazials. Paläokarpologische Untersuchungen an mittelpleistozänen Ablagerungen im Braunkohlentagebau Schöningen. – *Praehistoria Thuringica 4*, 7-17.
- Jelinek, J. (1985), The European, Near East and North African finds after *Australopithecus* and the principal consequences for the picture of human evolution. – In: Tobias, P. (ed.), *Hominid evolution: past, present and future*. New York (A.R. Liss). 341-355.
- Jensen, H.J. (1994), *Flint tools and Plant Working*. Aarhus (Univ. Press).
- Jones, J.B., Sanders, J.V. & E.R. Segnit (1964), Structure of Opal. – *Nature 204*, 990-991.
- Kaiser, T. & H. Katterwe (2001), The Application of 3D-Microprofilometry as a Tool in the Surface Diagnosis of Fossil and Sub-Fossil Vertebrate Hard Tissue. An Example from the Pliocene Upper Laetoli Beds, Tanzania. – *International Journal of Osteoarchaeology 11*, 350-356.
- Kaiser, T. & L. Steguweit (o.J.), Taphonomic phenomena with potential to cutmark mimikry – Examples from Laetoli (Tanzania) and Bilzingsleben (Germany). (*Unpubliziertes Manuskript*).
- Kaminska, J., Mycielska-Dowgiallo, E. & K. Szymczak (1993), Postdepositional changes on surfaces of flint artifacts as observed under a scanning electron microscope. – In: Anderson, P. et al. (eds.), 467-476.
- Kaminska, J. & K. Szymczak (1999), Cutting graminiae – more data on silica thin layer formation. – *Korobkova, G.F. (ed.)*, 20-21.
- Karelin, P. (1997), Untersuchungen zur Datierungsanwendung des 325°C TL-Peaks an Quarzen aus dem nordischen Vereisungsgebiet Deutschlands. (*Unpubl. Dissertation*) Universität Heidelberg.
- Kay, M. (1996), Microwear Analysis of Some Clovis and Experimental Chipped Stone Tools. – In: Odell, G.H. (ed.), *Stone Tools: Theoretical Insights into Human Prehistory*. Tulsa, Oklahoma (Univ. Press).
- Kazaryan, H. (1993), Butchery knives in the Mousterian sites of Armenia. – In: Anderson, P. et al. (eds.), 79-85.
- Keeley, H.C.M. (1986), Examples of soil features associated with the decomposition of human skeletal remains. – In: Herrmann, B. (Hg.), *Innovative Trends in der prähistorischen Anthropologie* (Berlin). 13-14.
- Keeley, L.H. (1980), *Experimental Determination of Stone Tool Uses*. Chicago (University Press).
- Keeley, L.H. (1993), Microwear Analysis of Lithics. – In: Singer, R., Gladfelter, B.G. & J.J. Wymer (eds.), *The Lower Paleolithic Site at Hoxne, England*. Chicago/ London (Univ. of Chicago Pr.). 129-149.
- Keeley, L.H. & M. Newcomer (1977), Microwear Analysis of Experimental Flint Tools: A Test Case. – *Journal of Archaeological Science 4*, 29-62.
- Kind, C.-J. (1985), Die Verteilung von Steinartefakten in Grabungsflächen. – *Urgeschichtl. Materialhefte 7*. Tübingen.
- Klein, R. (1995), Anatomy, behavior, and modern human origins. – *Journal of World Prehistory 9/2*, 167-198.

- Klíma, B. (1983), Dolní Vestonice, taborište lovcu mamutu. Praha (Akad. Nakl. Československe).
- Kminiak, M. (1989), Die Große Wühlmaus (*Arvicola terrestris* L. 1758, Microtidae, Rodentia) in der Slowakei. Bratislava (Verl. Slowak. Akad. der Wissensch.).
- Knauth, L.P. (1979), A model for the origin of chert in limestone. – *Geology* 7, 274-277.
- Knauth, L.P. (1994), Petrogenesis of Chert. – In: Heaney, P.J., Prewitt, C.T. & G.V. Gibbs (eds.), *Silica: Physical Behavior, Geochemistry and Materials Applications. Reviews in Mineralogy* 29, 233-258.
- Kolfschoten, T.v. (1993), Die Vertebraten des Interglazials von Schöningen 12B. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 623-628.
- Kolfschoten, T.v. (1995), Faunenreste des altpaläolithischen Fundplatzes Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazial). – In: Thieme, H. & R. Maier (Hrsg.), 85-94.
- Korobkova, G.F. (1993), La differenciation des outile de moisson d'après les données archeologiques, l'étude des traces et l'experimentation. – In: Anderson, P. et al. (eds.), 369-382.
- Korobkova, G.F. (ed.) (1999), The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. *Papers of the Semenov-Symposium St. Petersburg*.
- Kraft, I. (1994), Studien zur Kultur und Umwelt im Mittelpleistozän Europas. – *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 24. Bonn (Habelt).
- Krbetschek, M.R. & W. Stolz (1994), Lumineszenz-Datierungen an pleistozänen Sedimenten aus Tagebauen des mitteldeutschen und Lausitzer Braunkohlenreviers. – In: Eissmann, L. & T. Litt (Hrsg.), 289-295.
- Kretzoi, M. & V.Dobosi (eds.) (1990), Vértesszölös – Man, Site and Culture. Budapest (Akadémiai Kiadó).
- Kukla, G.J. (1975), Loess Stratigraphy of Central Europe. – In: Butzer, K.W. & G.L. Isaac (eds.), *After the Australopithecines: Stratigraphy, Ecology and Culture Change in the Middle Pleistocene*. The Hague, (Mouton Publ.). 99-188.
- Kurten, B. (1983), The Age of Petralona Man. – *Anthropos* 10, 16-17.
- Landmesser, M. (1995), Mobility by Metastability: Silica Transport and Accumulation at Low Temperatures. – *Chemie der Erde* 55, 149-176.
- Lass, G. (1988), Form und Funktion der Flintartefakte von Salzgitter-Lebenstedt. Münster (Univ.-Druck).
- Lass, G. (1990), Gebrauchsspuren an groben Steinmaterialien. Ein Beitrag zu Aussehen und Entstehung von Microwear. – *Germania* 68, 1-18.
- Laurat, T. (2000), Morphologie und Morphometrie spitzenartiger Steingeräte der altpaläolithischen Fundstelle Bilzingsleben (Thüringen): Ein Beitrag zur Kultur des frühen Menschen. (*Unpubl. Magisterarbeit*) Jena.
- Lee, R.E. & C. Englewood (1993), Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. New Jersey (PTR Prentice Hall).
- Lenhard, R. (1989), Schichtlagerung und Zusammensetzung Elster- bis Saale-zeitlicher Sedimente im Bau-feld Esbeck, Tagebau Schöningen, der Braunschweigi-schen Kohlenbergwerke AG, Helmstedt. *Unpubl. Dip-lomarbeit* (Universität Hannover).
- Levi-Sala, I. (1986), Experimental Replication of Post-Depositional Surface Modifications on Flint. In: Owen, L. & G. Unrath (Hrsg.), 103-110.
- Levi-Sala, I. (1993), Use-wear traces: processes of de-velopment and post-depositional alterations. – In: An-derson, P. et al. (eds.), 401-416.
- Levi-Sala, I. (1996), A Study of Microscopic Polish on Flint Implements. – *British Archaeological Report, International Series* 629.
- Lewenstein, S. (1981), Mesoamerican Obsidian Blades: an Experimental Approach to Function. – *Journal of Field Archaeology* 8/2, 175-188.
- Lierel, H. & R. Mende (1991), Edelopal-Kieselalgen aus dem Mole Dänemarks. – *Geschiebekunde aktuell* 7/4, 159-163.
- Lindig, K. (1928), Altsteinzeitliche Funde bei Wei-mar. – *Beiträge zur Geschichte der Stadt Weimar* 13 (Vorges. Beiträge 1).
- List, P.H. & L. Hörhammer (1977) (Hrsg.), *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis*. Berlin-Hei-delberg-New York (Springer).
- Litt, T. (1989), Kritische Anmerkungen zur Anwend-barkeit der Pollenanalyse an Charakalken in Bilzings-leben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 30, 311-314.
- Litt, T. (1990), Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Klimageschichte während des Jung-pleistozäns in den Becken von Gröbern und Grab-schütz. – In: L. Eissmann (Hrsg.), *Die Eemwarmzeit und die frühe Weichseleiszeit im Saale-Elbe-Gebiet: Geologie, Paläontologie, Palökologie*. – *Altenburger naturwissenschaftliche Forschungen* 5, 92-105.
- Litt, T. (1992), Zum Problem intrasaalezeitlicher In-terglaziale. – In: K. Billwitz et al. (Hrsg.), *Jungquar-täre Landschaftsräume (Festschrift H. Kliewe)*. Berlin/ Heidelberg/ New York (Springer), 92-98.
- Litt, T. & C. Turner (1993), Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie:

- Die Saalesequenz in der Typusregion (Berichte der SEQS 10). – *Eiszeitalter und Gegenwart* 43, 125-8.
- Loy, T. (1987), Recent Advances in Blood Residue Analysis. – In: Mbrose, W.R. & J.M.C. Mummery (eds.), *Archaeometry, further Australian Studies*. Canberra (Univ. Press). 7-65.
- Loy, T. (1988), Prehistoric Blood Residues Detection on Tool Surfaces and Identification of Species of Origin. – *Science* 220, 1269-1271.
- Loy, T., Jones, R., Nelson, D., Meehan, B., Vogel, J., Southon, J. & R. Cosgrove (1990), Accelerator radiocarbon dating of human blood proteins in pigment from Late Pleistocene art sites in Australia. – *Antiquity* 64, 110-116.
- Lozek, V. (1964), *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. Prag.
- Made, v.d., J. (1998), A preliminary note on the cervids from Bilzingsleben. – *Praehistoria Thuringica* 2, 108-122.
- Made, v.d., J. (2000), A preliminary note on the rhinos from Bilzingsleben. – *Praehistoria Thuringica* 4, 41-64.
- Mai, D.H. (1983), Die fossile Pflanzenwelt des interglazialen Travertins von Bilzingsleben (Kr. Artern, Thüringen). – In: Mai, D.H., Mania, D., Nötzold, T., Toepfer, V., Vlček, E. & W.-D. Heinrich, Bilzingsleben II. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 36. 45-130.
- Mai, D.H. (1989), Die Travertinflora von Bilzingsleben. Weitere Funde und ihre vegetationsgeschichtliche Bedeutung. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 30, 306-310.
- Mai, D.H. (1997), Die Vegetationsgeschichte des Mittelpleistozäns im Elbe-Saalegebiet unter besonderer Berücksichtigung der Travertinflora von Bilzingsleben. – In: Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen). 105-106.
- Maliva, R.G. & R. Siever (1989), Nodular chert formations in carbonate rocks. – *Jahrb. Geol.* 97, 421-433.
- Mallick, R. (2000), Entwicklung der Mikrobeprobung zur Th/U-Datierung und Anwendung an quartären Travertinen aus dem Thüringer Becken. – *Unpubl. Dissertation* (Naturwissenschaftlich-Mathematische Gesamtfakultät, Universität Heidelberg).
- Mallick, R., Frank, N., Mangini, A. & G. Wagner (2000), Anwendung der Uranreihen Mikroprobendatierung an quartären Travertinvorkommen Thüringens. – *Praehistoria Thuringica* 4, 95-100.
- Mania, D. (1980), Natürliche Bedingungen der altpaläolithischen Fundstelle „Steinrinne“ bei Bilzingsleben. – Der geologische Bau des Travertinkomplexes bei Bilzingsleben. – Der allgemeine archäologische Befund im Travertinkomplex bei Bilzingsleben. – In: Ders., Bilzingsleben I, – *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 32, 9-89, Berlin.
- Mania, D. (1973), Paläoökologie, Faunenentwicklung und Stratigraphie des Eiszeitalters im mittleren Elbe-Saalegebiet auf Grund von Molluskengesellschaften. – *Geologie* (Beiheft) 78/79, 1-175.
- Mania, D. (1983a), Die natürliche Umwelt des *Homo erectus* von Bilzingsleben. – In: Mai, D.H., Mania, D., Nötzold, T., Toepfer, V., Vlček, E. & W.-D. Heinrich, Bilzingsleben II. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 36. 175-188.
- Mania, D. (1983b), Die Molluskenfauna des mittelpleistozänen Travertinkomplexes bei Bilzingsleben und ihre ökologisch-stratigraphische Aussage. – In: Mai, D.H., Mania, D., Nötzold, T., Toepfer, V., Vlček, E. & W.-D. Heinrich, Bilzingsleben II. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 36. 131-156.
- Mania, D. (1986a), Die Siedlungsspuren des *Homo erectus* von Bilzingsleben. – In: Mania, D. & T. Weber (Hrsg.), 9-64.
- Mania, D. (1986b), Die Geweihartefakte des *Homo erectus* von Bilzingsleben. – In: Mania, D. & T. Weber (Hrsg.), 233-256.
- Mania, D. (1990a), Der Mensch vor 350000 Jahren. Ein Bericht aus unserer Vergangenheit. Artern (Möbius).
- Mania, D. (1990b), Stratigraphie, Ökologie und mitelpaläolithische Jagdbefunde des Interglazials von Neumark-Nord (Geiseltal). – *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 43, 9-130.
- Mania, D. (1990c), Auf den Spuren des Urmenschen. Stuttgart (Theiss).
- Mania, D. (1991), Zur Paläontologie der mittelpleistozänen Travertine von Bilzingsleben. – In: Bilzingsleben IV. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 9-28, Berlin.
- Mania, D. (1993), Zu den Silexgeräten von Bilzingsleben (Altpaläolithikum, Mittelpleistozän). – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 525-548.
- Mania, D. (1995a), Umwelt und Mensch im Pleistozän Mitteleuropas am Beispiel von Bilzingsleben. – *Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège* 62, 49-65.
- Mania, D. (1995b), The influence of Quaternary climatic development on the Central European mollusc fauna. – *Acta zoologica cracoviense* 38. 17-24.

- Mania, D. (1995c), Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Schöningen. – In: Thieme, H. & R. Maier (Hrsg.), 33-43.
- Mania, D. (1996), Das Interglazial von Neumark-Nord (Geiseltal). Zum Untersuchungsstand 1994. – In: *Tübinger Monographien zur Urgeschichte 11* (Festschr. H.Müller-Beck). Tübingen (Mo Vince). 217-229.
- Mania, D. (1997a), Bilzingsleben – 25 Jahre *Homo erectus* im Saale-Elbegebiet. – In: Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen). 17-21.
- Mania, D. (1997b), Das Quartär des Saalegebietes und des Harzvorlandes unter besonderer Berücksichtigung der Travertine von Bilzingsleben – Ein Beitrag zur zyklischen Gliederung des eurasischen Quartärs. – In: Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen). 23-104.
- Mania, D. (1997c), Bilzingsleben – Ein kulturgeschichtliches Denkmal der Stammesgeschichte des Menschen. – *Praehistoria Thuringica 1*, 30-80.
- Mania, D. (1998a), Zum Ablauf der Klimazyklen seit der Elstervereisung im Elbe-Saalegebiet. – *Praehistoria Thuringica 2*, 5-21.
- Mania, D. (1998b), Die ersten Menschen in Europa. Stuttgart (Theiss).
- Mania, D. (1999), 125 000 Jahre Klima- und Umweltentwicklung im mittleren Elbe-Saale-Gebiet. – *Hercynia N.F. 32*, 1-97.
- Mania, D. (2001), *Homo erectus* von Bilzingsleben, seine Kultur und Umwelt. – In: Wagner, G. & D. Mania (Hrsg.), 39-61.
- Mania, D. & M. Altermann (2001), Die Deckschichtenfolge von Lengefeld-Bad Kösen im mittleren Saaleletal – ein Typusprofil für die Quartärstratigraphie. – *Praehistoria Thuringica 6/7*, 103-131.
- Mania, D. & D.-H. Mai (2001), Molluskenfaunen und Floren im Elbe-Saalegebiet während des mittleren Eiszeitalters – *Praehistoria Thuringica 6/7*, 46-91.
- Mania, D. & U. Mania (1988), Deliberate engravings on bone artefacts of *Homo erectus*. – *Rock Art Research 5*, 91-107.
- Mania, D. & U. Mania (1997), Die schaberartigen Knochengeräte des *Homo erectus* von Bilzingsleben. – In: Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen). 201-249.
- Mania, D. & U. Mania (1998), Geräte aus Holz von der altpaläolithischen Fundstelle bei Bilzingsleben. – *Praehistoria Thuringica 2*, 32-72.
- Mania, D. & U. Mania (1999), Zur Kultur des *Homo erectus* von Bilzingsleben. – *Praehistoria Thuringica 3*, 27-63.
- Mania, D. & U. Mania (2000), Der Urmensch von Bilzingsleben. Ein Lebensbild vor 400 000 Jahren. – In: Hansch, W. (Hrsg.), *Eiszeit – Mammut, Urmensch... und wie weiter?* Heilbronn (Städt. Museen). 116 -137.
- Mania, D. & U. Mania (2001), 30 Jahre Bilzingsleben-Forschung. – *Praehistoria Thuringica 6/7*, 3-35.
- Mania, D., Mania, U. & E. Vlček (1993), Zu den Funden der Hominiden-Reste aus dem mittelpleistozänen Travertin von Bilzingsleben von 1987 bis 1993. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 34*, 511-524.
- Mania, D., Mania, U. & E. Vlček (1994), Latest finds of skull remains of *Homo erectus* from Bilzingsleben (Thuringia). – *Naturwiss. 3*. 123-127.
- Mania, D., Mania, U. & E. Vlček (2000), Ein neuer Fossilfund des frühen Menschen von Bilzingsleben (Thüringen). – *Praehistoria Thuringica 5*, 17-31.
- Mania, D. & V. Toepfer (1973), Königsau. – Gliederung, Ökologie und mittelpaläolithische Funde der letzten Eiszeit. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle 26*.
- Mania, D. & T. Weber (1986), Bilzingsleben III. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle 39*.
- Mania, U. (1989), Morphologie, Technologie und Gebrauchsspuren der schaberartigen Geräte von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 30*, 231-238.
- Mania, U. (1995), The utilisation of large mammal bones in Bilzingsleben – a special variant of Middle Pleistocene Man's relationship to his environment. – *Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège 62*, 239-246.
- Mania, U. (1997), Zur Forschungsgeschichte der Fundstelle Bilzingsleben, Teil 1. – *Praehistoria Thuringica 1*, 9-29.
- Marquez, B., Olle, A., Sala, R. & J.M. Verges (2001), Perspectives méthodologiques d'analyse fonctionnelle des ensembles lithiques du Pleistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). – *L'Anthropologie 105*, 281-299.
- Marschner, R.F. & H.J. Wright (1978), Asphalt from Middle Eastern archaeological sites. – *Archaeol. Chemistry 2, Adv. in Chemistry 171*, 150-171.
- Marshack, A. (1970), Le baton de commandement de Mountgaudier (Charente): Réexamen au microscope et interpretation nouvelle. – *L'Anthropologie 74*, 321-351.
- Marshack, A. (1972), The roots of civilization: The cognitive beginnings of man's first art, symbol and notation. New York (Mc Graw-Hill).

- McBrearty, S., L. Bishop, T. Plummer, R. Dewar, & N.J. Conard (1998), Tools Underfoot: Human Trampling and Non-deliberate Artifact Retouch at Replicated Archaeological Sites. – *American Antiquity* 63, 108-129.
- Meeks, N.D., Sieveking, G., Tite, M.S. & J.Cook (1982), Gloss and Use-wear Traces on Flint Sickles and Similar Phenomena. – *Journal of Archaeological Science* 9, 317-340.
- Menke, B., 1975. Vegetationgeschichte und Florenstratigraphie Nordwestdeutschlands im Pliozän und Frühquartär. Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des Weichselfrühglazials. – *Geologisches Jahrbuch A* 26, 3-151.
- Micheelsen, H. (1966), The structure of Dark Flint from Stevns, Denmark. Kopenhagen.
- Micozzi, M.S. (1986), Experimental study of post-mortem change under field conditions: Effects of freezing, thawing, and mechanical injury. – *Journal of Forensic Science* 31/3, 953-961.
- Micozzi, M.S. (1991), Postmortem changes in human and animal remains. A systematic approach (Springfield, Illinois).
- Mithen, S. (1996), The prehistory of the mind. London (Thames and Hudson).
- Mommersteeg, H., Loutre, M., Young, R., Wijmstra, T.A. & H. Hooghiemstra (1995), Orbital forced frequencies in the 975 000 year pollen record from Tenagi Philippon (Greece). – *Climate Dynamics* 11, 1-24.
- Morlan, R.E. (1980), Taphonomy and archaeology in the Upper Pleistocene of the northern Yukon Territory: a glimpse of the peopling in the New World. – *Mercury Series, Paper 94*. Archaeological Survey of Canada (Ottawa).
- Moss, E. (1983), The Functional Analysis of Flint implements - Pincevent and Pont d'Ambon: Two Case Studies from the French Final Palaeolithic. – *British Archaeological Reports, International Series 177*.
- Moss, E. (1986), A Review of „Investigating Micro-wear Polishes with Blind Tests“. – *Journal of Archaeological Science* 14/5, 473-482.
- Müller, A., Ortmann, R. & L. Eissmann (1988), Die Schwerminerale im fluviatilen Quartär des mittleren Saale-Elbe-Gebietes. – Ein Beitrag zur mitteleuropäischen Flußgeschichte. – *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* 4.
- Müller, H. (1965), Eine pollenanalytische Neubearbeitung des Interglazial-Profiles von Bilshausen (Untereichsfeld). – *Geol. Jb.* 83, 327-352.
- Müller, H. (1974), Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holsteinzeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. – *Geologisches Jahrbuch A* 21, 107-140.
- Müller-Böhme, H. (1935), Beiträge zur Anatomie, Morphologie und Biologie der „Großen Wühlmaus“ (*Arvicola terrestris* L., *Arvicola terrestris* scherman Shaw). Gleichzeitig ein Versuch zur Lösung ihrer Rassenfrage. – *Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt, Land-Forstwirtschaft* 21, 363-453.
- Münzel, S.C. (1987), Umingmak, ein Moschusochsenjagdplatz auf Banks Islands, N.W.T., Canada. – *Urgeschichtliche Materialhefte* 5, 2. Tübingen.
- Musil, R. (1968) Stránská skála: Its Meaning for Pleistocene Studies. – *Current Anthropology* 9, 534-539.
- Musil, R. (1991a), Die Bären von Bilzingsleben. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, H.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, Bilzingsleben IV. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 81-102.
- Musil, R. (1991b), Pferde aus Bilzingsleben. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, W.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, Bilzingsleben IV. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 103-130.
- Musil, R. (1993), Unterschiede im Jagdwild der verschiedenen paläolithischen Kulturen unter besonderer Berücksichtigung von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 601-606.
- Musil, R. (1995) (ed.), Stránská skála Hill. – *Anthropos* 26/ N.S. 18.
- Musil, R. (2000), Bilzingsleben - die Funde von Pferden und Bären. – *Praehistoria Thuringica* 4, 65-66.
- Narr, K.J. & G. Lass (1991), Werkzeug und Artefakt: Gebrauchsspuren an „Geröllgeräten“ von Münzenberg. – *Archäologisches Korrespondenzblatt* 21, 165-171.
- Newcomer, M.H., Grace, R. & R. Unger-Hamilton (1988), Microwear Methodology: A Reply to Moss, Hurcombe and Bamforth. – *Journal of Archaeological Science* 15, 25-33.
- Nötzold, T. (1991), Die vegetativen Charophytenorgane von Bilzingsleben. – In: Fischer, K., Guenther, E.W., Heinrich, H.-D., Mania, D., Musil, R. & T. Nötzold, Bilzingsleben IV. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 44, 29-33.
- Oakley, P. (1972), Man the toolmaker (6th edition). British Museum, London.
- Odell, G.H. (1975), Micro-wear in Perspective: A Sympathetic Response to Lawrence H. Keeley. – *World Archaeology* 7, 226-240.

- Odell, G.H. (1981), The Mechanics of Use-Breakage of Stone Tools: Some Testable Hypotheses. – *Journal of Field Archaeology* 8, 197-209.
- Odell, G.H. & Vereecken, F. (1980), Verifying the Reliability of Lithic Use Wear Assessments by „Blind Tests“: The Low Power Approach. – *Journal of Field Archaeology* 7, 87-120.
- Olaussen, D.S. (1978), Starting from scratch: The history of edge wear research from 1838-1978. *Lithic Technology* 9.
- Oloffson, A. (1936), Ett gammalt tärningsmedel. - *Västerbotten*, 109-110.
- Olsen, S.L. (1989), On Distinguishing Natural from Cultural Damage on Archaeological Antler. – *Journal of Archaeological Science* 16, 125-135.
- Olsen, S.L. (ed.) (1988), Scanning electron microscopy in archaeology. – *British Archaeological Report, International series 452*. (Oxford).
- Olsen, S.L. & P. Shipman (1988), Surface modification on bone: trampling versus butchery. – *Journal of Archaeological Science* 15, 535-553.
- Orschiedt, J. (1999), Manipulationen an menschlichen Skelettresten: taphonomische Prozesse, Sekundärbestattungen oder Kannibalismus? – *Urgeschichtliche Materialhefte* 13. Tübingen.
- Owen, L. & G. Unrath (eds.) (1986), Technical Aspects of Microwear Studies on Stone Tools. – *Early Man News 9/10/11*. Tübingen (Archaeologica Venatoria).
- Owen, L., Unrath, G. & P. Vaughan (1983), Register of Microwear Analysis and Their Research. – *Early Man News 7/8*. Tübingen (Archaeologica Venatoria). 30-60.
- Parfitt, S.A. & M.B. Roberts (1999), Human modifications on faunal remains. – In: Roberts, M.B. & S.A. Parfitt (eds.), 395-415.
- Pasda, C. (1996), Silexverarbeitung am Rohmaterialvorkommen im Mittelpleistozän. Ergebnisse der Rettungsgrabung in Zwochau (Kr. Delitzsch). – *Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege* 38, 13-56.
- Pastors, A. (1998), Die mittelpaläolithische Freilandstation Salzgitter-Lebenstedt (Niedersachsen). Vorträge zur 40. Tagung der H. Obermaier-Ges., 12-13.
- Patou-Mathis, M. (1995), Etude préliminaire de certaines pièces osseuses de Stránská Skála (Moravie) présentant des stigmates d'intervention humaine. – In: Musil, R. (ed.), 159-168.
- Pawlik, A. (1992), Mikrogebrauchsspurenanalyse. Methoden – Forschungsstand – Neue Ergebnisse. – *Urgeschichtliche Materialhefte* 9. Tübingen (Archaeologica Venatoria).
- Pawlik, A. (1995), Die mikroskopische Analyse von Steingeräten. Experimente – Auswertungsmethoden – Artefaktanalysen. – *Urgeschichtliche Materialhefte* 10. Tübingen (Archaeologica Venatoria).
- Pawlik, A. (1997), Microwear Workshop. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 38, 271-272.
- Pawlik, A. (1999), Identification of hafting traces and other residues with optical and Scanning electron microscopes. – In: Korobkova, G.F. (ed.), 22-23.
- Phillips, P. (1988), Traceology (Microwear) studies in the USSR. – *World Archaeology* 19/3, 349-356.
- Pietsch, T. (1991), Die Wege der Wörter „Teer“ und „Pech“ in der deutschen Sprache. – *Acta Praehistorica et Archaeologica* 23. Berlin (SMPK), 117-122.
- Pitti, C. & A.M. Radmilli (1984), La stazione del Paleolitico inferiore s Castel di Guido presso Roma, Atti XXIV. – *Riunione Scient.Ist.Ital.Preist.Protoist.*, 73-87.
- Plisson, H. (1985), Etude fonctionnelle des outillages lithiques préhistoriques par l'analyse des micro-usures, recherche méthodologique et archéologique. – Thèse de Doctorat. Paris (Université de Paris I).
- Plisson, H. (1986), Analyse de polis d'utilisation sur le quartzite. – In: Owen, L. & G. Unrath (eds.) (1986), Technical Aspects of Microwear Studies on Stone Tools. – *Early Man News 9/10/11*. Tübingen (Archaeologica Venatoria).
- Potengowski, G. (1997), Das mittelpaläolithische Artefaktinventar von Bilzingsleben und seine Beziehung zum Mittelpaläolithikum des Elbe-Saalegebietes. (*Unpublizierte Magisterarbeit*) Universität Jena.
- Potts, R. (1988), Early Hominid Activities at Olduvai. New York (de Gruyter).
- Prichystal, A. & M. Strnad (1995), The Evidence of Fire Use by the Hominids of the Species *Homo erectus* at the Stránská skála Hill in Brno. – In: Musil, R. (ed.), 149-152.
- Procopiou, H., Jautée, E., Vargiolu, R. & H. Zahouani (1996), Petrographic and use wear analysis of a quern from Syvritos Kephala. – *Proceedings of the XIII. Congress 6/2*. Forlì, Italia.
- Puech, P.F. & S. Puech (1991), The modified teeth of *Sinanthropus officinalis*: evidence of animal process. – *Anthropologie (Brno)* 29/3, 175-179.
- Rath, M.A., Soodyall, D., Barkhan, D., Kuykendall, K.L. & P.V. Tobias (1998), Abstracts of contributions to the Dual Congress 1998, Sun City, RSA.

- Reed, S. J. B. (1996), Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology. Cambridge (Cambridge University Press).
- Rees, D., Wilkinson, G.G., Grace, R. & C.R. Orton (1991), An investigation of the fractal properties of flint microwear images. – *Journal of Archaeological Science* 18, 629-640.
- Reimer, L. (1998), Scanning electron microscopy: physics of image formation and microanalysis. (2. ed.) Berlin/ Heidelberg (Springer).
- Richardson, P.R.K. (1980), Carnivore damage on antelope bones and its archaeological implications. – *Palaentologica Africana* 23, 109-125.
- Richter, D. (1998), Thermolumineszenzdatierungen erhitzter Silices aus paläolithischen Fundstellen. – (Unpubl. Dissertation) Universität Tübingen.
- Richter, D., Waiblinger, J., Rink, W. & G.A. Wagner (2000), Thermoluminescence, Electron Spin Resonance and ¹⁴C-dating of the Late Middle and Early Upper Palaeolithic Site of Geißenklösterle Cave in Southern Germany. – *Journal of Archaeological Science* 27, 71-89.
- Riener, P. (2000), Das kleine Pferd von Laugerie Basse (Dordogne): Odyssee und Analyse eines Kunstwerkes des Magdalénien. (Unpubl. Magisterarbeit) Universität Köln.
- Roberts, M. (1996), The age and significance of the Middle Pleistocene sediments at Boxgrove, West Sussex, UK and their associated archaeology. – In: Beinhauer, K., Kraatz, R. & G.A. Wagner (Hrsg.), Neue Funde und Forschungen zur frühen Menschheitsgeschichte Eurasiens mit einem Ausblick auf Afrika. Sigmaringen (Thorbecke).
- Roberts, M.B. & S.A. Parfitt (eds.) (1999), Boxgrove: A Middle Pleistocene hominid site at Earham Quarry, Boxgrove, West Sussex. – *Archaeological Report* 17 (English Heritage).
- Roberts, M.B., Parfitt, S.A., Pope, M.I. & W. Smith (1997), Boxgrove, West Sussex: Rescue excavations of a Lower Palaeolithic landsurface (Boxgrove Project B 1989-1991). – *Proceedings of the Prehistoric Society* 63, 303-358.
- Rodriguez, W.C. & W.M. Bass (1985), Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. – *Journal of Forensic Science* 30, 836-852.
- Roebroeks, W. (1988), From find scatters to early hominid behavior: A study of Middle Paleolithic riverside settlements at Maastricht-Belvédère (Netherlands). – *Analecta Praehistorica Leidensia* 21.
- Roebroeks, W. (2001), Hominid behavior and the earliest occupation of Europe: an exploration. – *Journal of Human Evolution* 41, 437-461.
- Roebroeks, W. & Kolfschoten, T. van (eds.) (1995), The Earliest Occupation Of Europe. Leiden (University Press).
- Rottländer, R.C.A. (1975), The formation of patina on flint. – *Archaeometry* 17, 106-110.
- Rottländer, R.C.A. (1981), Eine neue Hypothese über die Bildung von Feuersteinknollen. – *Staringia* 6, 17-18.
- Rottländer, R.C.A. (1983), Die Silices. – In: (Ders.), Einführung in die naturwissenschaftlichen Methoden in der Archäologie. – *Archaeologica Venatoria* 6. Tübingen. 553-564.
- Rottländer, R.C.A. (1989), Verwitterungserscheinungen an Silices und Knochen. – *Tübinger Beiträge zur Archäometrie* 3.
- Ruske, R. (1964), Zur Gliederung des Pleistozäns im Raum der unteren Unstrut. – *Geologie* 12/2, 211-222.
- Sachs, L. (1982), Statistische Methoden. (Fünfte Aufl.) Berlin/ Heidelberg/ New York (Springer).
- Sandermann, W. (1965), Untersuchung vorgeschichtlicher „Gräberharze“ und Kitte. – *Technische Beiträge zur Archäologie* 2, 58-73. Mainz.
- Sanders & Darragh (1971), – *Mineralogical Record* 2, 261-68. [Zitat aus: Deer, W.A. et al. (eds.)]
- Sauter, F., Jordis, U., Graf, A., Werther, W., Varmuza, K. & E. Hayek (2000), Neue Untersuchungen der Kittschäftungsmaterialien an den Waffen der Gletschermumie vom Hauslabjoch. – *Berliner Beiträge zur Archäometrie* 2000.
- Schick, K. (1991), On Making Behavioral Inferences for Early Archaeological Sites. – In: Clark, D. (ed.), Cultural Beginnings. *Monographien des RGZM* 19. Bonn. 79-107.
- Scheidig, A. (1934), Der Löss und seine geotechnischen Eigenschaften. Leipzig/ Dresden (Brockhaus).
- Schiffer, M. (1987), Formation Processes of the Archaeological Record. New Mexico (Univ. Press).
- Schoetensack, O. (1908), Der Unterkiefer des *Homo heidelbergensis* aus den Sanden von Mauer bei Heidelberg. Ein Beitrag zur Paläontologie des Menschen. Leipzig.
- Schütz, C., Tillmann, A., Weiner, J., Rieder, K.H. & G. Unrath (1990), Das Ingolstadt-Experiment: Zerlegung von Damwild mit Steinartefakten. – In: Experimentelle Archäologie in Deutschland. *Arch. Mitt. Nordwestdtld., Beiheft* 4. Oldenburg. 232-256.
- Schwarcz, H.P., Grün, R., Latham, A.G., Mania, D. & K. Brunacker (1988), The Bilzingsleben Archaeological Site: New Dating Evidence. – *Archaeometry* 30/1, 5-17.

- Schwebke, S. (1988), Ergebnisbericht mit Grundwassersvorratsberechnung VE Kindelbrück. – Arbeitsberichte des VEB Hydrogeologie Nordhausen (*Unveröffentlichtes Manuskript*).
- Schwidetzky, I. (1973), Über die Evolution der Sprache. Frankfurt (Fischer).
- Segre, A. & A. Ascenzi (1984), Fontana Ranuccio: Italy's Earliest Middle Pleistocene Hominid Site. – *Current Anthropology* 25, 230-233.
- Seidel, G. (1992), Thüringer Becken. – *Geologischer Führer Nr. 85*. Berlin/ Stuttgart (Bornträger).
- Semenov, S.A. (1957), Первообытная техника. Материалы и исследования по археологии СССР 54. Москва/ Ленинград (Академия наук СССР).
- Semenov, S.A. (1964), Prehistoric Technology. Bath, England (Adams & Dart).
- Semenov, S.A. (1968), Развитие техники в каменном веке. Ленинград (Академия наук СССР).
- Semenov, S.A. (1970), The forms and functions of the oldest tools. – *Quartär* 21, 1-20.
- Shea, J.J. (1993), Lithic use-wear evidence for hunting in the Levantine Middle Paleolithic. – In: Anderson, P. et al. (eds.), 21-30.
- Shipman, P. (1981), Applications of Scanning Electron Microscopy to Taphonomic Problems. – *Annals of the New York Academy of Sciences* 376, 357-385.
- Shipman, P. (1993), Early hominid lifestyle: Hunting and gathering or foraging, and scavenging? – In: Ciochon, R. & J. Fleagle (eds.), The human evolution source book. Englewood Cliffs (Prentice Hall). 279-287.
- Shipman, P. & J.J. Rose (1983), Evidence of butchery and hominid activities at Torralba and Ambrona: an evaluation using microscopic techniques. – *Journal of Archaeological Science* 10, 465-474.
- Sieveking, G. de, Bush, P., Ferguson, J., Craddock, P.T., Hughes, M.J. & M.R. Cowell (1972), Prehistoric flint mines and their identification as sources of raw material. – *Archaeometry* 14/ 2, 151-175.
- Sieveking, G. de & M.H. Newcomer (eds.) (1986), The human uses of flint and chert. Cambridge (University Press).
- Skakun N. (1993), New implements and specialization of traditional industries in the Eneolithic of Bulgaria. – In: Anderson, P. et al. (eds.), 139-145/ 303-307.
- Soergel, W. (1922), Die Jagd der Vorzeit. Jena (Fischer).
- Sommer, U. (1991), Zur Entstehung archäologischer Fundvergesellschaftungen. – Versuch einer archäologischen Taphonomie. – In: *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 6/ Studien zur Siedlungsarchäologie 1*. Frankfurt. 53-174.
- Speth, J.D. (1972), Mechanical basis of percussion flaking. – In: *American Antiquity* 37, 34-60.
- Speth, J.D. (1981), The role of platform angle and core size in hard-hammer percussion flaking. – *Lithic Technology* 10, 16-21.
- Spurrell, F.C.J. (1892), Notes on early sickles. – *Archaeological Journal* 49, 53-69.
- Stapert, D. (1976), Some natural surface modifications on flint in the Netherlands. – *Palaeohistoria* 18, 7-41.
- Stapert, D. & L. Johansen (1999), Flint and pyrite: making fire in the Stone Age. – *Antiquity* 73, 765-777.
- Steguweit, L. (1994), Das Tübinger Wochenende – Experiment einer steinzeitlichen Rehzerlegung und Versuche zur Ledergerbung. – *Archäologische Berichte aus Sachsen-Anhalt* 1/1993, 69-78.
- Steguweit, L. (1997), Steinartefaktfunde aus saalezeitlichen Schottern bei Lübbow, Ldkr. Lüchow-Dannenberg (Sammlung H. Leunig). – (*Unpubl. Magisterarbeit*) Tübingen.
- Steguweit, L. (1998), Neue Untersuchungen am mittelpleistozänen Flintinventar von Lübbow, Ldkr. Lüchow-Dannenberg. – *Die Kunde N.F.* 49, 1-40.
- Steguweit, L. (1999), Intentionelle Schnittmarken auf Tierknochen von Bilzingsleben: Neue lasermikroskopische Untersuchungen. – *Praehistoria Thuringica* 3, 64-79.
- Steguweit, L. (2001), Zur Gebrauchsspurenanalyse an paläolithischen Feuersteinartefakten. – In: Wagner, G. & D. Mania (Hrsg.), Frühe Menschen in Mitteleuropa – Chronologie, Kultur, Umwelt. Aachen (Shaker). 113-130.
- Steguweit, L. (i. Vorb.), Surface analyses of archaeological objects – Some new perspectives with Laser Scanning Microscopy. – In: Korobkova, G. & H. Plisson (eds.), The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process.
- Steguweit, L. & D. Mania (2000), Animal bones with intentional cut marks from the Middle Pleistocene site of Bilzingsleben, Germany. Abstracts for the Paleoanthropology Society Meeting 2000 – *Journal of Human Evolution* 38/ 3, A 29.
- Steiner, W. (1978), Zur Genese des Travertinlagers von Burgtonna in Thüringen. – In: Kahlke, H.-D. (Hrsg.) (1978), Das Pleistozän von Burgtonna in Thüringen. – *Quartärpaläontologie* 3. Berlin (Akademie Verl.). 51-58.
- Steinmüller, A. (1972), Die jungpleistozäne Schichtenfolge von Kösen-Lengefeld und zur Gliederung der Saale-Kaltzeit. – *Geologie* 21, 1173-1195.

- Stemp, W.J. & M. Stemp (2001), UBM Laser Profilometry and Lithic Use-Wear Analysis: A Variable Length Scale Investigation of Surface Topography. – *Journal of Archaeological Science* 28/1, 81-88.
- Stephan, E. (1999): Sauerstoffisotopenverhältnisse im Knochengewebe großer terrestrischer Säugetiere: Klimaproxies für das Quartär in Mittel- und Westeuropa. – *Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe E. Aachen* (Shaker).
- Stopp, M. (1997), Early Human Adaptations in the Northern Hemisphere and the Implications of Taphonomy. – *British Archaeological Report, International Series* 669. Oxford.
- Stemme, H.E. (1998), Correlation of Quaternary pedostratigraphy from western to eastern Europe. – *Catena* 34, 105-112.
- Stringer, C. (1988), Bilzingsleben. – In: Tattersall, I., Delson, E. & J. Couvring (eds.), 91.
- Sutcliffe, A.J. (1973), Similarity of bones and antlers gnawed by deer to human artifacts. – *Nature* 246, 248-430.
- Tattersall, I. (1993), *The human Odyssey*. New York (New England Publ. Association).
- Tattersall, I., Delson, E. & J.V. Couvring (1988) (eds.), *Encyclopedia of Human Evolution and Prehistory*. New York/ London (Garland Publ.).
- Thieme, H. (1995), Die ältesten Siedlungsspuren im Harzvorland - Kultur und Umwelt des Urmenschen (*Homo erectus*). – In: Thieme, H. & R. Maier (Hrsg.), 44-56.
- Thieme, H. (1996), Altpaläolithische Wurfspere aus Schöningen, Niedersachsen: Ein Vorbericht. – *Archäologisches Korrespondenzblatt* 26, 377-393.
- Thieme, H. (1997), Altpaläolithische Wurfspere aus Schöningen, Nordharzvorland. – In: Wagner, G. & W. Beinhauer (Hrsg.), *Homo heidelbergensis* von Mauer. Heidelberg (Univ.-Verl. C.Winter). 304-312.
- Thieme, H. (1998), Altpaläolithische Wurfspere von Schöningen, Niedersachsen. – *Praehistoria Thuringica* 2, 22-31.
- Thieme, H. (1999), Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen, Lkr. Helmstedt. – *Germania* 77/ II, 451-487.
- Thieme, H. & R. Maier (Hrsg.) (1995), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Ldkr. Helmstedt*. Hannover (Hahnsche Buchhandlung)
- Thieme, H. & D. Mania (1993), „Schöningen 12“ - ein mittelpleistozänes Interglazialvorkommen im Nordharzvorland mit paläolithischen Funden. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 610-619.
- Thieme, H. & S. Veil (1985), Neue Untersuchungen zum eemzeitlichen Elefanten-Jagdplatz Lehringen, Ldkr. Verden. – *Die Kunde N.F.* 36, 11-58.
- Todd, L.C. & D.J. Rapson (1988), Long bone fragmentation and interpretation of faunal assemblages: approach to comparative analysis. – *Journal of Archaeological Science* 15, 307-325.
- Tode, A. (1982), Der altsteinzeitliche Fundplatz Salzgitter-Lebenstedt. – *Fundamenta A11/1*. Köln/ Wien (Böhlau).
- Toepfer, V. (1960), Das letztinterglaziale mikrolithische Paläolithikum von Bilzingsleben, Kr. Artern. – *Ausgrabungen und Funde* 5, 7-11.
- Toepfer, T. (1963), Bemerkungen zum geologischen Alter und zu den Kernsteinen paläolithischer Kulturen aus dem Eem-Interglazial in Mitteldeutschland. – *Alt-Thüringen* 6, 42-56.
- Toepfer, V. (1968), Das Clactonien im Saale-Mittel-elbgebiet. – *Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte* 52, 1-26.
- Toepfer, V. (1980), Die geologisch- paläontologische und archäologische Erforschung des Travertinkomplexes von Bilzingsleben 1710-1970. – In: Bilzingsleben I. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 32, 9-89.
- Toepfer, V. (1983), Ein Oberkieferfragment des Löwen aus dem Travertinkomplex von Bilzingsleben, Kr. Artern, und die Fundstellen pleistozäner Löwen im Gebiet der DDR. – In: Mai, D.H., Mania, D., Nötzold, T., Toepfer, V., Vlček, E. & W.-D. Heinrich, Bilzingsleben II. *Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle* 36. 163-174.
- Toth, N. & K. Schick (1993), Early stone industries and inferences regarding language and cognition. – In: Gibson, K. & T. Ingold (eds.), *Tools, language and cognition in human evolution*. Cambridge (University Press). 346-362.
- Tringham, R., Cooper, G., Odell, G.H., Voytek, B. & A. Whitman (1974), Experimentation in the Formation of Edge Damage: A New Approach to Lithic Analysis. – *Journal of Field Archaeology* 1, 171-196.
- Turner, A. (1997), Bears and Lions of Bilzingsleben: Palaeoecological Implications. – In: Bilzingsleben V. Bad Homburg/ Leipzig (Ausbildung + Wissen). 189-196.
- Ullrich, H. (1991), Totenriten, Bestattungen, Schädelkult und Kannibalismus im Paläolithikum. – *Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte* 12, 21-30.
- Ullrich, H. (1994), Bone Modifications in *Homo erectus* Remains. – *Courier Forschungs-Institut Senckenberg* 171, 257-266.

- Unger, K.P. (1963), Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der DDR 1:25 000, Blatt Weißensee (Nr. 4732). Jena.
- Unger, K.P. (1964), Geologische Spezialkarte der DDR 1:25 000, Blatt Weißensee (Nr. 4732). Jena.
- Unger, K.P. (1974), Die Elstervereisung des Zentralen Thüringer Keuperbeckens. – *Zeitschr. Geol. Wiss.* 2, 791-800.
- Unger, K.P. (1995), Quartär. – In: Seidel, G. (Hrsg.), *Geologie von Thüringen*. Stuttgart (Schweizerbart; Nägele & Obermiller). 392-411.
- Unger, K.P. & R.D. Kahlke (1995), Thüringen: Geologie. – In: Benda, L. (Hrsg.), *Das Quartär Deutschlands*. Berlin/ Stuttgart (Borntraeger). 199-214.
- Unrath, G. (1982), Die Funktionsbestimmung geschlagener Steinwerkzeuge an Hand ihrer mikroskopisch erkennbaren Gebrauchsspuren. (*Unpubl. Magisterarbeit*) Universität Tübingen.
- Unrath, G. (1983), Mikroskopische Gebrauchsspuren auf den Silices von Sehremuz. – In: Vorbericht über die Untersuchungen an der Faustkeilstation Sehremuz in der südöstlichen Türkei. – *Eiszeitalter und Gegenwart* 34, 78-86.
- Unrath, G. & W. Lindemann (1984), Reproduktionsstoffe in der Mikro-Gebrauchsspurenforschung. – *Early Man News* 7/8. Tübingen (Archaeologica Venatoria). 61-80.
- Unrath, G., Owen, L., van Gijn, A., Moss, E.H., Plisson, H. & P. Vaughan (1986), An Evaluation of Use-Wear Studies: A Multi-Analyst Approach. – *Early Man News* 9/10/11. Tübingen (Archaeologica Venatoria). Part I: 117-176; Part II: Plates 31-56.
- Urban, B. (1995), Vegetations- und Klimaentwicklung des Quartärs im Tagebau Schöningen. – In: Thieme, H. & R. Maier (Hrsg.), 44-56.
- Urban, B. (1996), Mittelpleistozäne Waldzeiten im Tagebau Schöningen: Spektren aus dem Holstein-Interglazial und dem Harbke-Interstadial. – In: *Spuren der Jagd – Die Jagd nach Spuren*. Festschrift für H. Müller-Beck. – *Tübinger Monographien zur Urgeschichte* 11, 257-264.
- Urban, B. (1997), Grundzüge der eiszeitlichen Klima- und Vegetationsgeschichte in Mitteleuropa. – In: Wagner, G. & K. Beinhauer (Hrsg.), *Homo heidelbergensis* von Mauer. Heidelberg (C.W. Winter). 241-263.
- Valoch, K. (1977), Die Mikrolithik im Alt- und Mittelpaläolithikum. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 18, 57-62.
- Valoch, K. (1987), The early Palaeolithic site Stránská skála I near Brno (Czechoslovakia). – *Anthropologie* 25, 125-142.
- Valoch, K. (1989), Vorläufiger Bericht über die typologische Analyse der Silexindustrie von Bilzingsleben. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 30, 267-269.
- Valoch, K. (1990), Lebensweise des Urmenschen. – In: Herrmann, J. & H. Ullrich (Hrsg.), *Menschwerdung*. Berlin (Akademie Verlag). 296-303.
- Valoch, K. (1995a), Early Human Activities at Stránská skála Hill. – In: Musil, R. (ed.), 159-67.
- Valoch, K. (1995b), The earliest occupation of Europe: Eastern Central and Southeastern Europe. – In: Roebroeks, W. & T. van Kolfschoten (eds.), 67-84.
- Valoch, K. (2000), Zur Typologie alt- und mittelpaläolithischer kleingerätiger Industrien. – *Praehistoria Thuringica* 5, 47-67.
- Vaughan, P. (1981), Lithic Microwear Experimentation and the Functional Analysis of a Lower Magdalenian Stone Tool Assemblage. – *Ph.D. Dissertation*. Tucson, Arizona (University Press).
- Vaughan, P. (1985), Use-Wear Analysis of Flaked Stone Tools. Tucson, Arizona (University Press).
- Vaughan, P. (1986), Funktionsbestimmung von Stein geräten anhand mikroskopischer Gebrauchsspuren. – *Germania* 64, 309-329.
- Veil, S. (1995), Vor 55.000 Jahren: Ein Jagdplatz früher Menschen bei Lichtenberg, Ldkr. Lüchow-Dannenberg. Oldenburg (Isensee).
- Veil, S., Breest, K., Höfle, H.-C., Meyer, H.-H., Plisson, H., Urban-Küttel, B., Wagner, G.A. & L. Zöllner (1994), Ein mittelpaläolithischer Fundplatz aus der Weichsel-Kaltzeit bei Lichtenberg, Ldkr. Lüchow-Dannenberg: Zwischenbericht über die archäologischen und geowissenschaftlichen Untersuchungen 1987-1992. – *Germania* 72, 1-66.
- Veil, S., Lass, G. & K.J. Narr (1988), Was man mit dem Faustkeil machte. Mikroskopische Gebrauchsspurenuntersuchungen an Steinwerkzeugen in Niedersachsen. – *Die Kunde N.F.* 39, 255-264.
- Vértes, L. (Hrsg.) (1964), *Tata*. Eine mittelpaläolithische Travertin-Siedlung in Ungarn. Budapest (Akad. d. Wiss.).
- Vértes, L. (1990), Typology of the Vértesszölös Industry (a Pebble-Tool Industry from the Lower Palaeolithic of Hungary). – In: Kretzoi, M. & V. Dobosi (eds.), 301-518.
- Vilkuna, K. (1964), Das Kauharz, ein uraltes Genußmittel. – *Studia Ethnographica Uppsaliensia* XXI, 295-303.
- Villa, P. & L. Bartram (1996), Carnivor and hominid bone accumulations and modifications: New data from

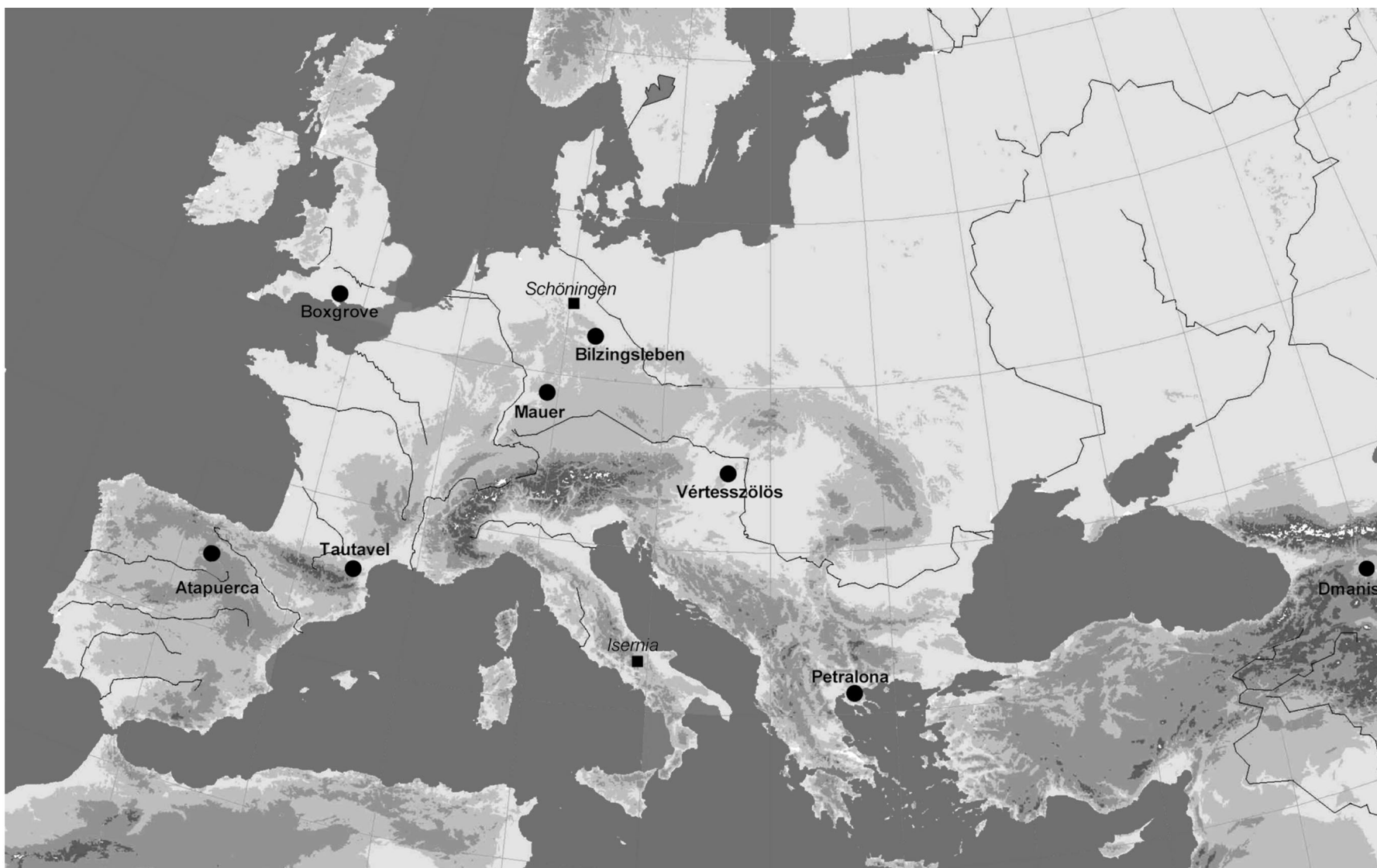
- Bois Roche; an Upper Pleistocene hyena den. – In: *The workshops and the posters of the XIII. Intern. Congr. of Prehist. and Protohist. Sciences 24*. Forli.
- Villa, P. & E. Mahieu (1991), Breakage patterns of human long bones. – *Journal of Human Evolution 21*, 27-48.
- Vlček, E. (1978), A New Discovery of *Homo erectus* in Central Europe. – *Journal of Human Evolution 7*, 239-251.
- Vlček, E. (1995), Entwicklung der Populationen im Pleistozän Europas. In: Ullrich, H. (ed.) *Man and environment in the Palaeolithic*. – *ERAUL 62*, 167-179.
- Vlček, E. (1996), Patterns of Human Evolution. – In: Svoboda, J., Lozek, V. & E. Vlček (eds.), *Hunters between East and West*. New York/ London. 37-79.
- Vlček, E. (1999), Der fossile Mensch von Bilzingsleben: Die Rekonstruktion der Schädel, zu ihrer Morphologie und taxonomisch-phylogenetischen Stellung. – *Praehistoria Thuringica 3*, 11-26.
- Vollbrecht, J. (2000), Die Geweihfunde aus Bilzingsleben, Ausgrabungen 1969 - 1993. – *Internet Archaeology*.8 (http://intarch.ac.uk/journal/issue8/vollde_toc.html).
- Wagner, E. (1995), Cannstatt 1. Großwildjäger im Travertingebiet. – *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte Baden-Württembergs 61*.
- Wagner, G.A., Fezer, F., Hambach, U., v. Königswald, W. & L. Zöller (1997), Das Alter des *Homo heidelbergensis* von Mauer. – In: Wagner, G. & K. Beinhauer (Hrsg.), *Homo heidelbergensis* von Mauer. Heidelberg (C.W. Winter). 124-143.
- Wagner, G. & D. Mania (Hrsg.) (2001), Frühe Menschen in Mitteleuropa – Chronologie, Kultur, Umwelt. Aachen (Shaker).
- Wahl, J. & H.G. König (1987), Anthropologisch-traumatologische Untersuchung der menschlichen Skelettreste aus dem bandkeramischen Massengrab bei Talheim, Kr. Heilbronn. – *Fundberichte aus Baden-Württemberg 12*, 65-186.
- Weber, T. (1979), Artefakte aus zähen Gesteinen („Geröllartefakte“). – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 20*, 664-681.
- Weber, T. (1980), Analytische Untersuchungen und Entwicklungstendenzen der Technologie altpaläolithischer Inventare von Wallendorf, Bilzingsleben und Markkleeberg. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 21*, 53-71.
- Weber, T. (1983a), Morphometrische Analysen an altpaläolithischen und Acheuléen-Technokomplexen. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 24*, 458-479.
- Weber, T. (1983b), Clusteranalyse der relativen Häufigkeiten von vier Artefaktkategorien in 23 alt- und mittelpaläolithischen Steinartefaktinventaren. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 24*, 504-516.
- Weber, T. (1986), Die Steinartefakte des *Homo erectus* von Bilzingsleben. – In: Mania, D. & T. Weber (Hrsg.), 65 - 232.
- Weber, T. (1990), Analysen der archäologischen Funde und des Befundes. – In: Mania, D., Thomae, M., Litt, T. & T. Weber (Hrsg.), *Neumark – Gröbern. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle 43*, 237-255.
- Weber, T. (1994), Neue Untersuchungen zur Stellung von Bilzingsleben innerhalb des älteren Paläolithikums in Mitteleuropa. – *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 35*, 99-106.
- Weber, T. & T. Litt (1991), Der Waldelefantenfund von Gröbern, Kr. Gräfenhainichen - Jagdbefund oder Nekrophagie. – *Archäologisches Korrespondenzblatt 21*, 17-32.
- Weidenreich, F. (1941), The extremity bones of *Sinanthropus pekinensis*. – *Paleontologica Sinica 5*, 1-150.
- Weiner, J. (1992), Wo sind die Retorten? Überlegungen zur Herstellung von Birkenpech im Neolithikum. – *Acta Archaeologica et Praehistoria 23*, 15-19.
- Weiner, J. (1999), European Pre- and Protohistoric Tar and Pitch: A Contribution to the history of Research 1720-1999. – *Acta Archaeometrica 1*, 1-109.
- Wetzel, R. (1969), Kulturknochen und Knochenkultur. In: Wetzel, R. & G. Bosinski (Hrsg.), *Die Bocksteinschmiede im Lonetal. Teil I. – Veröff. staatl. Amt für Denkmalpfl. Stuttgart, Reihe A. Stuttgart*. 75-132.
- Wiefel, H. & J. Wiefel (1974), Zusammenhänge zwischen Verkarstung und Travertinbildung im Gebiet von Weimar. – *Abhandlungen des Zentralen geologischen Instituts Berlin 21*, 61-75.
- Williamson, B. (1999), Microscopy and molecular analysis of stone tool residues from South Africa. – In: Korobkova, G.F. (ed.), 31-32.
- Witthoft, J. (1967), Glazed Polish on Flint Tools. – *American Antiquity 32*, 383-388.
- Wolpoff, M. (1980), Cranial remains of Middle Pleistocene European hominids. – *Journal of Human Evolution 9*, 339-358.
- Wynn, T. (1981), The intelligence of later Acheulean hominids. – *Man 124*, 371-391.
- Yamada, S. (1993), The formation process of „use wear polishes“. – In: Anderson, P. et al. (eds.), 433-445.

Yamada, S. & A. Sawada (1993), The method of description for polished surfaces. – In: Anderson, P. et al. (eds.), 447-457.

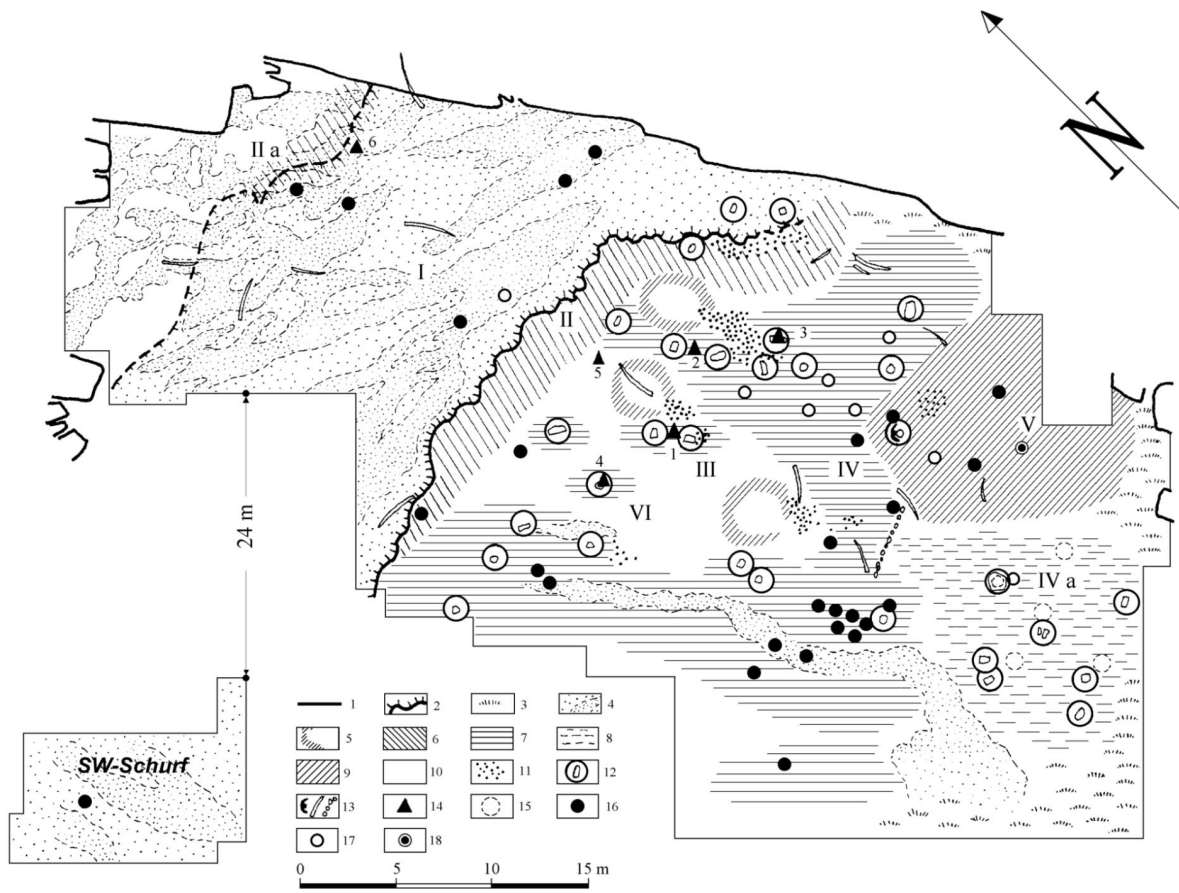
Yellen, J.E. (1977), Cultural patterning in faunal remains – In: Yellen, J.E. & M. MacDonald (eds.), *Experimental Archaeology*. New York. 271-331.

Zeman, A. (1974), Quaternary of the surroundings of Stránská skála. – *Anthropozoikum* 10, 41-68.

Ziegenhardt, W. (1962), Sedimentologische und fazielle Untersuchungen am eeminterglazialen Travertin von Taubach bei Weimar. – *Geologie* 11/ 9, 1029-1051.



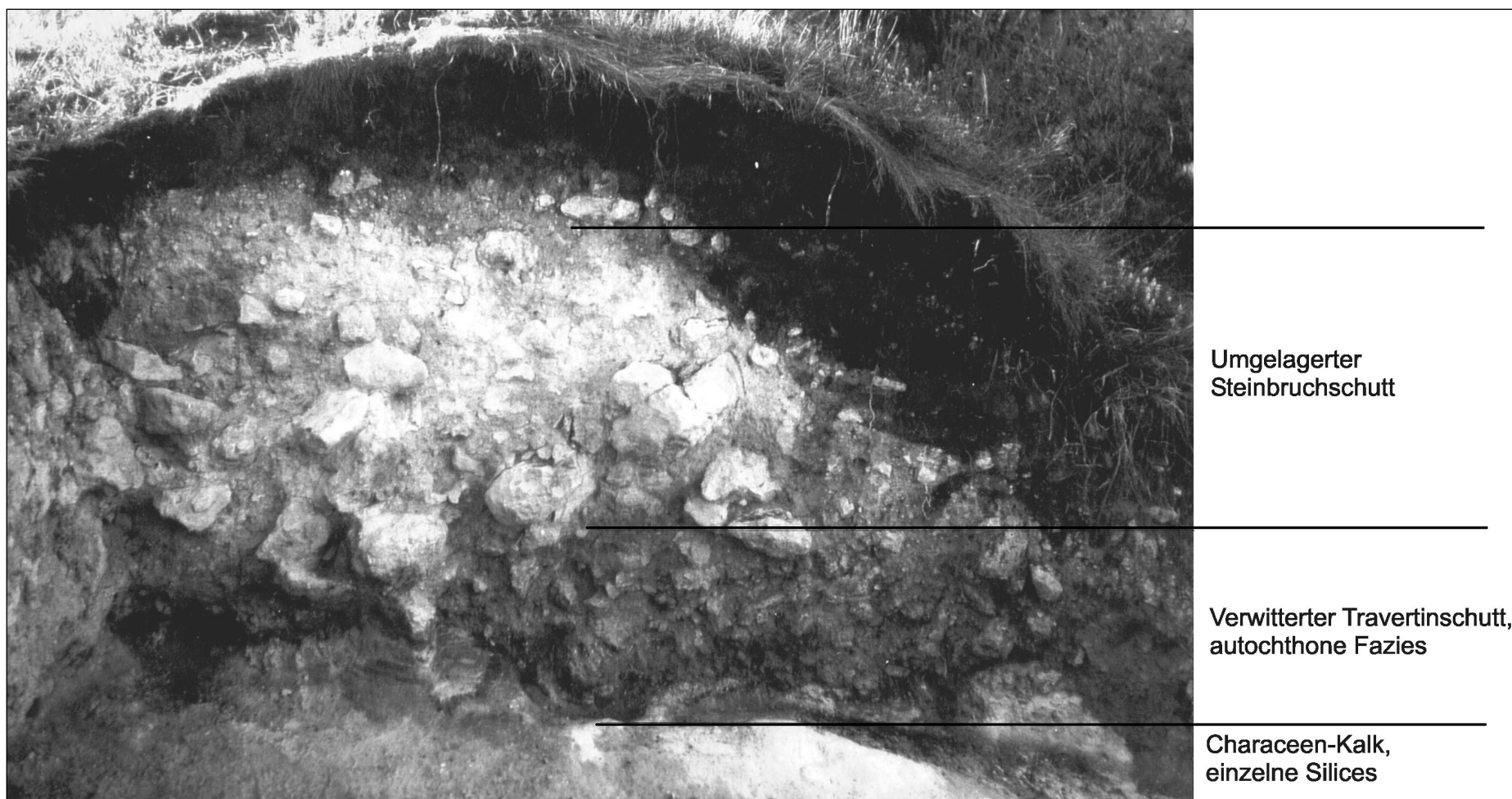
Tafel 1– Fundstellen mit Hominidenresten des *Homo erectus* (heidelbergensis) in Eurasien
(Quadrate: wichtige Fundstelle der materiellen Kultur, ohne Hominidenreste)



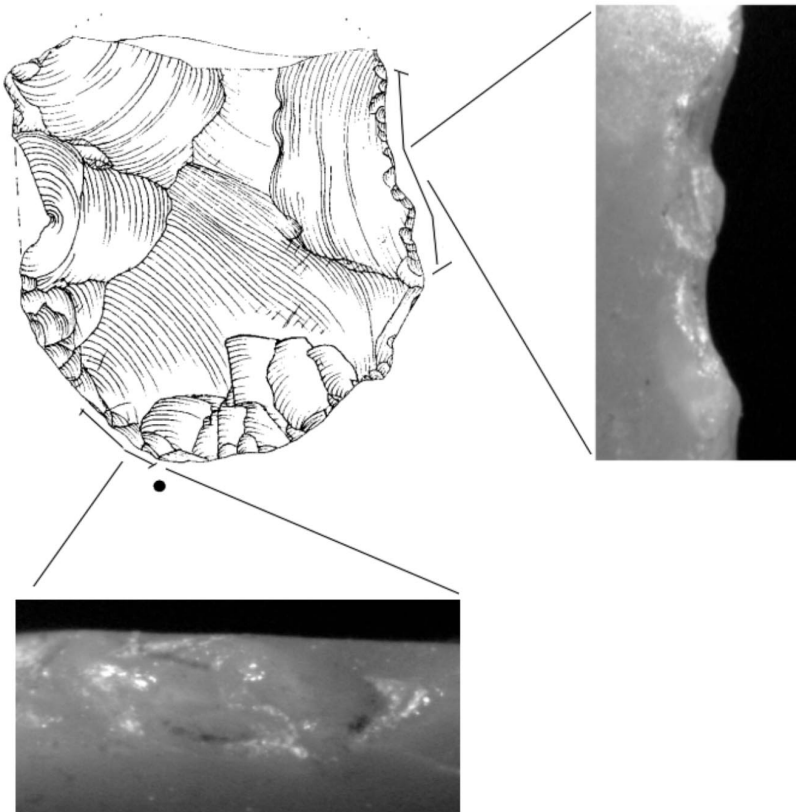
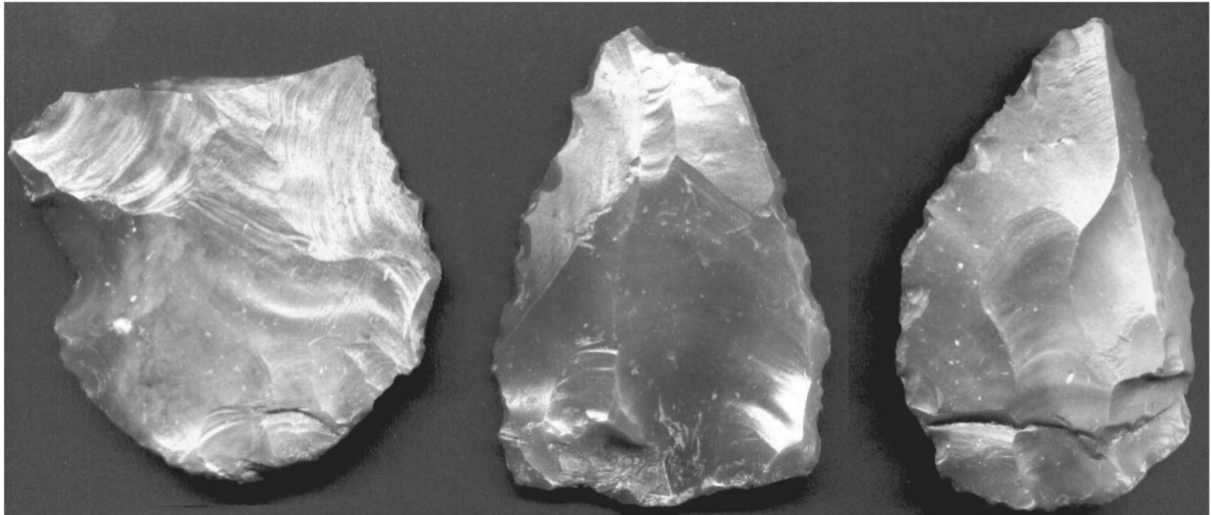
◀ Lage des Deckschichtenprofils, vgl. Tafel 3



Tafel 2 – Bilzingsleben, Grabungsflächen, Stand 1999 (oben); Südwest-Schurf von Osten (unten links), Travertinstrukturen der Schurf-Nordwand (unten rechts)



Tafel 3 – Bilzingsleben, Deckschichtenprofil in der Nähe des Südwest-Schurfes (zur Lage vgl. Tafel 2);
Dokumentation der basalen Seekalkschichten (Fundhorizont A) mit darüber abgelagertem Travertinschutt



Tafel 4 – Lübbow (Lkr. Lüchow-Dannenberg), umgelagerte Artefakte aus Vorschüttkiesen der Drenthevereisung als Beispiele intensiver, umlagerungsbedingter Kantenbeschädigungen: SNAP-Beschädigungen (Detail rechts) und verrundete Step-Negative durch Abrollung (Detail unten), Zeichnung K.Breest

Experimentalserie zur Bestimmung von Gebrauchsspuren

SNR	FUDAT	BEMERKUNG	
1	1/98	Funktion: 10 min Geweihhammer glätten bis zur Verstumpfung der scharfen distalen Kante; longitudinale und transversale Nutzung der Arbeitskante (Kantenwinkel 25-30°) Material: gehärtetes Rothirsch-Geweih (Rose)	
GF	RET	GEBR	POL
4	0	1	3

LOWPOWER

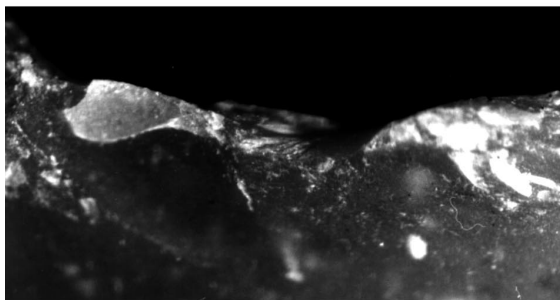
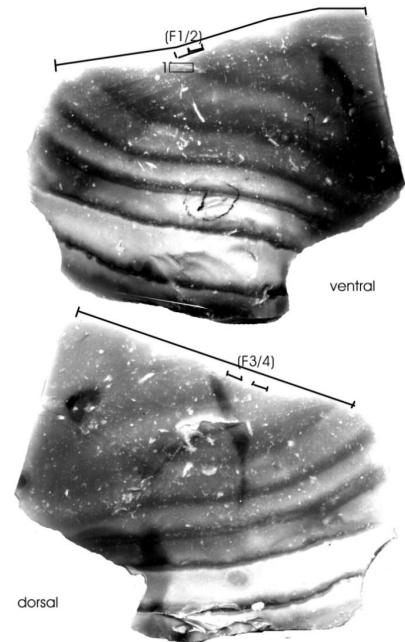
-Ventral:
11 SS/S-Step-Neg., T. 0,8-1,5mm,
partielle Kantenverrundung, T. 0,3mm
(F1/2)

-Dorsal:
regelmäß. Kantenverstumpfung bis 1mm (F3)
Anpolitur der Aussplittersneg. (F4)

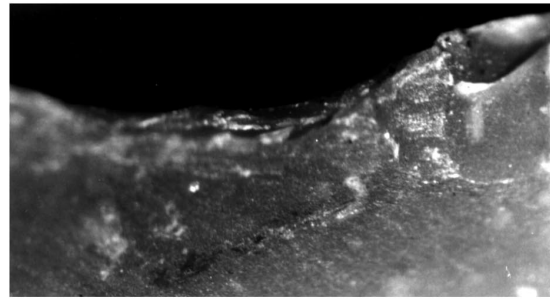
HIGHPOWER

-Ventr. + Dors.:
additive Politur, weiche transv. Kratzer
an Bruchend.

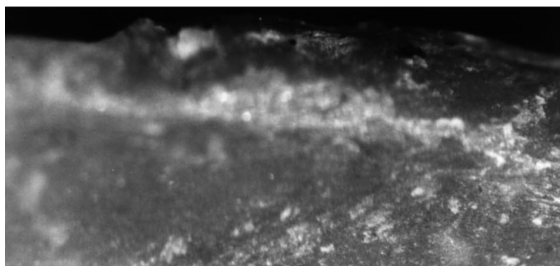
1 - ventr. auf Kantenlinie punktuell
diagonale, parallele Riefen auf
Additivpolitur (F2)



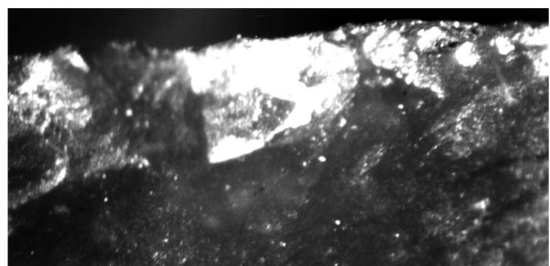
F 1



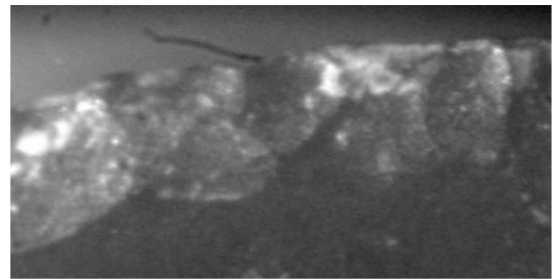
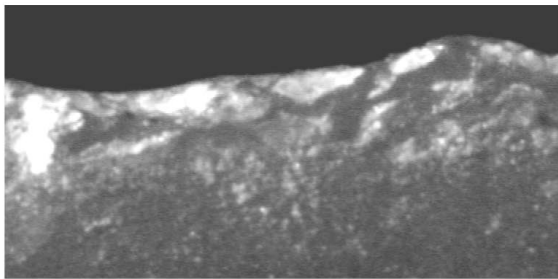
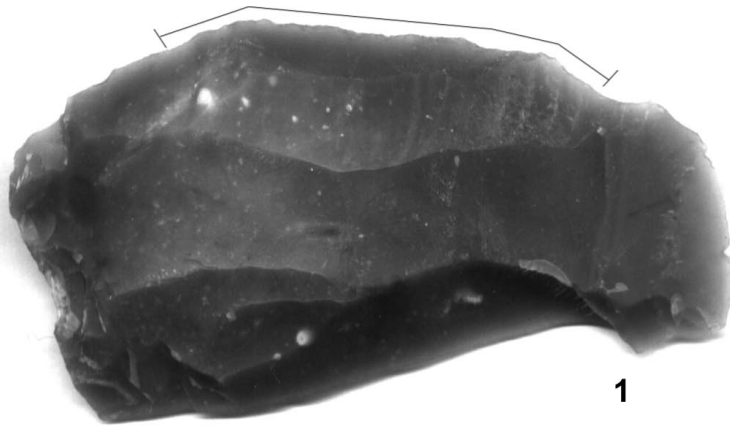
F 2



F 3

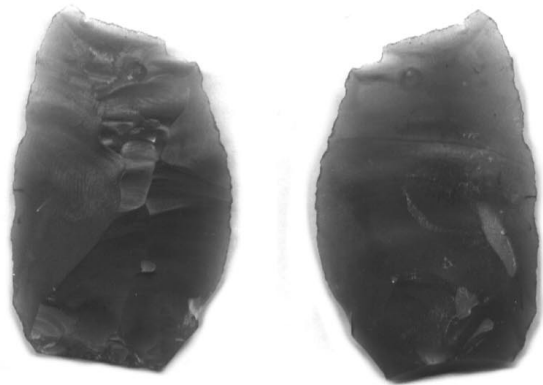


F 4

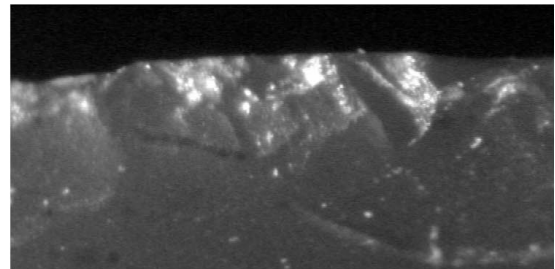


2

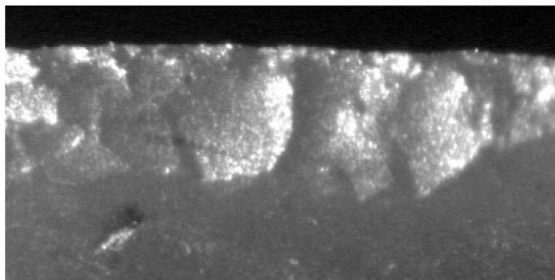
3



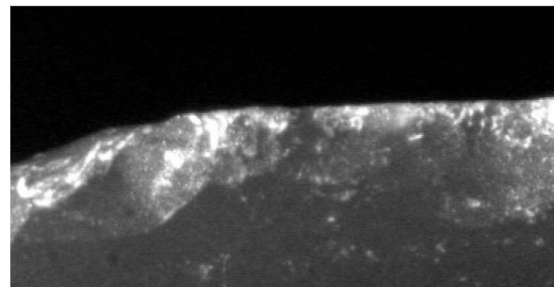
4



5

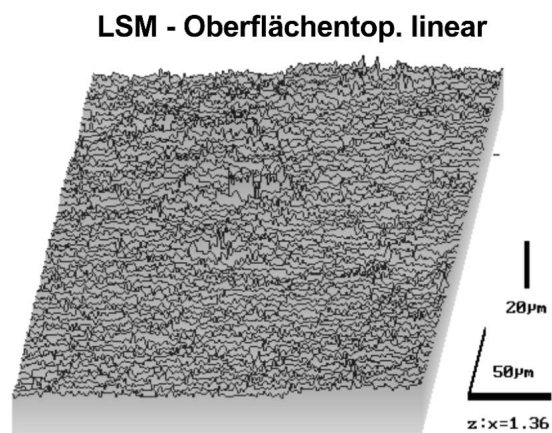
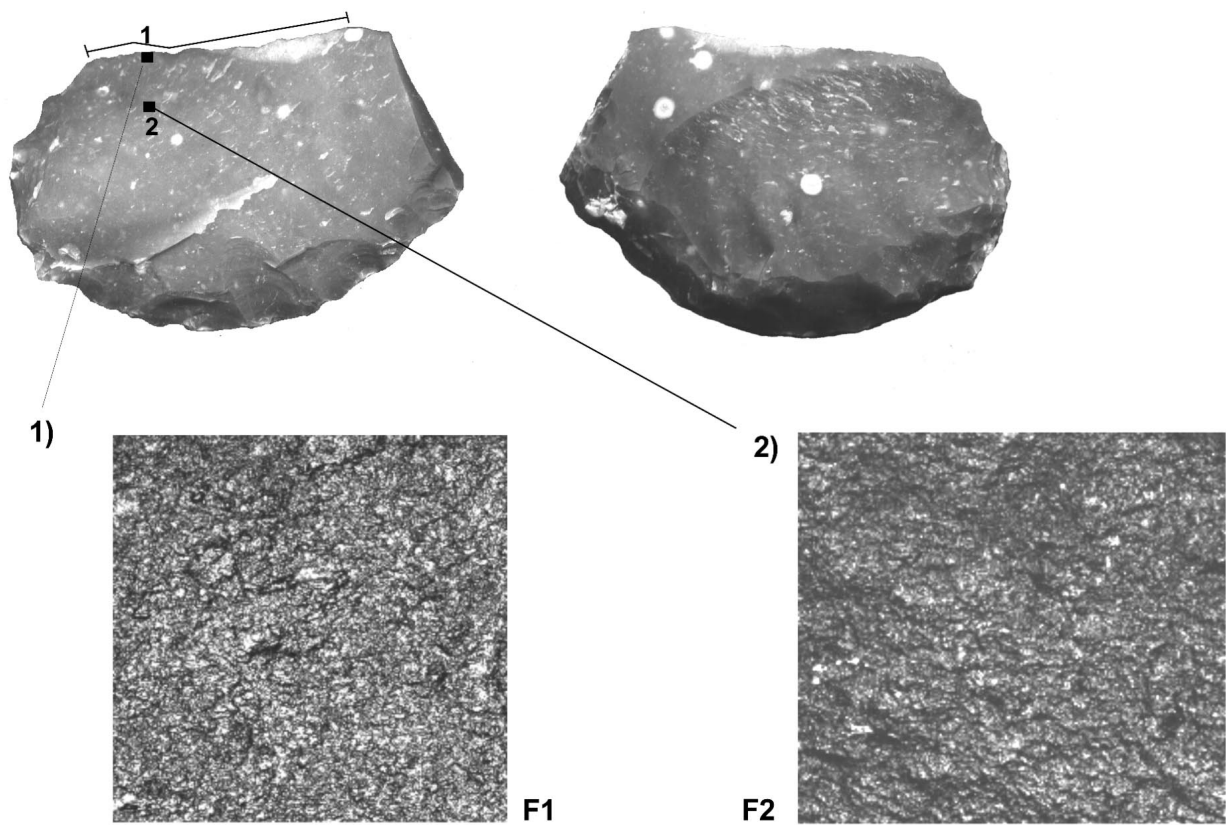


6

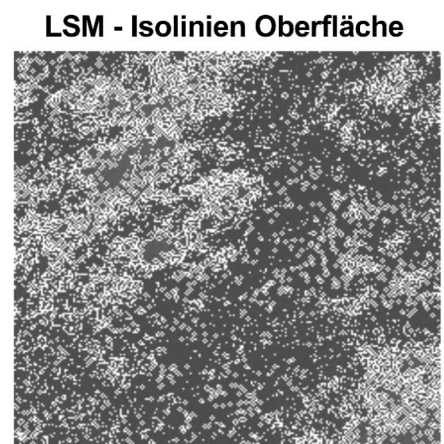
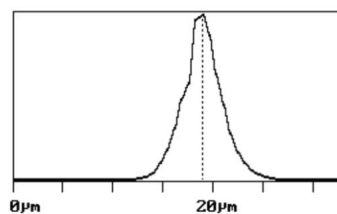


7

Tafel 6 – Experimentalserie an baltischem Flint (M 1:1): 1 - Abschlag zur Bearbeitung von trockenem Geweih, 2, 3 - Low Power-Befunde an Abschlag 1, 30x Vergr.; 4 - Abschlag zur Bearbeitung von Muschelschale, 5, 6, 7 - Low Power-Befunde an Abschlag 4, 30x Vergr. (unten)

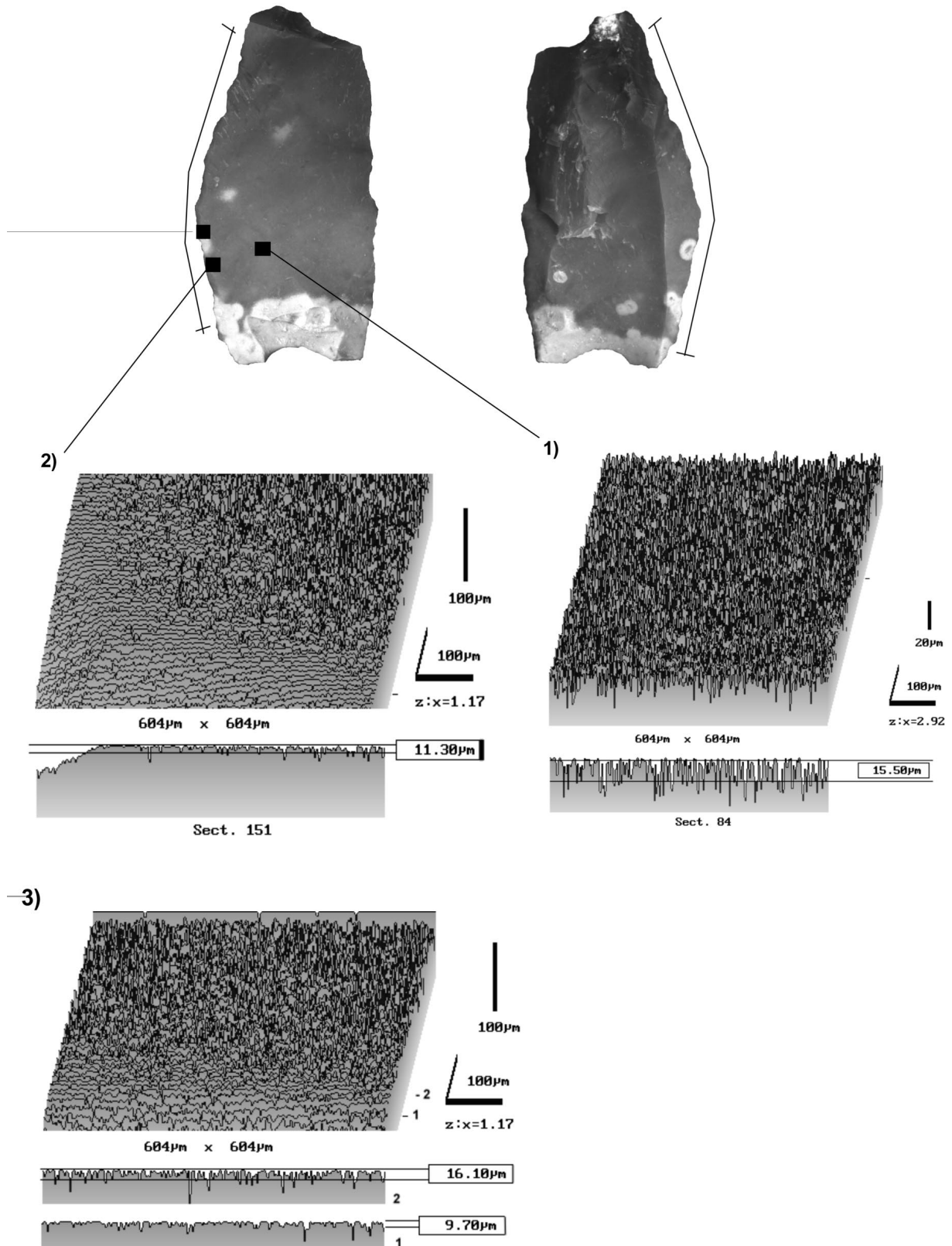


zm : 18.9 μm
 Rq : 2.07 μm
 Ra : 1.57 μm
 Rt : 32.8 μm
 Rmax : 27.3 μm
 Rz : 24.4 μm

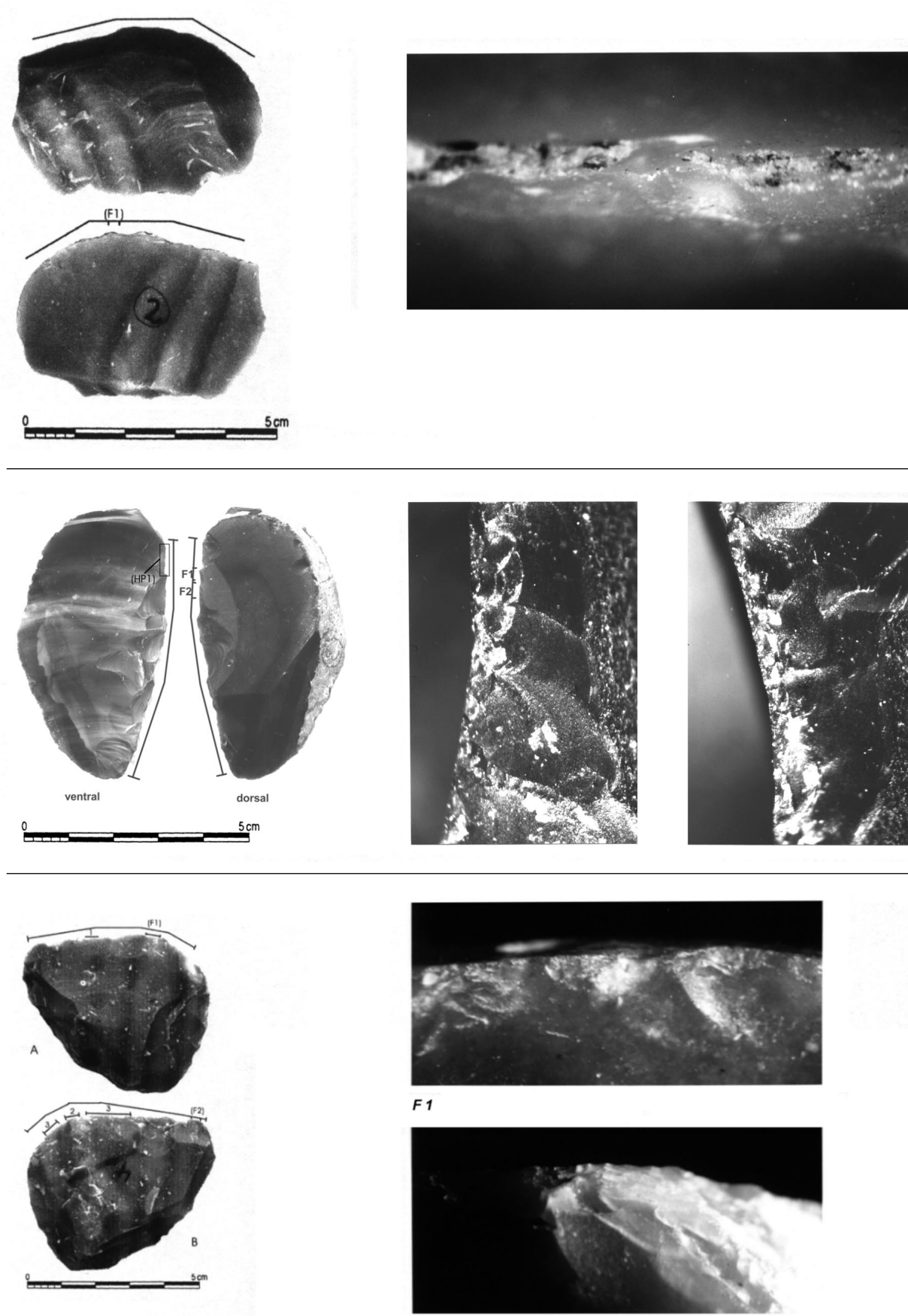


zm : 19.2 μm
 Rq : 6.85 μm
 Ra : 5.94 μm
 Rt : 26.7 μm
 Rmax : 26.7 μm
 Rz : 25.3 μm

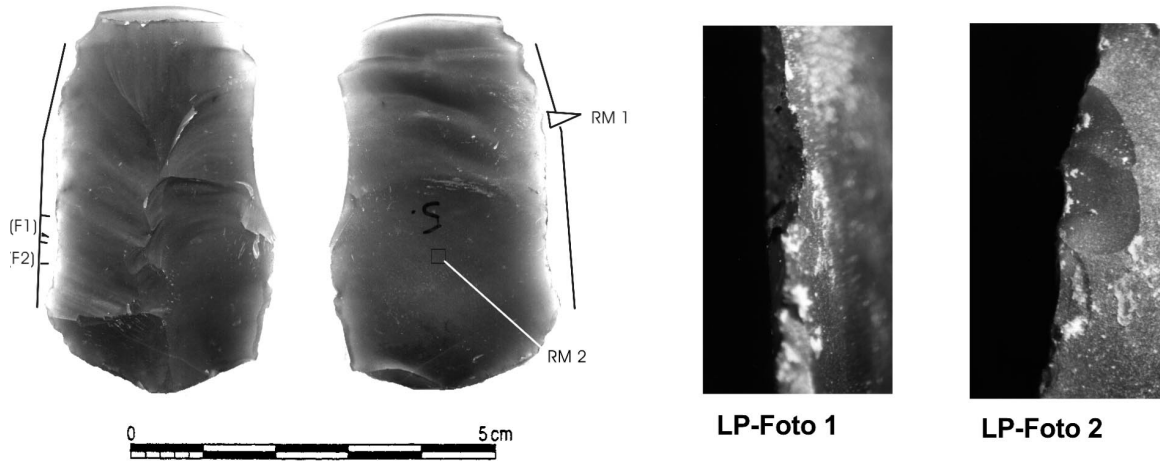
Tafel 7 – Experimentalserie an baltischem Flint: 30 min. Schaben u. Glätten einer Eibenlanze, Artefakt mit markierter Gebrauchskante (M 1:1) (oben); 1, 2 - monochrome Aufnahmen F1 und F2, Kantenlänge ca. 0,5mm (Mitte); Top-Scan und Rauheitswerte der modifizierten Kante (unten links); Isolinien der unmodifizierten Oberfläche und Rauheitswerte (unten rechts)



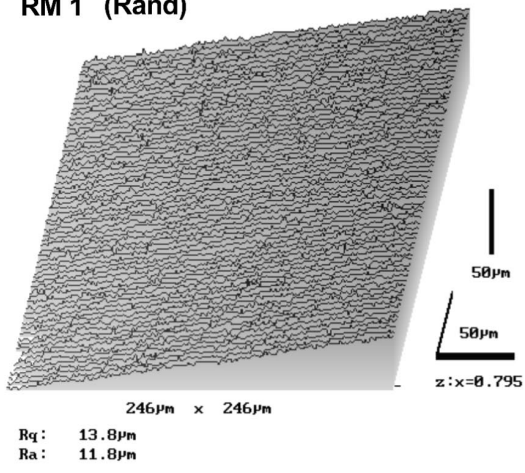
Tafel 8 – Experimentalserie an baltischem Flint: 25 min. Hartholz schaben, Artefakt mit markierter Gebrauchskante (M 1:1) (oben); 1 - unmodifizierte Flintoberfläche, LSM-Top-Scan/ Profil; 2, 3 - Glättung durch intensive Kantenverrundung, LSM-Top-Scan/ Profil



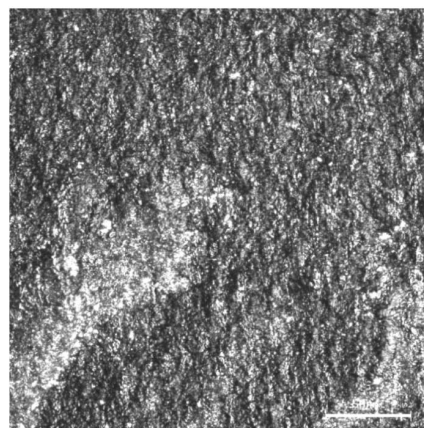
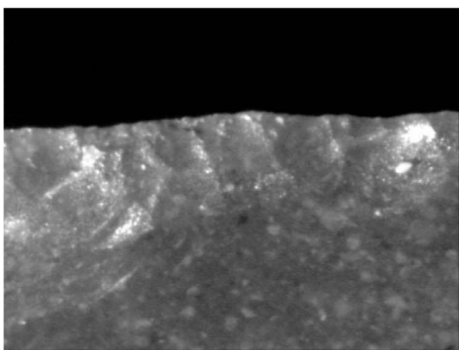
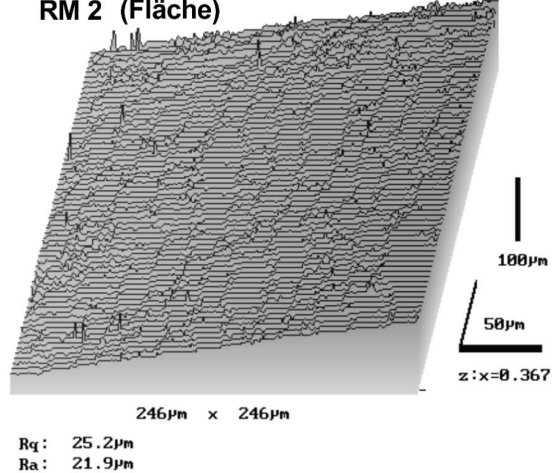
Tafel 9 – Experimentalserie an baltischem Flint: Experiment C-3, Schaben von Hartholz (oben); Experiment C-4, Bearbeitung von Hartholz, Funktion Hobeln/Glätten (Mitte); Experiment E, Bearbeitung von weichem Holz (unten)



RM 1 (Rand)



RM 2 (Fläche)



RM 2 (Fläche)

Tafel 10 – Experimentalserie an baltischem Flint: 10 min. mittelhartes Holz (Eiche) schaben/glätten mit einem scharfen Abschlag (oben links); Bildausschnitte F1 und F2 mit Low Power-Befunden (oben rechts); LSM-Top-Scan der kantennahen Oberfläche (Mitte links), auf der Flächenmitte (Mitte rechts); Gebrauchsretuschen „micro-/ small shallow“ entlang der dorsalen Funktionskante (unten links); monochrome Oberflächenaufnahme des Flächenspots, 0,25mm Kantenlänge (unten rechts).

Experimentalserie zur Bestimmung von Gebrauchsspuren

SNR	FUDAT	BEMERKUNG		
6	1/98	30min Elfenbeinbearbeitung, Schaben und Schnitzen mit gebuchteter Funktionskante (Spanseite dorsal)		
GF	RET	GEBR	POL	
4	0	1		

LOWPOWER

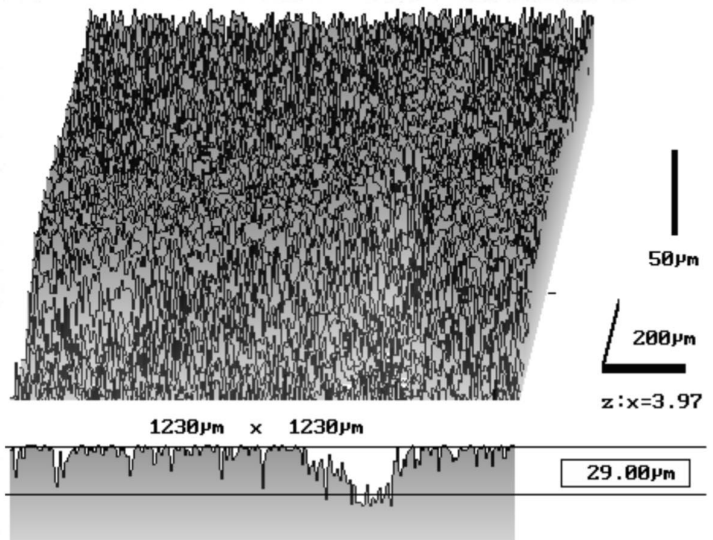
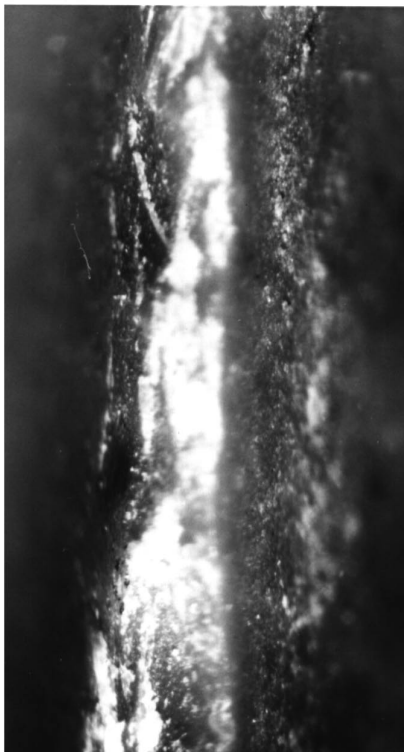
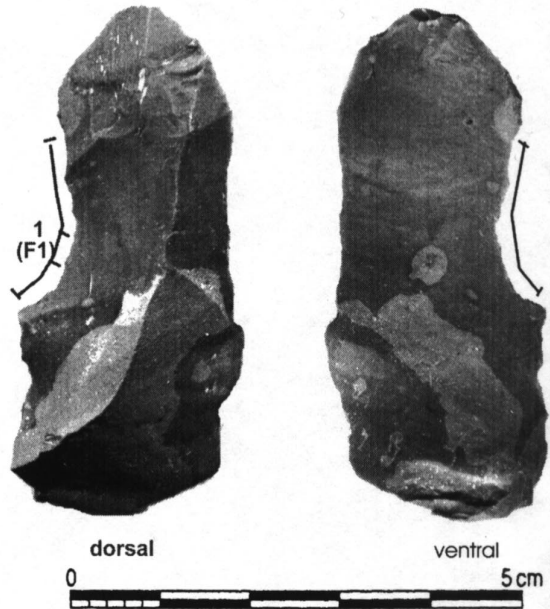
ventral:
- unregelmäßige, geringfügige Aussplitt.
(Kontaktfläche)

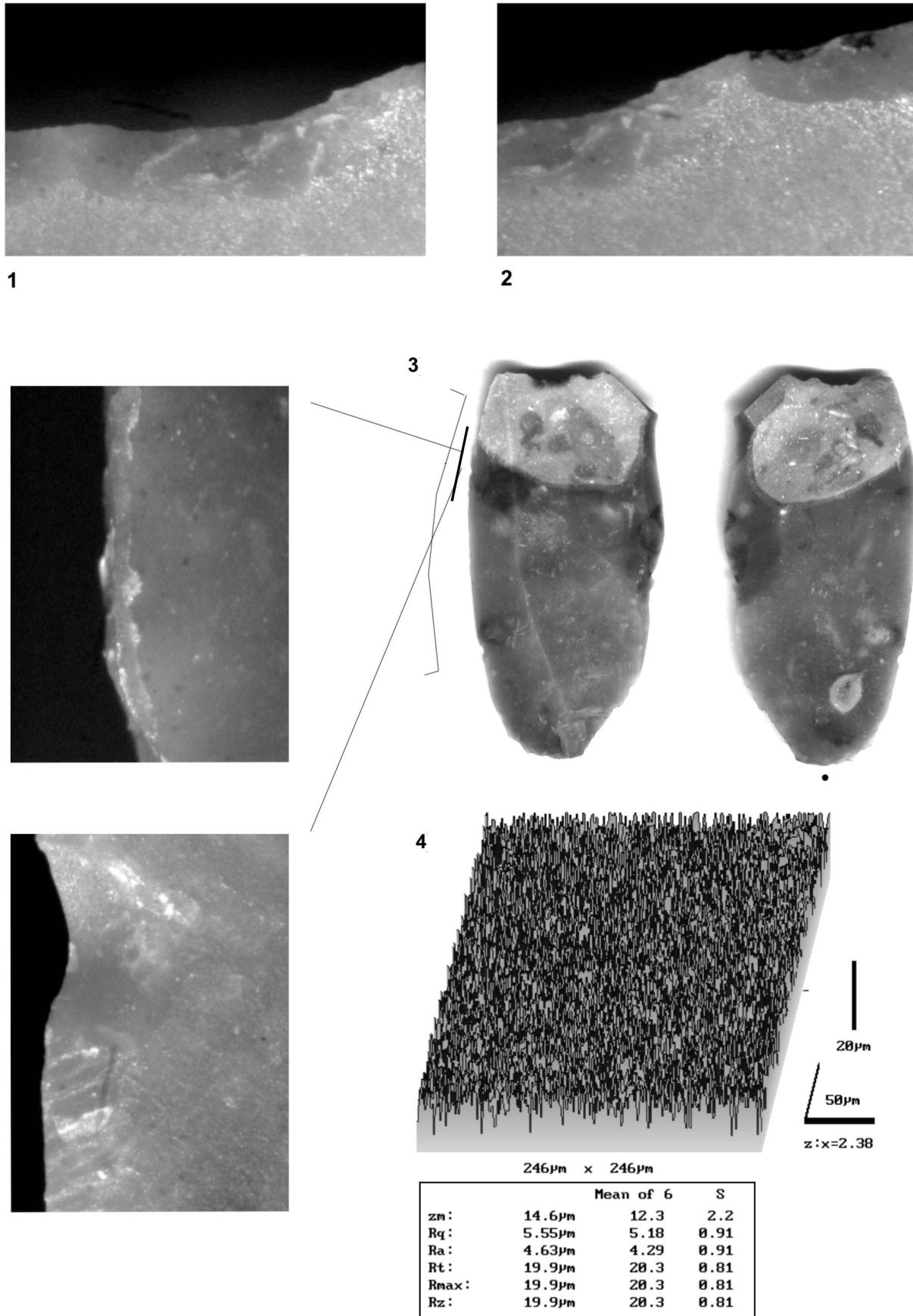
dorsal:
- durchgehende SS-Neg. (0,5-0,8mm tief)

HIGHPOWER

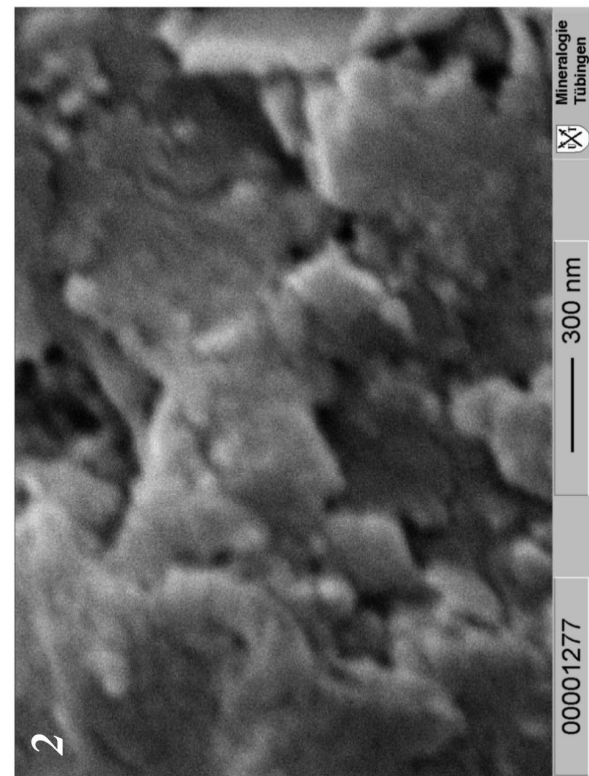
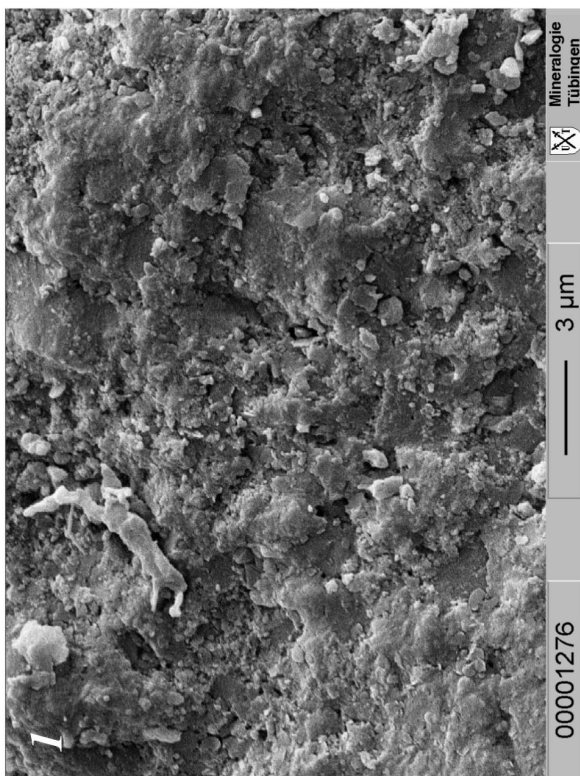
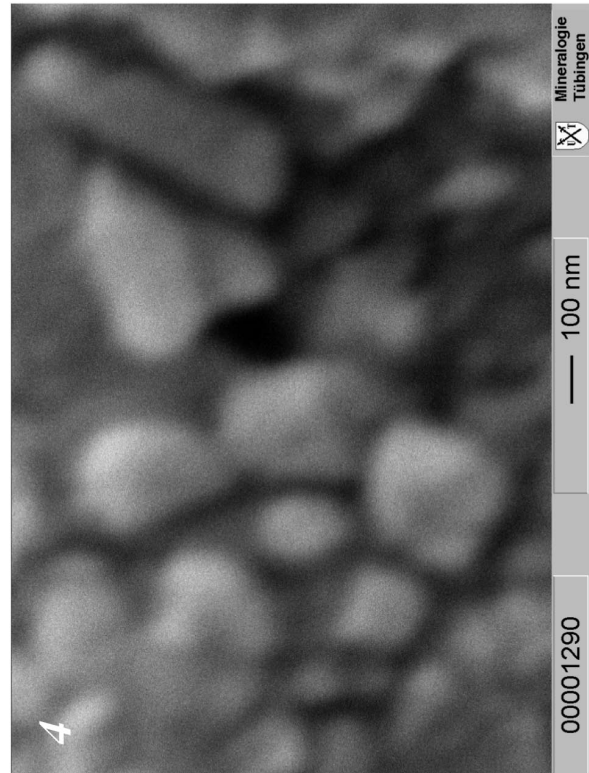
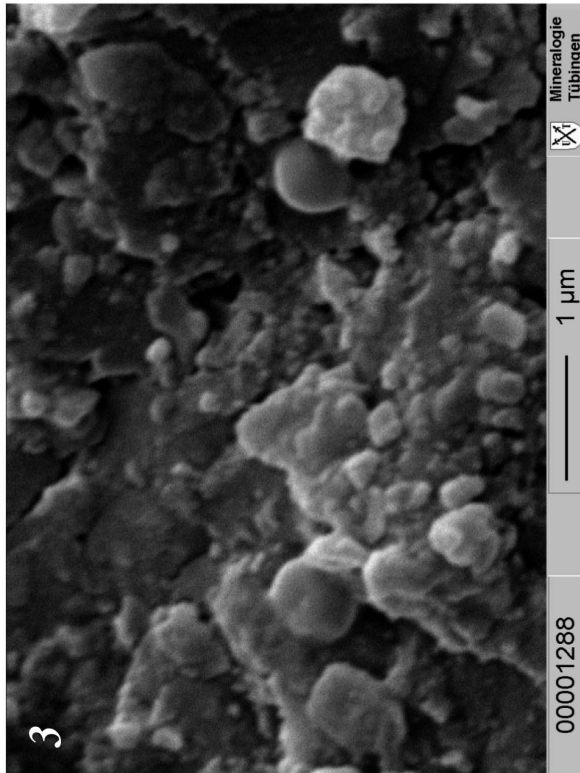
ventral:
- geweihtypische, helle Kantenpolitur
(Materialresiduen)

dorsal:
- Glanz auf Kante beschränkt (F1)

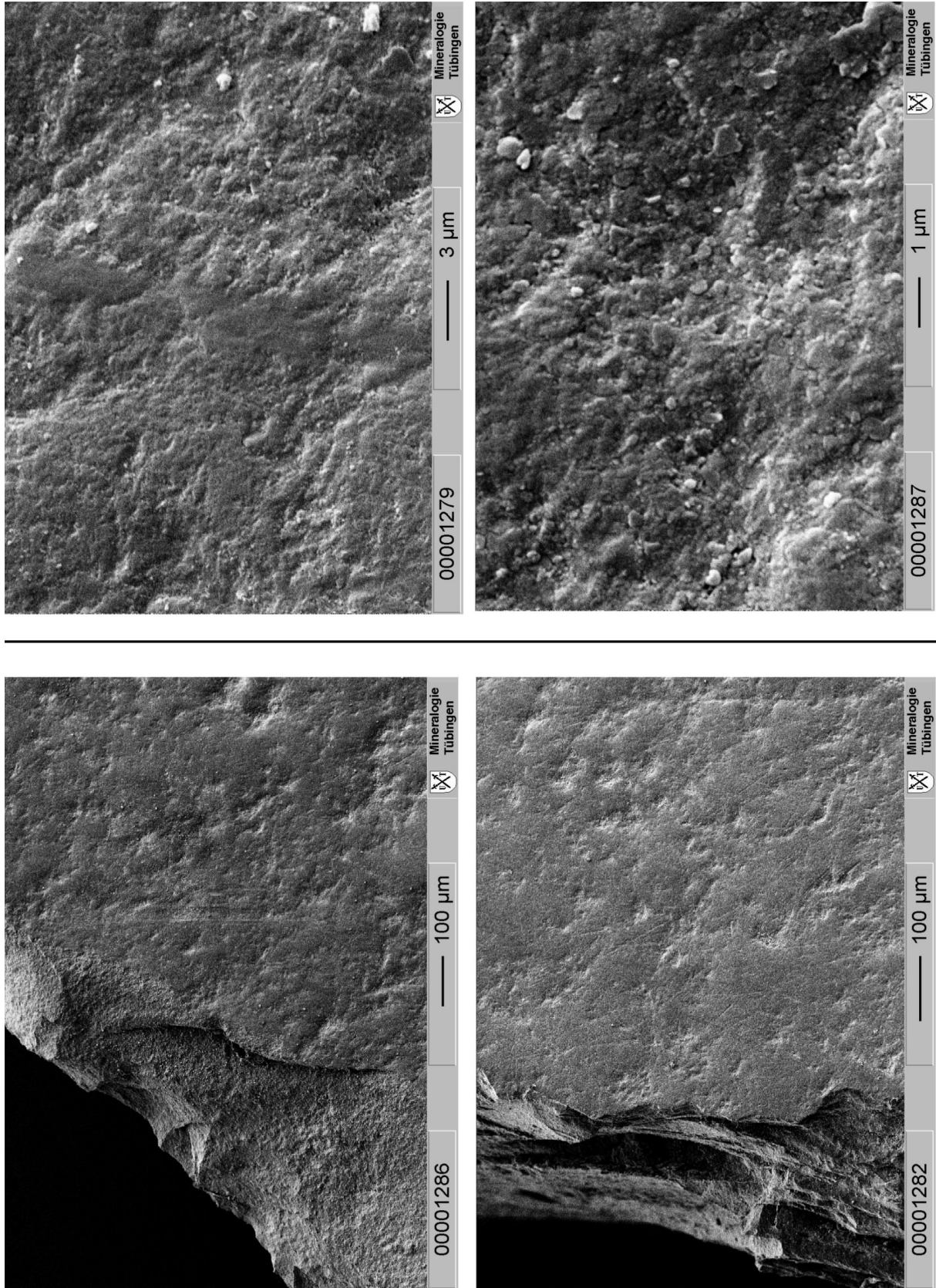




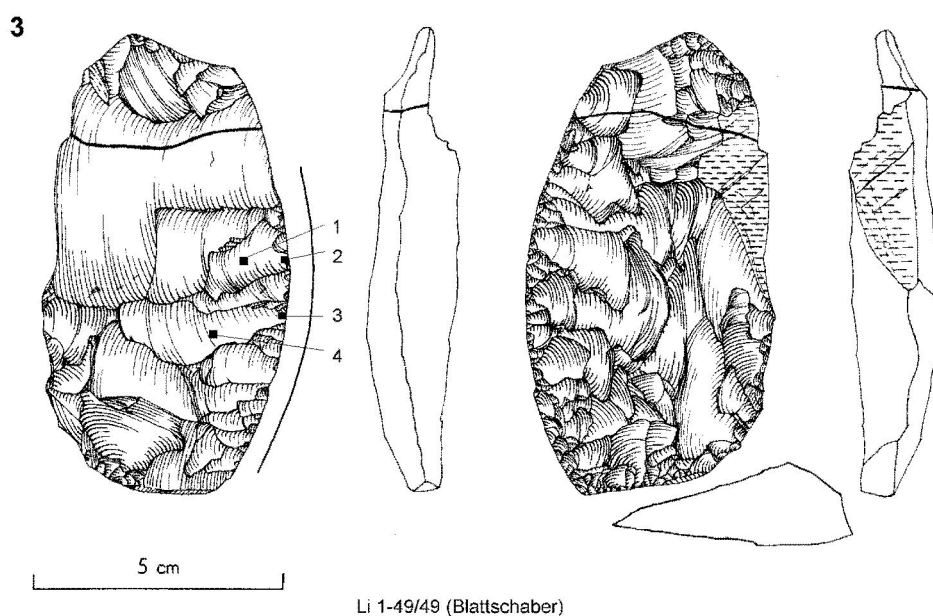
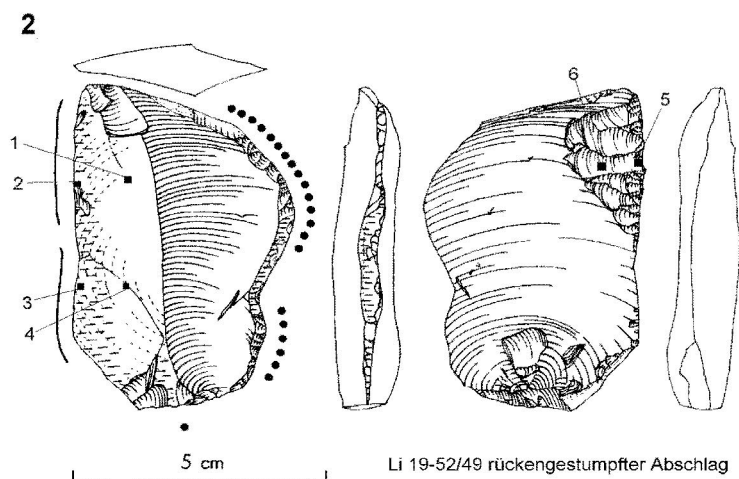
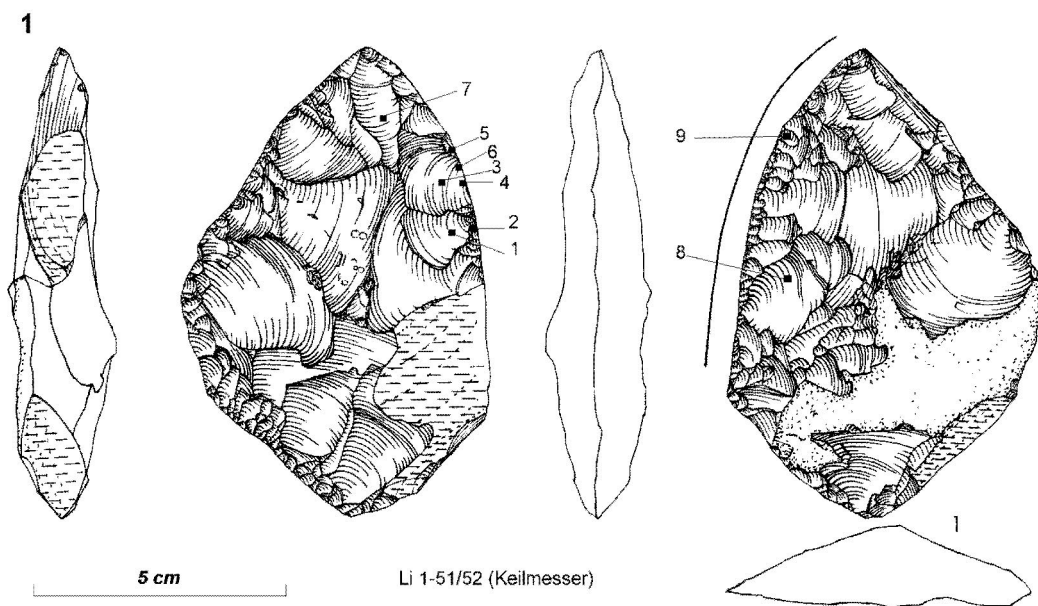
Tafel 12 – Experimentalserie an baltischem Flint: 1, 2 - Elfenbearbeitung; 3 - Bearbeitung von eingeweichtem Geweih; 4 - Rauheitsparameter der kantennahen Oberfläche beim Geweihexperiment



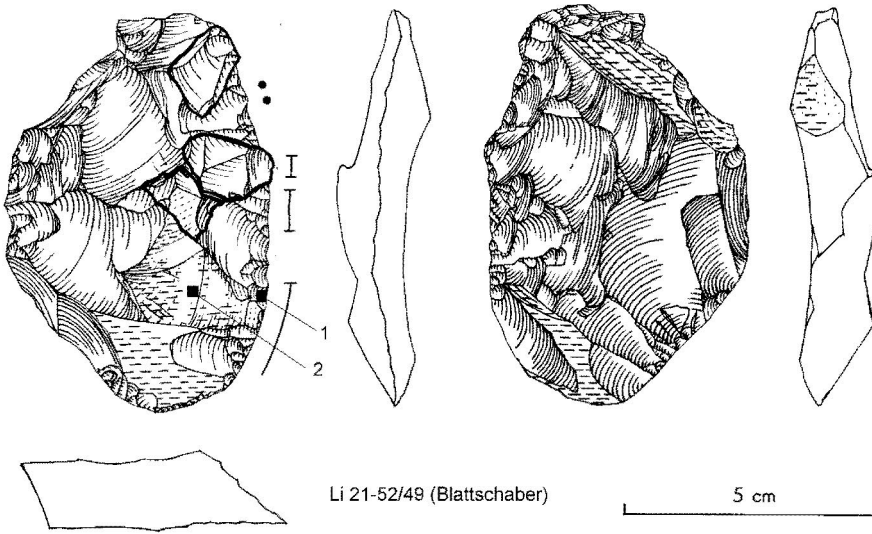
Tafel 13 – REM-Aufnahmen von Flint: 1, 2 - unmodifizierte, frische Bruchfläche;
3, 4 - Modifikation durch sekundäre Opalisierung im Sediment



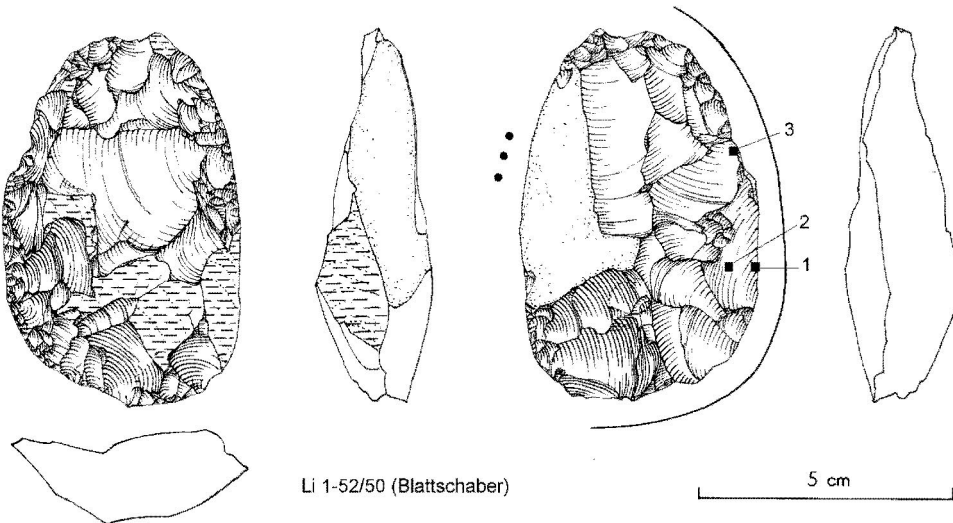
Tafel 14 – REM-Aufnahmen von Flint: Glättung der Oberfläche durch Opalisierung als Langzeitwirkung spezieller Sedimentationsbedingungen



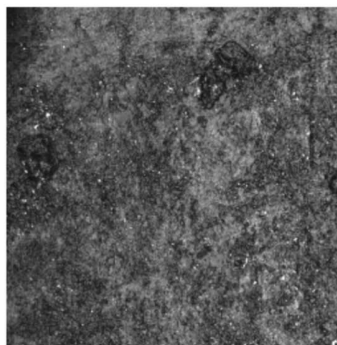
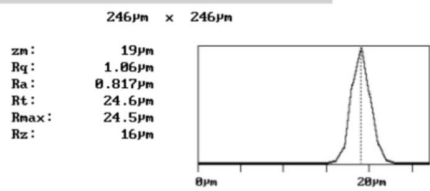
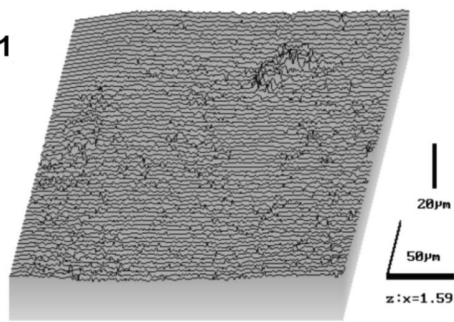
4



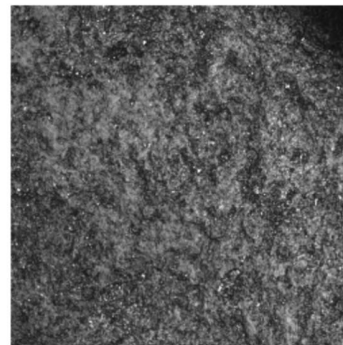
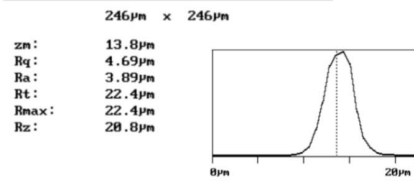
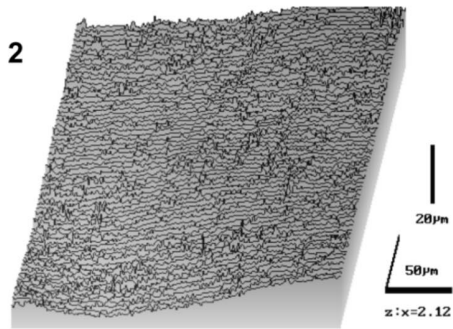
5



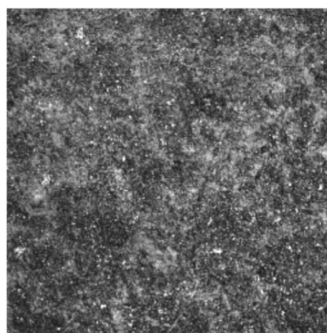
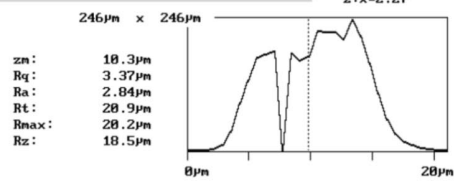
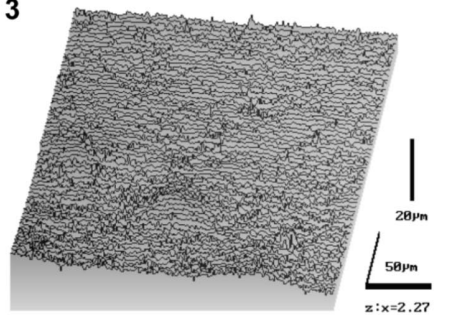
1



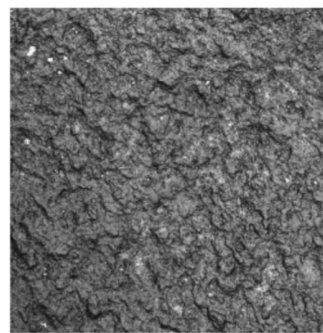
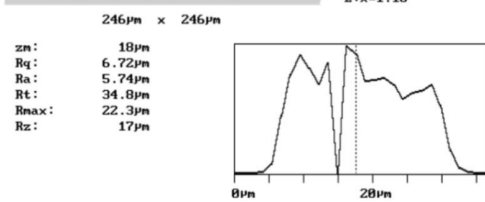
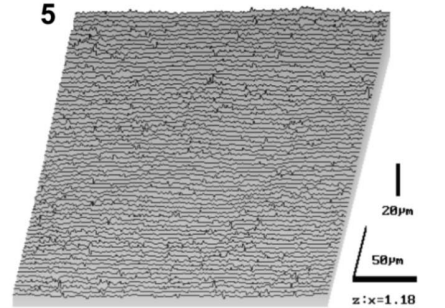
2



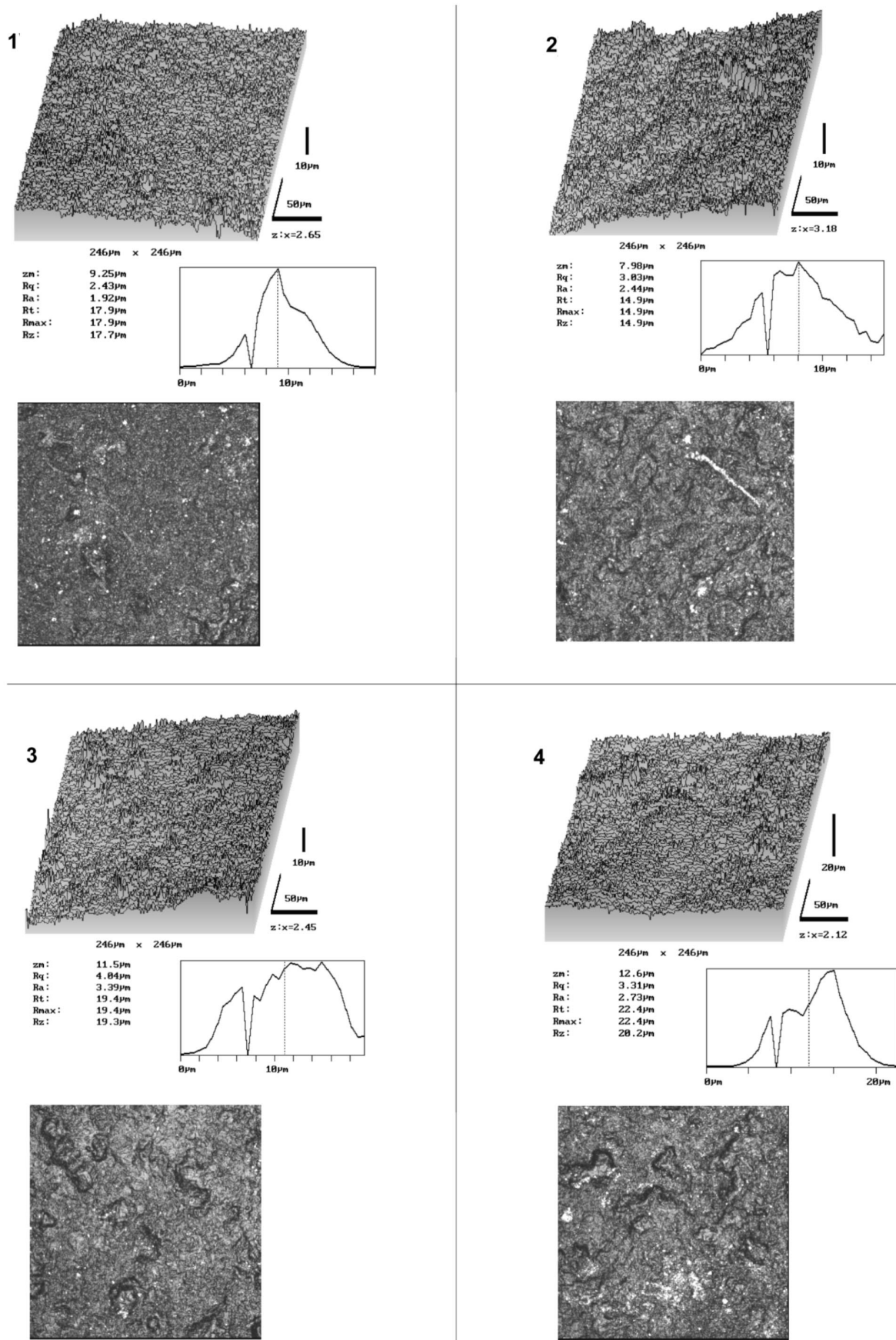
3



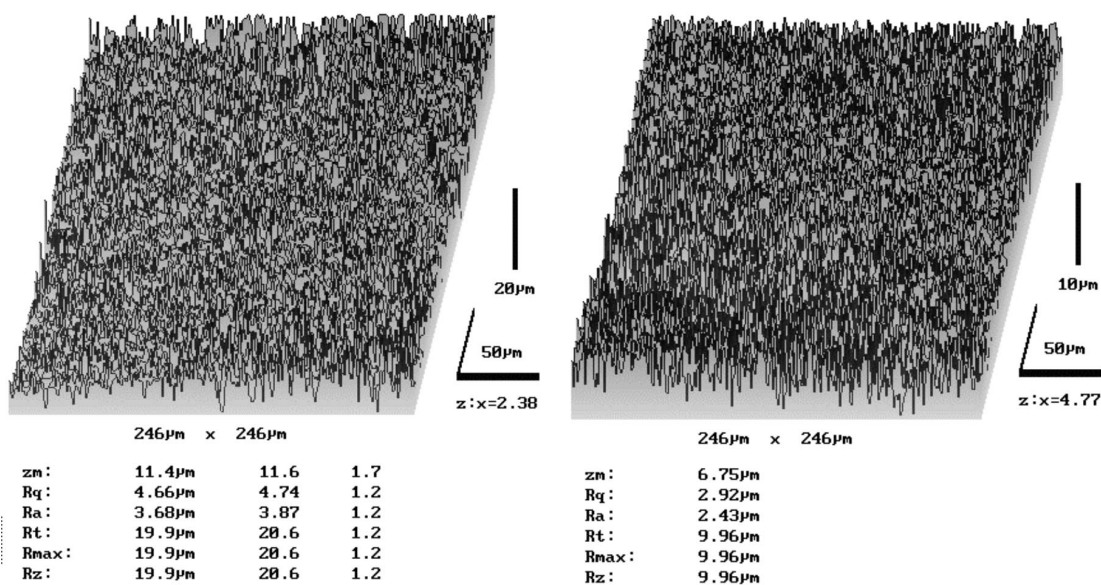
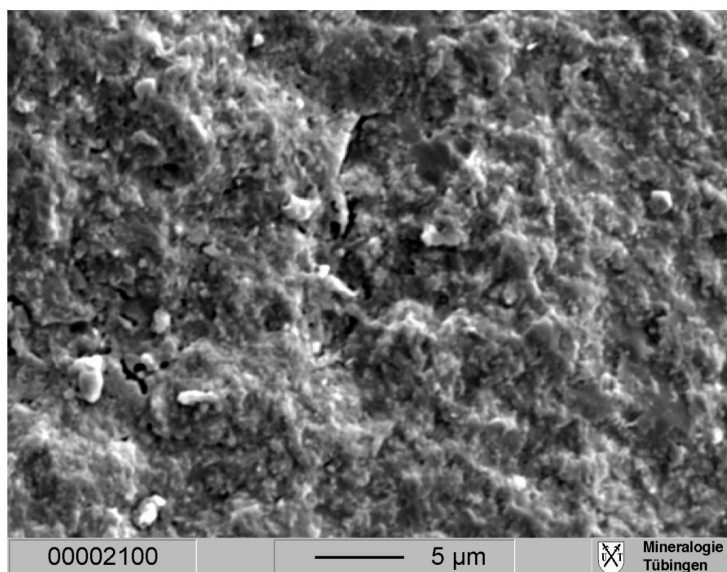
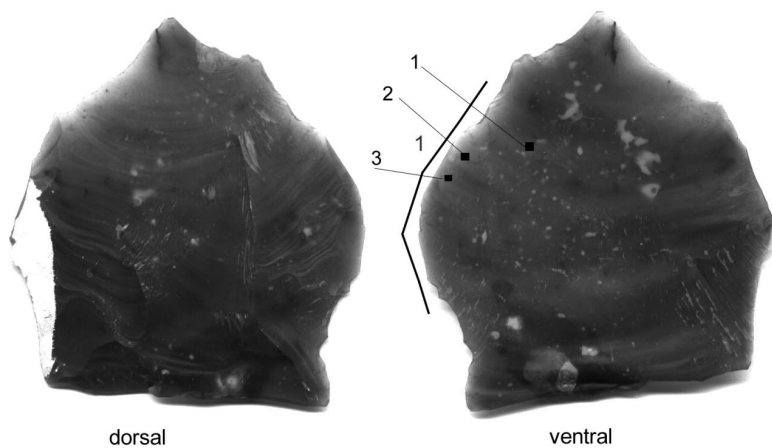
5



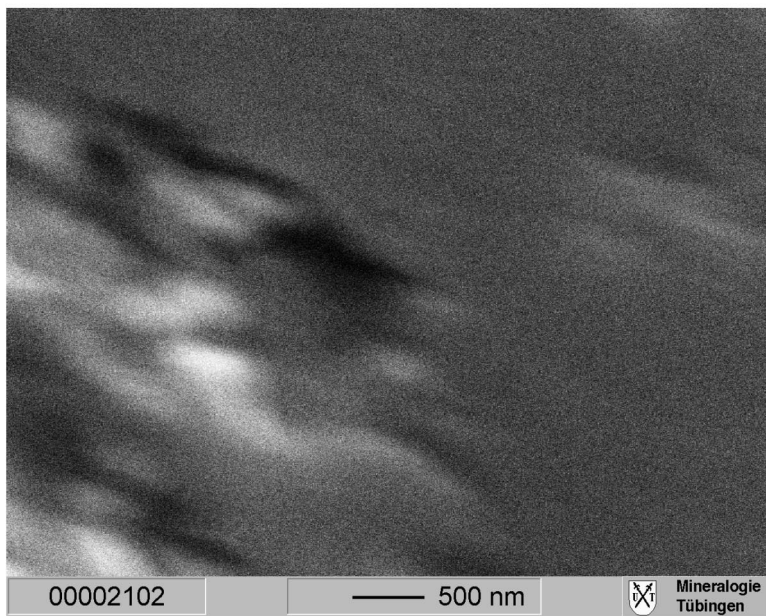
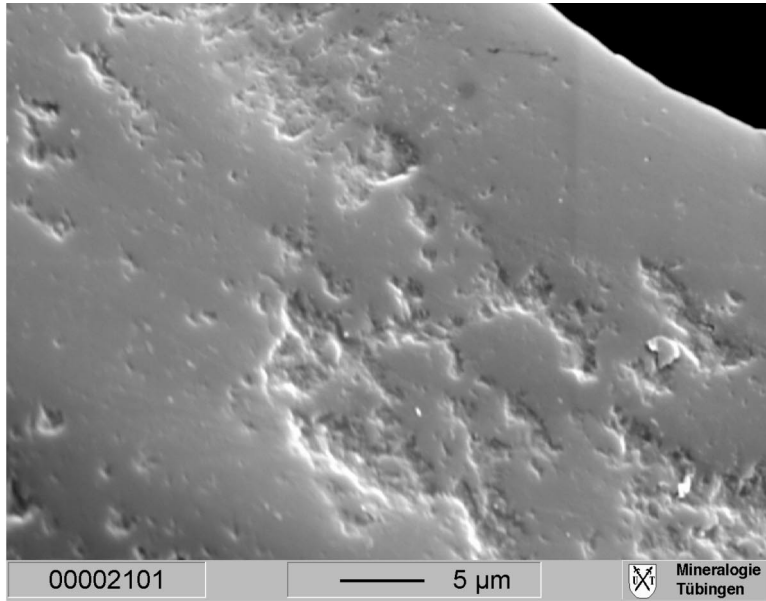
Tafel 17 – Lichtenberg, Gerät 1: LSM-Top-Scans der Spots 1-3 u. 5 (vgl. Tafel 15, 1); dargestellt sind jeweils Topographie, Rauigkeitsparameter und Oberflächenaufnahme



Tafel 18 – Lichtenberg, Gerät 2: LSM-Top-Scans der Spots 1-4 (vgl. Tafel 15, 2); dargestellt sind jeweils Topographie, Rauheitsparameter und Oberflächenaufnahme

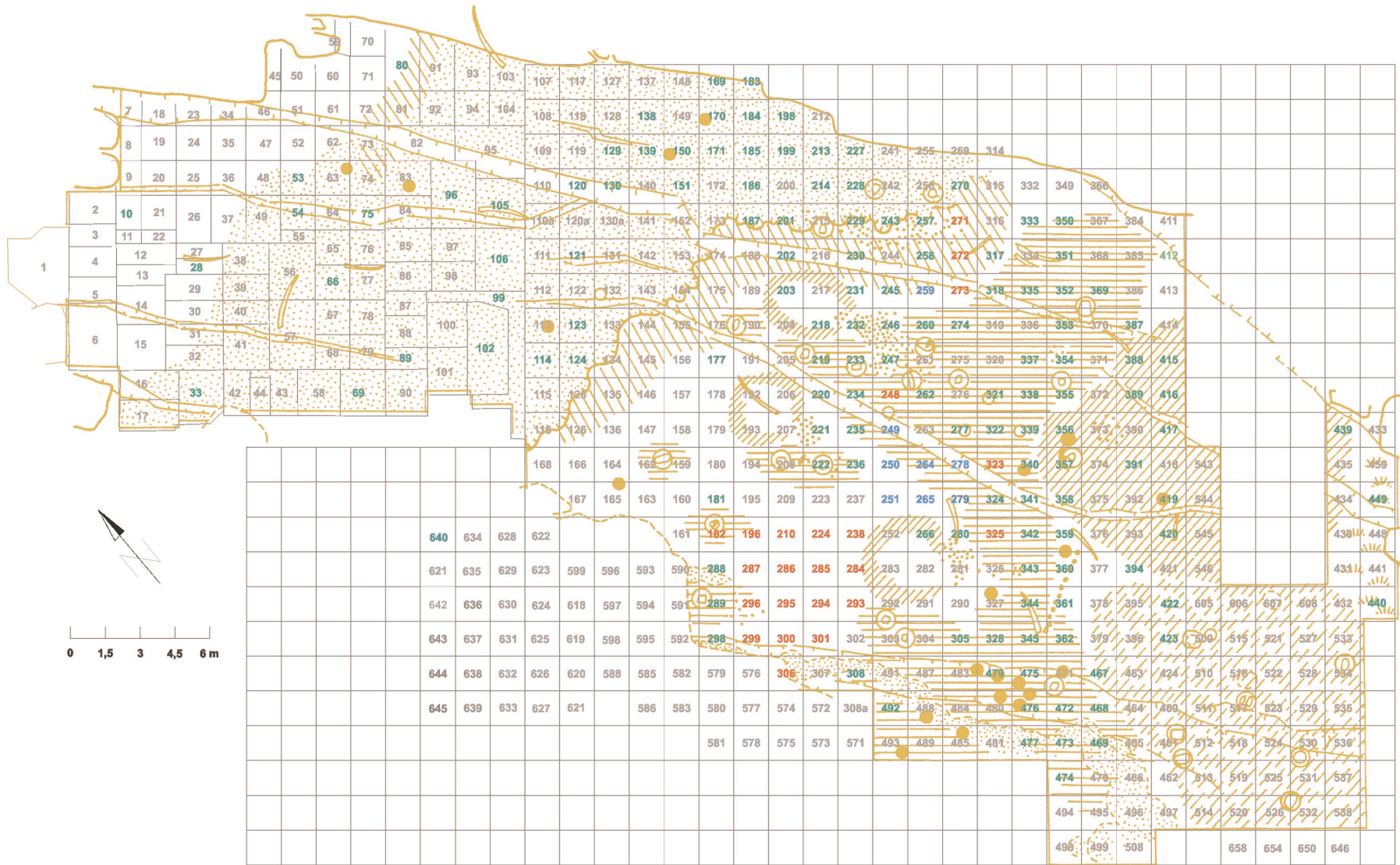


Tafel 19 – Artefakt mit Sichelglanz an Kante (oben); natürliche Flint-Struktur (REM, 2700x Vergr.) (Mitte); LSM-Rauhigkeitsmessung der unmodifizierten Flint-Oberfläche, LSM-Top-Scan 1 (unten links); Übergang zum Sichelglanz, LSM-Top-Scan 2 (unten rechts)

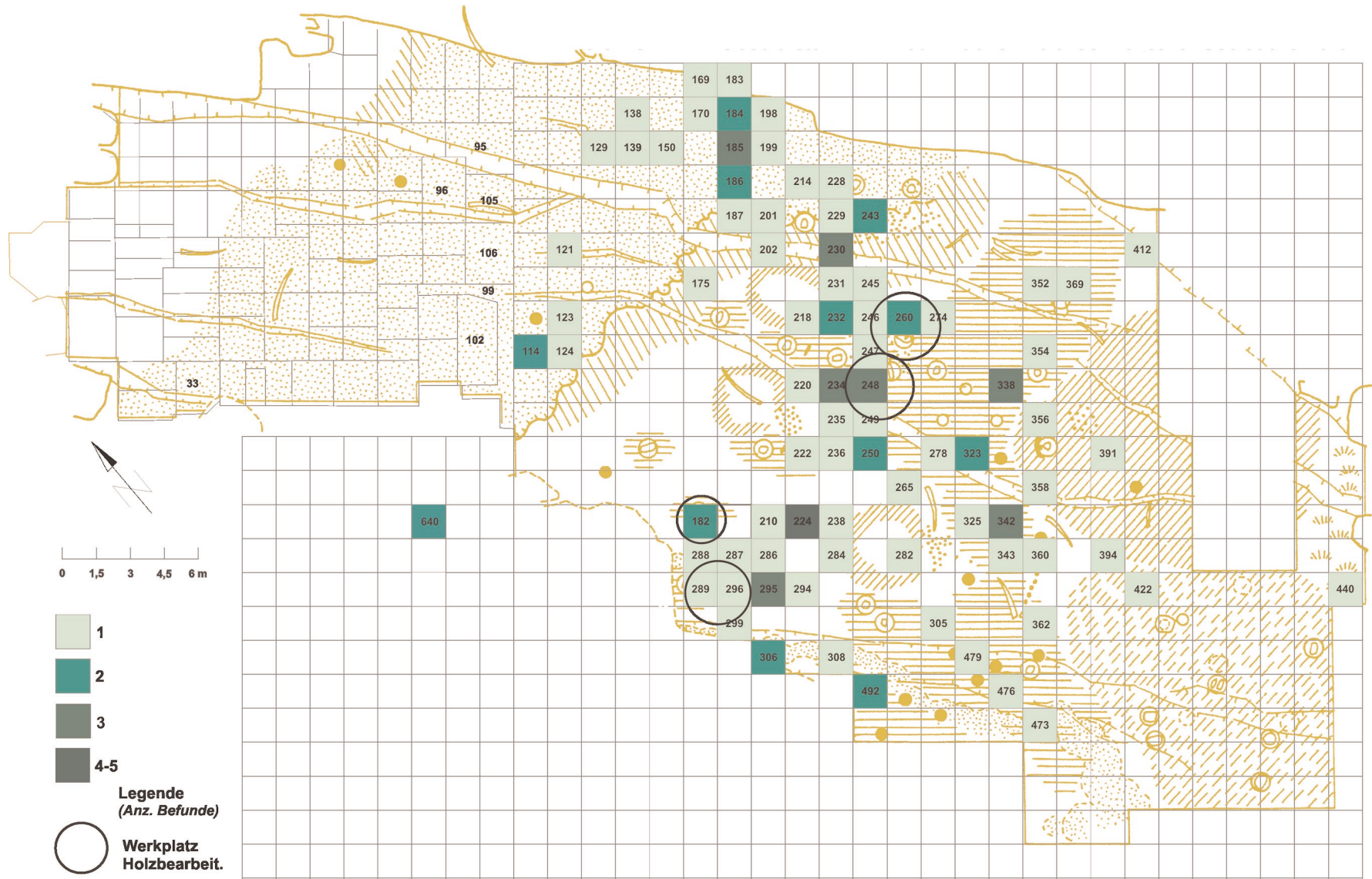


Tafel 20 – Sichelglanz-Experiment:

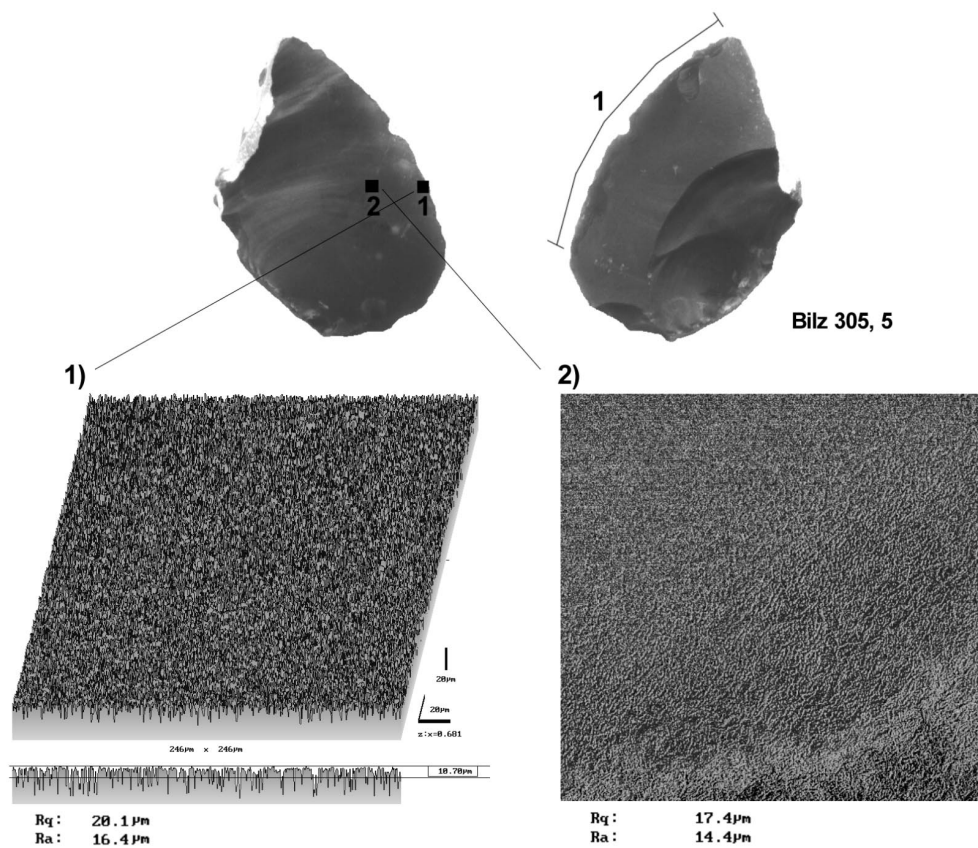
REM-Aufnahme der additiven Sichelglanz-Schicht (2700x Vergr.), links mit Mikro-Pitting (oben);
REM-Aufnahme des Mikro-Pitting (23000x Vergr.); keine Auflösung des Sichelglanzes in opaline
Strukturen im Nanobereich, daher Beweis einer additiven Schicht



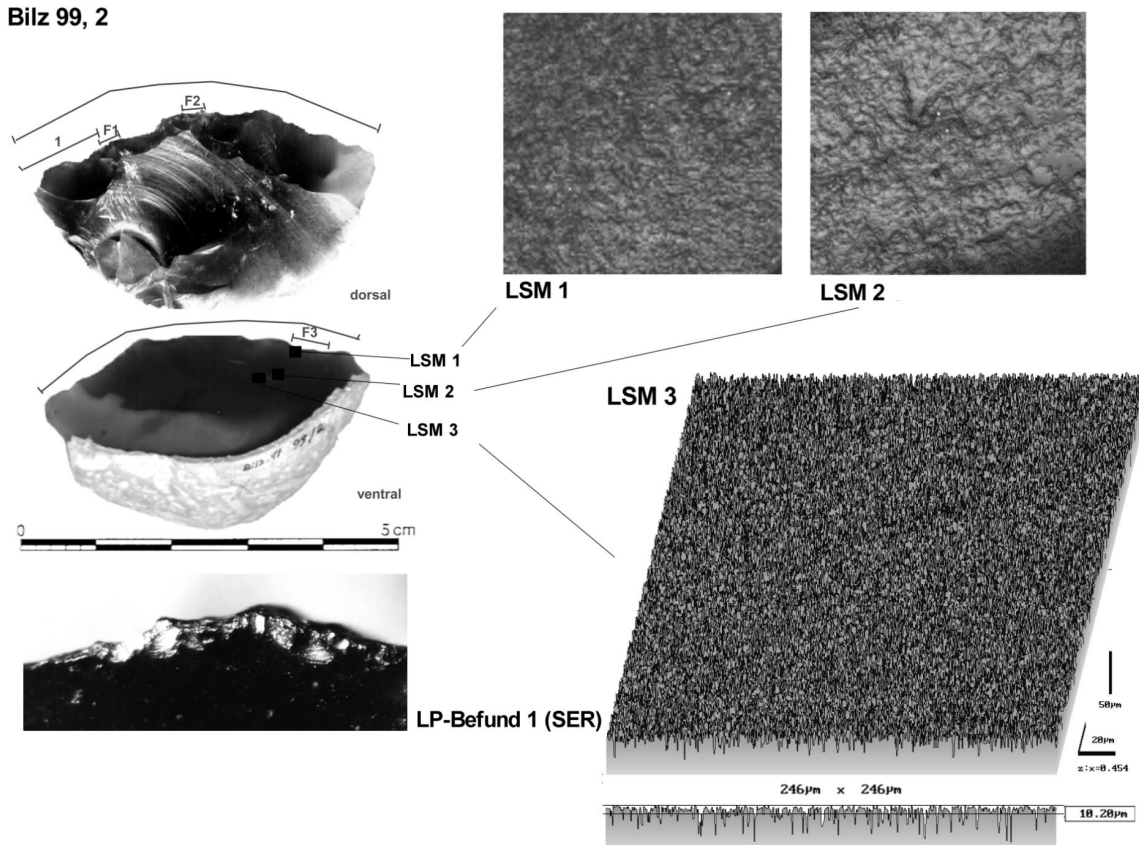
Tafel 21 – Bilzingsleben, Steinrinne: Auswahl zur lithischen Spurenanalyse;
 Numerierung der Planquadrate im Grabungssystem, dabei folgende Farbbedeutung: alle Artefakte des Planquadrates untersucht (rot), alle Geräte (blau),
 nur ausgewählte Artefakte untersucht (grün)



Tafel 22 – Bilzingsleben, Steinrinne: die Farbe der Planquadrate gibt die Anzahl von Artefakten mit Gebrauchsspurenbefund an

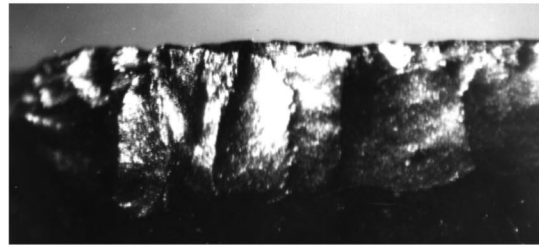
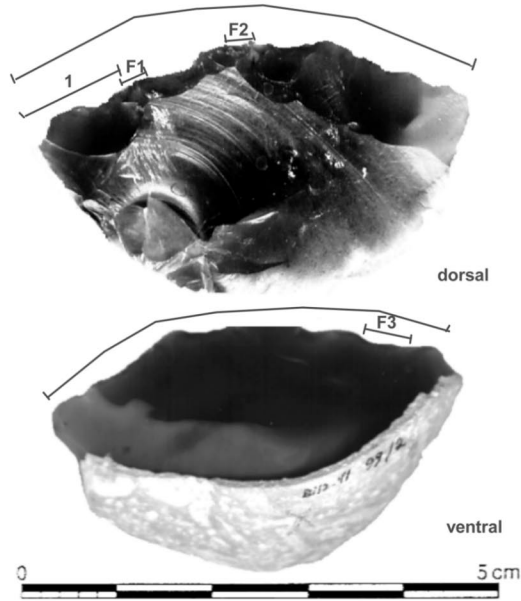


Bilz 99, 2

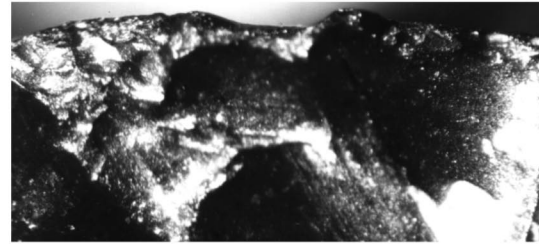


Tafel 23 – Bilzingsleben: Oberflächen-Scans von Artefakten mit Low Power-Befunden; monochrome Oberflächenaufnahmen und Mittenrauhwerte Kante vs. Fläche (LSM 1 u. 2)

Bilzingsleben 99, 2 - Kombination Schaber/ Messer (Kantenw. 45°), zuletzt Schaben an hartem Material

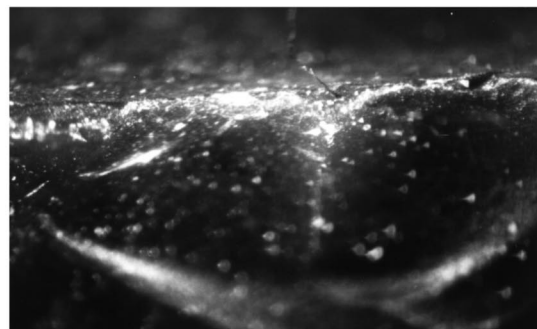
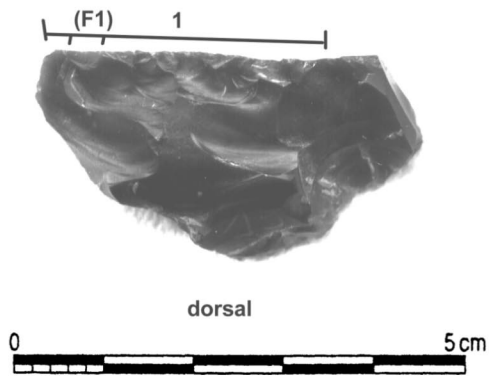


F2



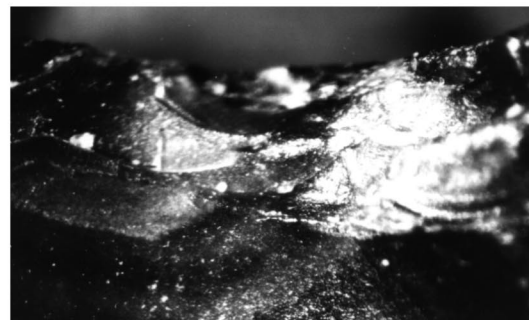
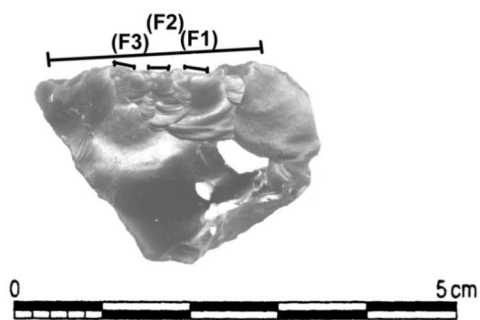
F3

Bilzingsleben 218, 15 - Schaben an hartem Material, dorsal partielle SER (Kantenw. 40-45°)



F1

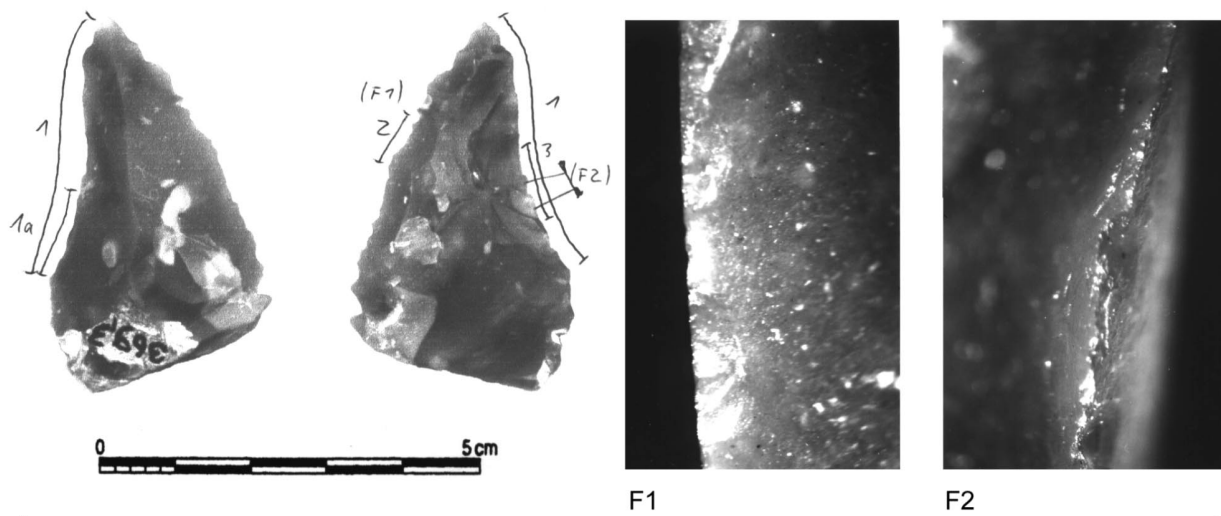
Bilzingsleben 95, 48 - Schaben von mittelhartem Material, Spanseite dorsal (Kantenwinkel 60-65°)



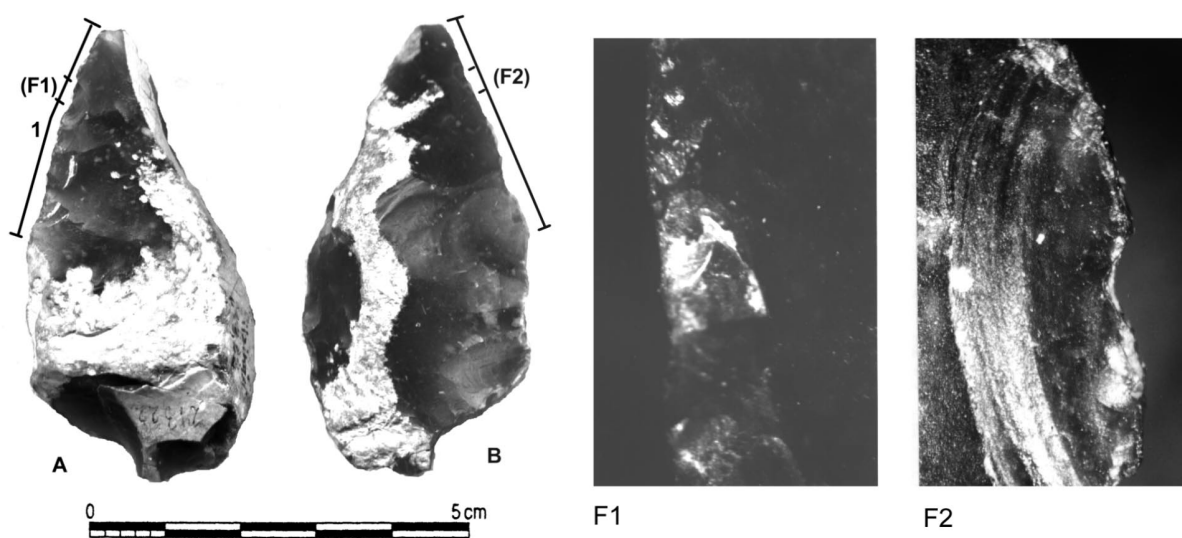
F1

Tafel 24 – Bilzingsleben: Beispiele für Feuersteingeräte (Schaber) mit Gebrauchsretuschen durch hauptsächlich transversalen Gebrauch

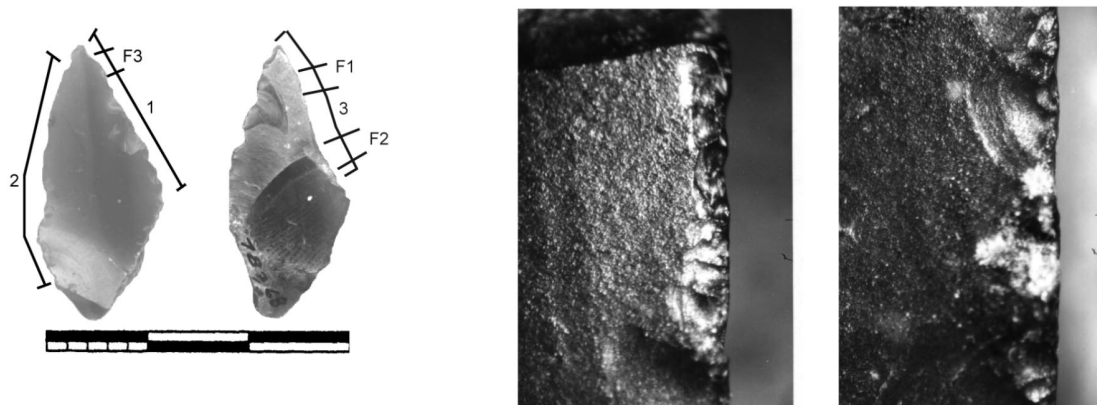
Bilzingsleben 369, 3 - konvexe Kante 60°: Schaben mittelhart; konkave Kante 65°: Schneiden/ Sägen



Bilzingsleben 243, 22 - Schaben mit konvexer Kante, Kantenwinkel 60-65°

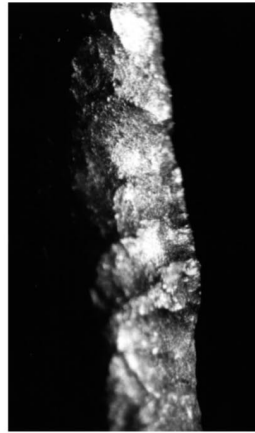
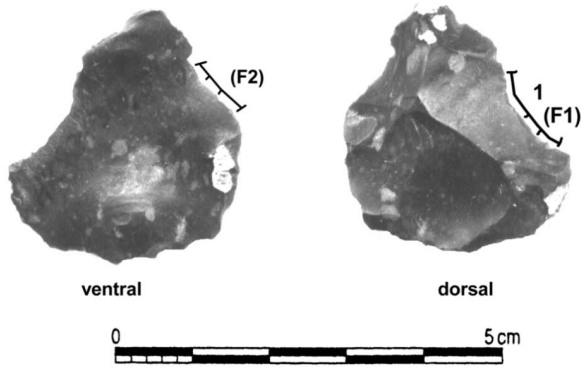


Bilzingsleben 187, 68 - Schaben/ Glätten, Spanseite dorsal, Kantenwinkel 50°

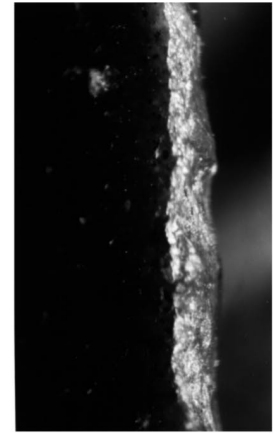


Tafel 25 – Bilzingsleben: Beispiele für Feuersteingeräte (spitzenartige Schaberformen) mit Gebrauchsretuschen durch hauptsächlich transversalen Gebrauch

AB, Schaben/ Glätten mit gebuchteter Kante

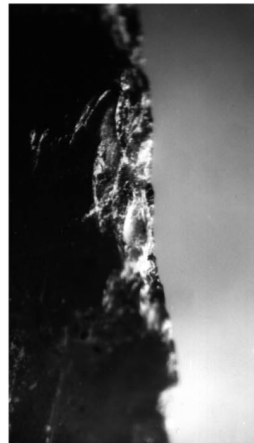
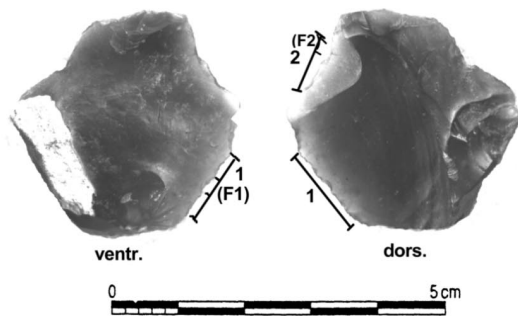


F1

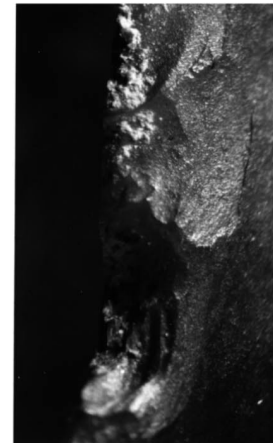


F2

AB, Schaben/ Glätten mit gebuchteter Kante

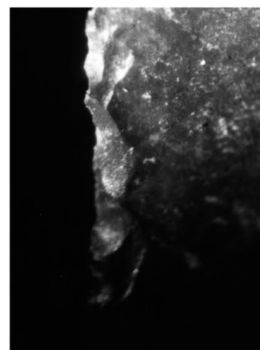
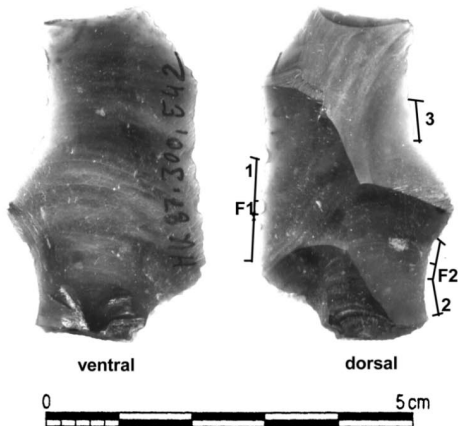


F1

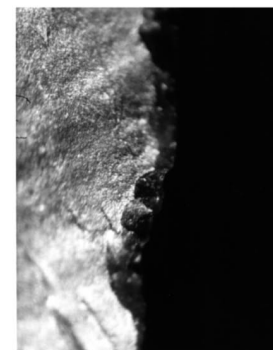


F2

Lev.-AB, Schaben/ Glätten mit gebuchteten Kanten

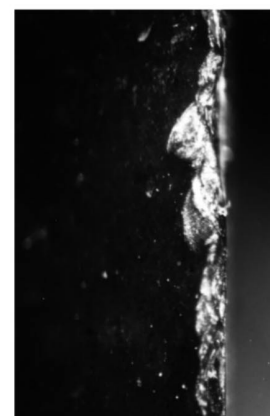
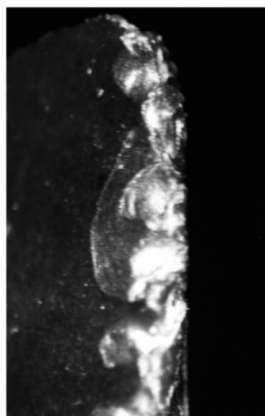
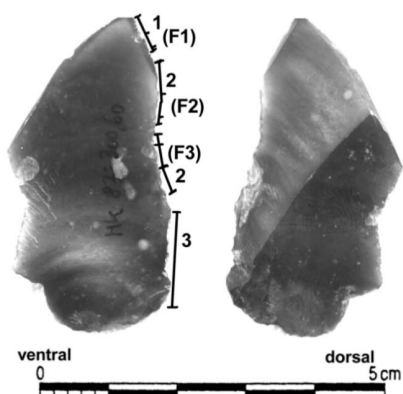


F1



F2

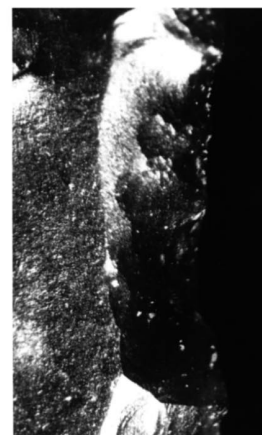
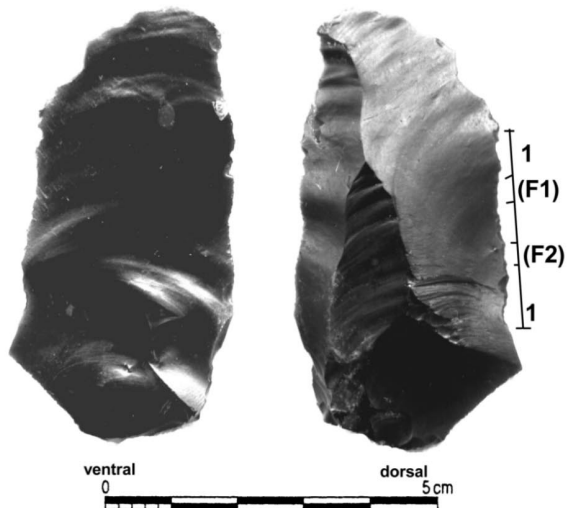
Kombination Schneiden (Spitze) und Schaben/ Glätten mittelharten Materials



F1

F2

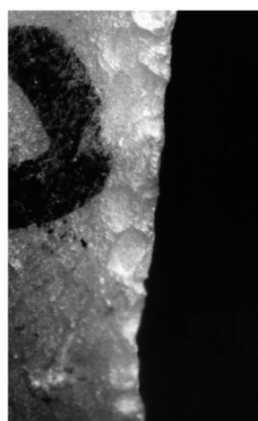
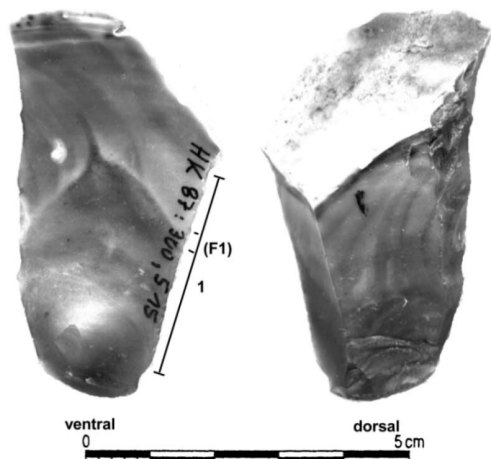
Lev.-AB , lateral Schaben/ Glätten



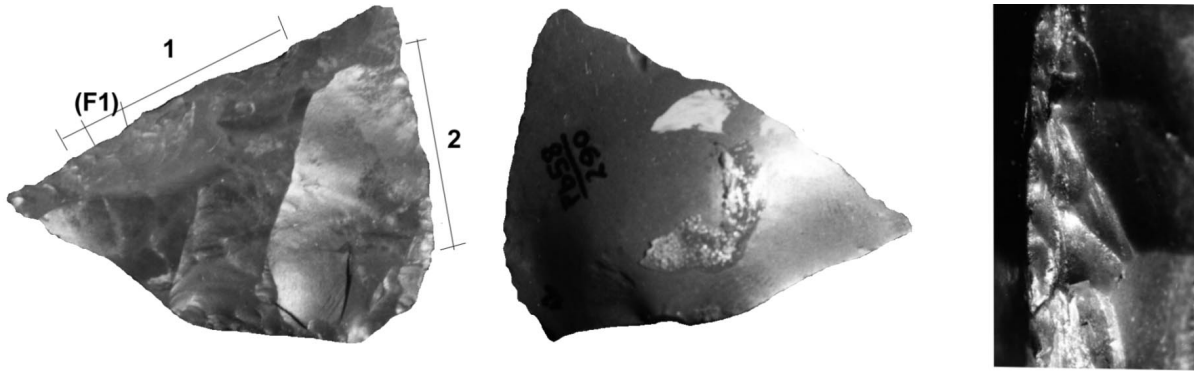
F1

F2

Serienabschlag, Schaben/ Glätten von hart. Mat., Kante noch nicht verstumpft

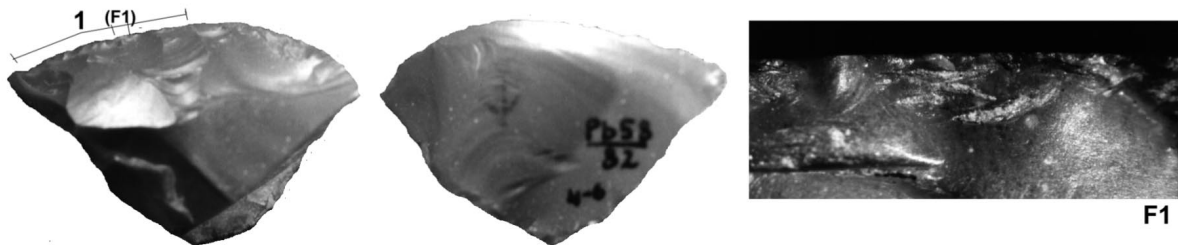


F1



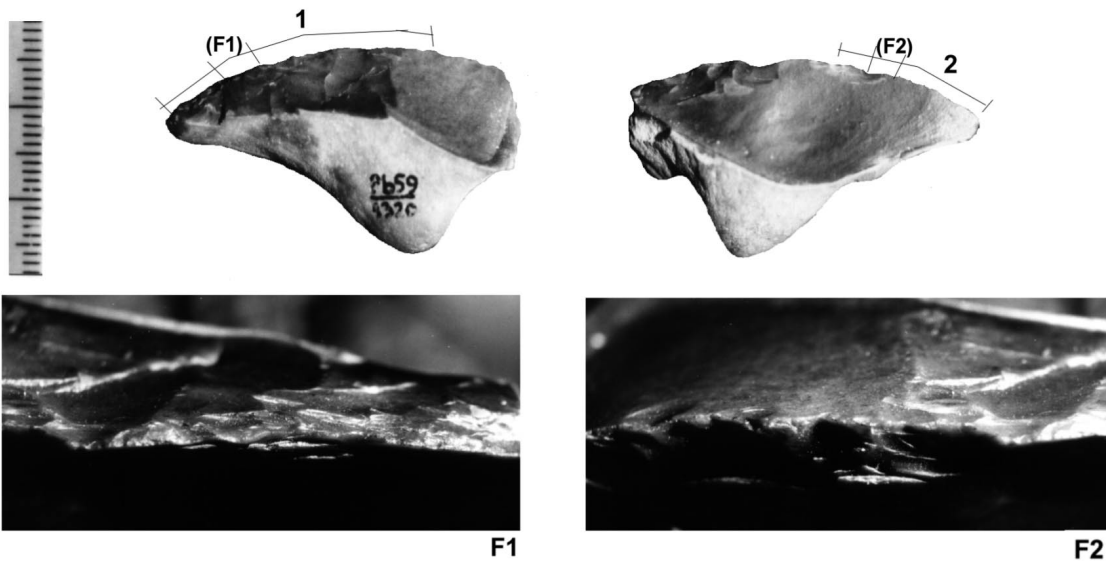
Pb58, 29 - Winkelschaber, intensives Schaben von hartem Material (Kantenw. 60°)

F1



Pb 58, 82 - Transversalschaber, intensives Schaben von hartem Material (Kantenwinkel 65°)

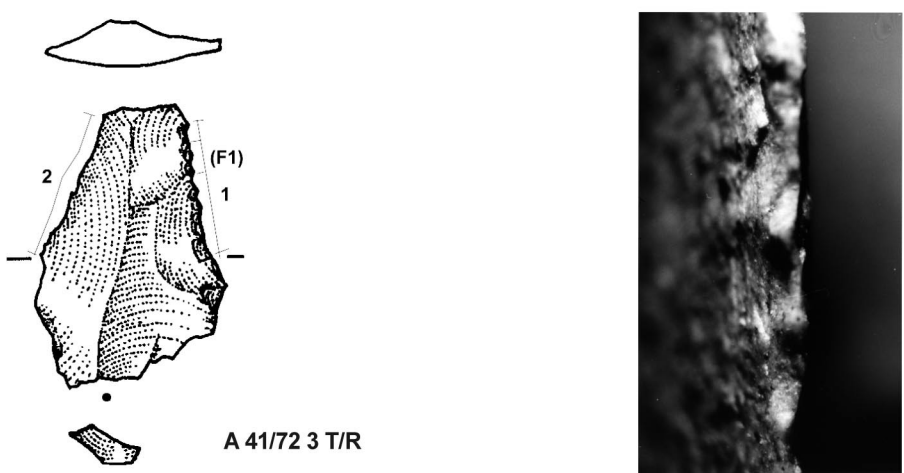
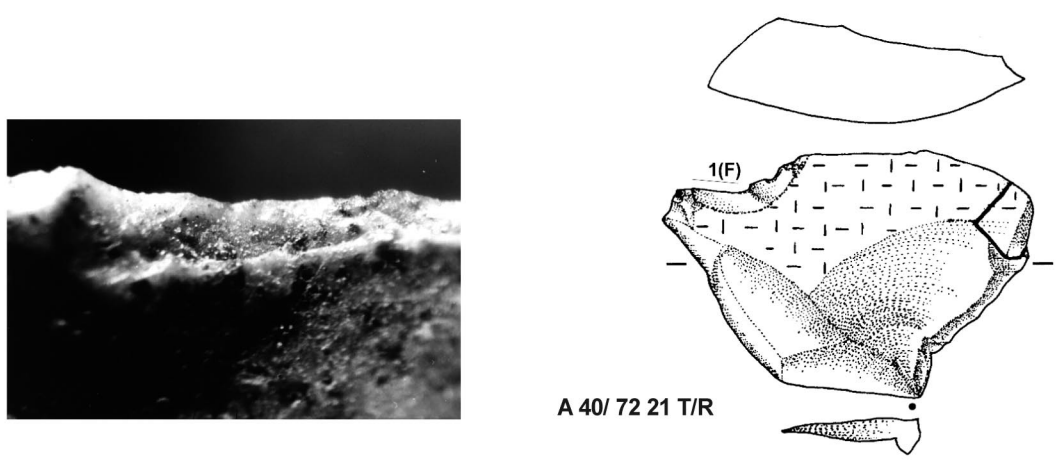
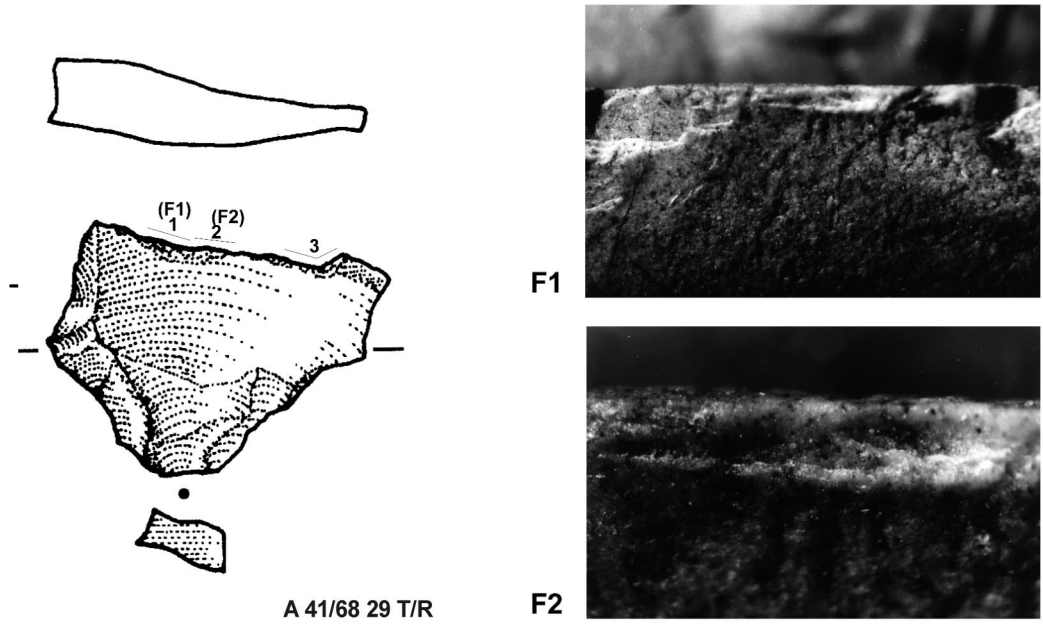
F1



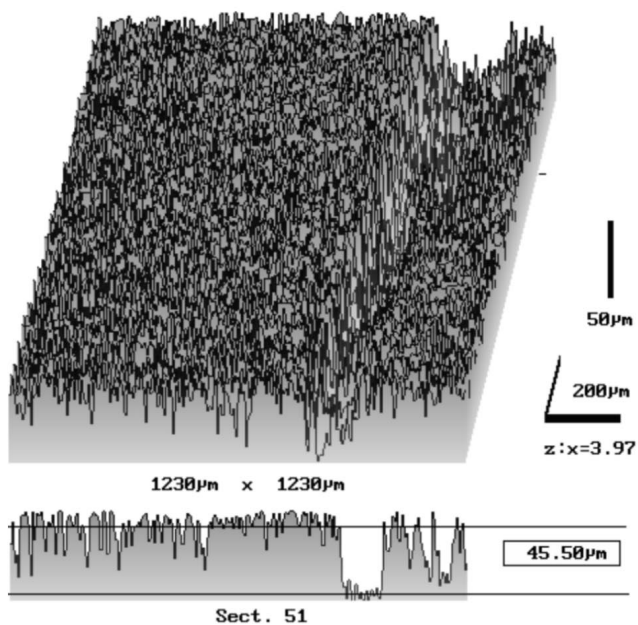
Pb 59, 1320 - Schaber/ Messer-Kombination, Schaben von hartem Material + Sägen (Kantenw. 50°)

F1

F2



Tafel 29 – Wallertheim, Steinartefakte: Beispiel für transversalen Gebrauch (Material: Rhyolith/Andesit) (Zeichnungen S.Biedrowski)



Knochenoberfläche, LSM Topo-Scan

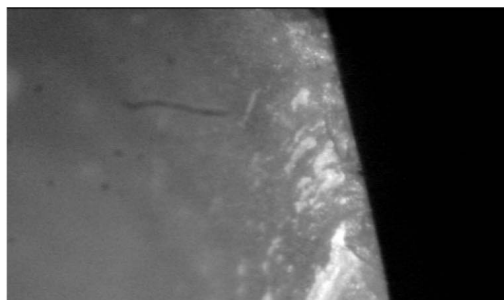
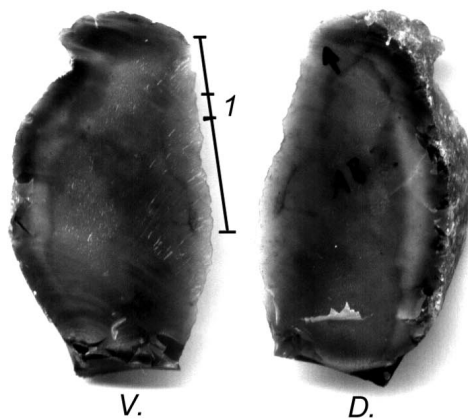


Foto 1



1



2

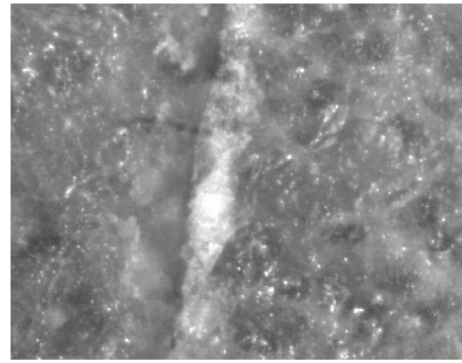


3

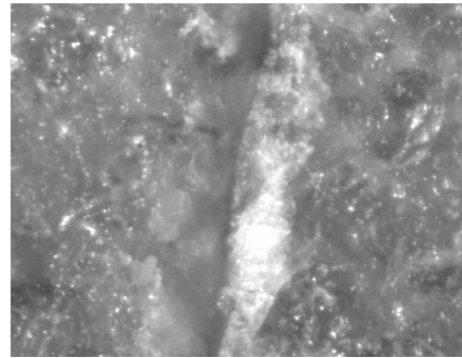


4

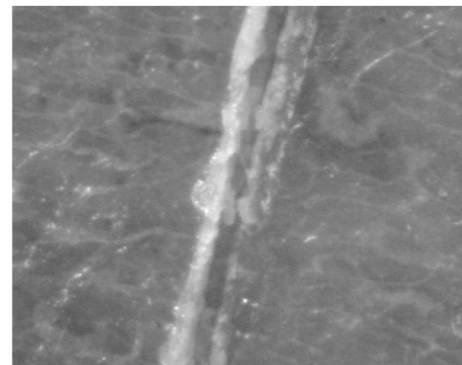
Tafel 30 – LSM-Scan der Topographie einer experimentellen Schnittspur auf frischem Knochen (oben links), Lage der verwendeten Werkzeugkante (1) mit Low Power-Befund (oben rechts u. Foto 1); Druck: stark, Kantenwinkel des Werkzeugs: 25°; 1, 2, 3, 4 - Ausschnitte unter dem Binokular (1, 2 -20x Vergr.; 3, 4 - 40x Vergr.)



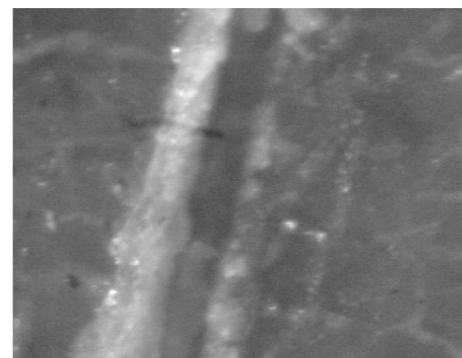
1



2

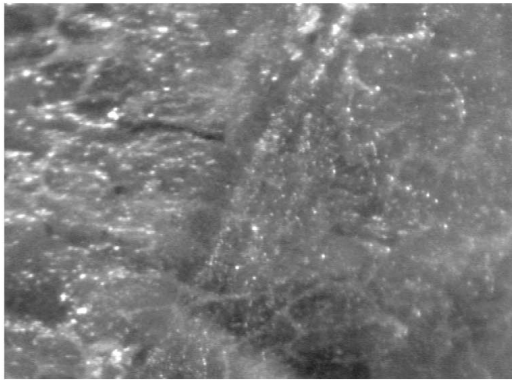
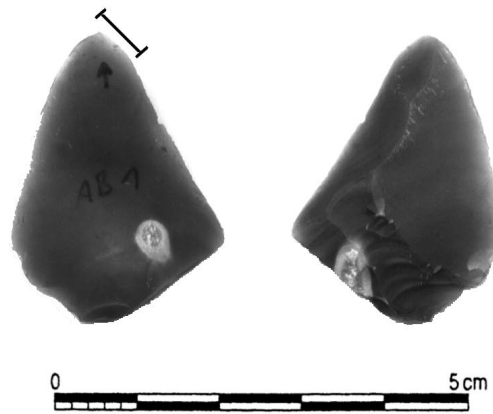


3

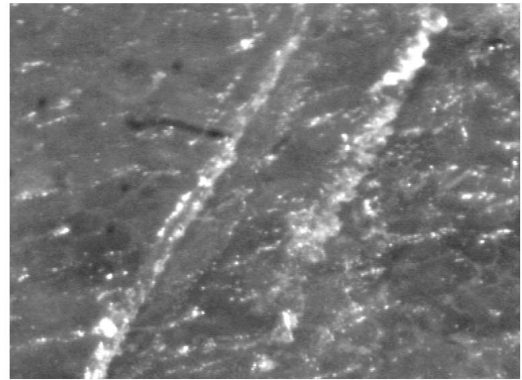


4

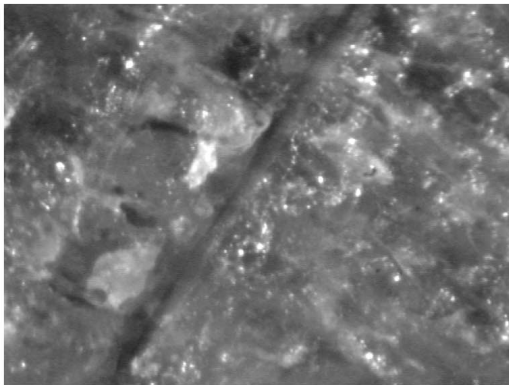
Tafel 31 – Experimentelle Schnittspuren auf frischem Knochen, unter Verwendung von Handspitzen aus Flint (beide M 1:1); Kantenwinkel 55° (oben), Schnittspuren unter Binokular (1 - 20x, 2 - 30x Vergr.); Handspitze mit Kantenwinkel 30°, Schnittspuren unter Binokular (3 - 20x, 4 - 40x Vergr.)



1

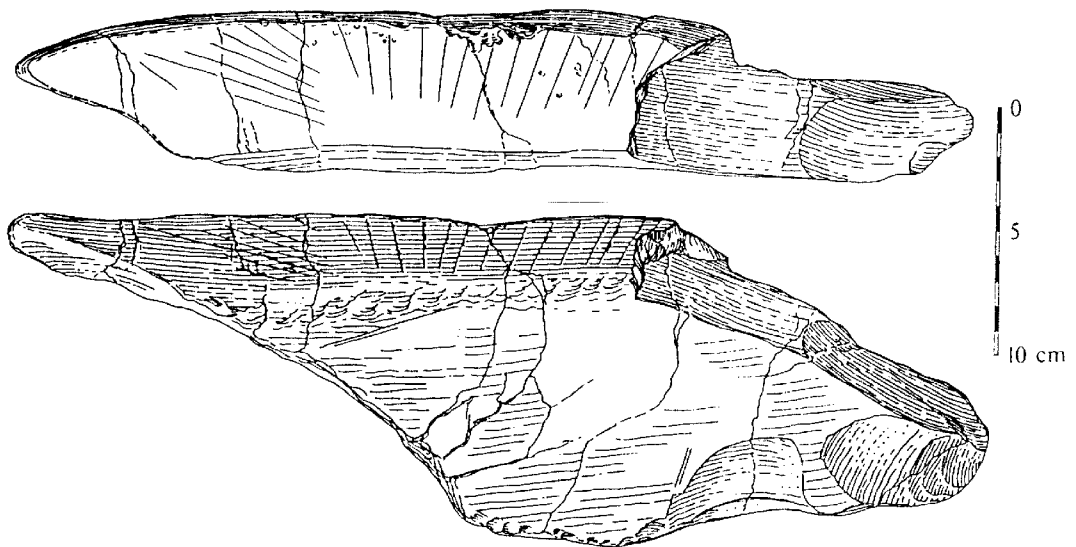
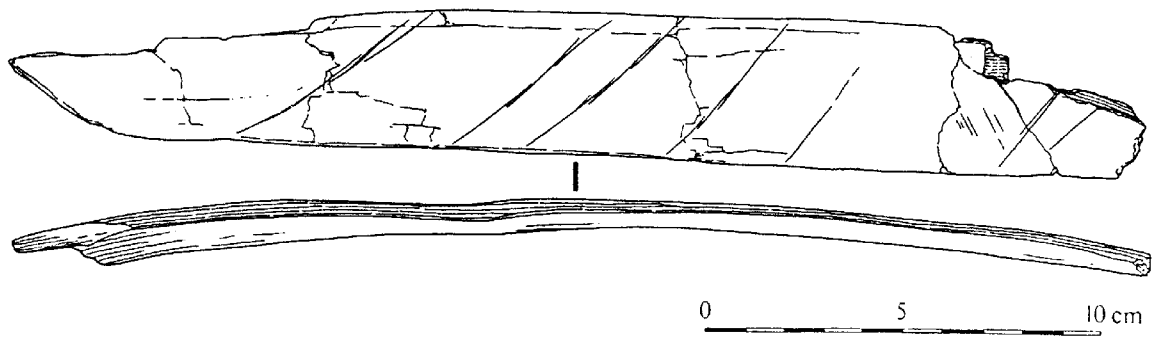
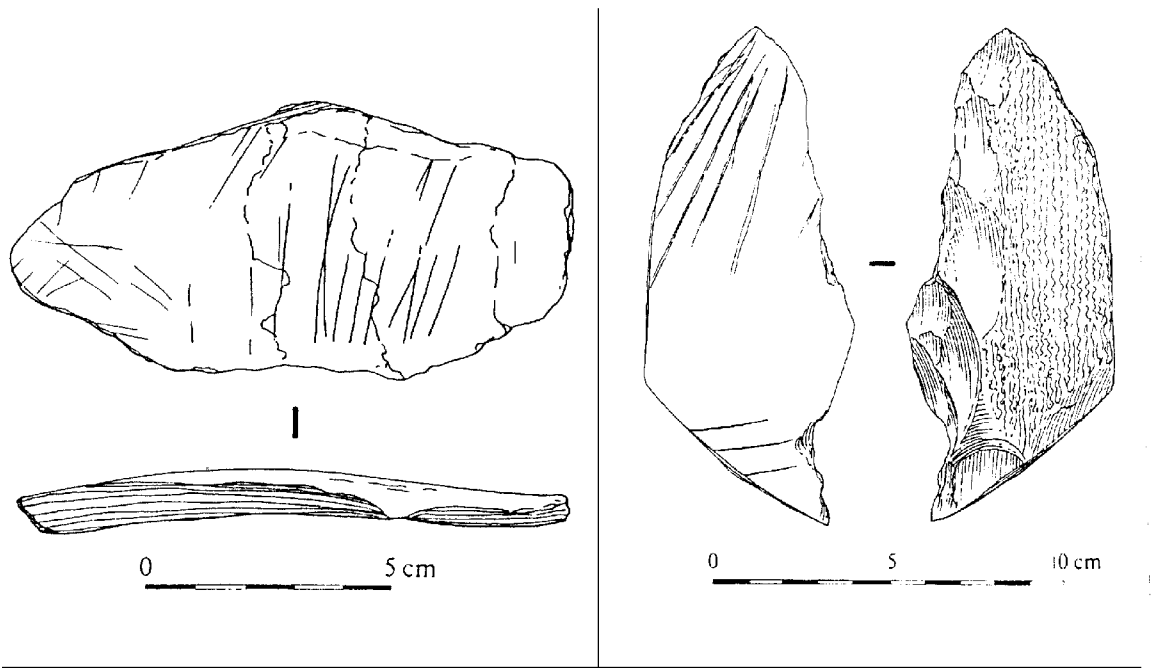


2

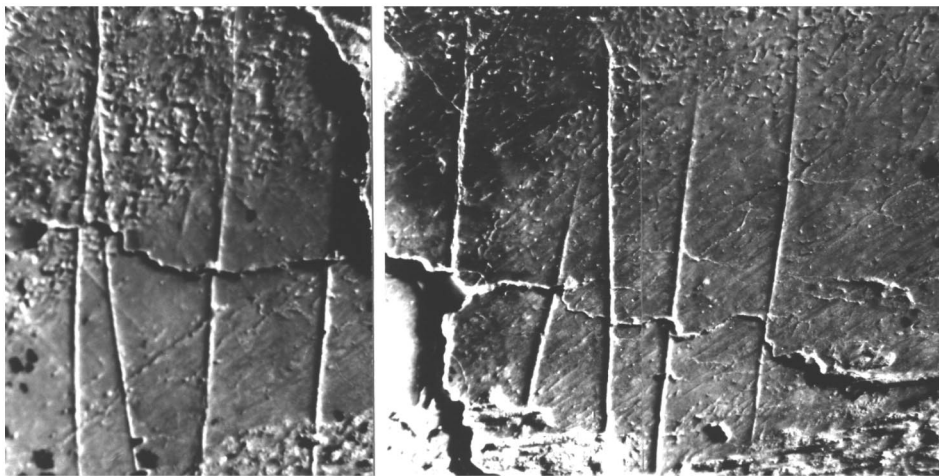


3

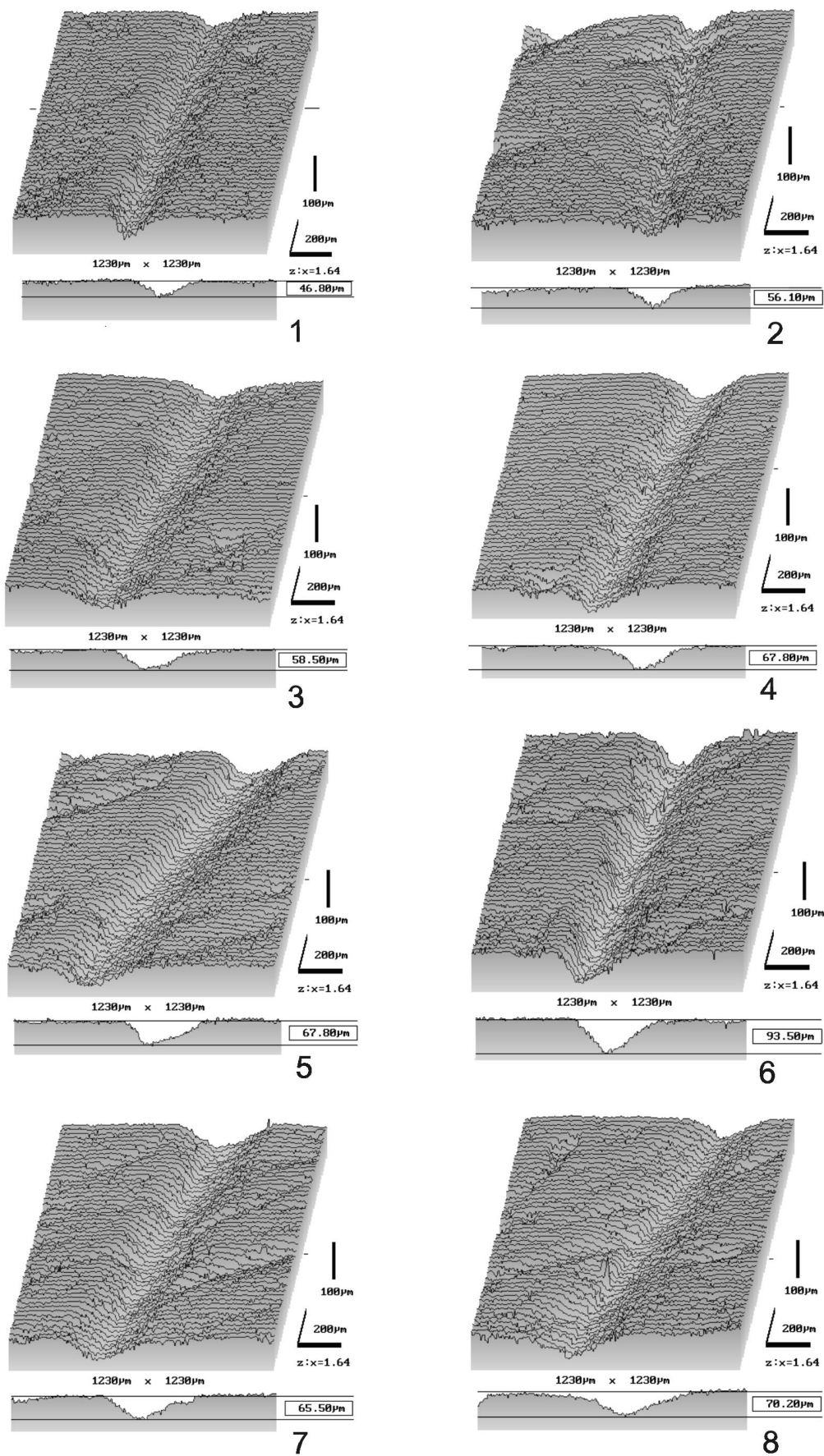
Tafel 32 – Experimentelle Schnittspuren auf frischem Knochen; distal spitz zulaufender Abschlag, Kantenwinkel 25°; Schnittspuren unter Binokular (30x Vergr.), 1 - schwacher Druck, senkrecht, 2 - schwacher Druck, schiefwinklig, 3 - starker Druck, senkrecht



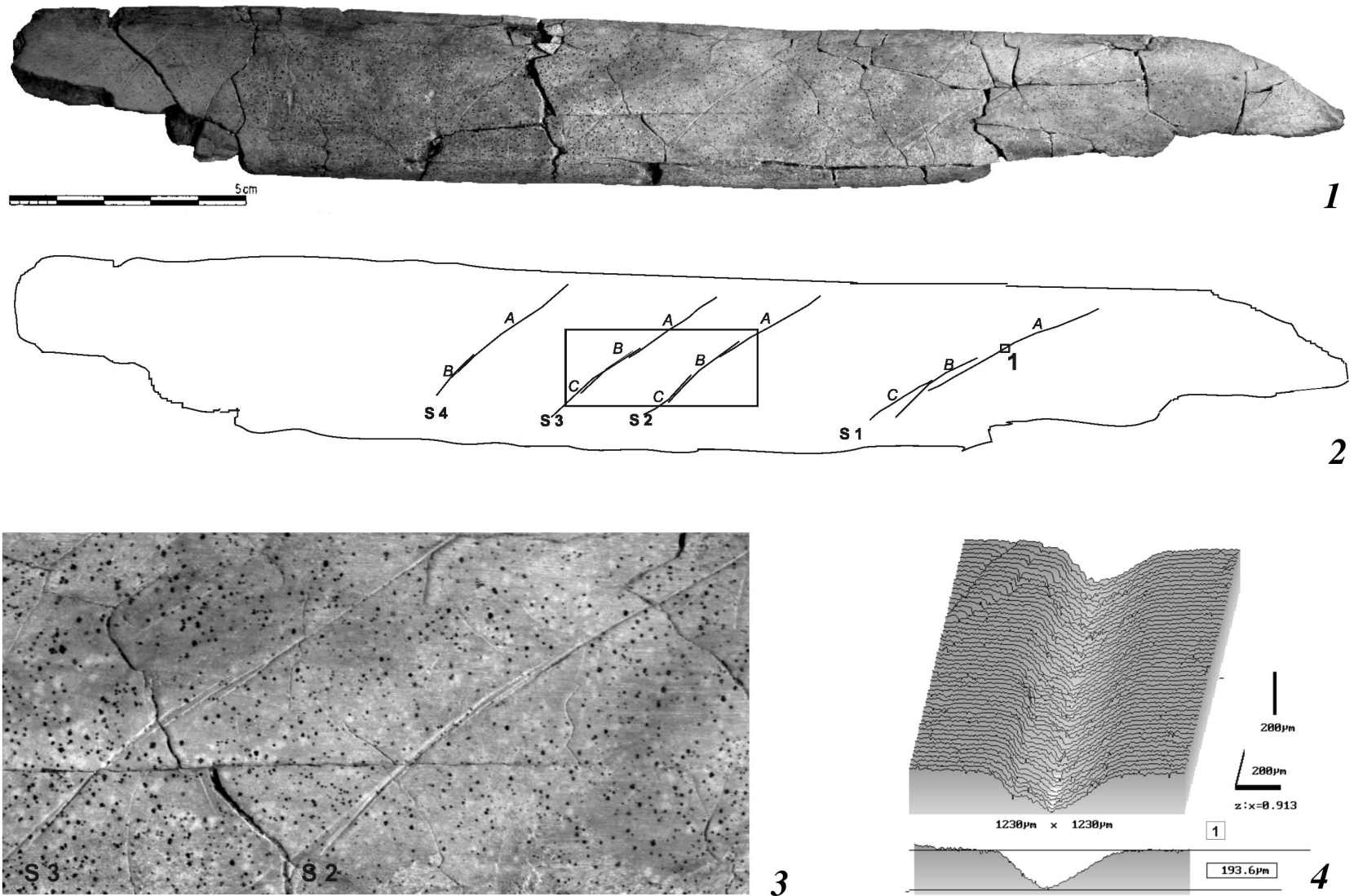
Tafel 33 – Objekte mit nichtfunktionalen Schnittspuren (Zeichnungen D.Mania, aus: Mania & Mania 1988)



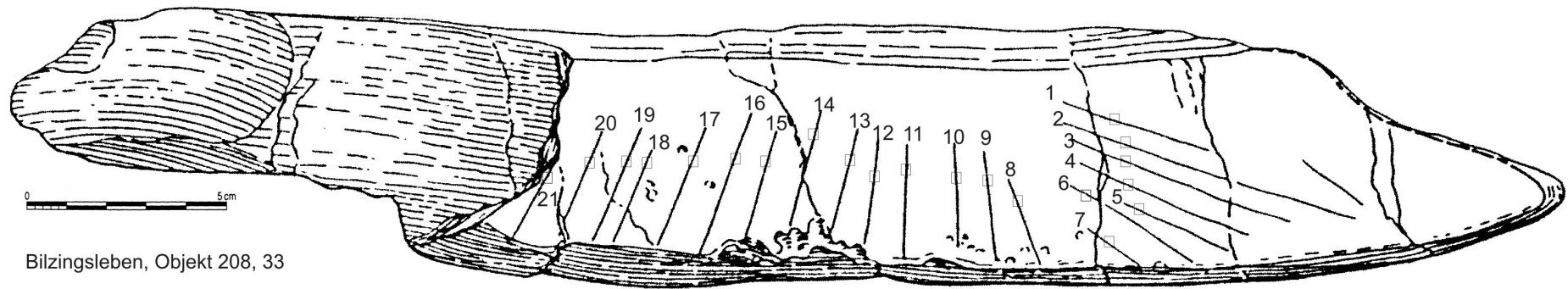
Tafel 34 – KN Bilz 182, 32: Gesamtansicht (oben); Spurengruppe mit Eintragung der LSM-Spots (Mitte); Bildausschnitte mit Spuren unter dem Binokular (unten)



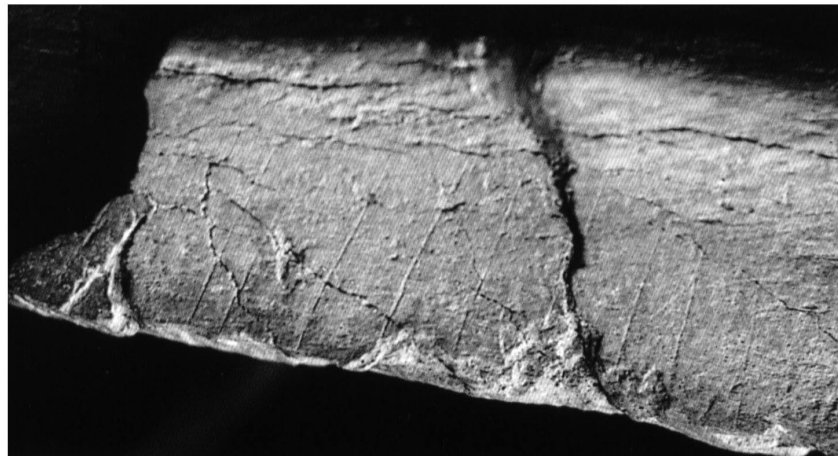
Tafel 35 – KN Bilz 182, 32: LSM-Top-Scans ausgewählter Spots (vgl. Tafel 34), mit Profilquerschnitt und Messung der Profiltiefe;



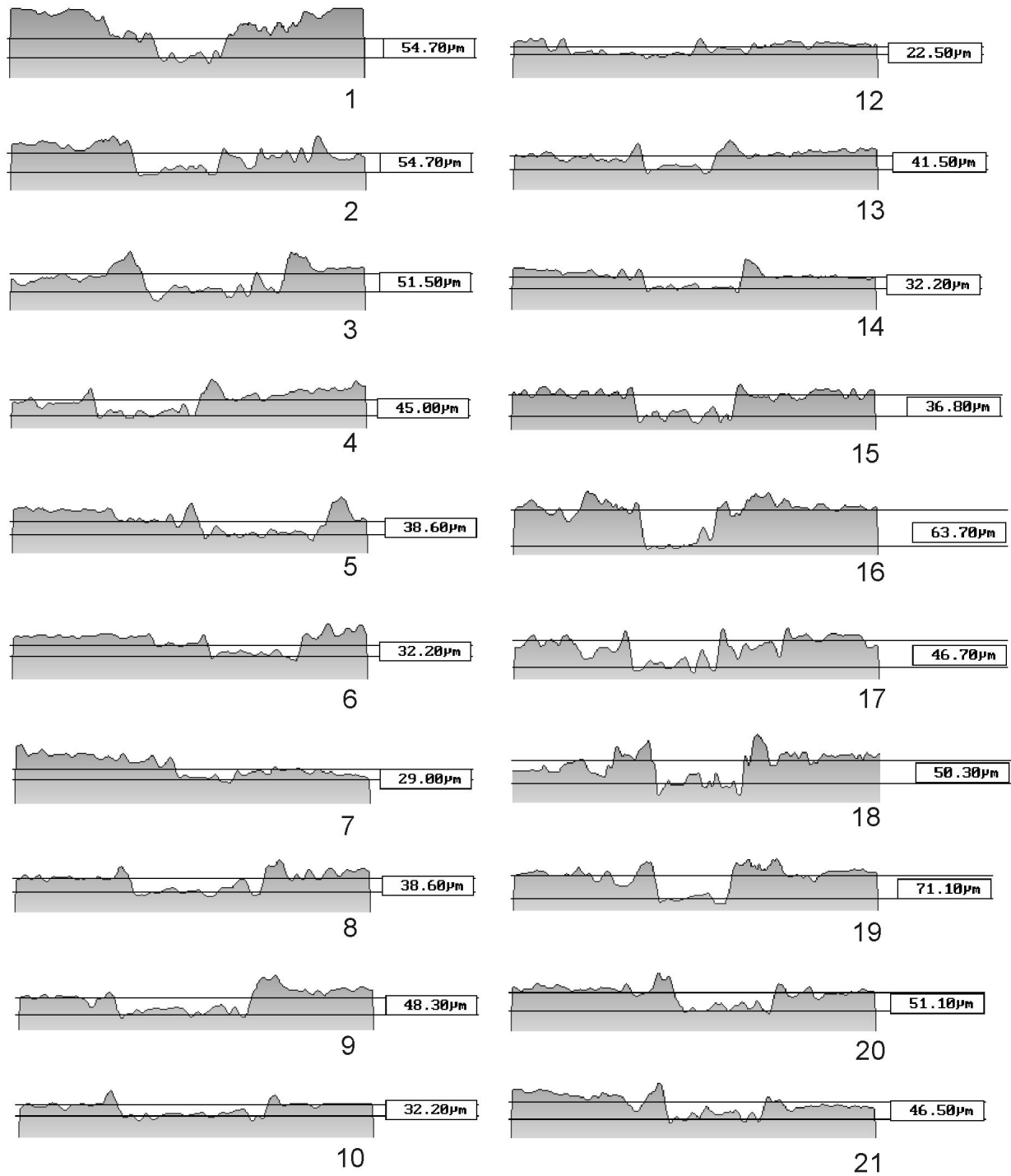
Tafel 36 – KN Bilz 219, 34: 1 - Gesamtansicht der Rippe; 2 - Spuren mit Eintragung der LSM-Spots und Schema der Schnittreihenfolge; 3 - Detail, vgl. eingezeichnetes Rechteck in 2; 4 - LSM-Top-Scan, entspricht Spot (1) in 2



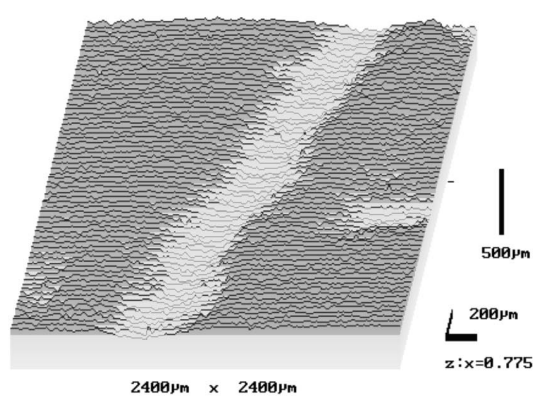
Bilzingsleben, Objekt 208, 33



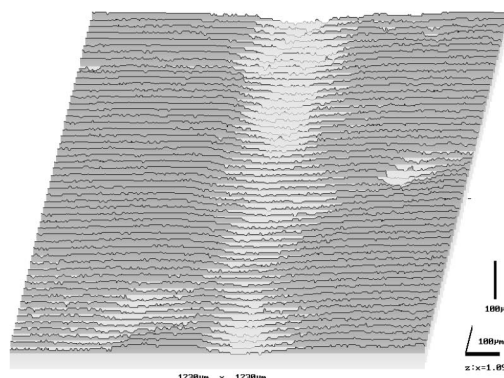
Tafel 37 – KN Bilz 208, 33: Femur Elefant: Spuren mit Eintragung der LSM-Spots (oben); mittlerer Bildausschnitt mit Spuren Nr. 11-21



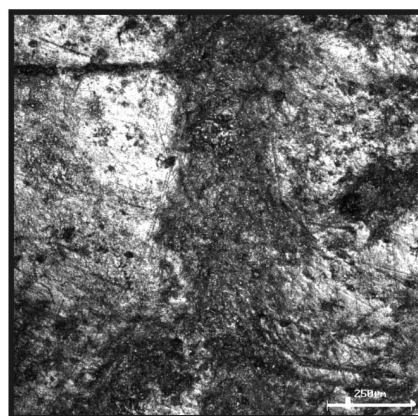
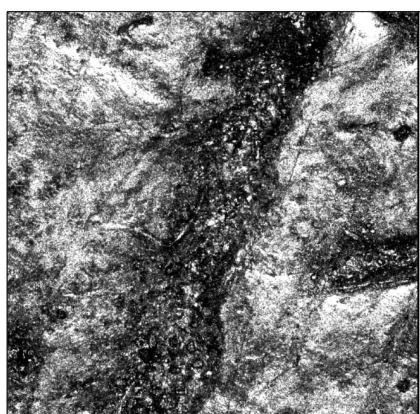
Tafel 38 – KN Bilz 208, 33: Femur Elefant, Referenzprofile der Spuren 1-21 innerhalb der ausgewählten Spots (vgl. Tafel 37) mit Angaben der Profiltiefe



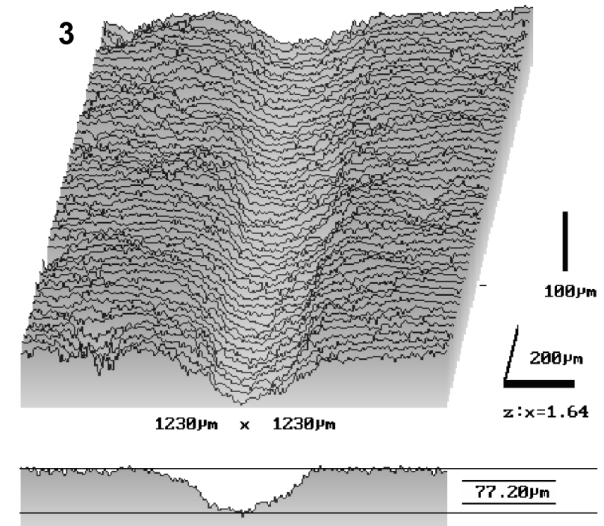
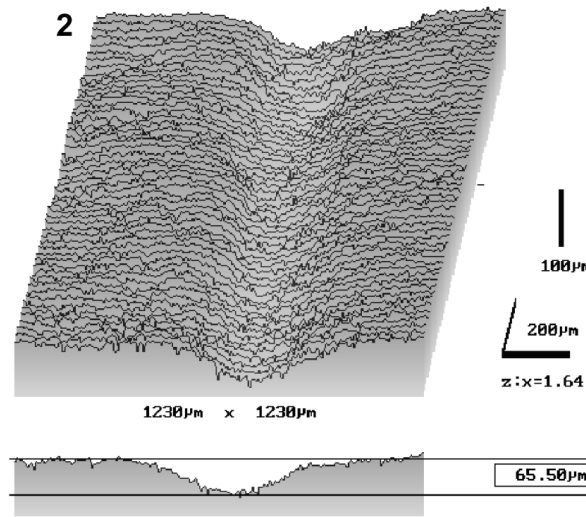
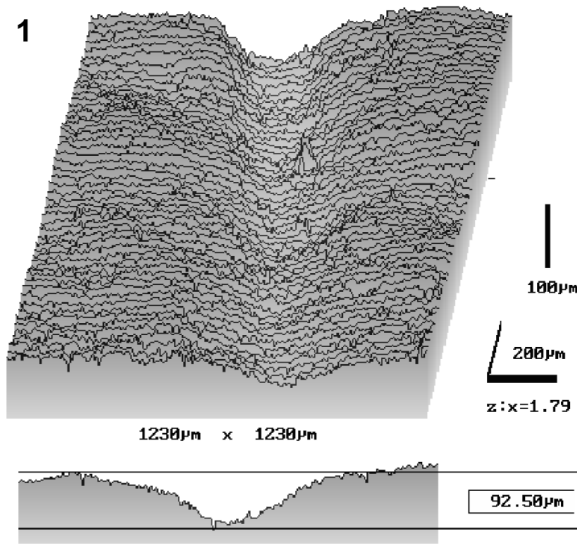
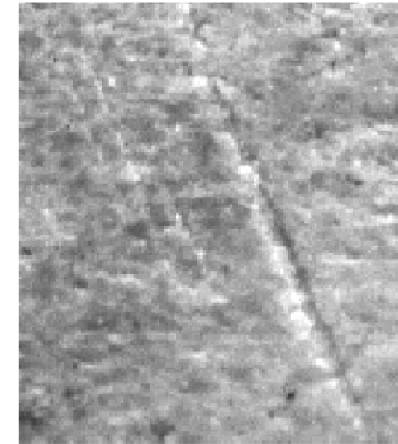
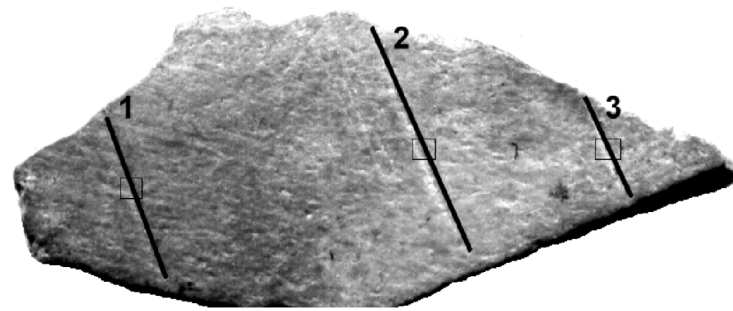
LSM-Spot 1



LSM-Spot 2



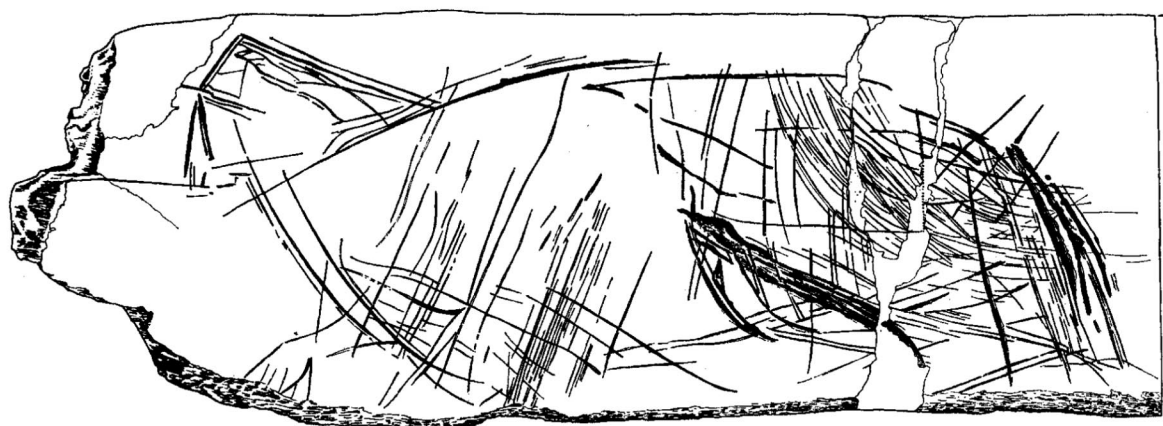
Tafel 39 – KN Bilz 86/B1: Darmbeinfragment Nashorn, Kartierung aller 32 Schrammen und Lage der LSM-Spots (oben); LSM-Top-Scans mit Referenzprofil (Mitte); monochrome Fotos (unten)



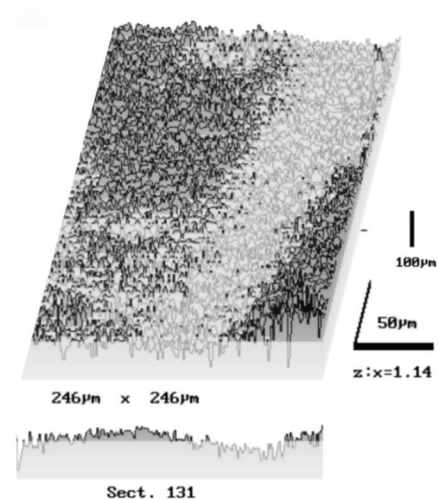
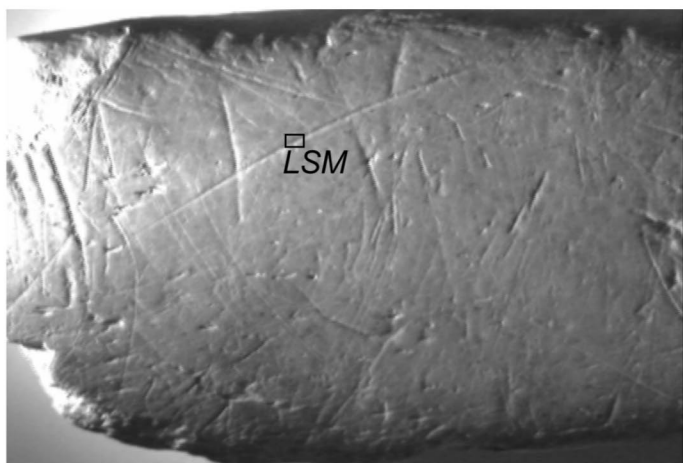
Tafel 40 – KN 113, 85, Spuren mit LSM-Spots (oben links); Detail rechts - feine Parallelverschrammung neben Spur 2; LSM-Spots 1-3 und Spurenprofile (unten)



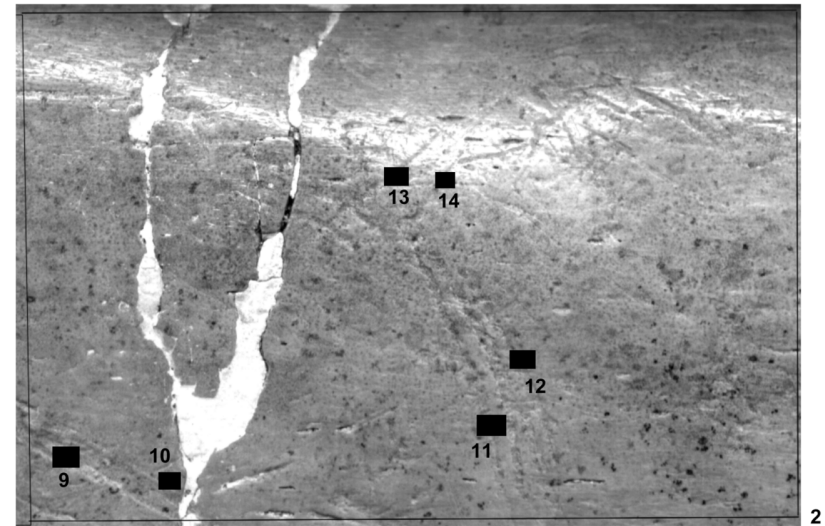
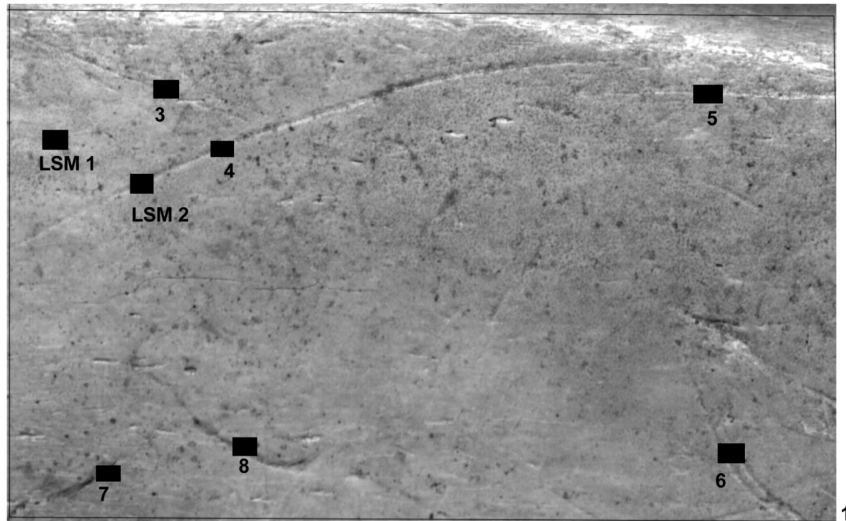
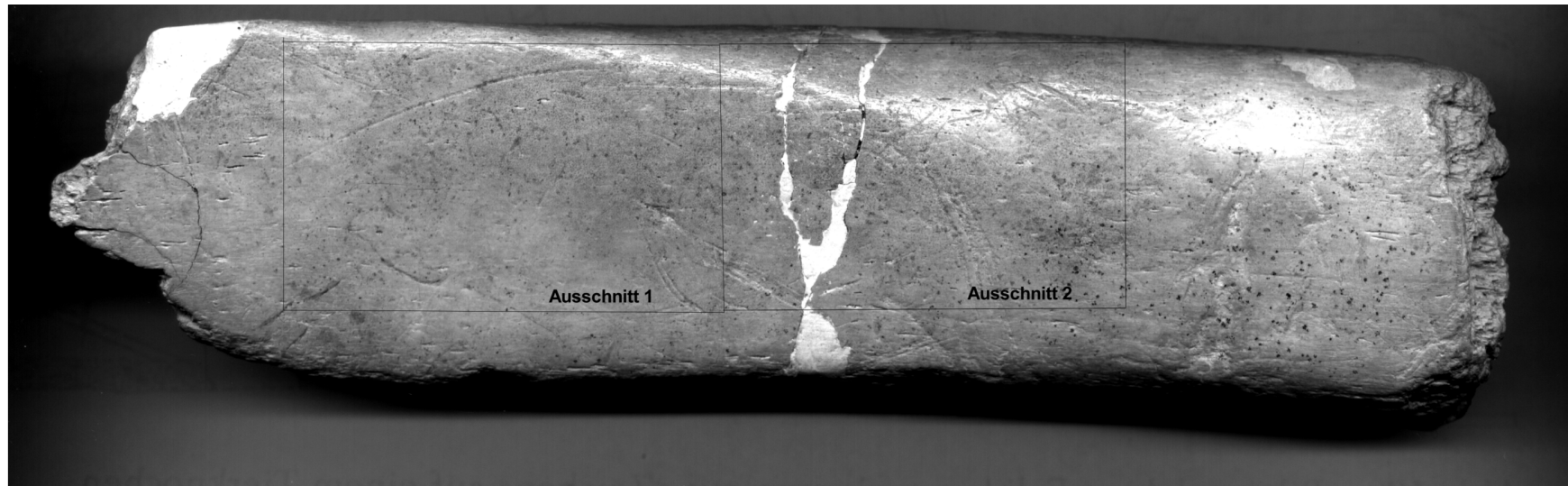
0 1 2 3 4 5 cm



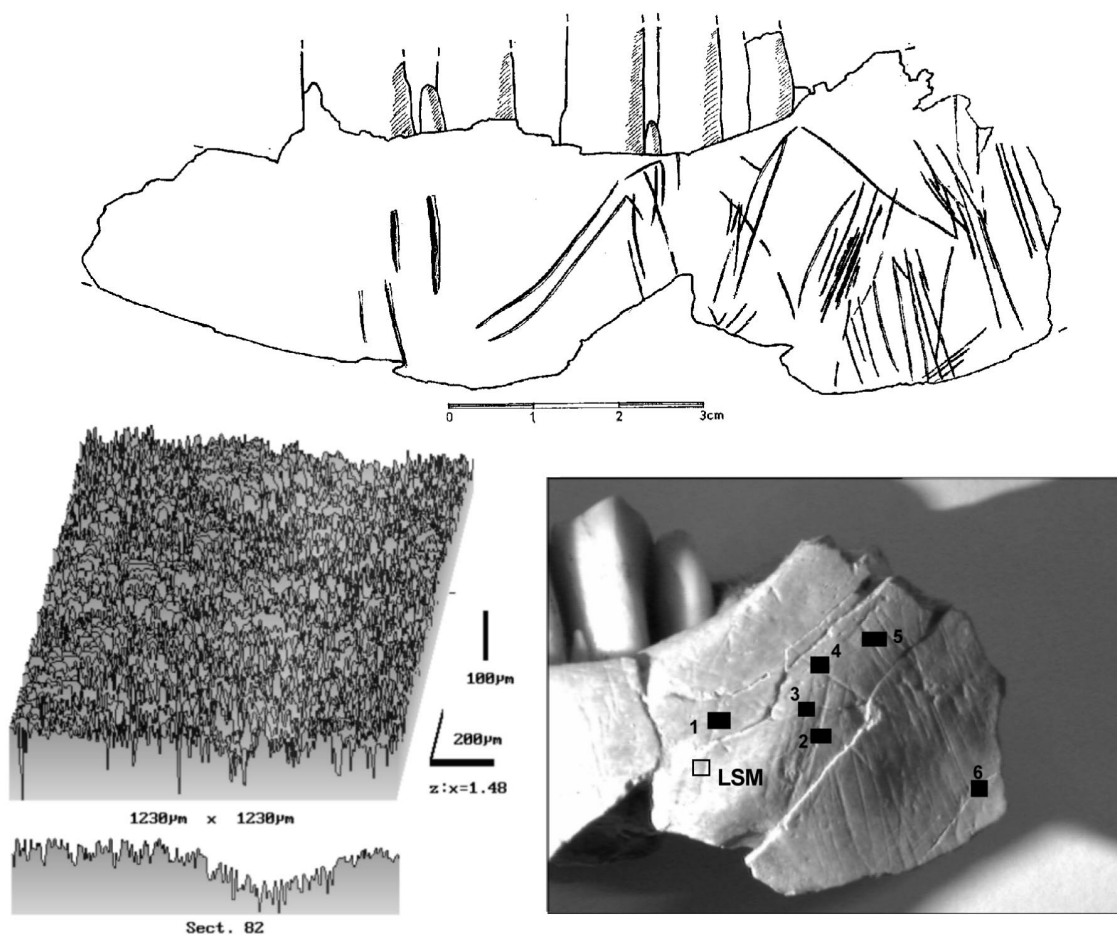
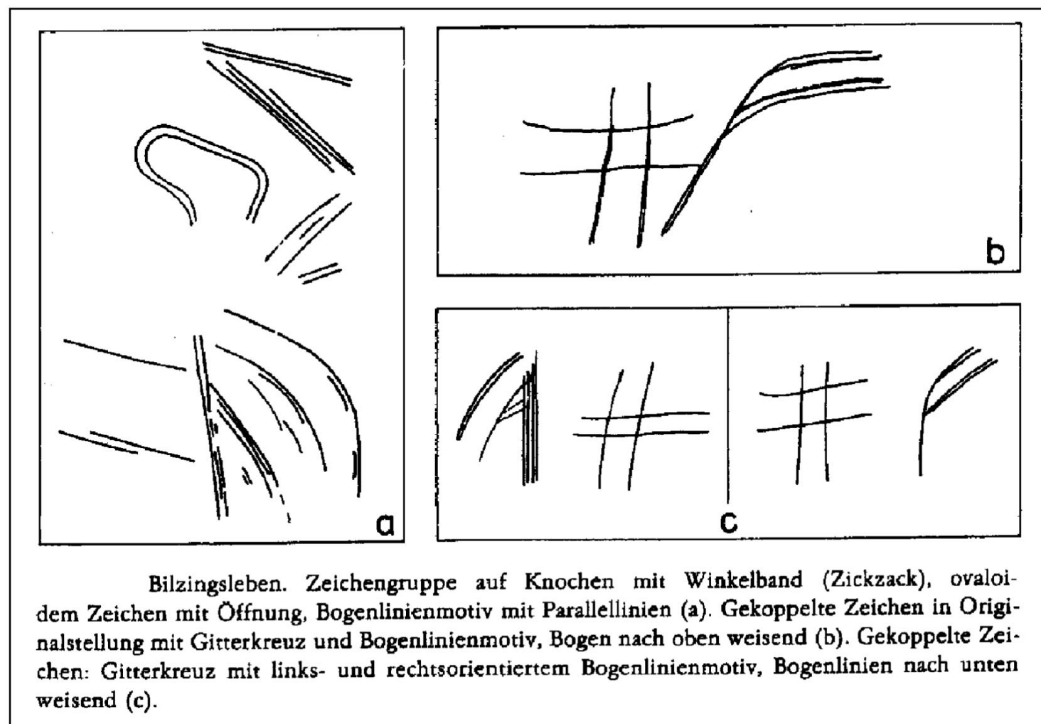
0 1 2 3 4 5 cm



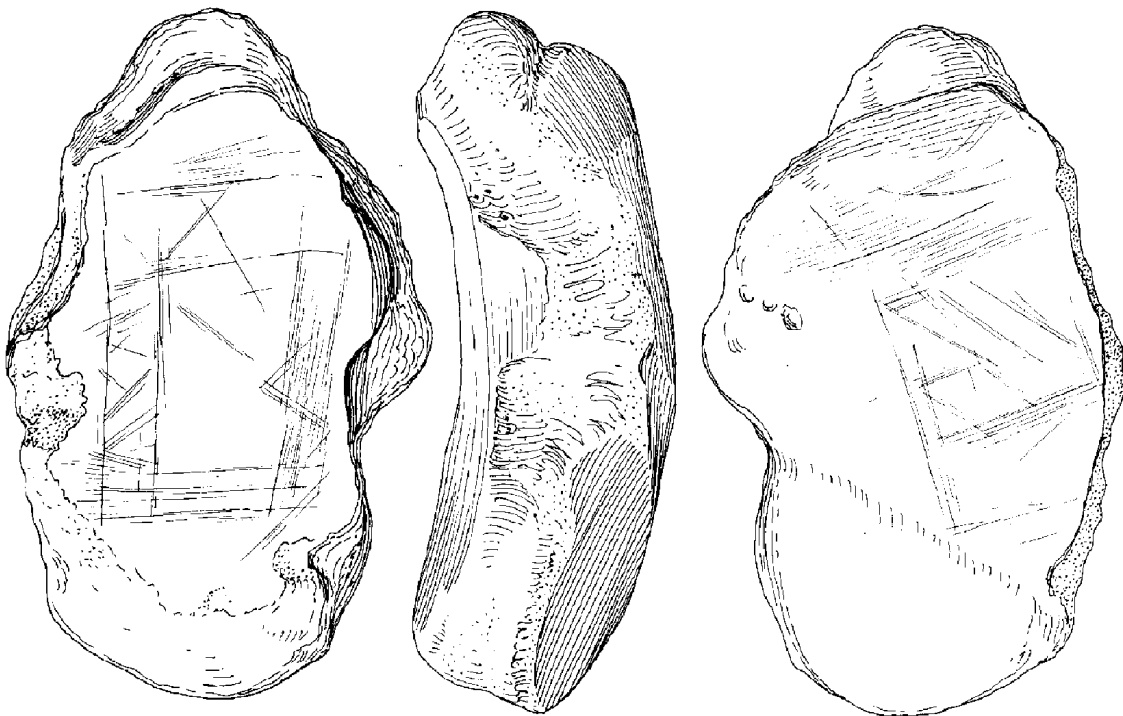
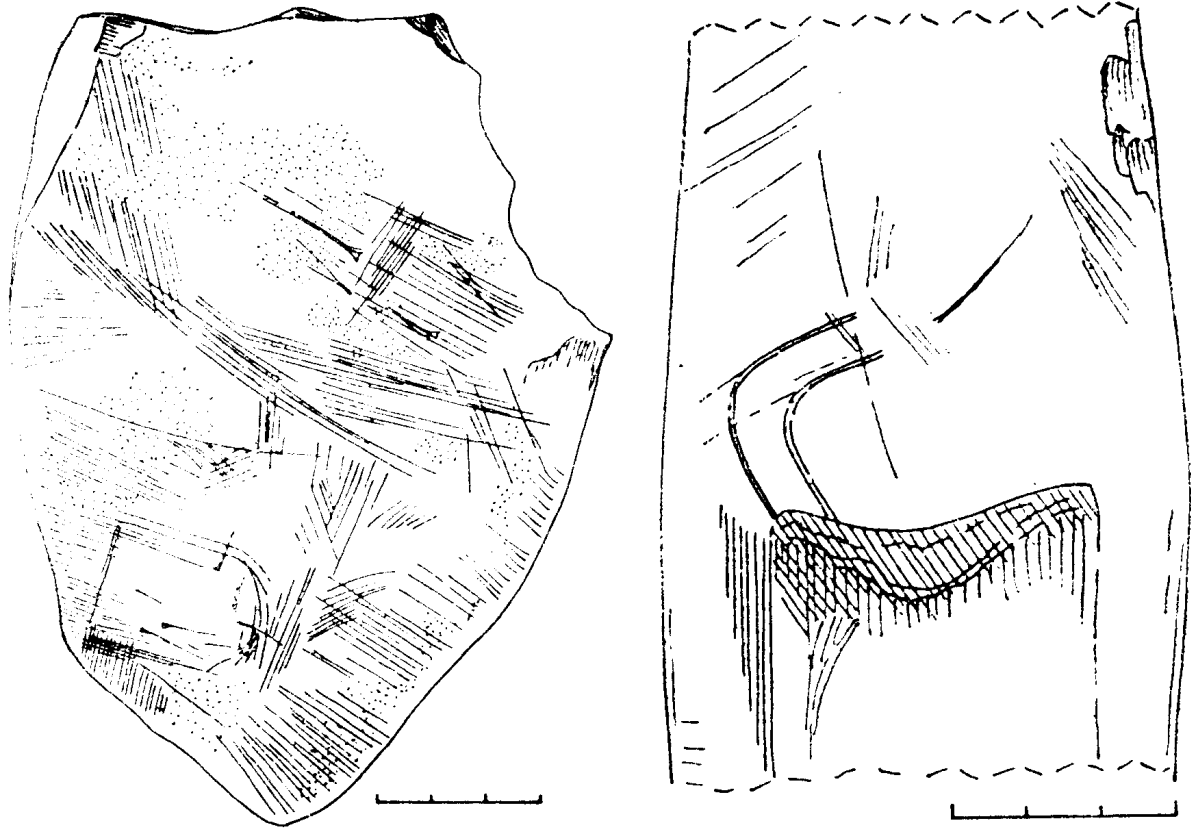
Tafel 41 – KN Bilz 36, B1 (die sogenannte “Felidengravur”, nach Behm-Blancke 1987, 49-50):
Verkratzung komplett (oben); „extrahierte“ Figur (Mitte);
Detailfoto der linken Hälfte (unten links), mit eingezeichneter Lage des LSM-Spots (unten rechts)



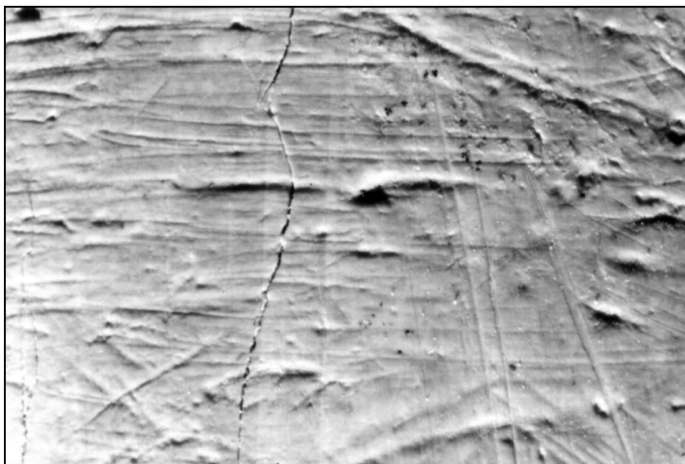
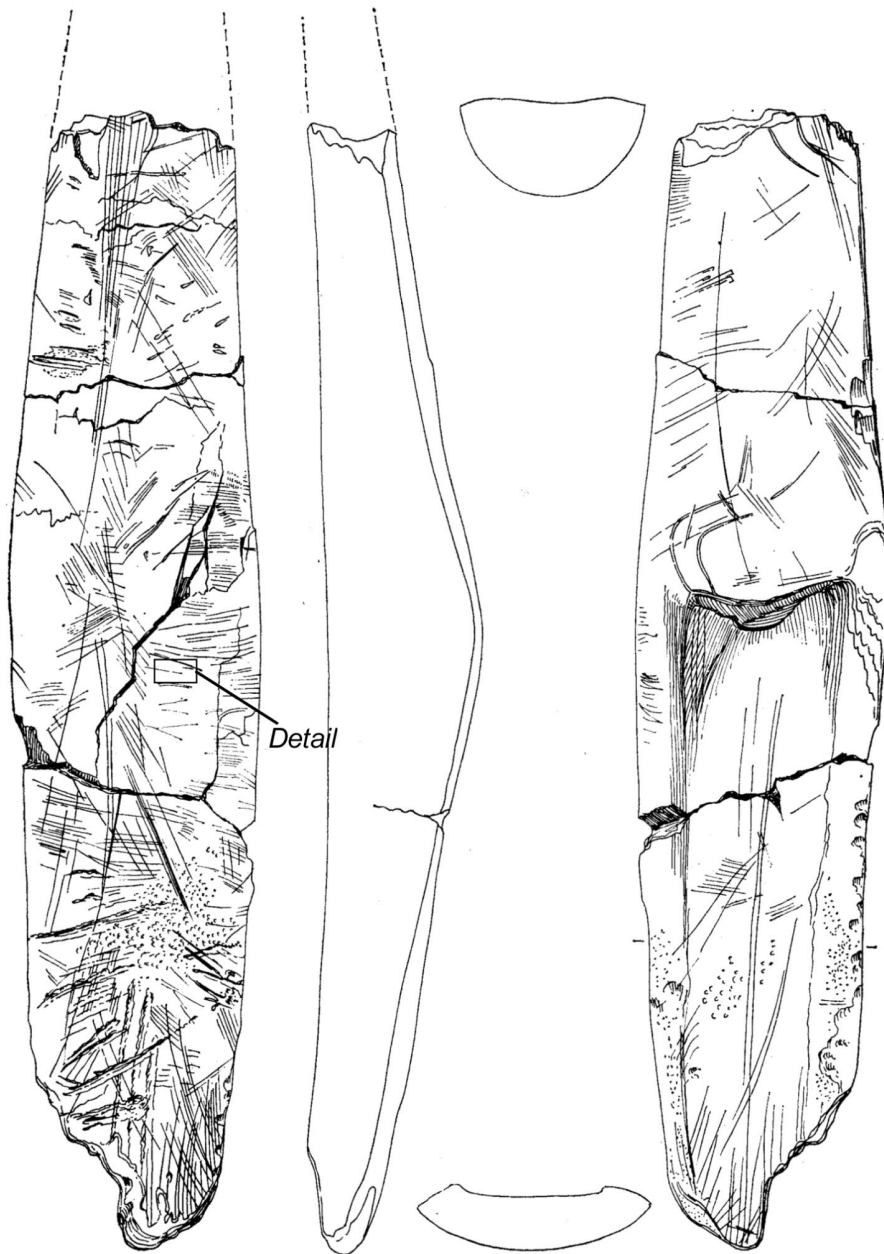
Tafel 42 – KN Bilz. 36, B1: sogenannte “Felidengravur” (Behm-Blancke 1987, 49/50), oben in Gesamtansicht; Bildausschnitt 1 u. 2 mit Markierung von LSM- und lichtmikroskopischen Spots (Dokumentation vgl. CD)



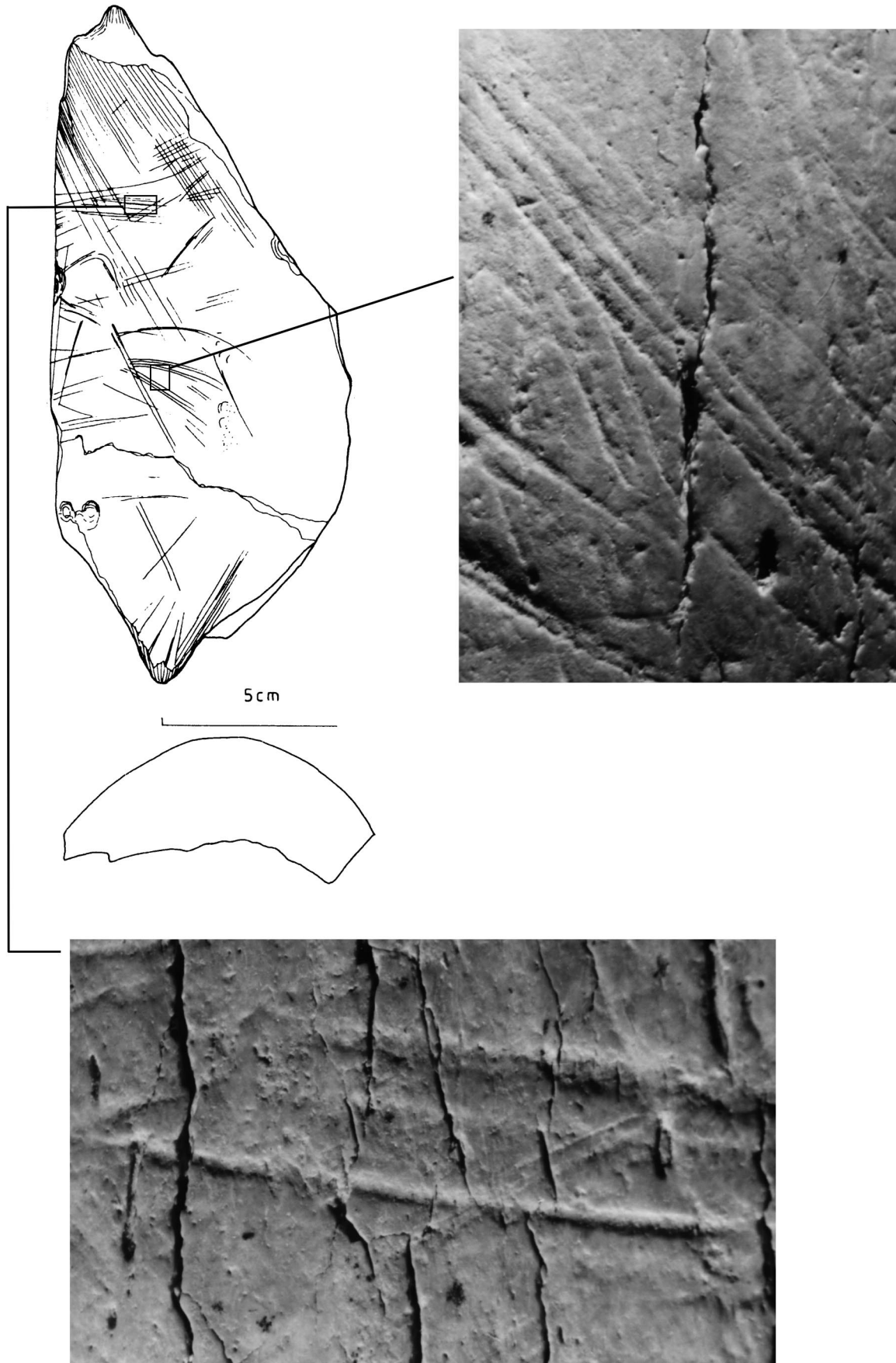
Tafel 43 – Bilzingsleben, sogenannte „Zeichensysteme“ (Behm-Blancke 1990, 289) (oben); als Beispiel KN Bilz. 41, B1: Mandibelfragment Rothirsch (Behm-Blancke 1987, 47) (Mitte); LSM-Spot (unten links) und Spots der Binokular-Befunde (Dokumentation vgl. CD) (unten rechts)



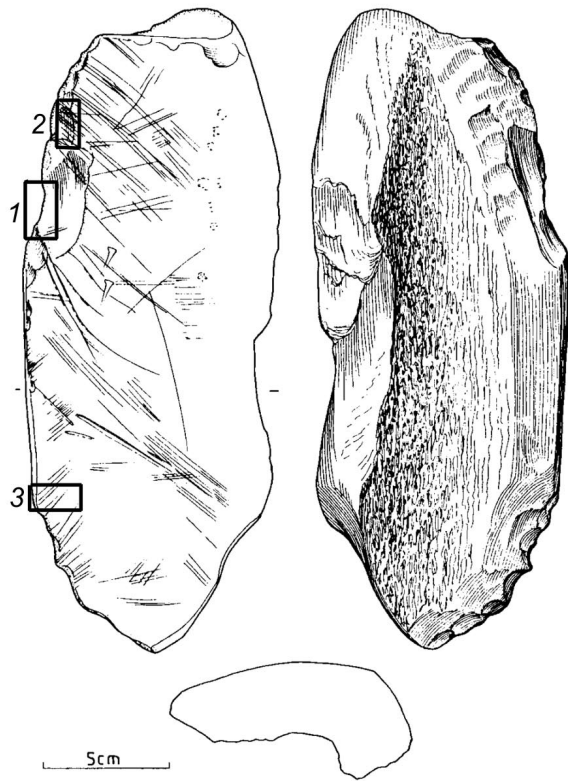
Tafel 44 – Bilzingsleben-Sammlung: weitere von Mania (1990a, 48-9; 1990c, 266-9) als Gravuren angesehene Stücke: Quarzitplatte mit „halbkreisförmig begrenztem Motiv“ (oben links); „Elfenbeingerät mit eingeritztem doppeltem Halbkreisbogen“ (oben rechts); Fußwurzelknochen vom Waldelefant mit „eingeritztem Rechteck“ (unten)



Tafel 45 – KN Bilz 257, 44: Stoßzahnfragment (Zeichnung D. Mania 1986b, 344: fig. 87); Detail (unten)



Tafel 46 – KN Bilz 172, 109 (B2): Schrammen durch Umlagerung/Trampling



1

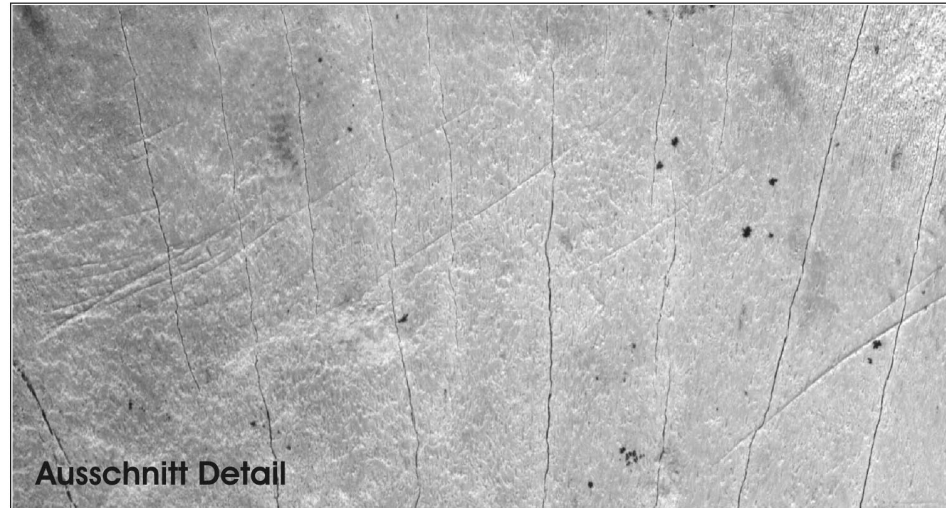
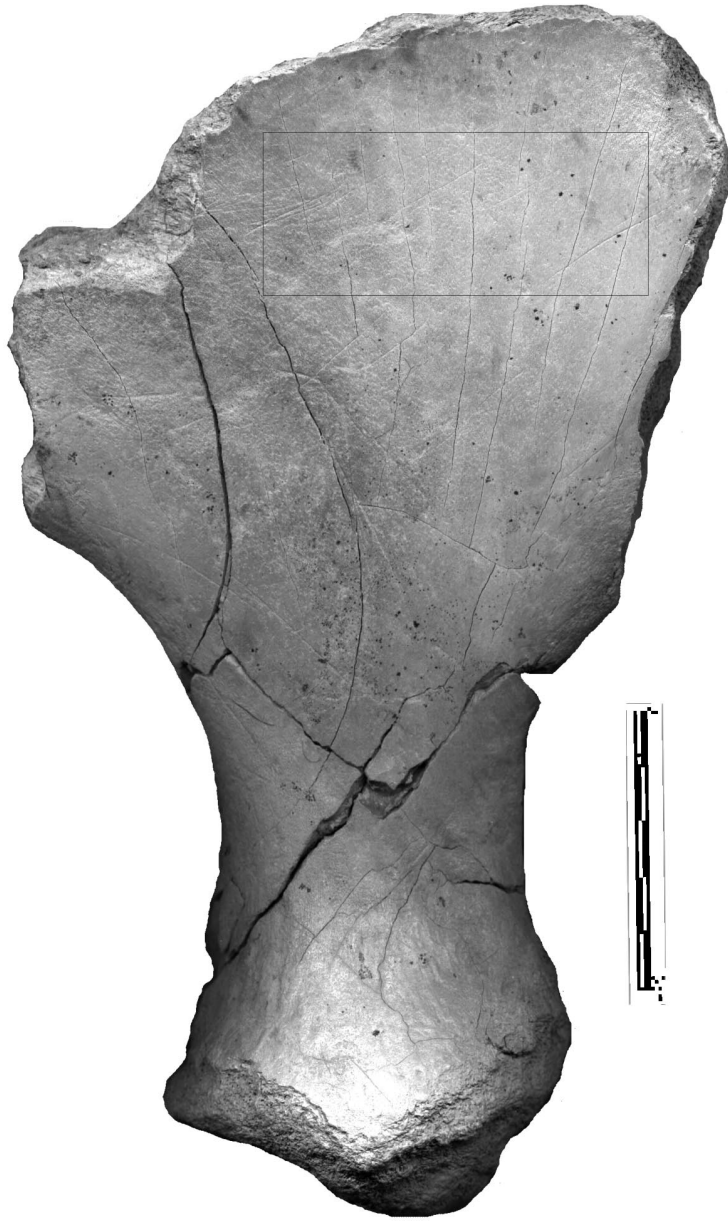


2



3

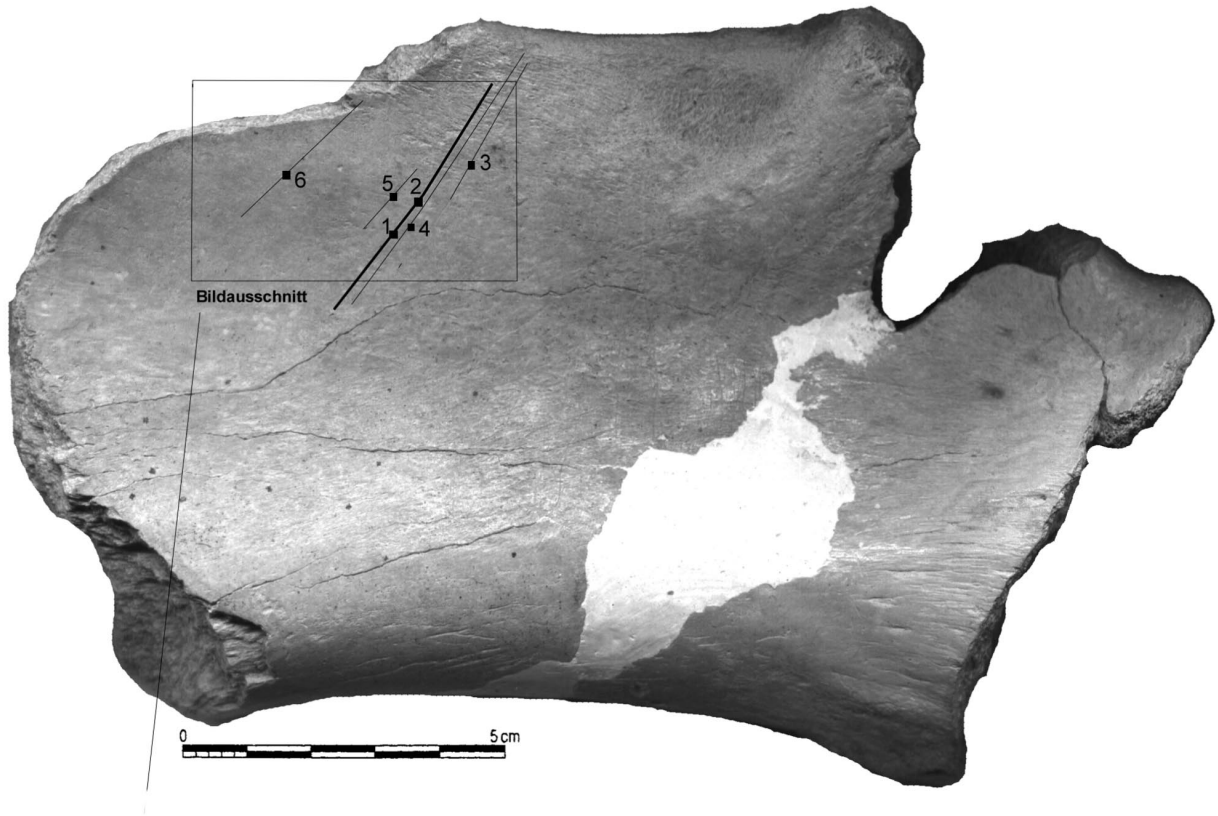
Tafel 47 – KN Bilz 29/B1: intensive Verschrammung durch fluviatilen Transport



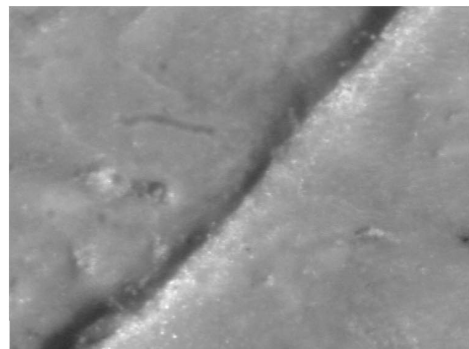
Tafel 48 – KN Bilz 243, 59: Schulterblatt mit Randfrakturen (Fraß?) und Verschrämmung, keine Schnittspuren, wahrscheinlioch Trampling-Marken (Detail)



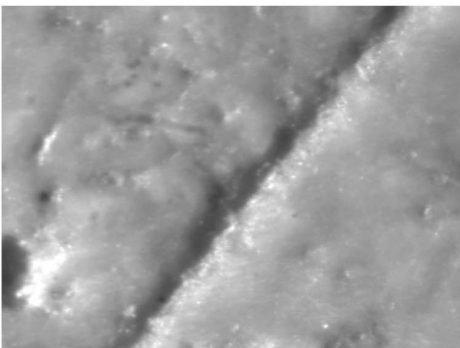
Tafel 49 – KN Bilz 236, 38 (B2): Stoßzahnfragment mit intensiven Schrammen durch Umlagerung



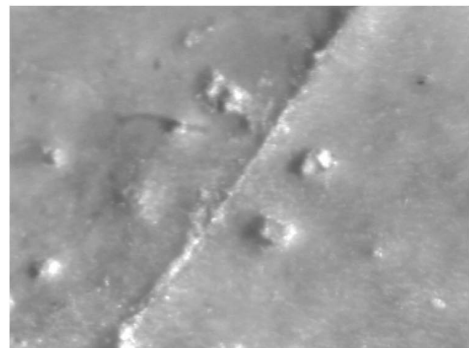
Bildausschnitt



1

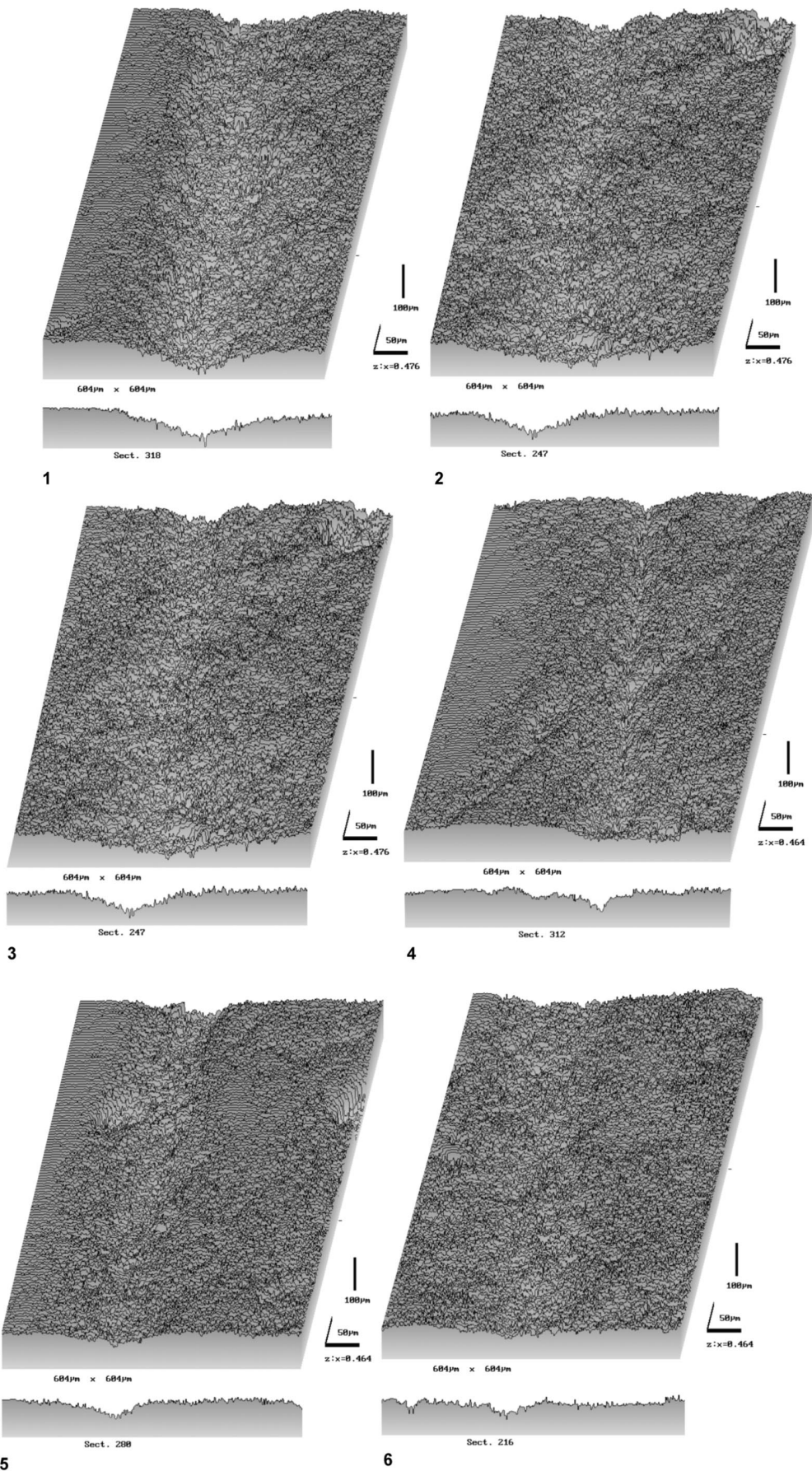


2

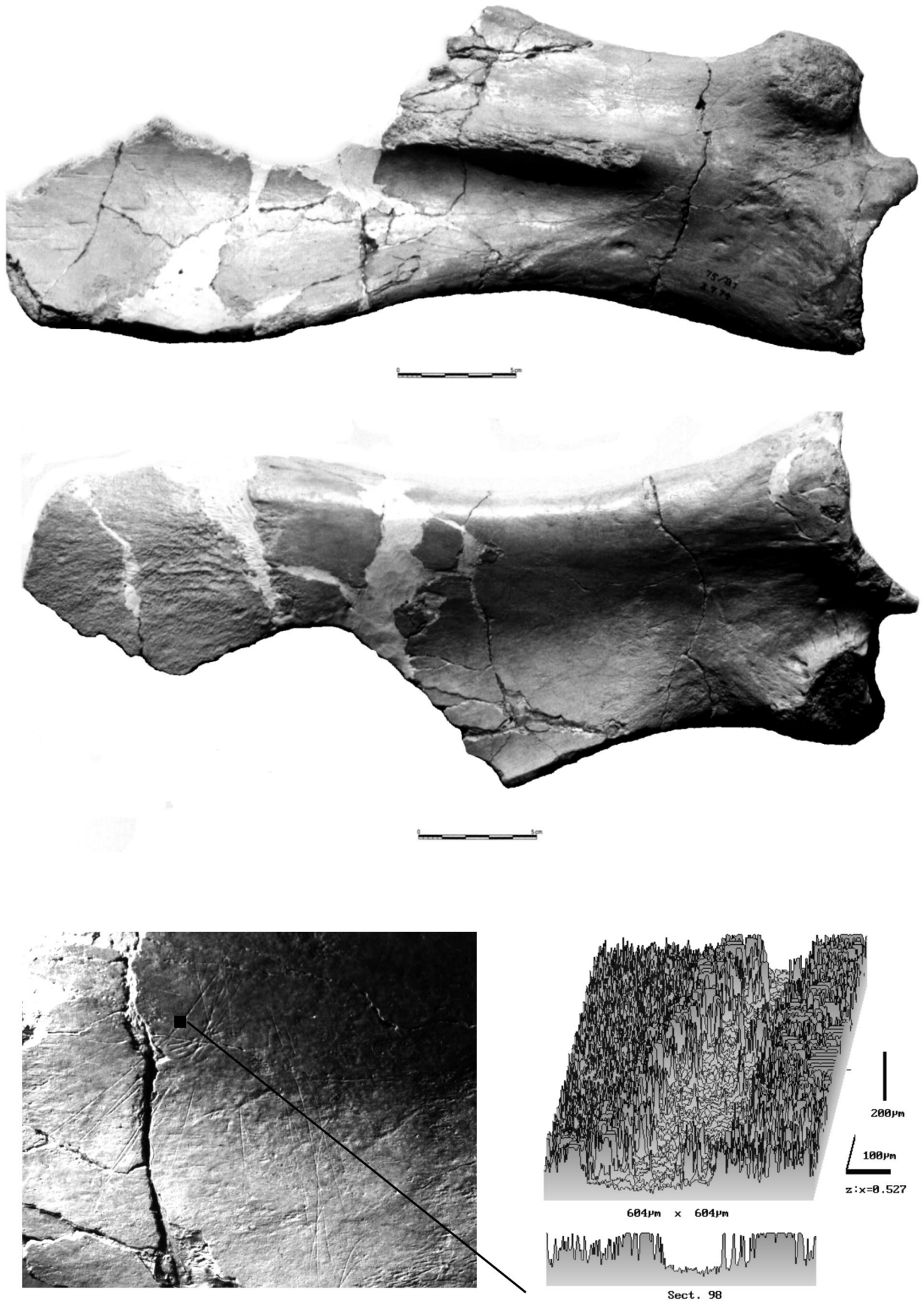


4

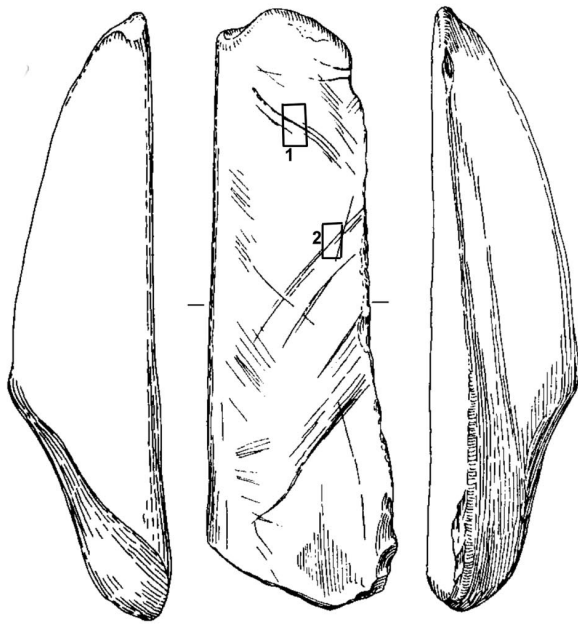
Tafel 50 – KN Bilz 81/B1: Schulterblattfragment eines Nashorns mit Schnittspurgruppe;
Bildausschnitt mit Binokular-Spots 1, 2 und 4 und LSM-Spots 1-6 (vgl. Tafel 51),



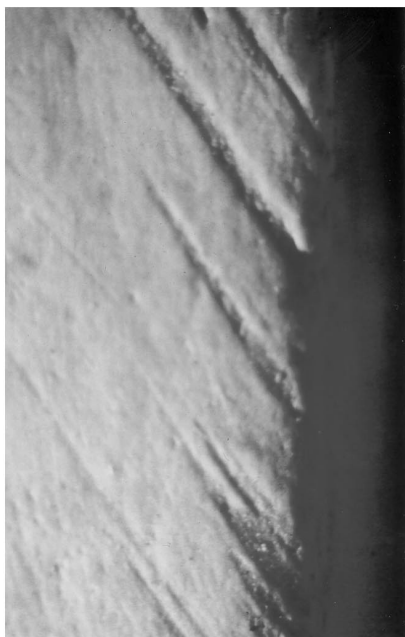
Tafel 51 – KN Bilz 81/B1: Schnittpurgruppe (Lage vgl. Tafel 50), LSM-Spots 1-6



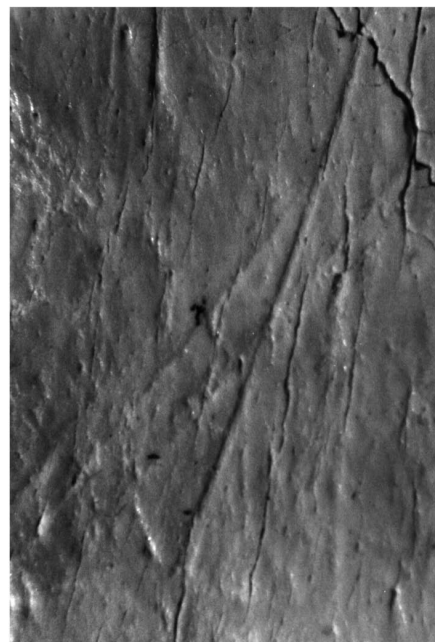
Tafel 52 – KN Bilz 75/B1: Schulterblattfragment eines Nashorns mit fraglicher Schnittspurengruppe;
Außenfläche (oben), Innenfläche (Mitte), Spurengruppe mit ausgewähltem LSM-Spot (unten)



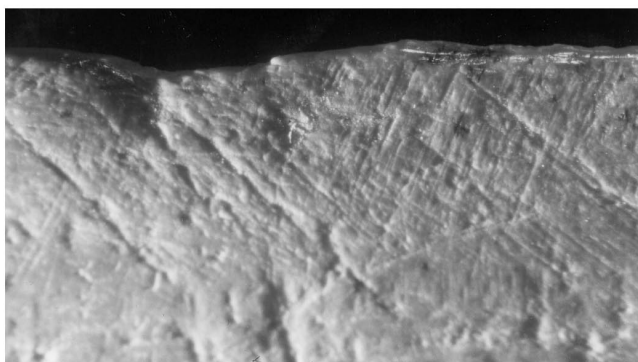
1



3

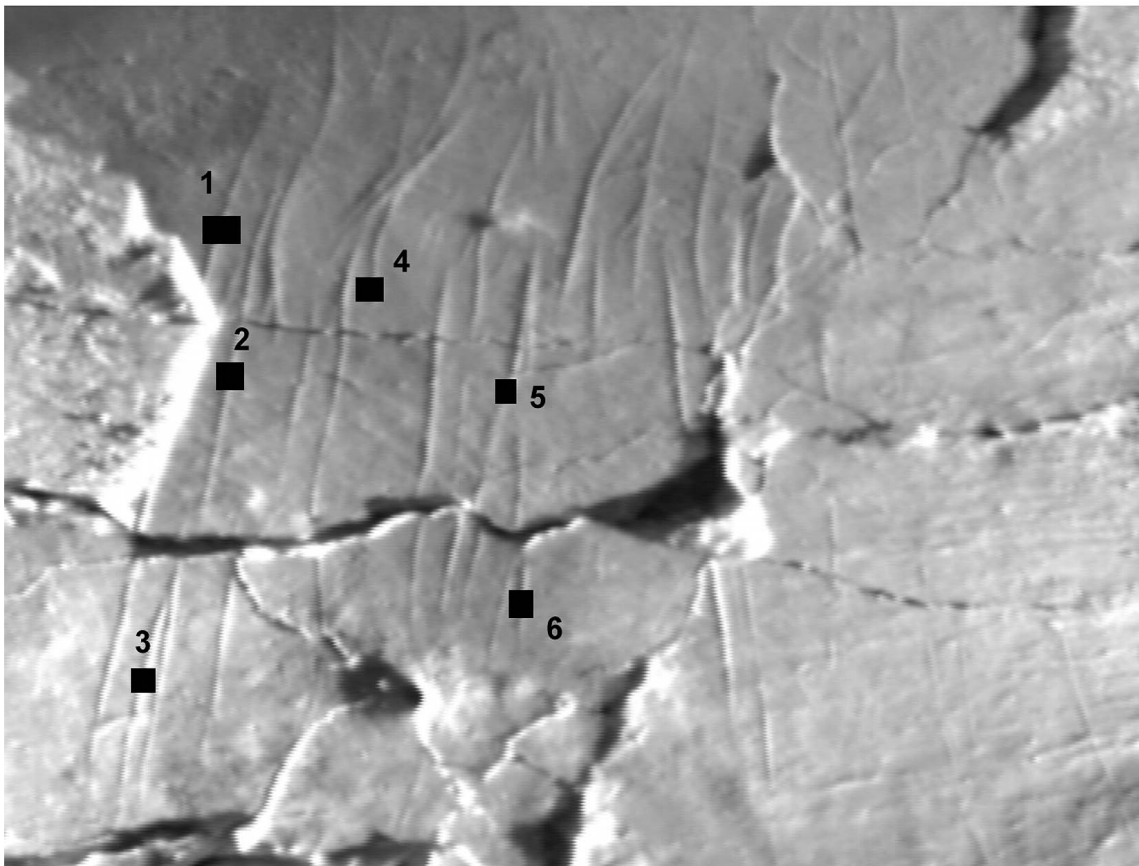
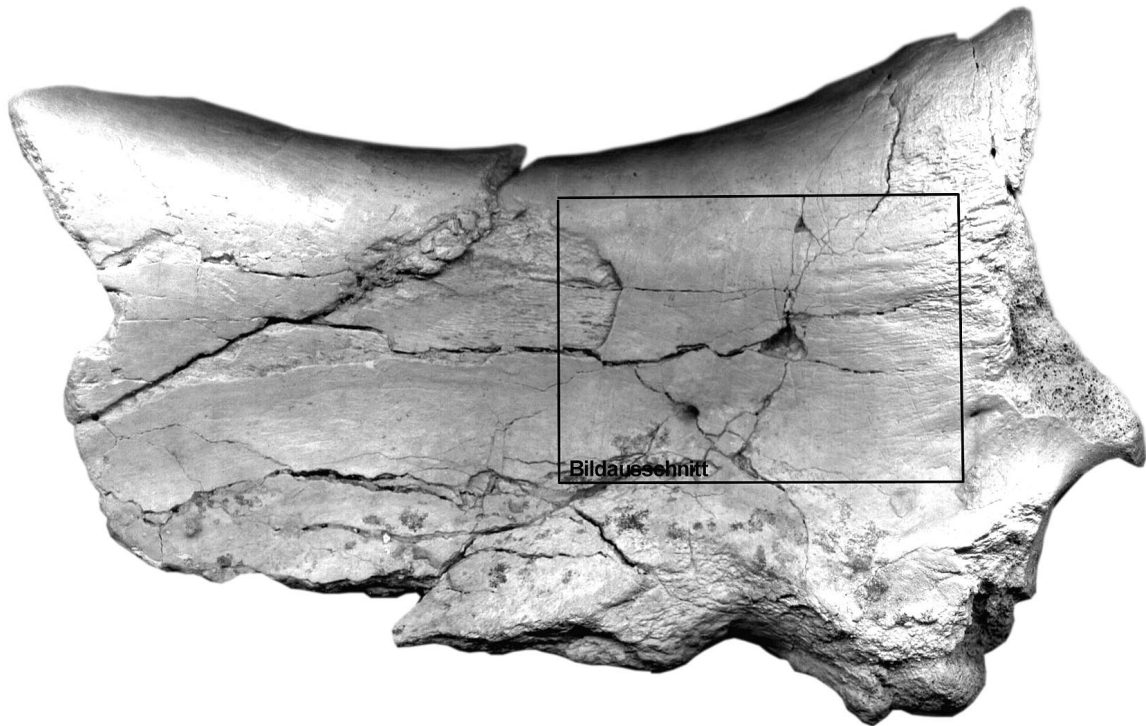


2



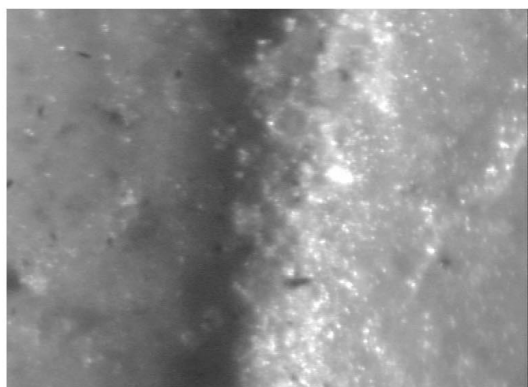
4

Tafel 53 – KN Bilz 261, 111: Langknochen-Kompaktasplitter (Zeichnung D. Mania), 1, 2 - Details;
3 - Kantenschrammen Elfenbein; 4 - typische Kantenschrammen durch Umlagerung

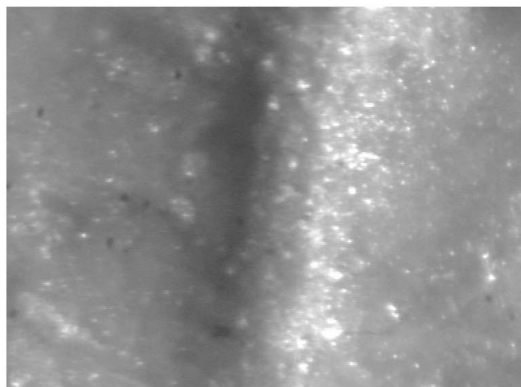


Bildausschnitt

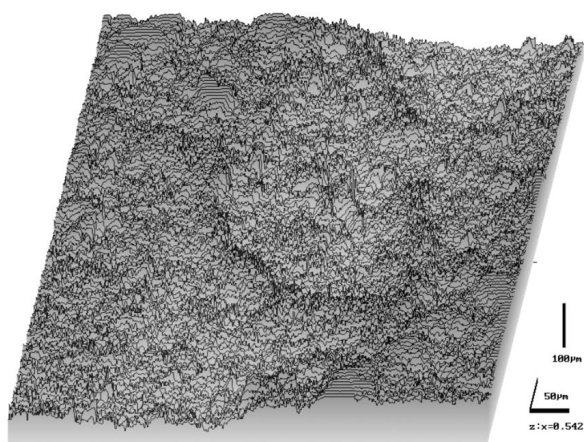
Tafel 54 – KN Bilz 316, 107: Basisfragment Schulterblatt eines Großsäugers; unten der Bildausschnitt mit einer Gruppe biotischer Marken (Zahnmarken eines Karnivoren?)



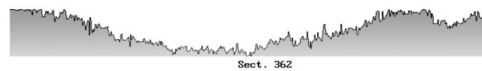
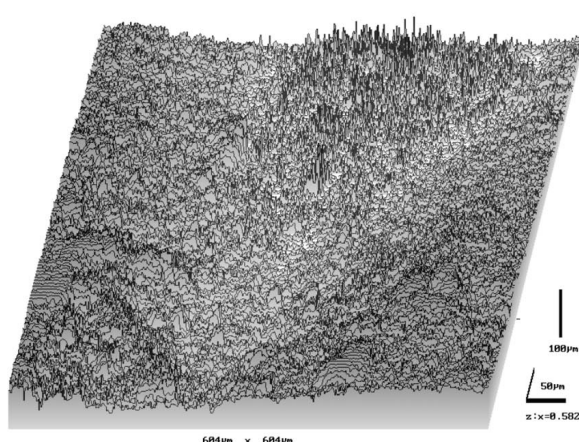
1



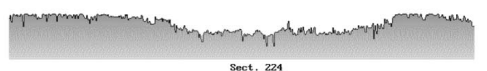
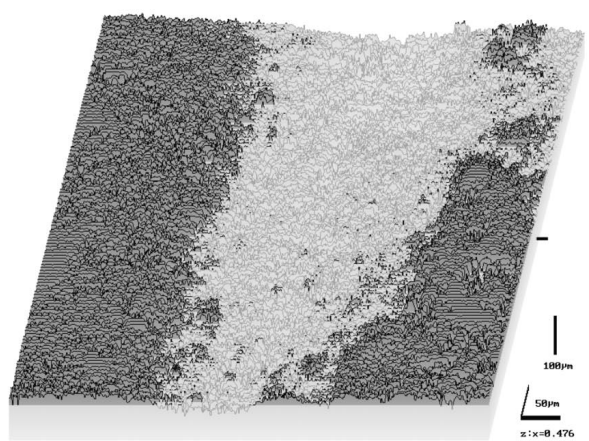
2



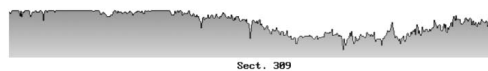
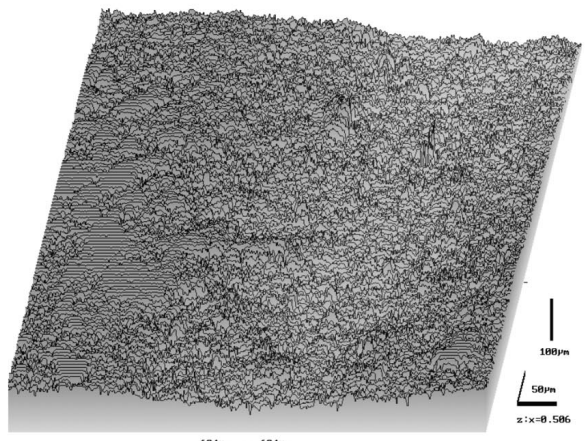
3



4

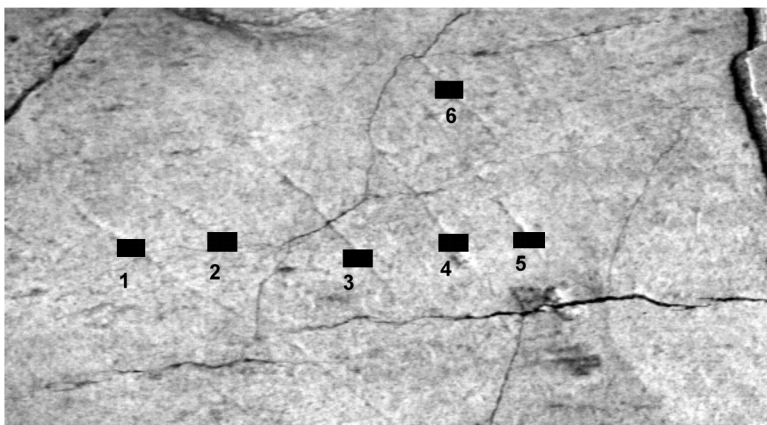
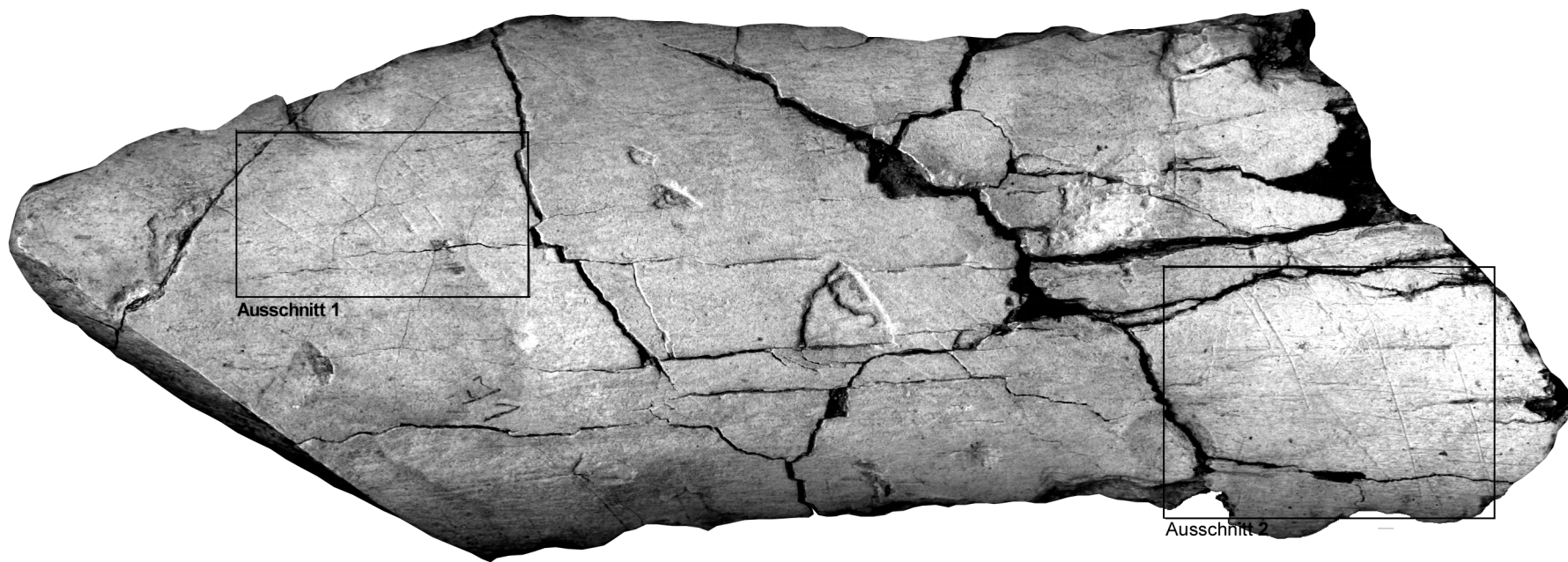


5

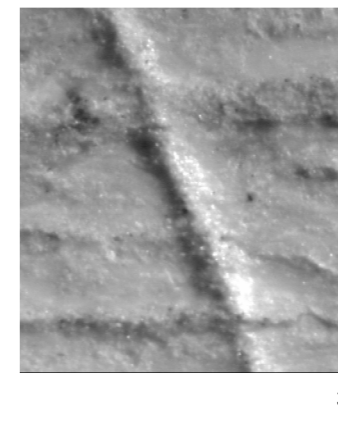
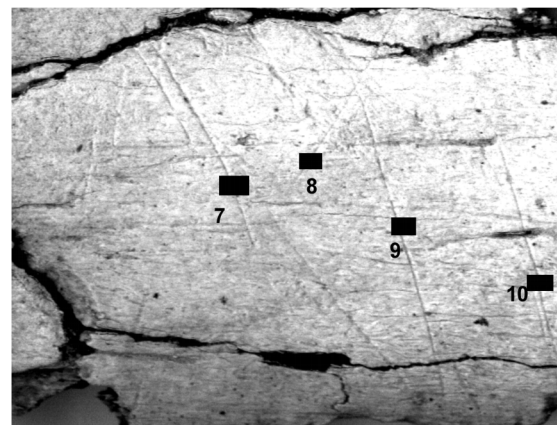


6

Tafel 55 – KN Bilz 316, 107: Objekt mit charakteristischen Zahnmarken;
 1, 2 - Binokularbefunde, 3, 4, 5, 6 - LSM-Spots (zur Lage aller Spots vgl. Tafel 54)

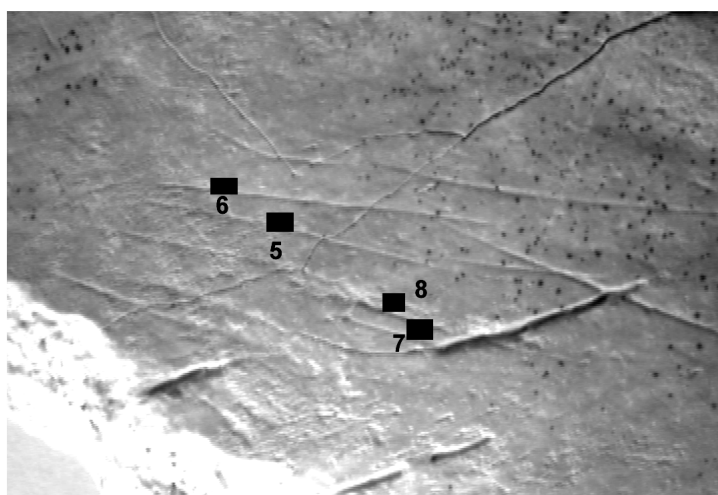
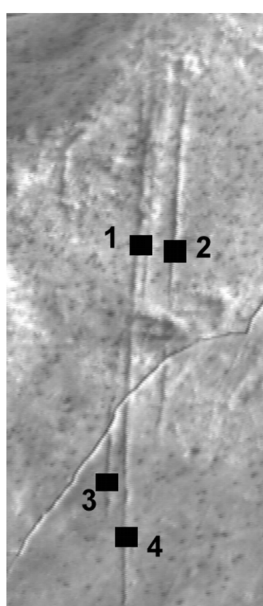


1 2



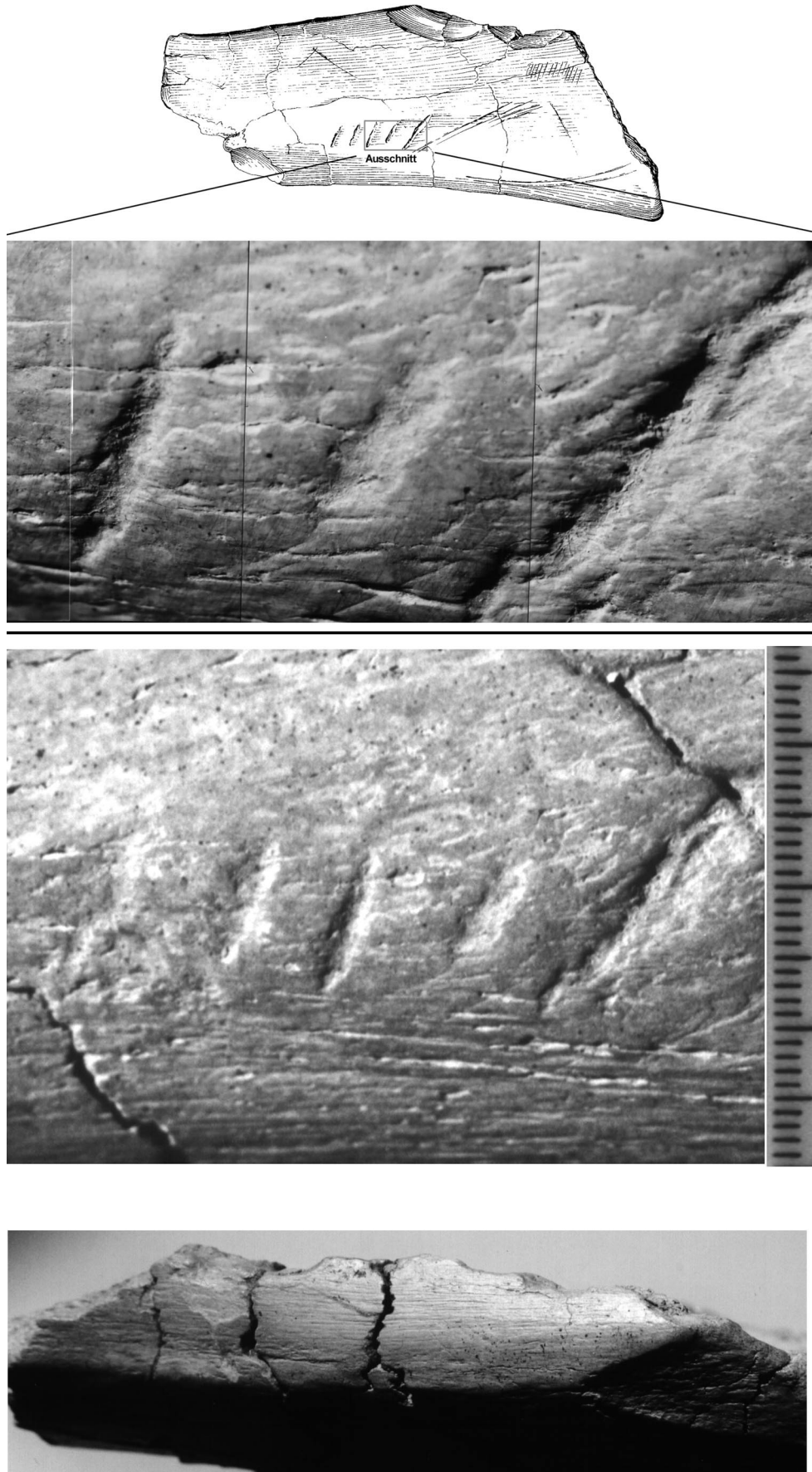
3

Tafel 56 – KN Bilz 215, 71: Kompaktasplitter Langknochen Elefant; 1 - strahlenförmige Zahnmarken, 2 - unsystematische Kratzer, 3 - Binokular-Detail Spot 8

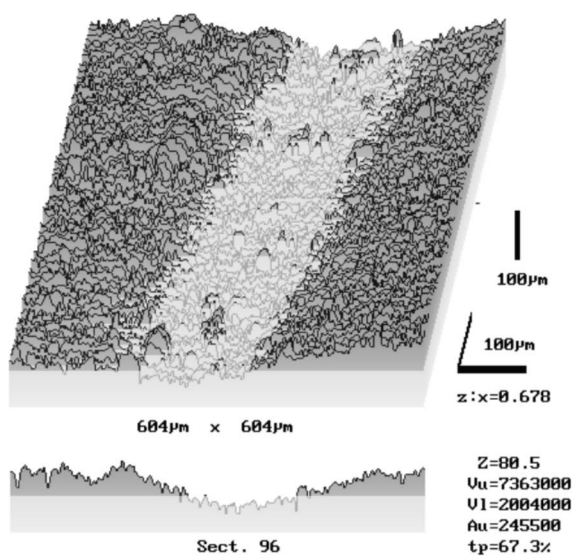
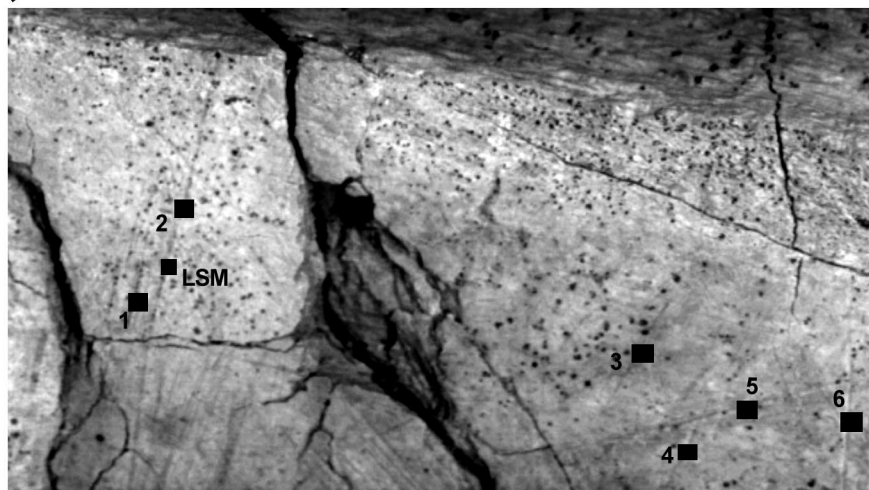
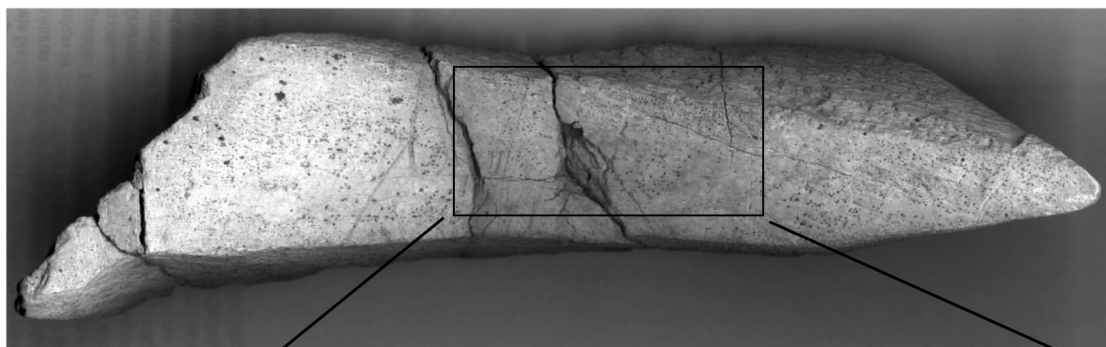


Bildausschnitt

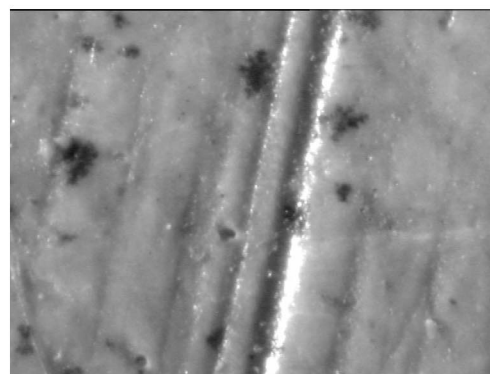
Tafel 57 – KN Bilz 236, 10: Beckenfragment eines Nashorns mit Zahnmarkengruppe



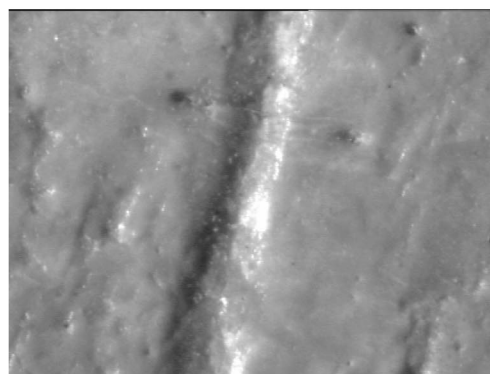
Tafel 58 – KN Bilz 250, 40: Kompaktasplinter mit Eckzahnmarken eines großen Raubtieres (oben u. Mitte); intensiv verbissene Kante (unten); Zeichnung oben D. Mania



LSM Topo-Scan Spur 2

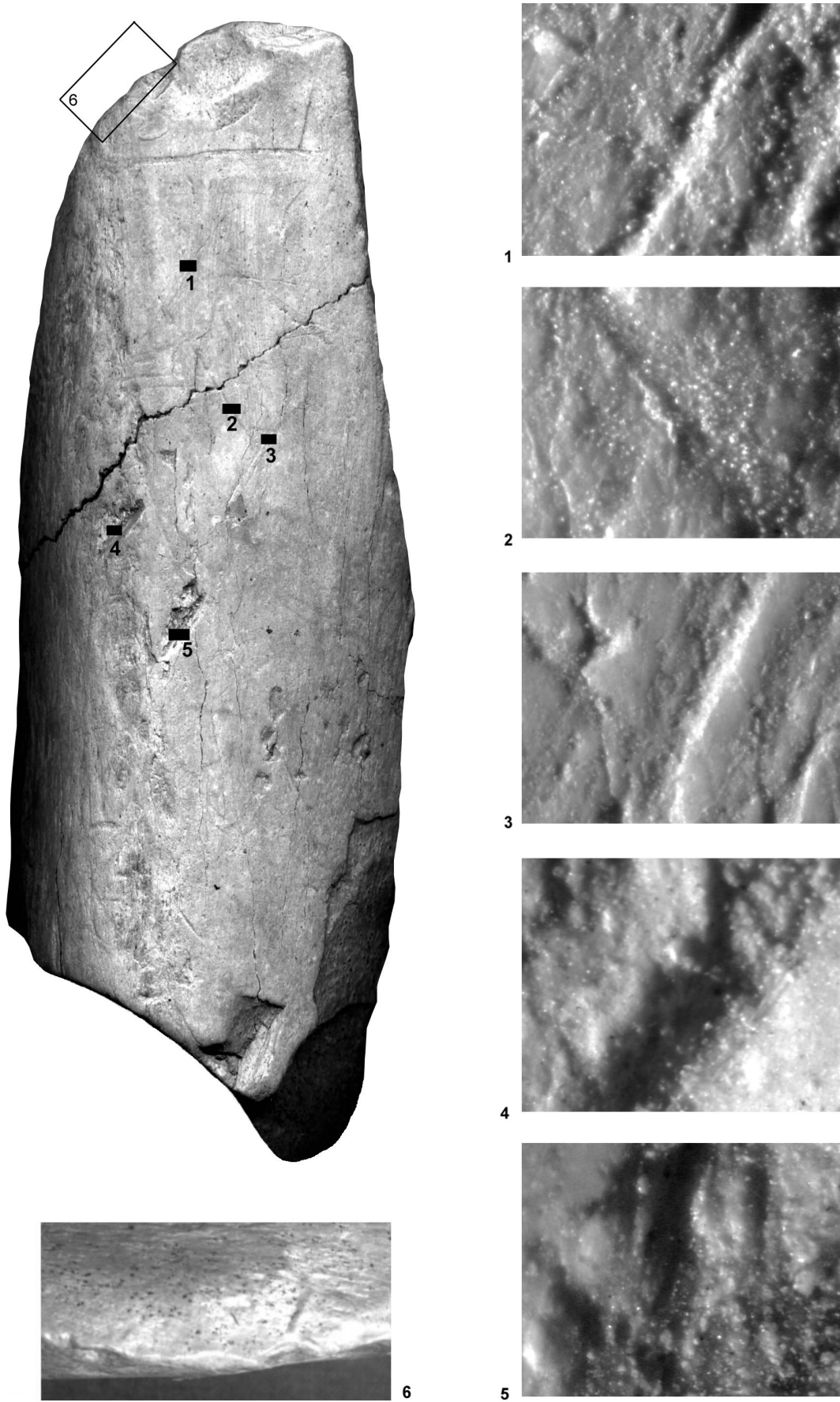


1

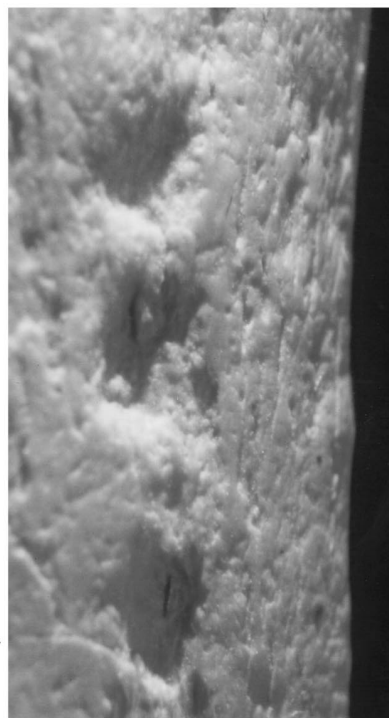
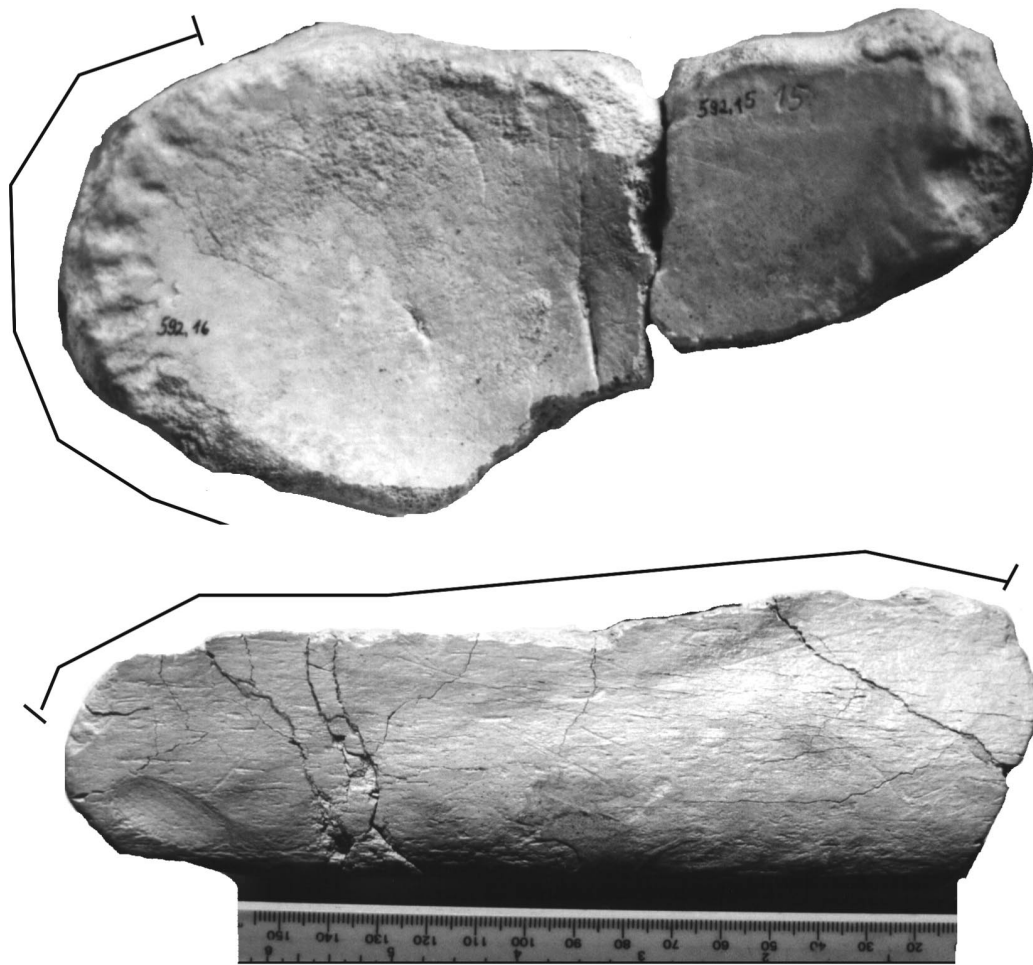


2

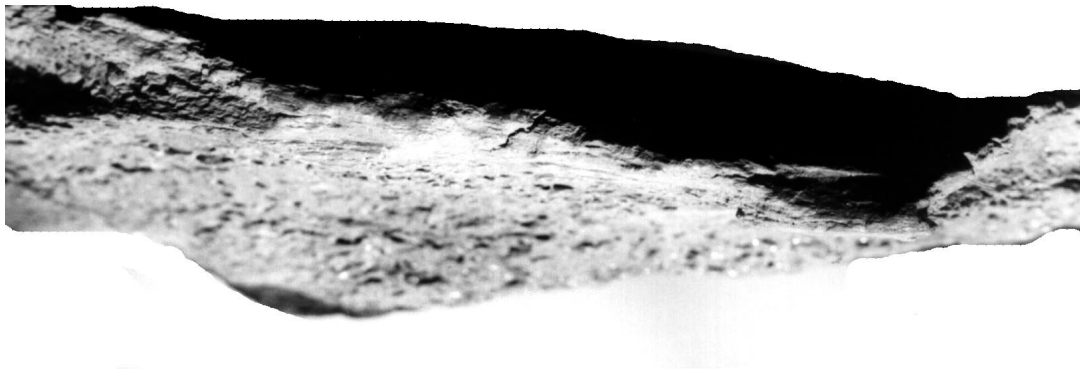
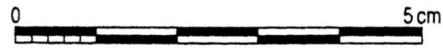
Tafel 59 – KN Bilz 204, 12: Kompaktasplitter mit verschiedenen Oberflächenmodifikationen (oben u. Mitte);
 1 - Zahnmarken, 2 u. LSM-Spot - Sediment- bzw. Tramlingspuren (Spots 3-6 vgl. Daten-CD)



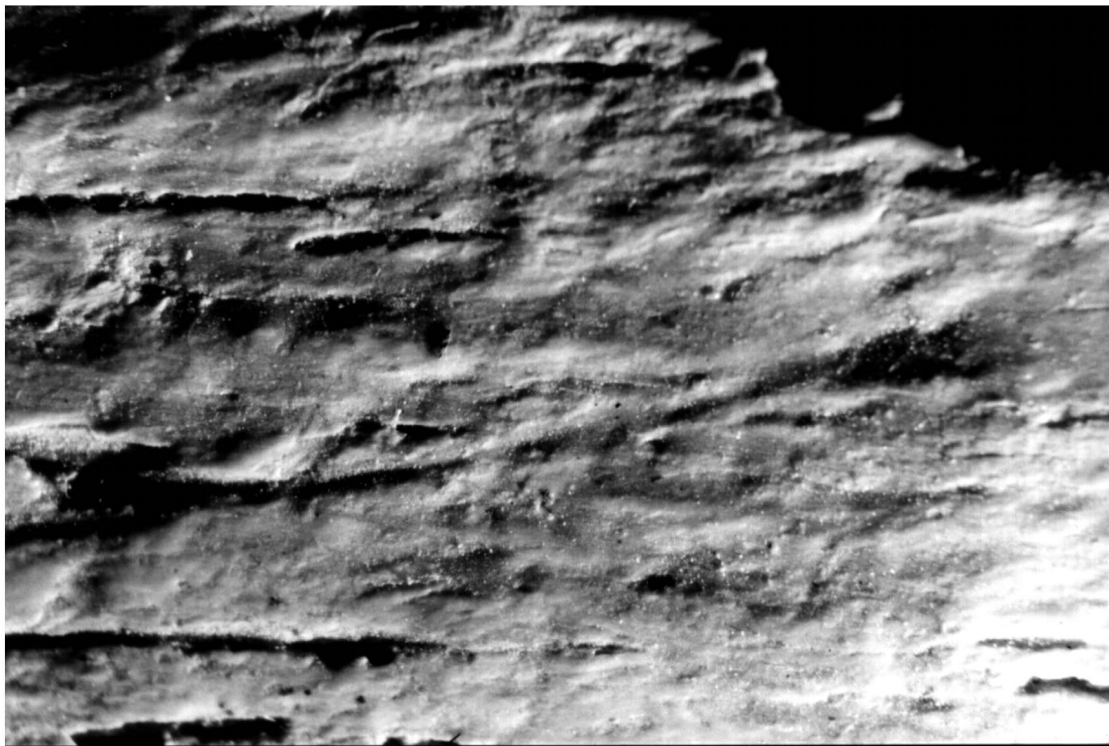
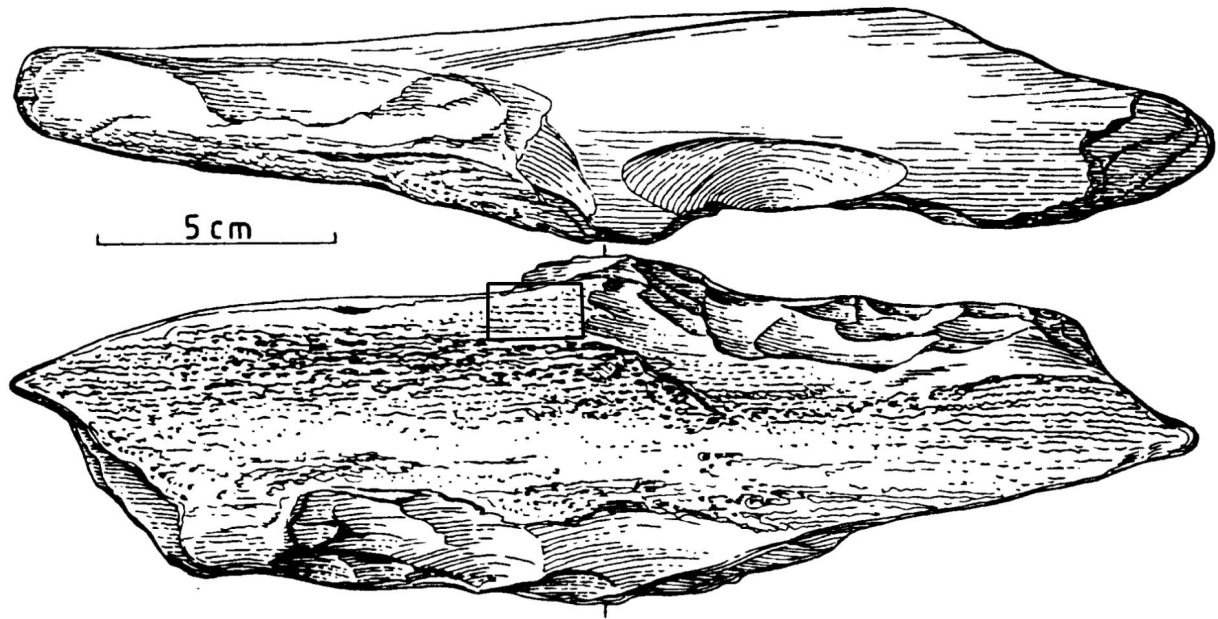
Tafel 60 – KN Bilz 338, 177: Kompaktasplitter mit starker Kantenverrundung durch Umlagerung (vgl. Detail 6) und verschiedene Modifikationen durch Schlagwirkung/Zahnmarken (?)



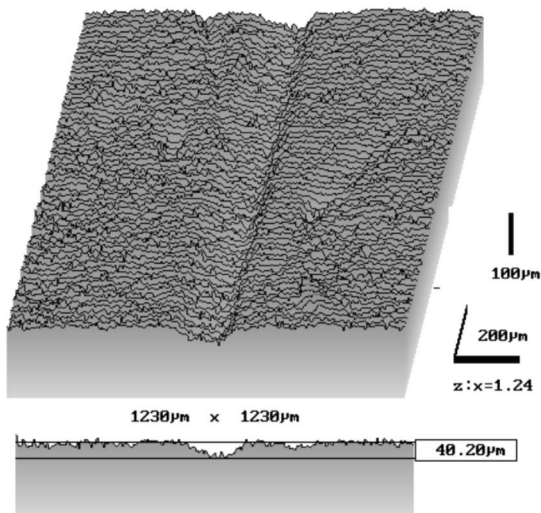
Tafel 61 – Bilzingsleben-Sammlung, Beispiele für Impact-Marken durch Karnivorenfraß:
KN Bilz 592, 16 (oben); KN Bilz 261, 11 (Mitte); KN Bilz 246, 43 (unten)



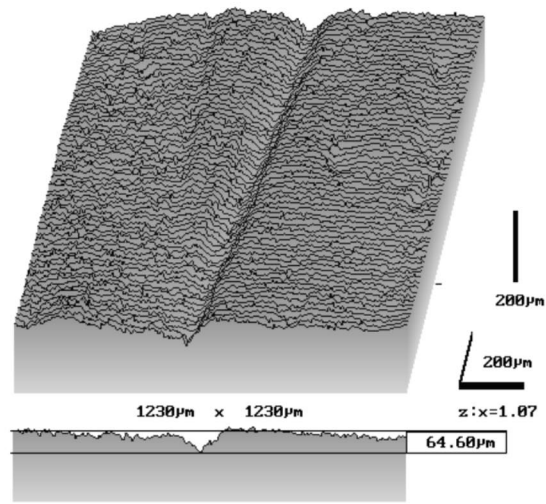
Tafel 62 – KN Bilz 233, 95: Kompaktasplitter mit retusche-ähnlichem Verbiß durch Karnivoren



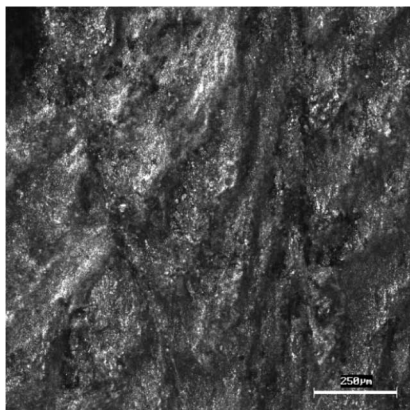
Tafel 63 – KN Bilz 233, 65: Kompaktasplinter, ein sogenannter „Knochenschaber“ nach Mania (1997b, 226); retuscheartige Kantenmodifikation durch Karnivorenverbiß; einzelne Zahnschrammen (unten); Zeichnung D. Mania



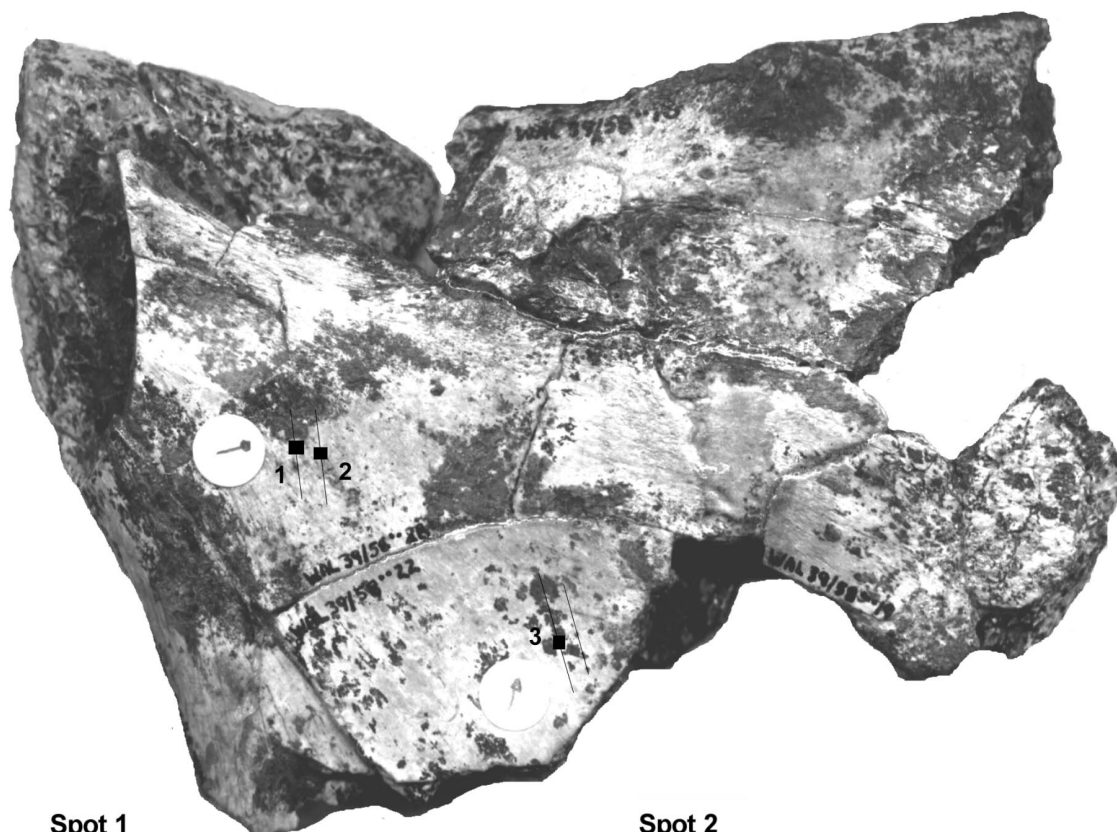
Spot 1



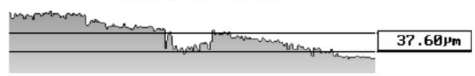
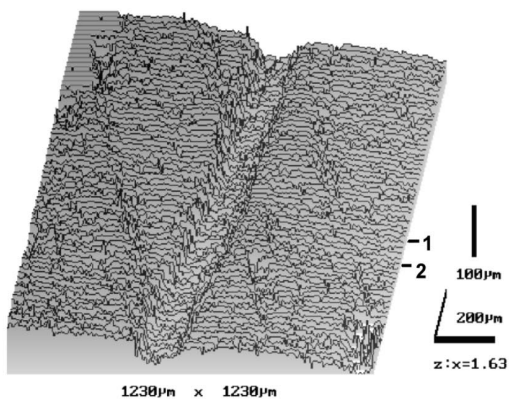
Spot 2



3 - Oberflächenverwitterung



Spot 1

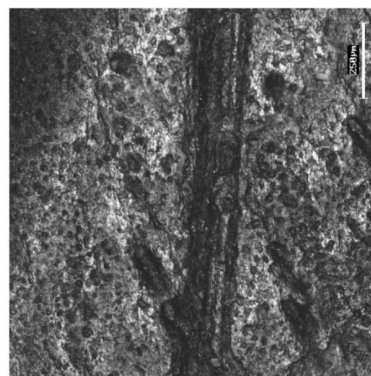
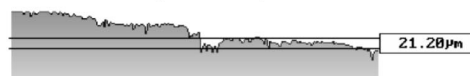
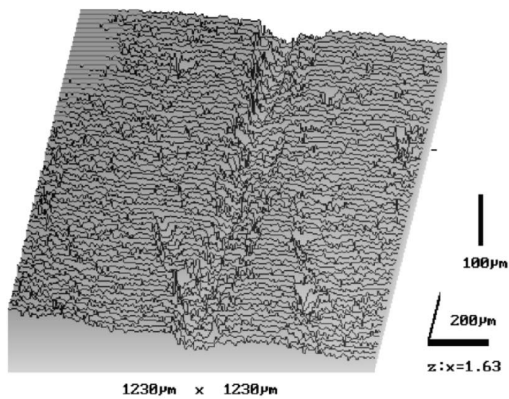


Profil 1

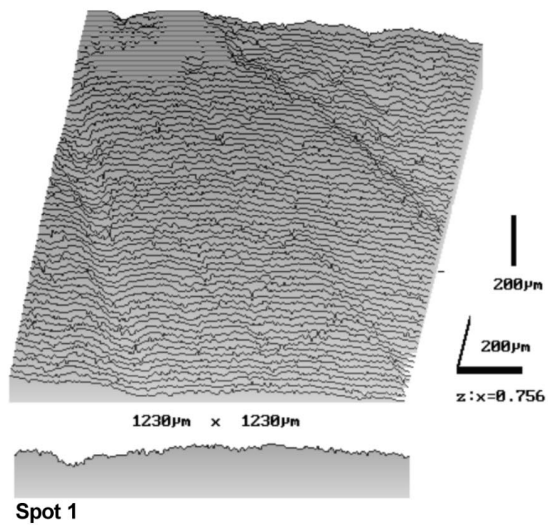
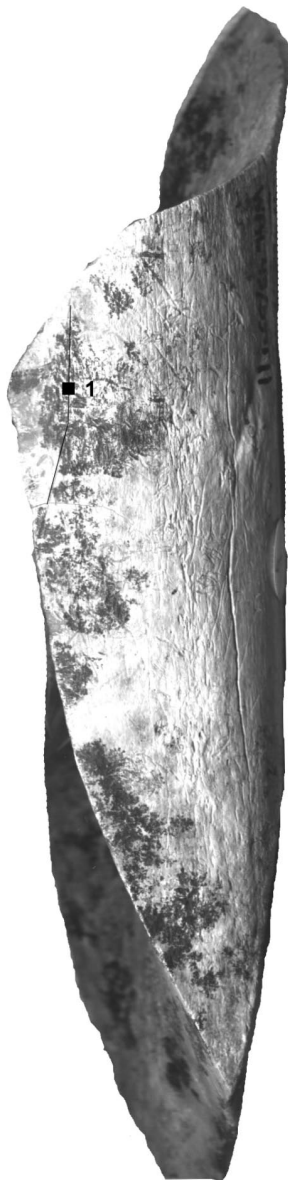
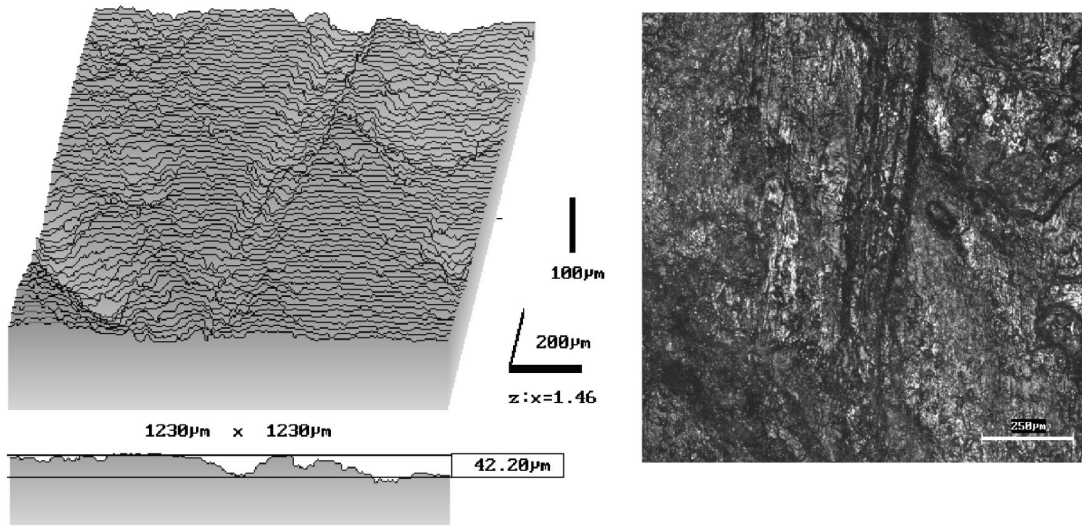


Profil 2

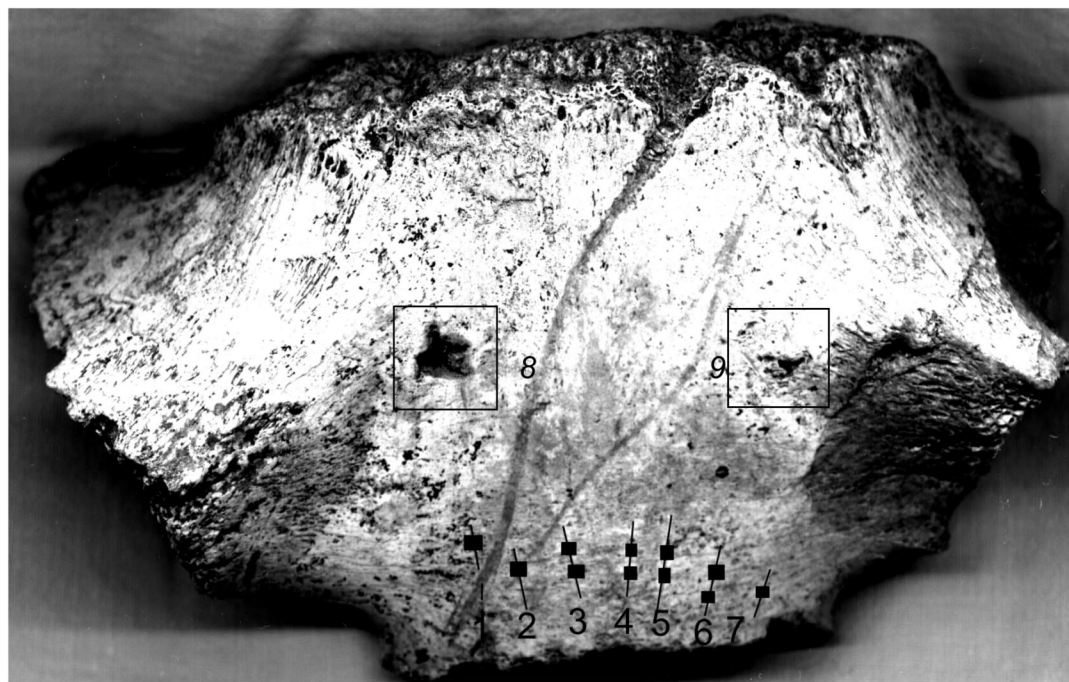
Spot 2



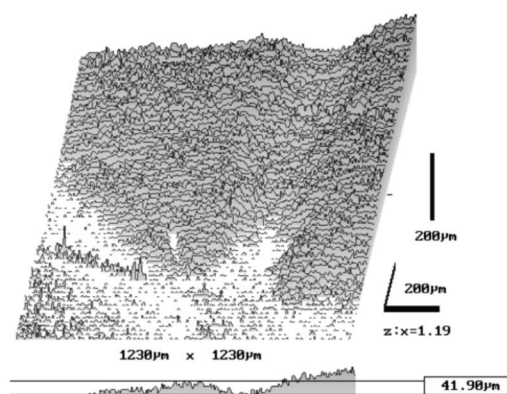
Tafel 65 – Wallertheim, Knochenfragment KN 39/58, 19 (oben); LSM-Top-Scans Spot 1 u. 2 (Mitte);
monochromes Foto der Spur 2 (unten)



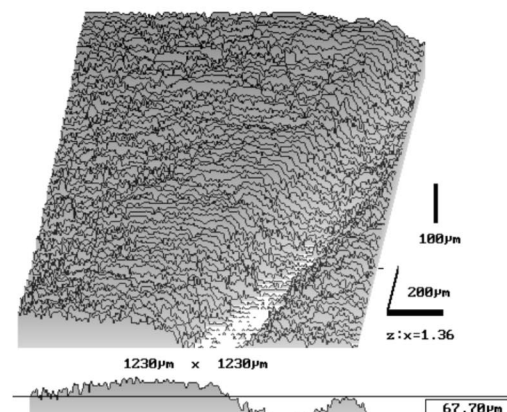
Tafel 66 – Wallertheim, Knochenfragment KN 39/58 (oben); LSM-Topo-Scan 3, zur Lage vgl. Tafel 65 (Mitte); Wallertheim, Knochenfragment KN 43/55, 11 (unten links), LSM-Top-Scan (unten rechts)



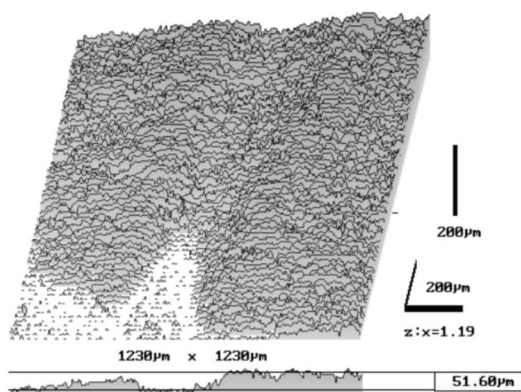
0 5 cm



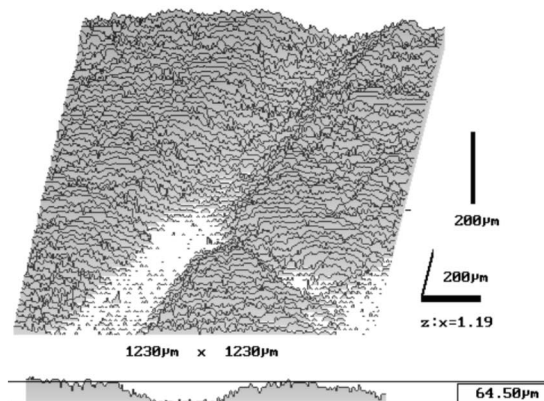
Spur 2



Spur 3 (oben)

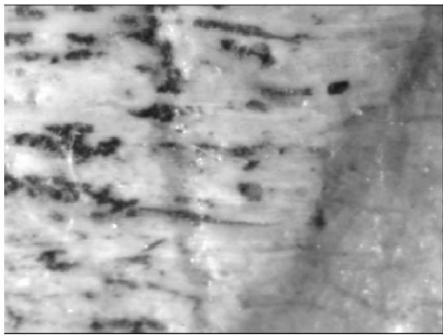
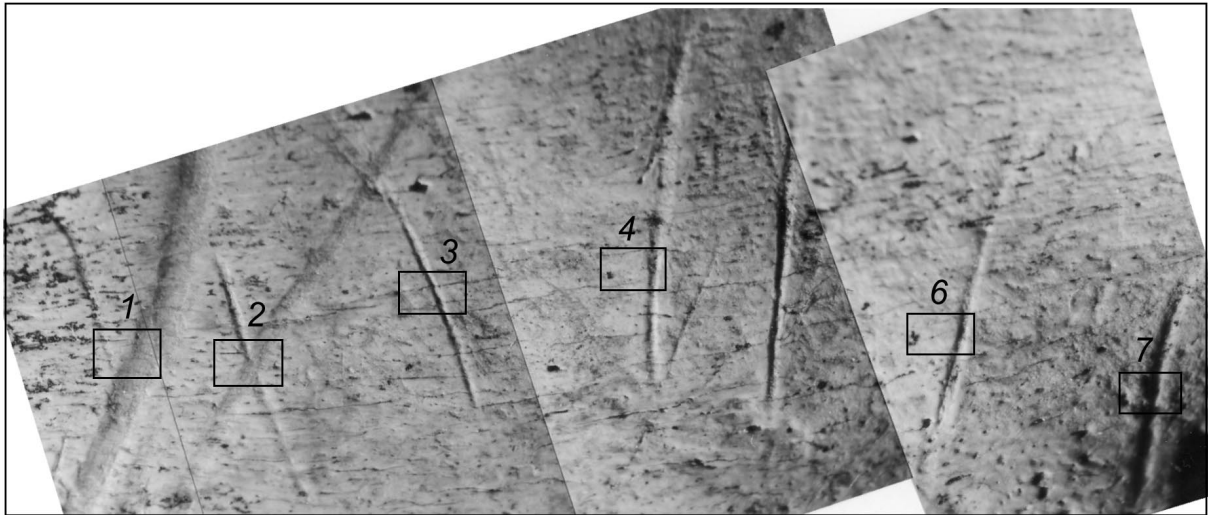


Spur 4 (unt.)

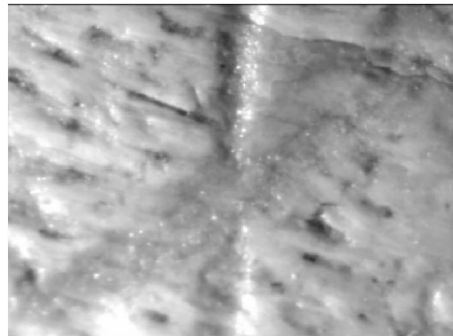


Spur 7

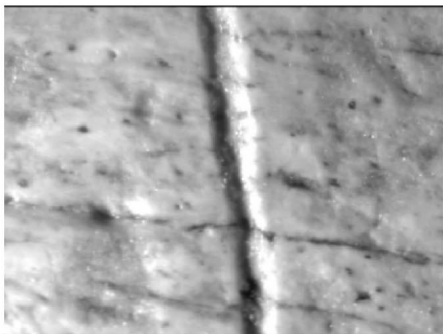
Tafel 67 – Stránská skála, Kreuzbeinfragment eines Bisons, 1. Sacralwirbel medial (oben); darin Spuren 1-7 schwarz nachgezogen (LSM-Top-Scans der Spuren 2, 3, 4 u. 7); 8, 9 - Verbißspuren durch Eckzähne



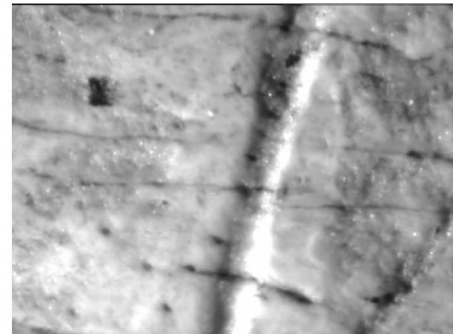
1



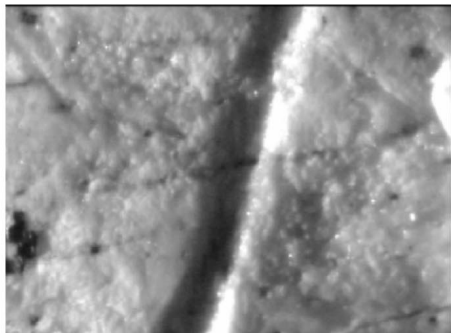
2



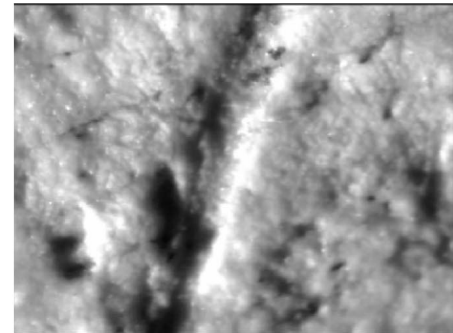
3



4



6



7

Tafel 68 – Stránská skála, Kreuzbeinfragment eines Bisons (Gesamtansicht vgl. Tafel 67);
Detail mit Spurengruppe (oben); 1, 2, 3, 4, 6 u. 7 - Detailfotos unter dem Binokular