

METHODIK UND MATERIALAUSWAHL

Das grundlegende Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine vergleichende Analyse von Feuerstellen aus dem späten Magdalénien, die weit über die Aussagekraft einer rein morpho-typologischen Ansprache hinausgeht und auch das menschliche Verhalten hinter der Feuernutzung beleuchtet. Das Konzept der Feuernutzung soll in seiner Gänze erfasst werden, mitsamt Konstruktion, Betrieb und Funktion.

Grundlegend ist das Erstellen einer einheitlichen, fundierten und repräsentativen Datenbasis aus morphometrischen und aktivitätsspezifischen Daten. Um zusätzlich mögliche Zusammenhänge zwischen diesen Variablen aufzudecken, die Rückschlüsse auf die relative Nutzungsdauer zulassen, findet ein Methodenapparat Anwendung, der eine synthetische Betrachtung der Feuerstellen selbst und ihres räumlichen Umfelds ermöglicht.

Darüber hinaus wird eine Methode vorgestellt, die in Zukunft einen Beitrag zur Rekonstruktion der Brenntemperatur einer Feuerstelle leisten können.

ÜBERLEGUNGEN ZUR RELATIVEN NUTZUNGSDAUER

Die Rekonstruktion der relativen Nutzungsdauer ist entscheidend für das Verständnis einer Feuerstelle, da mit fortschreitender Nutzung unterschiedlichste Faktoren zu einer Veränderung der ursprünglichen Konstruktion führen (s. S. 204 f.). Somit ist die Kenntnis der Nutzungsdauer und der »Lebensgeschichte« einer Feuerstelle essenziell für die Rekonstruktion ihrer »Primär-Architektur«, Betriebsweise und Funktion.

Unter bestimmten Bedingungen erhalten sich organische Reste wie Holzkohle und Asche sowie hitzebedingte Sedimentverfärbungen. In solchen Fällen ist es mit mikromorphologischen und mikrostratigrafischen Untersuchungen mitunter möglich, verschiedene Brennphasen einer Feuerstelle nachzuweisen, die ihrerseits Rückschlüsse auf die Anzahl der Brennvorgänge und somit auf die relative Nutzungsdauer zulassen (z. B. Wattez 1991; Plumettaz 2007). Für die Mehrzahl der hier untersuchten Feuerstellen aus dem späten Magdalénien waren diese Methoden jedoch nicht anwendbar, entweder, weil es sich um Altgrabungen handelt, oder aufgrund der Erhaltung der Befunde. Deshalb erachtete der Verfasser es als dringend notwendig, einen methodischen Apparat zu entwickeln, der gleichermaßen auf perfekt konservierte, alt gegrabene wie auch auf schlecht erhaltene Feuerstellen angewendet werden kann, z. B. auf solche, deren Nachweis sich ausschließlich auf das Vorhandensein feuerveränderter Silices und Gesteine stützt.

Definitionen

Im Zusammenhang mit der relativen Nutzungsdauer einer Feuerstelle sind folgende Begriffe voneinander zu unterscheiden:

1. Brennvorgang: Als Brennvorgang wird jedes erneute Entfachen eines Feuers verstanden. Den einzelnen Brennvorgängen müssen dabei nicht zwangsläufig Säuberungen der Brandzone und Umgestaltungen des Steinapparates vorangehen.
2. Nutzungsepisode: Eine Nutzungsepisode kann jeweils mehrere Brennvorgänge umfassen. Das Ausräumen der Brandrückstände oder die Umgestaltung des Steinapparates markiert das Ende einer Nutzungsepisode.

3. Nutzungsphase: Unterschiedliche Nutzungsphasen sind durch steriles Sediment klar voneinander getrennt und können jeweils mehrere Nutzungsepisoden aufweisen (vgl. Plumettaz 2007, 171).

Indikatoren für die relative Nutzungsdauer einer Feuerstelle

Folgende morphometrischen und aktivitätsspezifischen Variablen werden hinsichtlich ihrer Aussagekraft zur Rekonstruktion der relativen Nutzungsdauer einer Feuerstelle überprüft:

1. Gesamtausdehnung des Befundes,
2. Tiefe,
3. Beschaffenheit des Steinapparates (Fragmentierungsgrad, Gesamtzahl und -gewicht der integrierten Gesteine),
4. Gesamtzahl der Steinwerkzeuge,
5. Aktivitätsspektren.

Gesamtausdehnung der Feuerstelle

Nachweislich nehmen die Gesamtausdehnung einer Brandstelle sowie der Durchmesser möglicher Vertiefungen mit fortschreitender Nutzungsdauer durch Säuberungen und Umgestaltungen zu; die Gesamtausdehnung durch die Ablage ausgeräumter Brandrückstände oder das Deponieren erhitzter Gesteine im direkten Umfeld der Brandzone (vgl. z. B. Olive 1988, 29 ff.; Plumettaz 2007, 170), der Durchmesser der Vertiefungen unter Umständen durch das Herausfegen oder Herausschaben von Brandrückständen (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 219; Olive 1989, 199; Bentsen 2007, 21). Flächenmäßig größere Feuerstellen, ob ebenerdig oder eingetieft, weisen regelhaft Indizien für Säuberungen der Brandzone sowie Um- oder Neugestaltungen der Steinapparate auf. Dies gilt für die Mehrzahl der Befunde aus Monruz (Plumettaz 2007, 37 ff. 171 ff.), Étioilles (z. B. Feuerstelle P15; Olive 1988, 29 ff.) und Pincevent (z. B. 36.G115 u. 43.T125; Bodu 1993, 463; March/Dumarçay/Lucquin 2006, 89 ff.). Tendenziell kleinere Feuerstellen wie Pincevent 36.D119 (Bodu 1993, 520) oder generell die Befunde, die aus der französischen Literatur als »foyers annexes« oder »foyers satellites« bekannt sind, sowie die kleineren Befunde aus Monruz wurden hingegen nie oder selten gesäubert und instandgesetzt. Dies spricht grundsätzlich dafür, dass sie in der Tendenz kürzer genutzt wurden als die großen Feuerstellen (vgl. Julien 1984, 161 f.; Plumettaz 2007, 37 ff. 171 ff.).

Tiefe

Ein weiterer Hinweis auf die relative Nutzungsdauer mag in gewissen Fällen die Tiefe eines Befundes sein, da regelmäßiges Säubern der Brandzone zu einer fortschreitenden Vertiefung der Struktur führen kann (Taborin 1982, 104; Olive 1989, 199). Ethnografische Aufzeichnungen belegen, dass eine ursprünglich ebenerdig betriebene Feuerstelle allein durch wiederholtes Säubern der Brandzone allmählich die Gestalt eines eingetieften Befundes annehmen kann. So erreichte eine anfangs ebenerdige Gemeinschaftsfeuerstelle der Hadza in Tansania innerhalb von drei Monaten intensiver Nutzung eine durchaus beachtliche Tiefe von 12 cm (Mallol u. a. 2007, 2036 f. 2045 ff. 2051).

Auch bei den archäologischen Befunden von mehr als 20 cm Tiefe handelt es sich meist um Feuerstellen, die nach Angaben der Bearbeiter Anzeichen einer längeren Nutzung mit mehreren Nutzungsepisoden und

-phasen aufweisen, einhergehend mit verschiedenen Säuberungsaktionen und Umbaumaßnahmen, z. B. die Befunde Gönnersdorf Stelle 11 (Taf. 5.3, 15) (Bosinski 1979, 64 ff.) und Monruz V57 (Taf. 5.4, 20) (Plumettaz 2007, 132 ff.). Die »Grube« der offenbar nur einmal und eher kurzzeitig genutzten Feuerstelle Pincevent 36.D119 war hingegen nur rund 4 cm tief (Bodu 1993, 520).

Beschaffenheit des Steinapparates (Fragmentierungsgrad, Gesamtzahl und -gewicht der integrierten Gesteine)

Das Erscheinungsbild des Steinapparates einer Feuerstelle liefert Hinweise darauf, ob die Konstruktion weitestgehend intakt geblieben ist oder nach ihrer Aufgabe verändert wurde. Kompakte, klar begrenzte Steinapparate und intakte, durchgängige Umfassungen sprechen für ein funktionsnahes Stadium, während locker und vereinzelt streuende Steine, ohne erkennbare Struktur implizieren, dass die Konstruktion verändert wurde. Solche Veränderungen sind regelmäßig auf ein gezieltes Entfernen funktional wiederverwertbarer Elemente zur Konstruktion neuer Feuerstellen zurückzuführen (z. B. Julien 1972, 286 ff.; Baffier u. a. 1982, 247 f.; Plumettaz 2007, 37 ff. 168 f.).

Konstruktionsspezifische Untersuchungen und systematische Zusammenpassungen der Gesteine zeigen, dass die Feuerstellen im späten Magdalénien häufig mit einer begrenzten Anzahl größerer Blöcke, Platten und Geröllen aufgebaut worden waren, die im Laufe der Nutzung durch Hitzeeinwirkung z. T. stark fragmentiert wurden (z. B. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 221; Julien 1972; Plumettaz 2007; Dumarçay/Caron 2010). Dies hat eine quantitative Zunahme der ursprünglich verwendeten Steinelemente zur Folge.

Folglich mögen der Fragmentierungsgrad und dementsprechend die Gesamtzahl der einzelnen Steinelemente Indikatoren für die relative Dauer, zumindest der letzten Nutzungsperiode einer Feuerstelle und auf ihre Intensität liefern. Je höher der Fragmentierungsgrad, desto fortgeschrittener die finale Nutzungsperiode und womöglich länger die Gesamtlaufzeit einer Feuerstelle (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 221; Plumettaz 2007, 13. 169 f.).

Laut dieser Hypothese würde ein Apparat aus großen, vollständigen Gesteinen für ein »junges« Stadium innerhalb der letzten Nutzungsperiode sprechen, da ein Neuaufbau einer Feuerstelle mit größeren Steinelementen zwangsläufig mit einem niedrigen Fragmentierungsgrad einhergeht. Dies trifft beispielsweise auf die Befunde Verberie D1 und Pincevent 36.L115 zu (Taf. 4.1, 4; 4.2, 10). Ein hoher Fragmentierungsgrad der Steine wäre hingegen ein Indiz für ein fortgeschrittenes Stadium, z. B. an den Feuerstellen Verberie M20 sowie Pincevent 36.V105 und T112 (Taf. 4.1, 3. 5-6) (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 221; Baffier u. a. 1982, 252; Dumarçay/Caron 2010, 96 ff.).

Neben der Gesamtzahl der Steinelemente wird zudem die Aussagekraft des Gesamtgewichts der Gesteine überprüft.

Gesamtzahl der Steinwerkzeuge

Die Gesamtzahl der Steinwerkzeuge an einem Fundplatz liefert unter Umständen Hinweise auf dessen Belegungsdauer (z. B. Weniger 1987a; 1987b). Dementsprechend lassen sich aus der Werkzeugzahl womöglich auch Rückschlüsse auf die relative Nutzungsdauer einer Feuerstelle ziehen, gemäß der Annahme, dass die Werkzeugzahl mit fortschreitender Nutzungsdauer zunehmen sollte. Indizien dafür liefern Feuerstellen, die offenbar eher sporadisch oder kurzzeitig genutzt wurden, z. B. Pincevent 36.D119 oder 36.M121. Derartige Befunde weisen in der Regel wenige bis gar keine standardisierten Geräte in ihrem Umfeld auf (vgl. Bodu

1993, 514 ff.). Im Gegensatz dazu sind Brandstellen, die Anzeichen einer längeren und intensiven Nutzung aufweisen wie z. B. Pincevent 43.T125 oder Étiolles U5, nicht selten mit mehreren Hundert Steingeräten vergesellschaftet (Valentin 2006, 65 ff.; Julien u. a. 1988, 106). Absolute Werkzeugzahlen sollten also zumindest Rückschlüsse auf die Nutzungsintensität der Areale um die Feuerstellen zulassen.

Aktivitätsspektren

Die qualitative Analyse von Steingeräten und anderen Fundgattungen, z. B. Werkzeugen aus organischem Material und Schlachtabfällen, ermöglicht die Ansprache spezifischer Aktivitäten (z. B. Leesch 1997, 109 ff.) sowie die Rekonstruktion von Aktivitätsspektren. Womöglich sind ein vielfältiges Aktivitätsspektrum, u. a. gekennzeichnet durch ein »diversitäres Inventar« an Steingeräten oder ein reduziertes Spektrum, ein »spezialisiertes Inventar« (vgl. Richter 1990), Marker für eine tendenziell lange bzw. kurze Belegungsdauer eines Fundplatzes. Folglich könnten ein vielfältiges Aktivitätsspektrum und darüber hinaus auch ganz bestimmte Aktivitäten im Umfeld einer Feuerstelle Indikatoren für deren relative Nutzungsdauer sein.

Im Vorfeld lassen sich als Arbeitsgrundlage für die Bestimmung der relativen Nutzungsdauer eines Feuerstellenbefundes folgende Hypothesen ableiten, die es zu überprüfen gilt:

1. Je länger eine Feuerstelle in Betrieb war, desto größer sollte ihre Gesamtausdehnung sein.
2. Je länger eine Feuerstelle in Betrieb war, desto tiefer sollte sie sein.
3. Je länger eine Feuerstelle in Betrieb war, desto höher sollte der Fragmentierungsgrad der Steine innerhalb der Struktur sein und desto höher sollten Gesamtanzahl und -gewicht der Gesteine innerhalb der Struktur sein.
4. Je länger eine Feuerstelle in Betrieb war, desto höher sollte die Gesamtzahl standardisierter Steingeräte in ihrer Umgebung sein.
5. Je länger eine Feuerstelle in Betrieb war, desto vielfältiger sollte das Aktivitätsspektrum in ihrer Umgebung sein.

Zunächst gilt es, diese Hypothesen zu verifizieren oder aber zu widerlegen und gegebenenfalls zu präzisieren und klar zu definieren. Das abschließende Ziel ist, basierend auf zuverlässigen quantitativen und qualitativen Daten, in der Tendenz zwischen kurzer, mittlerer und langer Nutzungsdauer zu unterscheiden und etwaige Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Daten und Variablen im Detail zu beleuchten.

MORPHOMETRISCHE ANALYSEN

Vor dem Hintergrund der erläuterten Fragestellung dient die morphologische und metrische Auswertung der Feuerstellenbefunde hauptsächlich dem Generieren von Daten, auf deren Grundlage eine erste Typisierung und Kategorisierung der ausgewählten Befunde vorgenommen werden kann. Darüber hinaus fließen die Daten in die Untersuchungen zur relativen Nutzungsdauer der Feuerstellen ein.

Definitionen

Für die systematische Ansprache von Feuerstellen nach morphometrischen Kriterien ist es vorab notwendig, Begriffe, die in der Vergangenheit wiederholt in diesem Kontext Verwendung fanden, klar und einheitlich

zu definieren. Beispielsweise müssen die unterschiedlichen Bereiche einer Feuerstelle sowie ihre Konstruktions- und Funktionselemente präzise und anschaulich angesprochen werden können. Die hier verwendeten Begriffe und Definitionen lehnen sich an französische Vorarbeiten zur Typologie und zum Vokabular für jungpaläolithische Feuerstellenbefunde an (Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 215 ff. 321 ff.; 1973, 3 ff. 41 ff.; Perlès 1973, 34 ff.; Julien u. a. 1988, 86 f.; Olive/Morgenstern 2004, 183 f.). Die folgende Terminologie ist nicht im Sinne einer finalen Typologie zu verstehen, sondern dient der ersten objektiven Beschreibung und Ansprache eines Befundes.

Feuerstelle/Brandstelle

Diese Begriffe umschreiben einen Feuerstellenbefund in seiner Gesamtheit, einschließlich der Brandzone (s. u.), etwaiger Steinkonstruktionen sowie der Asche- und Holzkohlestreuungen, auch wenn sich diese über die eigentliche Brandzone hinaus erstrecken.

Brandzone

Als Brandzone wird der Bereich einer Feuerstelle verstanden, in dem das eigentliche Feuer brannte. Unter bestimmten Voraussetzungen, u. a. die mineralische und chemische Zusammensetzung des Bodens sowie die Brenntemperatur, zeichnet sich diese Zone mitunter durch eine klar umrissene, rötliche Verfärbung im Sediment ab. In der Regel ist eine exakte Lokalisierung der Brandzone aber nur in seltenen Fällen möglich, entweder, weil die entsprechenden Voraussetzungen nicht erfüllt waren (z. B. March/Ferreri/Guez 1993; Canti/Linford 2000, 386. 389 ff.; Einwögerer/Simon/Einwögerer 2003) oder, weil die Feuerstelle mehrfach genutzt wurde, und nahezu jede Wiederinbetriebnahme einer »alten« Feuerstelle auch eine Verlagerung der Brandzone mit sich brachte (z. B. March 1995a, 56).

Feuerstellenzentrum

Dieser Begriff umschreibt den zentralen Bereich, den Mittelpunkt eines Feuerstellenbefundes, unabhängig von der Lage der Brandzone.

Steinapparat

Steinapparat steht generell für die steinernen Konstruktions- oder Funktionselemente einer Feuerstelle, gleich, ob es sich um eine Umfassung, Abdeckung oder einen Unterbau aus Steinen handelt.

Ebenerdige Feuerstelle

Die Bezeichnung dient der Ansprache von Befunden, die auf einer mehr oder weniger planen Erdoberfläche betrieben wurden (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 230 ff.; Julien 1972, 282 ff.).

Eingetieft Feuerstelle

Unter dem Begriff eingetieft Feuerstellen werden sämtliche Befunde zusammengefasst, die eine Vertiefung in Form einer Mulde oder Grube aufweisen, entweder intentionell ausgehoben oder durch Nutzung einer natürlichen Vertiefung (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 215 ff.; Julien 1972, 279 ff.). Meist handelt es sich um rundliche oder ovale Vertiefungen, in denen das Feuer entfacht wurde und die häufig mit Holzkohle- und Ascheresten gefüllt sind, mitunter aber auch feuerveränderte Gesteine, Silices und Knochen enthalten können (Grubenfüllung). Die Grubenprofile sind oftmals asymmetrisch, was auf das Ausheben der Vertiefung oder auf Säuberungsaktionen zurückzuführen sein mag. Die asymmetrische Form entsteht, wenn das Sediment auf einer Seite eingetieft (eher steil abfallende Wand) und auf der gegenüberliegenden Seite aus der Grube entfernt wird (eher flach abfallende Wand) (vgl. z. B. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 219; Plumettaz 2007, 166).

Einfache Feuerstelle

Als einfache Feuerstellen werden ebenerdige und eingetieft Befunde ohne Steinapparat bezeichnet, die also gänzlich ohne steinerne Konstruktions- und Funktionselemente errichtet und betrieben wurden (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 215 ff.). Im archäologischen Befund sind solche Feuerstellen jedoch nur sicher zu identifizieren, wenn sich unterhalb von Holzkohle- oder Aschestreuungen oder Häufungen feuerveränderter Silices oder Faunenreste eine evidente Brandzone erhalten hat.

Feuerstelle mit zentralem Steinapparat

Eine Feuerstelle mit zentralem Steinapparat, eingetieft oder ebenerdig, zeichnet sich durch steinerne Konstruktions- oder Funktionselemente aus, die sich überwiegend im Bereich der Brandzone oder des Feuerstellenzentrums verteilen. Dazu zählen Befunde mit flächendeckenden, kompakten Ansammlungen von Gesteinen sowie Befunde mit vergleichsweise lockeren Streuungen im zentralen Bereich.

Feuerstelle mit Steinumfassung oder -einfassung (randlichem Steinapparat)

Diese Bezeichnung benennt ebenerdige oder eingetieft Feuerstellen mit einer aus Steinplatten, -blöcken oder Geröllen konstruierten, meist ringförmigen Umfassung/Einfassung der Brandzone (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 215 ff.). Im Gegensatz zu Strukturen mit zentralem Steinapparat befinden sich die Steine randlich und sparen das Zentrum der Feuerstelle weitestgehend aus. Ist keine klar konstruierte Umfassung/Einfassung erkennbar, die Steine gruppieren sich aber größtenteils um die Brandzone herum, wird der Begriff »randlicher Steinapparat« verwendet.

Umzeichnungen

Die Grundvoraussetzung für vergleichende morphometrische Analysen ist eine qualitativ möglichst einheitliche Arbeitsgrundlage. Die Umzeichnungen der Feuerstellenbefunde, die der Verfasser aus zahlreichen

FPL	FST	NG	FPL	FST	NG	FPL	FST	NG	FPL	FST	NG	FPL	FST	NG
AM	30/22	-	MR	K51	+	MR	N48	-	LGC	str. 1	+	PV	37.O123	-
AM	33/19-20	-	MR	L51	-	MR	N49	-	LGC	str. 2	-	PV	36.R102	+
AM	32-33/23	-	MR	N47	-	MR	N52	-	LGC	str. 3	-	PV	46.R126	-
GD	St. 11	+	MR	N50	-	MR	P50	-	LGC	str. 4	-	PV	43.Z124	-
GD	70/53	+	MR	O48	-	MR	R50	-	LGC	str. 6	-	PV	36.D119	+
GD	59/80	-	MR	O49	-	MR	R51	-	LGC	str. 8	-	PV	36.J-K114	-
GD	60/79	-	MR	O52	-	MR	S49	-	LGC	str. 9	-	PV	36.C114	+
GD	58/79	-	MR	O56	-	MR	S50	-	LGC	str. 12	-	PV	36.G115	+
GD	60/81	-	MR	R53	-	MB	D68	+	LGC	str. 14	-	PV	36.L115	+
GD	57/69	-	MR	R54	-	MB	C65	+	LTT I	N11	+	PV	45.L130	+
GD	63/91	+	MR	V57	+	MB	TU65	+	MS	D14	+	PV	36.V101	+
GD	65/97	+	MR	X50	-	MB	D25	-	MS	H17	+	PV	36.Q111	+
NB	3/16	-	MR	X54	-	MB	C69	+	MS	N19	+	PV	36.G121	+
NB	8/16	-	MR	Y50	+	ET	O16	+	MS	X18	+	PV	36.T112	+
OEN	Str.2N	+	MR	A63	-	ET	S25	+	PV	foyer I	+	PV	36.V105	+
OEN	Str.2Z	+	MR	A'60	-	ET	S29	+	PV	foyer II	+	PV	43.T125	+
OO	A	-	MR	M48	-	ET	G13	+	PV	foyer III	+	PV	44.Y127	+
OO	B	-	MR	P49	-	ET	J18	+	PV	36.J116	+	VB	D1	+
CHV	A12	+	MR	L59	+	ET	K12	+	PV	44/45.A129	+	VB	M20	+
CHV	B16	-	MR	Y55	+	ET	P15	+	PV	36.M121	+			
CHV	E21	-	MR	G64	-	ET	S27	+	PV	36.P102	+			
CHV	G19	-	MR	S58	-	ET	Q31	+	PV	44.X127	+			
CHV	I16	+	MR	C61	-	ET	U5	+	PV	36.Z117	+			
CHV	K22	-	MR	W54	-	ET	W11	+	PV	36.I101	+			
CHV	D11	-	MR	X51	-	ET	N20	+	PV	36.V114	+			
CHV	M17	-	MR	L55	+	ET	A17	+	PV	46.U/V127	-			
CHV	N16	-	MR	R57	-	ET	N26	+	PV	36.V100	+			
CHV	K12	+	MR	S55	-	LHM	G13	+	PV	27.M89	+			

Tab. 90 Übersicht der in Umzeichnungen vorhandenen Feuerstellenbefunde. **FPL** Fundplatz, **FST** Feuerstelle, **NG** im Rahmen der vorliegenden Arbeit neu gezeichnet; + neu gezeichnet, - nicht neu gezeichnet; **AM** Andernach-Martinsberg, **GD** Gönnersdorf, **NB** Nebra, **OEN** Oelknitz, **OO** Orp-Ost, **CHV** Champréveyres, **MR** Monruz, **MB** Moosbühl, **ET** Étioilles, **LHM** La Haye aux Mureaux, **LTT I** Les Tarterets I, **LGC** Le Grand Canton, **MS** Marsangy, **PV** Pincevent, **VB** Verberie.

unterschiedlichen Publikationen und teils unveröffentlichten Schriften zusammengetragen hat, waren jedoch von ganz unterschiedlicher Qualität. Deshalb wurden für die vorliegende Arbeit 72 der insgesamt 131 ausgewählten Feuerstellenbefunde neu gezeichnet (**Tab. 90; Taf. 1-5**). Die qualitative und grafische Anpassung sowie die Vereinheitlichung der Maßstäbe erfolgte mithilfe der Software Adobe[®] Photoshop[®] CS4 Extended 11.0.2. In sämtlichen Neuzeichnungen wurden die jeweiligen Quadratmetersysteme der unterschiedlichen Fundplätze berücksichtigt, benannt durch Buchstaben und/oder Zahlen.

Für die Feuerstellen der Fundplätze Champréveyres, Monruz und »Le Grand Canton« lagen bereits qualitativ hochwertige Umzeichnungen vor (vgl. Leesch 1997; Plumettaz 2007; Rieu 1999, 98 ff.) (**Taf. 6-8**), weshalb

nur eine kleine Auswahl der Feuerstellen dieser Fundplätze exemplarisch für den Tafelteil der vorliegenden Arbeit neu gezeichnet wurde.

Morphologische Kategorisierung von Feuerstellen

Die Einteilung der Feuerstellen nach morphologischen Kriterien dient zunächst der grundlegenden Typisierung der untersuchten Befunde und der Abgrenzung klar definierter morphologischer Typen (MT), die ihrerseits die Arbeitsgrundlage für weiterführende Untersuchungen bilden.

Erste morpho-typologische Überlegungen zu spätjungpaläolithischen Feuerstellen gehen auf den Forscherkreis um André Leroi-Gourhan zurück (z. B. Leroi-Gourhan 1973a, 3 f.; 1973b, 41 ff.; Perlès 1973, 34 ff.). Eine grundsätzliche »Typen«-Unterscheidung bezieht sich auf den Untergrund der Brandstellen: Differenziert wird zwischen Feuern, die direkt auf der Erdoberfläche entfacht (»foyers à plat«) und solchen, die in natürlichen Mulden oder eigens zu diesem Zweck ausgehobenen Vertiefungen angelegt wurden (»foyers à cuvette«) (Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 215 ff.; 1973, 4). Eine weiterführende Unterteilung, die das Ergebnis der Auswertung von section 36 in Pincevent war, bezieht zusätzlich die steinernen Konstruktions- oder Funktionselemente mit ein (Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 215 ff.). Darauf aufbauend definierte Leroi-Gourhan drei Haupttypen von Feuerstellen:

1. »foyers à cuvette et bordure de pierres (foyers domestiques)«: eingetiefte Feuerstellen mit Steinumfassung,
2. »foyers à cuvette sans bordure de pierres (petits foyers à cuvette)«: kleine eingetiefte Feuerstellen ohne Steinumfassung,
3. »foyers à plat«: ebenerdige Feuerstellen (Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 215 ff.).

Basierend auf diesem ersten Schritt typologischer Differenzierung und Ausgrabungen weiterer, in der Zwischenzeit entdeckter Magdalénien-Fundstellen im Pariser Becken, darunter Étiolles, Verberie und Marsangy, schlug Michèle Julien eine, an die neuen Erkenntnisse angepasste, modifizierte morphologische Einordnung der Feuerstellen nebst charakterisierender Definitionen vor. Ihre Gruppe a) umfasst »foyers à bordure de pierres bien aménagée, avec des dalles ou des blocs agencés en couronne autour de l'aire de combustion – creusée ou plane – qui ne comporte généralement qu'un nombre restreint de blocs«. Diese Strukturen, eingetieft oder ebenerdig, sind gekennzeichnet durch eine deutlich erkennbare, konstruierte Umfassung des Feuerstellenzentrums aus einer überschaubaren Anzahl von Steinplatten oder -blöcken. In Gruppe b) fasst Julien »foyers sans bordure évidente, mais dont l'aire de combustion – creusée ou plane – contient des concentrations plus moins dense de pierres« zusammen. Es handelt sich um eingetiefte oder ebenerdige Strukturen, die keine klar erkennbaren Umfassungen aufweisen, jedoch eine mehr oder weniger dichte Konzentration von Steinen innerhalb der Brandzone aufweisen. Gruppe c) beinhaltet »foyers plans ou faiblement dénivelés, aux limites diffuses, qui sont caractérisés par une accumulation très importante de pierres«. Kennzeichnend für diese Kategorie sind sogenannte foyers pierreux, ebenerdige oder leicht eingetiefte Strukturen ohne deutliche Begrenzungen, die eine bedeutende, pflasterartige Häufung von Steinen aufweisen (Julien u. a. 1988, 86 f.). Der Ausgangspunkt für eine erste Typisierung sowie für konstruktionsspezifische Untersuchungen ist die Beschreibung des »aktuellen« morphologischen Erscheinungsbildes einer Brandstelle zum Zeitpunkt der Freilegung. Weiterführende Interpretationen sind stets vor dem Hintergrund zu betrachten, dass der archäologische Befund einer Feuerstelle immer den finalen Zustand widerspiegelt, im Moment, als die Struktur aufgegeben wurde. Für die Interpretation bedeutet dies, dass der Zustand zum Zeitpunkt der Freilegung nicht zwangsläufig einem funktionalen Stadium entspricht (vgl. Coudret/Larrière/Valentin 1989, 38; Olive 1989, 197). Eine weitere Schwierigkeit der morphologischen Beschreibung liegt darin, dass Feuerstellen

während längerer und wiederholter Nutzungen eine stetige Veränderung der ursprünglichen Konstruktion erfahren. Die jeweilige Nutzungsdauer kann variieren und verschiedene Strukturen können dementsprechend voneinander abweichende Nutzungsstadien repräsentieren (z. B. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 221 ff.; Valentin/Bodu 1991, 144; Coudret/Larrière/Valentin 1989, 38 f.; Taborin 1989, 78). Die »aktuelle« Erscheinung einer Brandstelle hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, z. B. von der primären Funktion, der Nutzungsdauer, der Nutzungsintensität, von der Anzahl der Brennvorgänge, von Instandsetzungen und Umgestaltungen oder auch von einer völligen, aktivitätsspezifischen Umfunktionierung des gesamten Siedlungsareals (vgl. Olive 1989, 197). Nach Aufgabe oder Verlassen einer Feuerstelle, ist diese auch weiterhin Einflüssen ausgesetzt, die Auswirkungen auf das Erscheinungsbild haben können. Teils sind diese Einflüsse anthropogener Natur, z. B. das nachträgliche, teilweise oder vollständige Entfernen des Steinapparates (z. B. Plumettaz 2007, 40 ff. 174 ff.), teils handelt es sich um natürliche, postdepositionale, taphonomische Prozesse, welche den ursprünglichen Befund verändern (z. B. Einwögerer/Simon/Einwögerer 2003, 22 ff.). Das finale Erscheinungsbild einer Feuerstelle wird also durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Deshalb ist die Aussagekraft der morphologischen Beschreibung und Einteilung der Befunde hinsichtlich der ursprünglichen Konstruktionsweise einer Feuerstelle eingeschränkt. Morphologische Untersuchungen können also nur der Ausgangspunkt für weiterführende Untersuchungen sein.

Eine feintypologische Einordnung einer größeren Anzahl von Feuerstellenbefunden verschiedener Fundplätze nach morphologischen Kriterien ist aufgrund der erläuterten Problematik oftmals nicht möglich. Die Vielfalt von Befunden unterschiedlicher Nutzungsstadien würde unter Berücksichtigung zu vieler Details in einer zu großen Zahl von Gruppen resultieren, die letztendlich eher individuelle Züge denn unterschiedliche Konstruktionstypen repräsentieren würden (vgl. Coudret/Larrière/Valentin 1989, 37 ff.). Vielmehr gilt es, generelle Gemeinsamkeiten zu erfassen, Gruppen zu definieren und allgemein anwendbare Kriterien für eine Kategorisierung zu schaffen, die eine erste, grundlegende Klassifizierung eines Befundes ermöglichen. Eine darüber hinausgehende, fundierte typologische Einteilung ist hingegen nur möglich, wenn es gelingt, den ursprünglichen Aufbau der Feuerstellen zu rekonstruieren, bevor sie durch fortschreitende Nutzungsdauer verändert wurden.

Basierend auf den typologischen Überlegungen des Forscherkreises um Leroi-Gourhan werden in der vorliegenden Arbeit drei Kriterien für die grundlegende morphologische Einteilung archäologischer Feuerstellenbefunde berücksichtigt:

1. ebenerdig oder eingetieft,
2. mit oder ohne Steinapparat,
3. mit randlichem (Umfassung) oder zentralem Steinapparat.

Die Zuordnung der ausgewählten Feuerstellen zu den unterschiedlichen Gruppen erfolgt anhand der publizierten Befundbeschreibungen sowie der rein visuellen Auswertung der Umzeichnungen.

Materialauswahl

Für die morphologische Untersuchung der Feuerstellen wurden folgende Auswahlkriterien festgelegt: Der Befund liegt als Umzeichnung und/oder Fotoaufnahme und ist mitsamt seiner einzelnen Komponenten möglichst exakt beschrieben. Diese Kriterien erfüllen 131 Feuerstellen von 15 Fundplätzen: Andernach-Martinsberg (n=3), Gönnersdorf (n=9), Nebra (n=2), Oelknitz (n=2), Orp-Ost (n=2), Champréveyres (n=10), Monruz (n=36), Moosbühl (n=5), Étioilles, (n=14), La Haye aux Mureaux (n=1), Les Tarterets I (n=1), »Le Grand Canton« (n=9), Marsangy (n=4), Pincevent (n=31) und Verberie (n=2) (vgl. **Tab. 97**). Diese 131 Feuerstellen bilden den Grundstock für alle weiterführenden Analysen.

Metrische Kategorisierung von Feuerstellen

Die metrische Auswertung der Feuerstellen liefert weitere Kriterien zur Einteilung der untersuchten Befunde. Berücksichtigung finden die Ausmaße der Feuerstellen, gegebenenfalls ihre Tiefe sowie die Gesamtzahl und das Gesamtgewicht der integrierten Gesteine. Aus diesen Daten ergeben sich verschiedene Gruppen (Größen- und Tiefenklassen der Feuerstellen sowie Gewichts- und Quantitätsklassen der Gesteine), die als Variablen für die relative Nutzungsdauer einer Feuerstelle ebenfalls bezüglich ihrer Aussagekraft überprüft werden.

Bestimmung von Größe und Tiefe einer Feuerstelle

In den jeweiligen Publikationen verwenden die Bearbeiter unterschiedliche Maßeinheiten: In der Regel wird die Ausdehnung rundlicher Feuerstellenbefunde in Durchmessern, die länglicher oder unregelmäßig geformter Strukturen in Längen- und Breitenangaben angegeben.

Um die Daten miteinander vergleichen zu können, wurde in der vorliegenden Arbeit für alle untersuchten Feuerstellen mithilfe der Software ImageJ 1.4 der Flächeninhalt (A) als gemeinsame Maßeinheit ermittelt. Die Bestimmung der Flächeninhalte erfolgte anhand der Umzeichnungen der Feuerstellen. Dazu wurden manuell miteinander verbundene Messpunkte entlang der Umrisslinie der zu ermittelnden Fläche gesetzt. Da es mitunter zu den Messwerten aus den originalen Grabungsdokumentationen kam, sind die hier vorgelegten Angaben als relative Werte zu betrachten. War die Flächenmessung auf Basis der Umzeichnung nicht möglich, wurde der entsprechende Flächeninhalt, sofern publiziert, aus den vorgelegten Maßangaben berechnet.

Eine vergleichende Größenmessung von Feuerstellen unterschiedlicher Fundplätze mit unterschiedlichen Erhaltungsbedingungen ist mit gewissen Schwierigkeiten verbunden. Zunächst einmal stellt sich die Frage danach, was eigentlich gemessen werden kann. In Pincevent zeichnen sich beispielsweise die Brandzonen in der Regel deutlich durch rötliche Verfärbungen im Sediment ab (vgl. Julien 1972, 280 ff.). Mitunter lassen sich Brandzonen auch durch eine dichtere und dunklere Verfärbung innerhalb größerer Holzkohlestreuungen abgrenzen, beispielsweise in Monruz (vgl. Plumettaz 2007, 37 ff.). In diesen Fällen kann die Fläche gemessen werden, auf der das Feuer brannte.

Bei schlechter Erhaltung, z. B. in »Le Grand Canton«, sind Akkumulationen von erhitzten Steinen aber häufig der einzige messbare Anhaltspunkt für die Ausdehnung einer Feuerstelle (vgl. Rieu 1999, 96 ff.). Hier kann nur die Gesamtausdehnung bestimmt werden.

Um dennoch eine vergleichbare Datengrundlage zu schaffen, wurden unterschiedliche Bereiche der untersuchten Feuerstellen gemessen:

1. Flächeninhalt der Gesamtbefunde,
2. Flächeninhalt der Brandzone (Rötung, Vertiefung o. Innenfläche eines »Steinkranzes«),
3. Flächeninhalt der Holzkohlestreuung (Schwarzfärbung),
4. Flächeninhalt des Steinapparates.

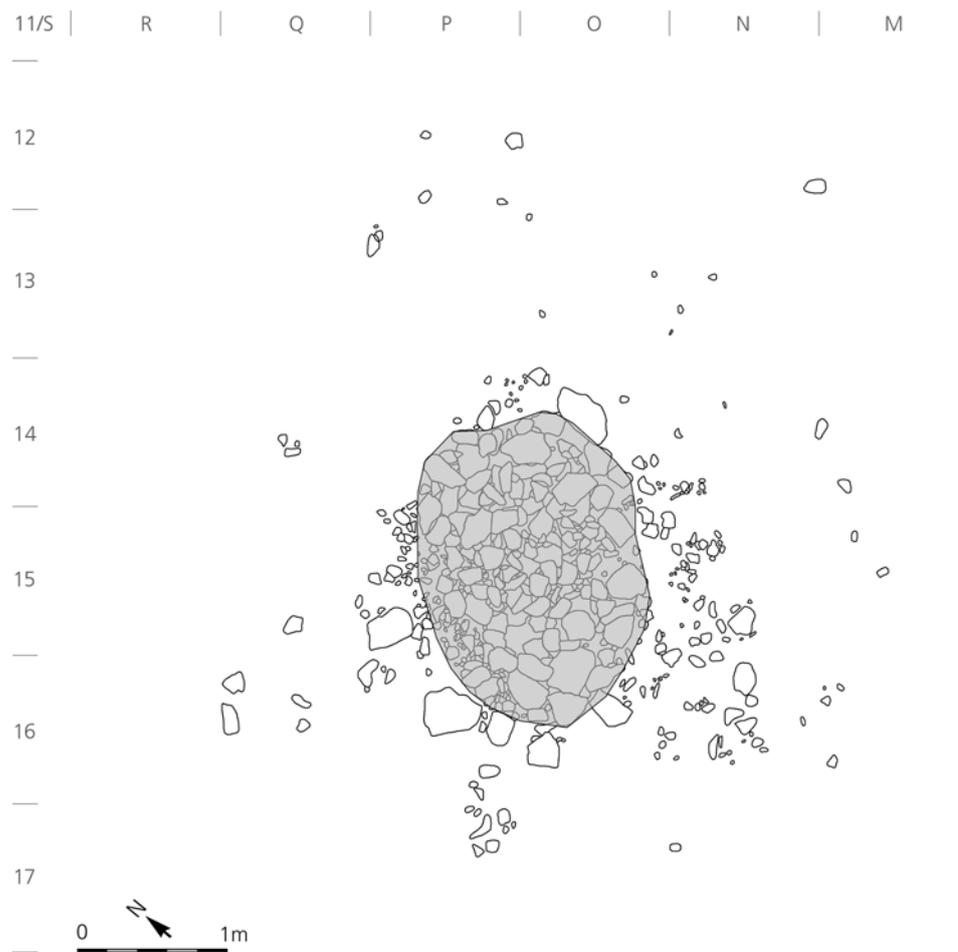
Die Messungen erfolgten nach diesen Kriterien:

Waren deutlich begrenzte Sedimentverfärbungen in den Umzeichnungen erkennbar, erfolgte das Setzen der Messpunkte möglichst exakt entlang der sichtbaren Konturen.

Rotfärbungen oder auffällig dichte Holzkohlestreuungen mit betreffendem Vermerk in der Befunddokumentation, wurden als »Brandzone« gemessen.

War nur eine schwarze Holzkohlestreuung in den Umzeichnungen festgehalten und lag in der Dokumentation kein Hinweis auf die Position der Brandzone vor, wurden die Maße der dunklen Verfärbung als Ge-

Abb. 69 Beispiel für die Größenmessung einer Feuerstelle mit weitstreuendem Steinapparat. Schwarz umrandet: feuerveränderte Steine; eingefärbter Bereich: gemessener Flächeninhalt der Feuerstelle. – (Verändert nach Olive 1988, Plan 26).



samtausdehnung der Feuerstelle festgehalten. Isolierte Holzkohleflecken in der unmittelbaren Umgebung wurden dabei nicht berücksichtigt.

Hatte sich nur ein flächendeckender Steinapparat erhalten und war als solcher in den Umzeichnungen erkennbar, wurde der Bereich gemessen, der in den Zeichnungen oder in den Befundbeschreibungen als Zone mit der höchsten Dichte erkennbar war. Bei rundlichen, umfassungsähnlichen Steinsetzungen, wurden die Messpunkte möglichst exakt entlang der Außenkante gesetzt. Vereinzelt und isoliert streuende Gesteine in der Umgebung fanden in beiden Fällen keine Berücksichtigung (**Abb. 69**). Sofern nicht deutlich von einer Holzkohlestreuung überragt, wurden diese Messdaten der Steinapparate als »Gesamtausdehnung der Feuerstelle« betrachtet. Bei Steinumfassungen wurde, ausgehend von den Steininnenkanten, zusätzlich der innere Flächeninhalt berechnet und als mögliche Position der Brandzone angegeben. Die Maße wurden allerdings in Klammern eingetragen, da die Lage der Brandzone und deren Ausdehnung auf diese Weise nur annähernd bestimmt werden können.

Im Falle einer Eintiefung wurden deren Fläche anhand der in den Umzeichnungen angegebenen Oberkante ermittelt und die Tiefe vermerkt, sofern diesbezüglich Angaben aus den vorliegenden Befundbeschreibungen zu entnehmen waren. Maße für die Brandzone wurden angegeben, wenn anhand der Morphologie der Vertiefungen eine begrenzte Fläche für die Ausdehnung des Feuers vorgegeben war. Die Angaben erscheinen ebenfalls in Klammern, da sie die Brandzone nur in etwa beschreiben.

Ließen Umzeichnungen und Befundbeschreibungen eine Kombination von mindestens zwei unterschiedlichen Kategorien (Rotfärbung, Holzkohlestreuung, Eintiefung, Steinapparat) erkennen und waren diese deutlich voneinander zu unterscheiden, wurde die Gesamtfläche anhand der Kategorie mit der größten

Ausdehnung ermittelt. Die Messung der Brandzone richtet sich nach der Rotfärbung, der Eintiefung, dem Steinkranz oder dichtesten Holzkohleakkumulation, sofern in den Befundbeschreibungen entsprechende Hinweise vermerkt waren.

Lag der Steinapparat innerhalb einer Rotfärbung, Holzkohlestreuung oder Vertiefung und ließ keine klare Strukturierung, beispielsweise in Form einer Umfassung, erkennen, wurde er nicht separat gemessen. Lediglich die Gesamtausdehnung wurde entsprechend den Ausmaßen von Rot- oder Schwarzfärbung vermerkt.

War die Fläche einer Eintiefung kleiner als die einer Holzkohlestreuung oder eines Steinapparates, wurden die Maße der Vertiefung als mögliche Brandzone in Klammern vermerkt, Holzkohlestreuung oder Steinapparat als Gesamtausdehnung.

Bestimmung von Steinmengen, -gewichten und Fragmentierungsgraden

Sämtliche Mengen- und Gewichtsangaben wurden der Literatur entnommen. Ausnahmen bilden die beiden Feuerstellen Étiolles S27 und Q31. Hier wurden die wenigen, oberflächlich befindlichen Steine auf den Umzeichnungen durch den Verfasser gezählt. Als indirekte Anzeiger des Fragmentierungsgrades werden anhand der Anzahl von Gesteinen innerhalb einer Feuerstelle quantitative Gruppen gebildet, deren qualitative Definition im Laufe der Auswertung erfolgt.

In der vorliegenden Arbeit wird außerdem der Versuch unternommen, den Fragmentierungsgrad zu berechnen. Dazu wird der Quotient aus dem Gesamtgewicht eines Steinapparates und der Anzahl der Steine ermittelt. Dem liegt folgende Annahme zugrunde: Mit zunehmender Fragmentierung der Steine nimmt die Anzahl einzelner Elemente zu, jedoch verändert sich das Gewicht des Steinapparates nicht. Demzufolge würde ein niedriger Quotient für eine starke, ein hoher Quotient für eine geringe Fragmentierung sprechen. Als Anhaltspunkt dienen zwei Feuerstellen aus Pincevent. Für Feuerstelle 36.L115, die nachweislich eine »junge Konstruktion« repräsentiert (vgl. Leroi-Gourhan/Brézillon 1972, 219 ff.), liegt der Fragmentierungsquotient bei 3,3, im Fall von Brandstelle 43.T125, die Spuren einer langen und intensiven Nutzung zeigt (vgl. March/Dumarçay/Lucquin 2006; March/Lucquin/Dumarçay 2006), liegt er bei 0,2.

Am Ende sollte es möglich sein, entweder anhand des Fragmentierungsquotienten direkt oder anhand der Anzahl von Steinen indirekt Aussagen hinsichtlich des Fragmentierungsgrades zu treffen und zwischen geringer, mittlerer und hoher Fragmentierung zu unterscheiden.

Materialauswahl

Die metrischen Untersuchungen setzen folgende Kriterien voraus: Der Befund muss als Umzeichnung vorliegen, wenigstens aber müssen metrische Daten vorliegen. Insgesamt liefern 118 Feuerstellen die nötigen Informationen, um zumindest die Gesamtausdehnung zu bestimmen; in 122 Fällen ist die etwaige Tiefe angegeben, von 86 Feuerstellen liegen Angaben über Steinmengen und von 67 Gewichtsangaben der Steine vor (s. **Tab. 97**).

AKTIVITÄTSSPEZIFISCHE ANALYSEN

Zum Verständnis der Funktion und Nutzungsweise einer Feuerstelle ist es essenziell, die im Umfeld ausgeübten Tätigkeiten zu erkennen und zu charakterisieren. Die Arbeitshypothese lautet, dass sich bestimmte Arbeiten durch einen spezifischen Fundniederschlag auszeichnen, und dass das Vorhandensein und die Anzahl bestimmter Funde dementsprechend Rückschlüsse auf die Art und Intensität der ausgeübten Aktivitäten zulassen. Das Ziel ist, die Feuerstellen nach aktivitätsspezifischen Kriterien zu differenzieren und zu kategorisieren. Die Analysen beziehen sich auf die unmittelbare Umgebung der Feuerstellen.

Räumliche Analyse

Unter der gegebenen Fragestellung dient die räumliche Analyse in erster Linie der Ermittlung vergleichbarer Werkzeugzahlen, die sowohl als Indikator für die Nutzungsintensität der jeweiligen Feuerstellenumgebung als auch für die relative Nutzungsdauer der Feuerstelle betrachtet werden. Werkzeugzahlen sind eine metrische Größe, werden aber unter dem Oberbegriff »aktivitätsspezifische Kriterien« oder »Variablen« zusammengefasst.

Ziele sind eine grundlegende Charakterisierung der Feuerstellen anhand des Werkzeugspektrums und das Erstellen von Gruppen, basierend auf der Anzahl von Werkzeugen. Unter der Bezeichnung Werkzeuge werden im Folgenden die standardisierten Gerätetypen Rückenmesser (RM), Stichel (ST), Kratzer (KR) und Bohrer (BO) zusammengefasst. In den verschiedenen Publikationen wurde meist nicht zwischen Feinbohrern, Bohrern und Grobbohrern (»becs«) unterschieden, weshalb diese Unterkategorien auch in der vorliegenden Arbeit als eine Werkzeugform kartiert werden.

Die Verteilungspläne basieren auf eingescannten, bereits vorliegenden Werkzeugkartierungen, die anschließend auf neu angefertigte Umzeichnungspläne mithilfe von Adobe Photoshop CS4 Extended 11.0.2 übertragen wurden; Werkzeuge wurden in der Regel als Einzelfunde kartiert.

Oftmals liegen Angaben von Werkzeugzahlen nur für gesamte Siedlungshorizonte oder Siedlungseinheiten vor, wobei die jeweilige Ausdehnung der Areale stark variieren kann. Um eine Vergleichbarkeit der Daten mit direktem Bezug zu einer bestimmten Feuerstelle zu ermöglichen und fehlerhafte Zuweisungen zu minimieren, wird jeweils nur eine bestimmte Zone mit einer festgelegten Größe um die Feuerstelle untersucht. Im Umkreis von 2 m um eine Brandstelle finden sich laut Binford's Modellen Arbeits- und Nutzplätze, an denen Abfälle direkt liegen bleiben (drop zones) und die Zonen, in die größere Abfälle aus der Sitzposition heraus geworfen werden (toss zones) (z. B. Binford 1983, 153; s. S. 24 f.). Um zusätzlich etwas abseits der Feuerstelle gelegene Aktivitätsbereiche zu erfassen, werden in der vorliegenden Arbeit vom Feuerstellenzentrum aus gesehen maximal 3 m in alle Richtungen in die räumliche Analyse mit einbezogen, was einer Gesamtfläche von rund 28 m² entspricht (**Abb. 70**). Diese Fläche wurde von Stapert als »domestic space« bezeichnet; die meisten Ausräumzonen mit Abfällen seien außerhalb dieses Areals gelegen (vgl. Stapert 1989, 7).

Waren Feuerstellenzentrum oder Brandzone nicht durch die Bearbeiter lokalisiert, wurde der Mittelpunkt des gesamten Feuerstellenbefundes als Zentrum für die Ringanalysen markiert.

Waren mehrere Feuerstellen in unmittelbarer Nähe zueinander, wurde der untersuchte Radius dementsprechend angepasst. In **Abbildung 71** ist das Beispiel von habitation n° 1 des Fundplatzes Pincevent zu sehen. Dort liegen die Feuerstellen weniger als 3 m auseinander, wodurch sich die Untersuchungszone überschneiden. Ausgehend von foyer II (Bildmitte) sind die Zonen der Überschneidung mit den foyers I und III durch die Geraden begrenzt. In diesem Fall werden nur die Geräte gezählt, die sich innerhalb des durch die Geraden begrenzten Bereichs befinden und als foyer II zugehörig betrachtet.

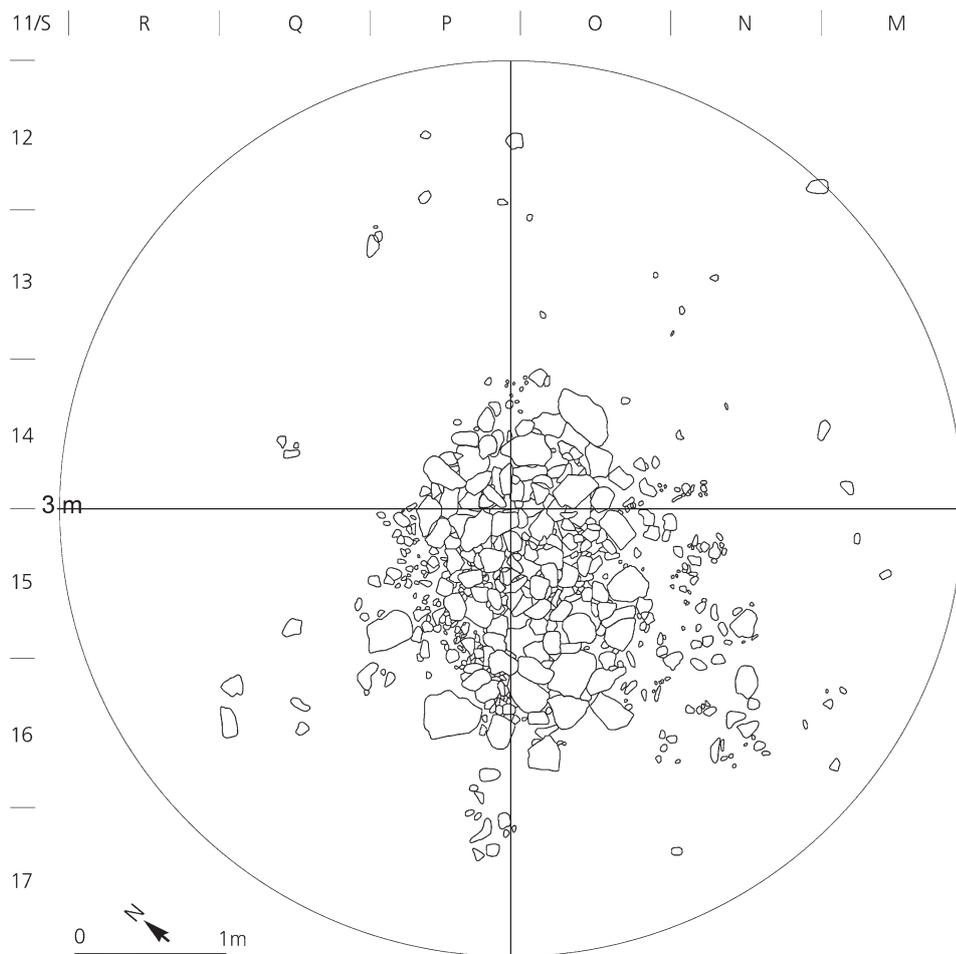


Abb. 70 Schematische Darstellung der maximalen Untersuchungszone zur Auswertung von Werkzeugverteilungen. Das Beispiel zeigt Feuerstelle P15 aus Étioilles, bei der die Bearbeiter die Brandzone innerhalb einer Vertiefung mit spezieller Steinkonstruktion festmachen konnten. Schwarz umrandet: feuerveränderte Steine. – (Verändert nach Olive 1988, Plan 26).

Auf den Verteilungsplänen (s. Anhang, **Pläne 1-27**) sind jeweils nur die Werkzeuge abgebildet, die mittels der beschriebenen Vorgehensweise einer Feuerstelle zugeordnet wurden.

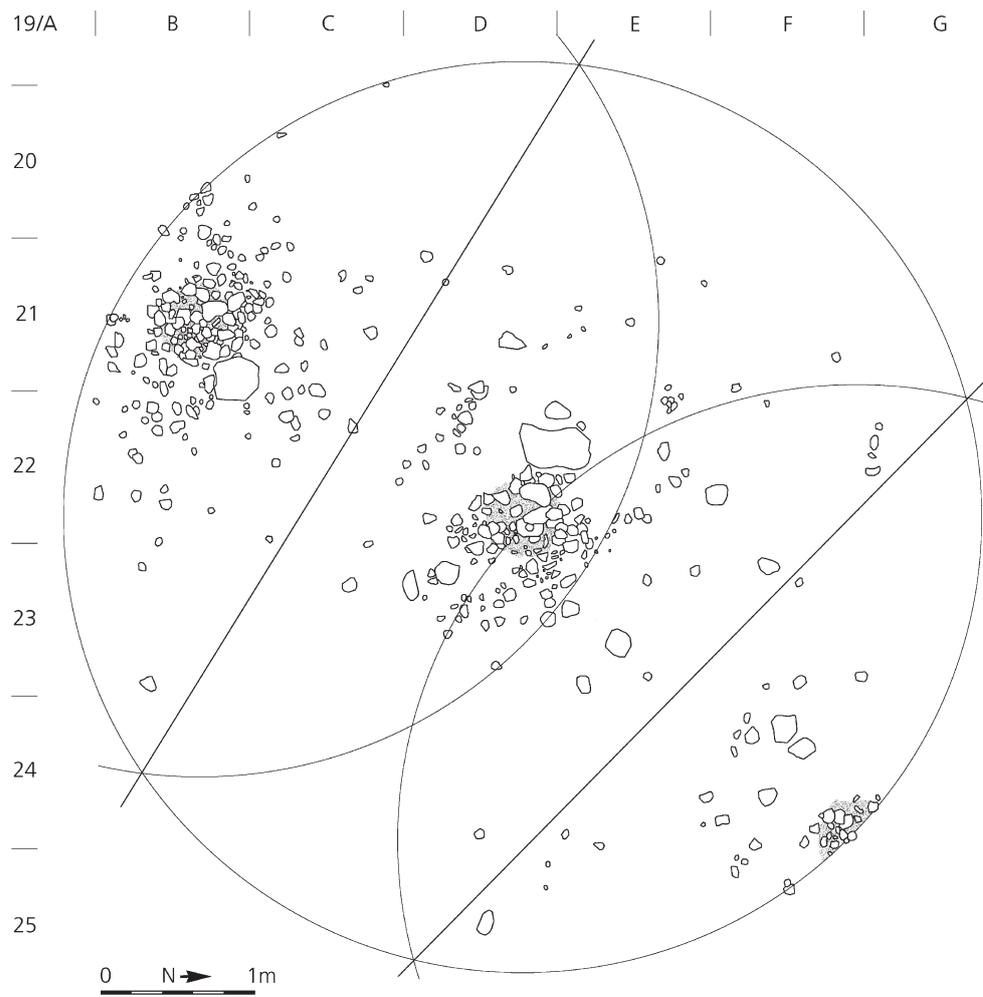
Materialauswahl

Folgende Kriterien müssen erfüllt sein, damit eine vergleichende Analyse von Werkzeugzahlen erfolgen kann:

1. Die Werkzeugkartierungen basieren mindestens auf Quadratmeter-, besser auf Viertelquadratmeter- oder Einzelfundkoordinaten.
2. Die Feuerstellen eines Fundplatzes oder eines Siedlungshorizonts sowie ihre jeweiligen Aktivitätszonen sind räumlich voneinander zu trennen.
3. Die Funde sind einer bestimmten Feuerstelle zuzuordnen.
4. Die Brandzone ist lokalisierbar oder zumindest sind die Konturen des Befundes so scharf begrenzt, dass ein Mittelpunkt festzulegen ist.

Diese Kriterien erfüllen insgesamt 47 Feuerstellen. Im Fall des Fundplatzes Champréveyres wurden die Werkzeugzahlen, bis auf eine Ausnahme, aus der Literatur übernommen, da die Zuordnung der Werkzeuge auf einer fundierten Grundlage beruht (n=9). Die Auszählung der Werkzeuge im Umfeld der Feuerstellen in »Le Grand Canton« (n=9) erfolgte auf Basis der bereits vorgelegten Verteilungspläne. In diesen beiden

Abb. 71 Schematische Darstellung der Untersuchungszone im Fall von Überschneidungen mehrerer Feuerstellen. Das Beispiel geht von foyer II aus habitation n° 1 der französischen Fundstelle Pincevent aus. Schwarz umrandet: feuerveränderte Steine; gepunktet: Holzkohlekonzentrationen. – (Verändert nach Leroi-Gourhan/Brézillon 1966, Plan 89).



Fällen wurden keine eigenen Verteilungspläne erstellt. War eine eigene Auszählung aufgrund fehlender Verteilungspläne nicht möglich, wurde in Ausnahmefällen die Datengrundlage durch Werkzeugzahlen aus der Literatur ergänzt (n=6). Daraus ergibt sich eine Gesamtzahl von 62 Feuerstellen, die in die Analyse von Werkzeugzahlen einfließen (s. **Tab. 97**).

Charakterisierung von Aktivitäten und Aktivitätszonen

Die Definition von Aktivitäten ist die Grundvoraussetzung für deren Rekonstruktion. Deshalb ist es erforderlich, die an einer spätjungpaläolithischen Fundstelle archäologisch nachweisbaren Aktivitäten mitsamt ihrer einzelnen, hypothetischen Arbeitsschritte zu beschreiben. Es gilt zu klären, welche aktivitätsspezifischen Hinterlassenschaften zu erwarten sind und welche dieser Zeugnisse letztlich als klares Indiz für eine spezielle Tätigkeit angesprochen werden können. Da sich ein Großteil der Aktivitäten nachweislich im Umfeld der Feuerstellen abspielte, ist es interessant, zu erörtern, ob das Feuer oder die Hitze für die betreffende Aktivität oder einzelne Arbeitsschritte eine unmittelbare Rolle spielte, z. B. zur Modifikation bestimmter Materialeigenschaften oder zur Nahrungszubereitung (direkte Feuernutzung), ob das Feuer aus Gründen des Komforts (Licht, Wärme) aufgesucht wurde, z. B. zur Steinbearbeitung, oder ob die Tätigkeit quasi ein Nebenprodukt einer direkten Nutzung war, die beispielsweise während der Wartezeit beim Kochen ausgeübt werden konnte (indirekte Nutzung).

Berücksichtigt wurden ausschließlich Handlungen, die sich auf Handwerk/Technologie sowie die Verwertung von Jagdbeute im Kontext der Nahrungszubereitung beziehen.

Der Oberbegriff Aktivität bezeichnet eine Arbeit, die eine Kette mehrerer unterschiedlicher Arbeitsschritte umfassen kann, von der Vorbereitung über die Herstellung spezieller Werkzeuge, die Materialpräparation bis hin zur Fertigstellung des gewünschten Produkts. Die einzelnen Arbeitsschritte einer bestimmten Aktivität müssen nicht zwangsläufig an ein und demselben Ort durchgeführt worden sein; andererseits ist zu erwarten, dass sich die Zonen von Arbeitsschritten unterschiedlicher Aktivitäten räumlich überschneiden können. Für einige Aktivitäten war die thermische Energie des Feuers zur Ausübung unerlässlich, andere spielten sich wohl nur aufgrund von Licht und Wärme im Umfeld der Brandstätten ab. Meist sind es nur einzelne Arbeitsschritte innerhalb einer Aktivität, welche die Hitze benötigen.

Die Grundlage zur Definition von Aktivitäten bilden in erster Linie archäologische, ergänzt durch ethnografische und experimentelle Erfahrungswerte. Die Orte der Steinbearbeitung (Schlagplätze) lassen sich in der Regel vergleichsweise leicht lokalisieren (vgl. z. B. Baffier u. a. 1982, 256 ff.; Pigeot 1982, 80 ff.; Olive 1988, 106 f.). Streng genommen sind Kernpräparation und Grundformproduktion jedoch keine eigenständige Aktivität, sondern als Arbeitsschritte im Rahmen einer übergeordneten Aktivität zu verstehen. Die Zielprodukte sind Werkzeuge mit spezifischen Funktionen für spezielle Arbeitsschritte. Somit ist die Steinbearbeitung ein basaler, vorbereitender Bestandteil jeder Aktivität und wird in der vorliegenden Arbeit ergänzend, nicht aber als eigenständige Aktivität analysiert.

Folgende Aktivitäten wurden mit den jeweils wichtigsten Arbeitsschritten definiert:

1. Herstellung von Geschosspitzen
 - a: Produktion von Werkzeugen zur Geweihbearbeitung
 - b: Herstellung des Rohlings aus Geweih
 - c: Begradigen des Rohlings
 - d: Formgebung des Rohlings
 - e: Lamellenproduktion
 - f: Produktion von Rückenmessern
 - g: Herstellung/Aufschmelzen von Klebstoff
 - h: Anbringen von Rückenmesserchen in oder an die Geschosspitze
2. Instandsetzung von Jagdwaffen
 - a: Lamellenproduktion
 - b: Produktion von Rückenmessern
 - c: Erhitzen des Klebstoffs zum Herauslösen alter Rückenmesser aus der Schäftung
 - d: Herstellung/Aufschmelzen von Klebstoff
 - e: Einsetzen/Aufkleben neuer Rückenmesser
 - f: evtl. Ausbesserung/Austausch der Geweihspitze
3. Zerlegen der Jagdbeute/Nahrungszubereitung
 - a: Produktion von Werkzeugen zum Zerlegen der Jagdbeute
 - b: Zerlegen der Jagdbeute
 - c: Garen der Nahrungsmittel
4. Bearbeitung von Fellen/Rohhäuten
 - a: Produktion von Werkzeugen zur Bearbeitung von Fellen/Rohhäuten
 - b: Entfernen des Haarkleides und der Fettschicht
 - c: Haltbarmachen der Haut durch Trocknen oder Gerben
5. Weiterverarbeitung von Fellen/Häuten
 - a: Produktion von Werkzeugen zur Knochenbearbeitung

- b: Herstellung von Nadeln
 - c: Nähen von Kleidung, Zeltbahnen oder Ausrüstungsgegenständen
6. Schmuckherstellung
- a: Produktion von Werkzeugen zur Schmuckherstellung
 - b: Herstellung eines Rohlings
 - c: Formgebung des Rohlings
 - d: evtl. Lochung
7. Verarbeitung von Ocker (evtl. im Kontext der Weiterverarbeitung von Häuten, der Herstellung von Klebstoff oder der Herstellung von Farbstoff) (vgl. auch Leesch 1997, 109 ff.).

Der nächste Schritt galt der Überlegung, wie diese Aktivitäten archäologisch nachzuweisen sind, d. h. welche charakteristischen Abfälle der einzelnen Arbeitsschritte zurückbleiben. Die angewendete Vorgehensweise basiert in erster Linie auf der Prämisse, dass vor allem kleine Abfälle wie Herstellungsreste (z. B. Abfälle der Nadel- und Schmuckherstellung), Retuschierabfälle und Stichellamellen, abgebrochene Werkzeugspitzen, Halbfabrikate (z. B. Nadelrohlinge), abgebrochene Nadelfragmente und kleine Reste der Geweih-, Knochen- und Elfenbeinbearbeitung gute Indikatoren für die Lage von Aktivitätsbereichen sind (vgl. Leesch 1997, 109 ff.). Im Gegensatz zu größeren, sperrigen Abfällen blieben diese z. T. winzigen Relikte eher an Ort und Stelle zurück, wenngleich räumliche Verlagerungen auch hier nicht gänzlich ausgeschlossen werden können, z. B. wenn auf einer Unterlage gearbeitet wurde und die Entsorgung andernorts erfolgte (z. B. Julien u. a. 1988, 92; Schmider 1992, 77). Für größere Abfälle, z. B. sperrige Geweihfragmente, ist anzunehmen, dass sie als »störende« Elemente häufiger gezielt aus den Hauptaktivitätsbereichen entfernt wurden (z. B. Leesch 1997, 109 f.).

Die Rekonstruktion von Aktivitätsbereichen auf alleiniger Grundlage von Werkzeugkartierungen birgt die Problematik, dass in der Regel nicht zu unterscheiden ist, ob es sich beim Fundort um den Ort der Herstellung, der Nutzung oder der Entsorgung handelt. Dazu sind eine intensive räumliche Analyse aller Steinartefakte sowie ein intensives Studium des Zustandes eines Werkzeuges erforderlich, d. h. ob es funktional intakt oder gebrochen ist. Beispielsweise sind Häufungen abgebrochener Werkzeuge ein besseres Indiz für einen Aktivitätsbereich, als intakte Stücke, da sie entweder während des Gebrauchs oder beim Nachschärfen zu Bruch gingen und vermutlich eher am Ort des Geschehens liegen gelassen wurden (vgl. z. B. Czesla 1990, 74; Leesch 1997, 110).

Möglicherweise waren neben Rückenmessern auch andere Geräteformen, wie z. B. Kratzer und Stichel geschäftet, weshalb ihre Lage in Feuerstellennähe nicht zwangsläufig den Werkplatz beschreibt, sondern auch den Ort markieren kann, an dem sie aus ihrer Schäftung gelöst wurden (z. B. Beyries/Janny/Audouze 2005, 16; Janny u. a. 2006, 268; Audouze/Beyries 2007, 192 ff.).

Ebenso wie die Lokalisierung von Aktivitätsbereichen ist auch die Ansprache von Aktivitäten auf alleiniger Basis von Werkzeugtypen problematisch. Seit den 1980er Jahren werden verstärkt mikroskopische Artefaktanalysen zur Bestimmung von Gebrauchsspuren eingesetzt, sofern der Patinierungszustand der Stücke derartige Studien zulässt. Die Untersuchungen sind jedoch nicht unumstritten und bergen gewisse Problematiken (vgl. z. B. Leesch 1997, 110 f.). Auch zeigen verschiedene Studien die Variationsbreite im Nutzungsspektrum unterschiedlicher Geräteformen und die Variabilität der bearbeiteten Materialien (z. B. Moss/Newcomer 1982, 289 ff.; Plisson/Vaughan 2002, 90 ff.; Christensen/Valentin 2004, 107 ff.; Audouze/Beyries 2007, 190 ff.; Janny u. a. 2006, 262 ff.; Sano 2009, 172 ff.).

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Aktivitäten, ihre hypothetischen Arbeitsschritte sowie die zu erwartenden archäologischen Hinterlassenschaften im Detail vorgestellt.

Arbeitsschritte	Archäologische Anzeiger
Evtl. Einweichen des Geweihstücks in warmem Wasser oder direktes Erhitzen über einem Feuer	Feuerstelle und evtl. erhitzte Gerölle zum Erwärmen von Wasser
Evtl. Abtrennen eines Geweihstücks in Querrichtung	Ausgesplitterte Stücke, Abschlüge von Ausgesplitterten Stücken, Geweihreste mit entsprechenden Bearbeitungsspuren
Herauslösen des Rohstücks durch Anbringen von Rillen in Längsrichtung	Stichel, Grobbohrer, abgebrochene Werkzeugspitzen, Stichelabfälle, Geweihreste mit entsprechenden oder ohne Arbeitsspuren
Begradigen des Rohstückes mittels Hitze	Feuerstelle, erhitzte Steine, evtl. Lochstäbe
Formgebung und ggf. Anbringen von seitlichen Schäftungsrillen	Klingen, Stichel oder Grobbohrer, deren Kanten Spuren der Geweihbearbeitung aufweisen
Herstellung von Rückenmessern	Abfälle der Lamellenproduktion, Retuschierabfälle, proximale und distale Fragmente
Herstellung von Klebstoffen	Feuerstelle oder erhitzte Gesteine
Befestigung der Rückenmesser in den Schäftungsrillen oder auf den Geweihspitzen mittels aufgeschmolzener Klebstoffe	Feuerstelle oder erhitzte Gesteine

Tab. 91 Einzelne Arbeitsschritte der Herstellung von Geschosspitzen und deren archäologisch nachweisbare Spuren (modifiziert nach Leesch 1997, Abb. 123).

Herstellung von Geschosspitzen

Die Herstellung von Geschosspitzen umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Arbeitsschritte, z. B. das Anfertigen einer Geweihspitze, die Produktion steinerner Projektileinsätze oder die Herstellung von Klebstoff (vgl. **Tab. 91**). Für einige dieser Arbeiten war das Feuer oder zumindest dessen Hitze unerlässlich. » ... The only exceptions are those manufacturing tasks that involve the use of fire, e. g., straightening wooden tools, making or using spinifex resin adhesive (Binford 1984), ... These operations must be performed at or near a hearth« (O'Connell 1987, 82).

Geweihbearbeitung

Archäologische Funde belegen, dass Geschosspitzen im Magdalénien in erster Linie aus Geweih, seltener aus Mammutelfenbein hergestellt wurden (z. B. Tinnes 1994, 147; Pétilion u. a. 2011, 1271). Projektile stellen die Mehrzahl aller bekannten Geweihartefakte aus dieser Zeit dar, weshalb Spuren der Geweihbearbeitung hauptsächlich auf die Fabrikation von Jagdwaffen (auch Harpunen) zurückzuführen sein dürften (vgl. Leesch 1997, 111). Andere Gerätetypen wie Lochstäbe und Widerhakenenden von Speerschleudern sowie figürliche Kunst sind vergleichsweise selten im Fundgut vertreten.

Kenntnisse über die Herstellungstechnik von Geschosspitzen lieferten archäologische Werkabfälle, die Analyse von Bearbeitungsspuren an einigen Halbfabrikaten und fertigen Spitzen sowie experimentelle Studien (z. B. Rigaud 1972; 1984; Tinnes 1994; Pétilion u. a. 2011). Beispielsweise haben verschiedene Bearbeitungsversuche gezeigt, dass es von Vorteil ist, die zu bearbeitenden Stücke vorher in warmem Wasser einzuweichen oder über einem Feuer zu erhitzen (vgl. Leesch 1997, 111). Aufgrund dessen ist anzunehmen, dass die Werkplätze mit einer Feuerstelle oder zumindest mit erhitzten Steinen assoziiert waren. Ethnografische Beobachtungen deuten darauf hin, dass auch Materialien wie Horn und Elfenbein auf ähnliche Weise vorbehandelt worden sein könnten (z. B. Hough 1926, 70).

Die Herstellung von Geschosspitzenrohlingen basiert auf der sogenannten Spantechnik. Hierbei wurden, wahrscheinlich mithilfe von Stacheln oder Grobbohrern (franz. becs), zwei parallele Rillen in einem Geweihsegment angelegt, sukzessive vertieft und anschließend der Span herausgelöst (vgl. Clark/Thompson 1953, 148 f.; Bosinski 1981, 74; Tinnes 1994, 40 ff.; Beyries/Janny/Audouze 2005, 21 ff.; Audouze 2006, 687 f.; Audouze/Beyries 2007, 196). Stachel wurden offenbar auch zum Kratzen und, ebenso wie Grobbohrer (becs), zum Anfertigen von Löchern in Geweih-/Knochenobjekten eingesetzt (Beyries/Janny/Audouze 2005, 21; Janny u. a. 2006, 262 ff.). Darüber hinaus werden auch ausgesplitterte Stücke mit der Bearbeitung von Geweih in Verbindung gebracht (vgl. z. B. Hahn 1991, 255 f.; Le Brun-Ricalens 2006, 95 ff.; Sano 2009, 276 ff.). Charakteristische Funde, die einen Arbeitsplatz der Geweihbearbeitung markieren sind folglich bearbeitete Geweihreste, z. B. abgetrennte Sprossen und Rosenstücke, Geweihstangen mit Spannegativen, herausgetrennte Späne, Spanenden und Halbfabrikate (z. B. Tinnes 1994, 40 ff.). Da sich je nach Erhaltungsgrad nicht immer Bearbeitungsspuren an organischen Materialien nachweisen lassen, sollten auch Geweihreste ohne offenkundige Modifikationen berücksichtigt werden. Zurückgelassene Werkzeuge (v. a. Stachel u. Grobbohrer), insbesondere aber Abfälle, die vom Nachschärfen dieser Geräte zeugen, z. B. Stichelamellen (vgl. Mania 1999, 139) und abgebrochene Werkzeugspitzen sind weitere Hinweise auf Geweihbearbeitung. Letztere entstehen entweder durch Gebrauch oder beim Nachschärfen und blieben aufgrund ihrer geringen Größe eher am Arbeitsplatz zurück als die Werkzeuge selbst (vgl. z. B. Beyries/Janny/Audouze 2005, 19; Janny u. a. 2007, 268). Kleinere Bearbeitungsabfälle sind ebenfalls ein besserer Indikator für die Lage von Werkplätzen als große Geweihstücke mit Spannegativen, da diese eher aus den Aktivitätsbereichen entfernt wurden (vgl. Leesch 1997, 112).

Die aus dem Geweih herausgetrennten Späne weisen in der Regel eine natürliche Biegung auf, die es zu neutralisieren galt. Um ein effektives Projektil zu formen, mussten die Stücke nachträglich begradigt werden. Ethnografische Beobachtungen legen die Vermutung nahe, dass Hitze bei diesem Prozess eine Rolle gespielt haben mag (z. B. Hough 1926, 69 f.; Mallol u. a. 2007, 2037). Die einzige archäologische Materialgruppe, die aufgrund ethnografischer Parallelen mit dieser Aktivität in Verbindung gebracht werden kann, sind sogenannte Lochstäbe (vgl. z. B. Birket-Smith 1945, 107 f.); die Funde aus Pincevent waren immer mit Feuerstellen assoziiert (Olive 1987, 48).

Vermutlich erfolgten die endgültige Formgebung sowie das Anbringen seitlicher Schäftungsrillen zum Einsatz von Rückenmessern nach dem Begradigen des Rohlings. Diese Arbeiten könnten mit unretuschierten Klingen oder den lateralen Schneiden von Stacheln durchgeführt worden sein. An Werkplätzen könnten demnach auch Klingen mit charakteristischen Gebrauchsspuren der Geweihbearbeitung auftreten (vgl. Leesch 1997, 112).

Mit der Fabrikation von Geschosspitzen geht im Zusammenhang mit der Herstellung von Jagdwaffen sicherlich die Fertigung hölzerner Speerschäfte einher, doch ist dieser Arbeitsschritt nur in seltenen Fällen durch Gebrauchsspuren der Holzbearbeitung an Steinwerkzeugen zu erahnen (z. B. Audouze 2010, 154. 156).

Herstellung von Rückenmessern

Seit den ausgehenden 1950er und den frühen 1960er Jahren belegen archäologische Funde, dass rückengestumpfte Lamellen u. a. als seitliche Bewehrungen von Geschosspitzen dienten (z. B. Pétilon u. a. 2011, 1267). Bereits 1957 wurde eine Geweihspitze mit Silexresten in seitlich angebrachten Rillen in Saint-Marcel (Dép. Indre/F) gefunden (Allain/Descouts 1957, 503 ff.). Im Jahre 1982 folgte eine Spitze aus Pincevent, in deren seitlichen Rillen die Reste zweier Rückenmesser steckten und die den Gebrauch von Komposit-Projektilen für das westeuropäische Magdalénien nun zweifelsfrei belegte (Leroi-Gourhan 1983, 154 ff.). Aus der sowjetischen Archäologie sind von der jungpaläolithischen Talicki-Station im Ural und vor allem dem sibirischen Fundplatz Kokorevo I gut erhaltene Exemplare überliefert, in deren seitlich angebrachten Rillen noch

Arbeitsschritte	Archäologische Anzeiger
Lösen beschädigter Rückenmesser durch Aufschmelzen des Klebstoffs	Feuerstelle, erhitzte Gesteine
Entfernen der beschädigten Rückenmesser	Häufung beschädigter Rückenmesser
Herstellung von Rückenmessern	Abfälle der Lamellenproduktion, Retuschierabfälle, proximale und distale Fragmente
Anbringen neuer Rückenmesser mittels aufgeschmolzener Klebstoffe	Feuerstelle oder erhitzte Gesteine

Tab. 92 Einzelne Arbeitsschritte der Instandsetzung von Geschosspitzen und deren archäologisch nachweisbare Spuren (modifiziert nach Leesch 1997, Abb. 126).

einige Rückenmesser bzw. Lamellen fixiert waren (Abramova 1982, 6). Die primäre Verwendung als Projektil-einsätze fand zudem durch die Analyse von Gebrauchsspuren an zahlreichen rückengestumpften Stücken verschiedener Magdalénien-Fundplätze Bestätigung (z. B. Moss 1983, 115 f.; Plisson/Vaughan 2002, 96 f.; Christensen/Valentin 2004, 109 ff.; Audouze/Beyries 2007, 190; Sano 2009, 250 ff.). Die Tatsache, dass sich dieser Gerätetyp an nahezu allen bekannten Magdalénien-Fundplätzen auffällig um die Feuerstellen gruppiert (z. B. Bodu 1993; Leesch 1997; Olive/Morgenstern 2004; Bullinger 2006c), belegt die wichtige Funktion des Feuers oder vielmehr der Hitze bei der Anfertigung oder der Reparatur von Geschosspitzen. Orte, an denen Rückenmesser produziert wurden, zeichnen sich durch Abfälle der Lamellenproduktion, Retuschierabfälle sowie proximale und distale Fragmente aus (Movius 1968, 239 ff.). Die Herstellung von Rückenmessern kann sowohl als Indikator für die Lage von Produktionsorten als auch für die Instandsetzung von Geschosspitzen gewertet werden.

Herstellung von Klebstoffen

Spätestens seit den Funden von Rückenmessern mit Klebstoffresten in der Höhle von Lascaux (Dép. Dordogne/F) (z. B. Allain 1979, 100) gilt als gesichert, dass die Silexeinsätze entweder seitlich in die Schäftungsrillen ein- oder auf die Geschosspitzen aufgeklebt waren. Aus dem Magdalénien sind bislang jedoch keine Birkenpechfunde bekannt. Die einzigen Klebstoffreste dieser Zeit stammen aus Lascaux. Die Anhaftungen wiesen eine rötliche Färbung auf, was womöglich auf Ocker als Bestandteil des organischen Gemischs zurückzuführen sein könnte (Allain 1979, 100; Allain/Rigaud 1989, 221 ff.). Ocker als Bestandteil von Klebstoffen scheint auch im südafrikanischen Middle und Later Stone Age gebräuchlich gewesen zu sein (vgl. Wadley/Williamson/Lombard 2004, 661 ff.; Wadley 2005, 587 ff.; Lombard 2007, 406 ff.). Gleich, um welche Art von Klebstoffen es sich handelte, die thermische Energie eines Feuers oder ein indirekter Wärmeüberträger war für die Herstellung unerlässlich. Die Basissubstanz (vielleicht Bienenwachs oder Baumharz) musste aufgeschmolzen und möglicherweise mit anderen Substanzen (evtl. Ocker) vermischt werden. Ethnografische Beobachtungen implizieren, dass dieser Arbeitsschritt möglicherweise auf einer zuvor erhitzten Steinplatte erfolgte (z. B. Binford 1984, 166 ff.). Archäologisch dürfte dieser Prozess kaum nachweisbar sein.

Instandsetzung von Jagdwaffen

Die ein- bzw. aufgeklebten Rückenmesser mussten von Zeit zu Zeit, womöglich nach jeder Jagd, durch neue Stücke ersetzt werden. Dazu war es erforderlich, die beschädigten Exemplare aus der Schäftung oder vom Schaft zu lösen, indem der fixierende Klebstoff durch Erhitzen aufgeschmolzen wurde (vgl. **Tab. 92**). Das

Arbeitsschritte	Archäologische Anzeiger
Entfleischen	unretuschierte Grundformen, evtl. Kratzer
Zurichten	Kratzer, Retuschierabfälle, abgebrochene Kratzer
Evtl. Räuchern/Trocknen	Feuerstelle
Evtl. Verwendung von Ocker	Reibsteine mit Ockerspuren, Ocker

Tab. 93 Einzelne Arbeitsschritte der Fell- oder Lederbearbeitung und deren archäologisch nachweisbare Spuren (modifiziert nach Leesch 1997, Abb. 139).

Herauslösen könnte mit Stacheln erfolgt sein. Anschließend konnten neue Projektileinsätze ein- bzw. aufgeklebt werden. Dieser Arbeitsschritt lässt sich archäologisch anhand Häufungen defekter Rückenmesser nachweisen und sollte in unmittelbarer Nähe einer Feuerstelle oder erhitzter Gesteine ausgeführt worden sein, da Hitze unerlässlich war (vgl. Audouze/Beyries 2007, 195). Auch die Produktion neuer Rückenmesser erfolgte vermutlich vor Ort, weshalb hier ebenfalls charakteristische Abfälle der Lamellenproduktion und der Herstellung rückengestumpfter Formen auftreten können. Das Instandsetzen kann aber auch die Geweihschuppe selbst betreffen, z. B. wenn die Spitzen beschädigt oder die Projektilen an der Basis abgebrochen waren. Dementsprechend mögen an den Werkplätzen auch die charakteristischen Indikatoren der Geweihbearbeitung sowie abgebrochene Basisfragmente von Geschosspitzen auftreten (Leesch 1997, 114). Es ist zu erwarten, dass es nicht immer möglich sein wird, Orte der Herstellung von Orten der Instandsetzung von Projektilen zu unterscheiden.

Bearbeitung von Fellen/Rohhäuten

Der Prozess der Bearbeitung von Fellen oder Rohhäuten hinterlässt kaum archäologisch nachweisbare Spuren. Auch ist die Verwendung von Feuer in diesem Kontext nicht gesichert. Die Rekonstruktion der einzelnen Arbeitsschritte beruht fast ausschließlich auf ethnografischen Beobachtungen und experimentellen Studien (vgl. **Tab. 93**).

Sicher ist, dass die Felle oder Häute in irgendeiner Art und Weise haltbar gemacht werden mussten, um den Fäulnisprozess aufzuhalten. Wie dieses Haltbarmachen im Jungpaläolithikum vonstattenging, bleibt allerdings ungewiss.

Zum besseren Verständnis dieser Aktivität bietet sich ein Exkurs in die Grundlagen der Lederverarbeitung an. Um an die Lederhaut (Dermis) zu gelangen, müssen Oberhaut (Epidermis) mitsamt Haarkleid sowie die Unterhaut (Subkutis) mit Fettgewebe, Blutgefäßen und Nervenbahnen entfernt werden. Experimentelle Studien haben gezeigt, dass das Aufbringen eines Breis aus Holzasche und Wasser zum Lösen des Haarkleides führt, welches dann leicht durch Kratzen oder Schaben entfernt werden kann (Scheer 1995a, 53). Anschließend kann auch die Unterhaut abgekratzt oder abgeschabt werden. Von den Caribou-Eskimos in den nördlichen Küstenregionen Kanadas wird berichtet, dass sie das Fell nach dem Entfernen der Fettschicht in heißem Wasser einweichten um Haar und Epidermis zu lockern und dadurch leichter abschaben zu können (Birket-Smith 1929a, 247). Die eigentliche Verarbeitung von der Rohhaut zu Leder erfolgt durch den Gerbprozess. Es gibt zahlreiche unterschiedliche Gerbmethoden, z. B. das Gerben mit Mineralsalzen, mit pflanzlichen Gerbstoffen, Fettgerbung oder Rauchgerbung. Die noch heute von einigen indigenen Völkern praktizierte Rauchgerbung zählt gemeinsam mit dem Gerben durch tierische Fette sicherlich zu den ältesten Gerbverfahren. Der von Holzfeuern ausgesendete Rauch enthält Aldehyde und Phenole, die mit dem in den Häuten enthaltenen Kollagen eine stabile Verbindung eingehen. Häufig erfolgte die Rauchgerbung kombi-

niert mit der Verwendung von Fetten oder Ölen. Das Erhitzen führt zu einer Oxidation der Fette, was den Gerbeffekt zusätzlich verstärkt (Chahine 2002, 21). Ethnografische Beispiele für das Räuchern von Häuten sind zahlreich (z. B. Birket-Smith 1929a, 241; Beyries 2002, 147 ff.). Das Haltbarmachen von Rohhäuten kann jedoch auch durch einfaches Trocknen oder Einfrieren, intensives Schaben oder das Aufbringen von Ocker erfolgen (vgl. z. B. Mathiassen 1928, 111; Leesch 1997, 119 f.).

Die Lokalisierung der Bereiche, in denen Felle oder Rohhäute bearbeitet wurden, ist schwierig. Gewisse Arbeitsschritte, wie das Räuchern oder mitunter das Trocknen setzen die Anwesenheit einer Feuerstelle voraus. Diese muss mit einer Konstruktion verbunden sein, die ein Aufspannen oder Aufhängen der Häute ermöglicht (vgl. z. B. Beyries 2002, 151 f.; Debout 2007, 446 ff.). Die Werkplätze, an denen die Felle enthaart und entfleischt wurden, könnten jedoch auch abseits der Feuerstellen gelegen haben, da es sich um platzraubende Tätigkeiten handelt und die Häute vor Funkenflug geschützt werden sollten (Binford 1983, 172). Die Auswertung von Fundplätzen wie Pincevent niveau IV-40 und Verberie niveau II.1 implizieren allerdings, dass zumindest manche Arbeitsschritte der Bearbeitung von Häuten, auch solche, die mit Kratzern ausgeübt wurden, in unmittelbarer Nähe der Feuerstellen stattfanden und offenbar nicht sonderlich viel Platz in Anspruch nahmen (Debout 2007, 442 ff.; Audouze/Beyries 2007, 195). Kratzer sowie Klingen, die zum Kratzen, Enthaaren und Schneiden von Fellen/Häuten verwendet wurden, sind die häufigsten materiellen Nachweise für diese Tätigkeit (z. B. Audouze/Beyries 2007, 190). Sie werden in der Regel mit dem Entfleischen oder dem Zurichten der Häute in Verbindung gebracht, was sich durch Gebrauchsspurenanalysen bestätigen ließ (z. B. Juel Jensen 1988, 66 ff.; Beyries/Janny/Audouze 2005, 16; Audouze/Beyries 2007, 190 ff.). Die Bearbeitung anderer Materialien wie Holz oder mineralischer Stoffe mit derartigen Werkzeugen scheint hingegen nur selten erfolgt zu sein (vgl. z. B. Juel Jensen 1988, 66 ff.).

Am Fundplatz Champréveyres hat sich gezeigt, dass die Kombination von Kratzern, insbesondere aber abgebrochenen Kratzerkappen, Retuschier- oder Nachschärfungsabfällen sowie Ocker ein guter Indikator für die Anwesenheit eines Werkplatzes sein kann. Jedoch können abgebrochene Stücke und Retuschier- oder Nachschärfungsabfälle auch bei der Herstellung von Kratzern anfallen und somit lediglich den Fabrikationsort markieren. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Kratzer eher beim Nachschärfen abbrechen als während des Arbeitsvorgangs (Leesch 1997, 120 f.). Darüber hinaus erbrachte die Analyse der Stücke aus Verberie Hinweise darauf, dass dieser Gerätetyp in geschäfteter Form verwendet wurde (vgl. Beyries/Janny/Audouze 2005, 16). Deshalb könnten Kratzer in der Nähe von Feuerstellen, ebenso wie Rückenmesserchen, auch die Orte markieren, an denen sie aus den Schäftungen herausgelöst wurden (Audouze/Beyries 2007, 195).

Ocker mag bei der Bearbeitung von Fellen und Häuten in mehrfacher Hinsicht eine Rolle gespielt haben, zum einen im Kontext der Konservierung, zum anderen als Färbemittel. Für mehrere Fundstellen ist die Vergesellschaftung mit Kratzern belegt. Ockerspuren an verschiedenen Geräten deuten darauf hin, dass sie zur Bearbeitung mit Ocker behandelte Häute eingesetzt wurden (z. B. Debout 2007, 445 ff.). Am Fundplatz Andernach-Martinsberg fand sich ein Kratzer, an dessen Gebrauchsende sich ein in Ocker eingedicktes Haar erhalten hatte (vgl. Holzkämper 2006, 112). Aus ethnografischen Beobachtungen und Experimenten geht hervor, dass mithilfe gebrannten Ockers behandelte Häute besser trocknen und weniger anfällig für Fäulnisbefall sind (Olive 1987, 45). Außerdem schützt Ocker vor Insektenbefall und kann zum Färben eingesetzt werden (Debout 2007, 445). Mit Ockerspuren versehene Gesteinsplatten könnten aus dem Zerreiben des Materials herrühren, bergen jedoch die Gefahr, räumlich verlagert worden zu sein (vgl. Leesch 1997, 120; Julien/Beyries 2006, 82 f.; Debout 2007, 444 ff.). Die Beispiele von Champréveyres und Pincevent niveau IV-40 legen nahe, dass Ocker eine Rolle bei der Bearbeitung von Fellen oder Häuten spielte (Leesch 1997, 121; Debout 2007, 444 ff.). Bei welchem Arbeitsschritt das Material zum Einsatz kam, bleibt unklar, jedoch implizieren die Funde den Einsatz während der Behandlung der Rohhäute.

Arbeitsschritte	Archäologische Anzeiger
Herauslösen eines länglichen Spans aus einem Knochen	Knochenfragmente mit charakteristischen Arbeitsspuren, Stichel, Nachschärfungsabfälle, abgebrochene Werkzeugspitzen, einfache Abschläge oder Klingen
Formgebung durch Schaben oder Schleifen	Klingen oder Abschläge mit charakteristischen Gebrauchsspuren, Stichel mit Gebrauchsspuren an den Stichelbahnen oder Schneiden, während der Herstellung gebrochene Nadelrohlinge
Anfertigung des Öhrs	evtl. Feinbohrer und abgebrochene Bohrerspitzen
Evtl. Polieren	Rillensteine aus Sandstein
Evtl. Vorstanzen von Löchern ins Leder	Bohrer, Pfrieme/Ahlen
Nähen	Während der Arbeit abgebrochene Nadeln
Evtl. Färben	Feuerstelle, evtl. Ocker

Tab. 94 Einzelne Arbeitsschritte der Fell- oder Lederweiterverarbeitung und deren archäologisch nachweisbare Spuren (modifiziert nach Leesch 1997, Abb. 130. 133).

Weiterverarbeitung von Fellen und Häuten

Die Weiterverarbeitung von Fell oder Haut zu Kleidung, evtl. Zeltbahnen oder sonstigen Ausrüstungsgegenständen war im Magdalénien offenbar eine regelhaft ausgeübte Tätigkeit, die archäologisch durch zahlreiche Funde von Nadeln mit Ohr belegt ist (vgl. **Tab 94**). Der erste Schritt der Weiterverarbeitung von Fellen oder Häuten ist die Fabrikation von Werkzeugen und Zubehör, wie z. B. Nadeln. Wenngleich nicht zwingend erforderlich, könnten auch Bohrer oder Pfrieme bzw. Ahlen zum Vorstanzen von Löchern verwendet worden sein (vgl. Leesch 1997, 117).

Herstellung von Nadeln

Nadeln mit Ohr wurden im Magdalénien fast ausschließlich aus Knochen verschiedener Tierarten hergestellt (z. B. Berke 1987, 68 ff.; Street/Turner 115 ff.). Die längliche Rohform wurde, wie die der Geschosspitzen, mittels der Spantechnik aus dem Knochen gewonnen. Experimentelle Studien haben gezeigt, dass sich einfache Abschläge am besten eignen, um die Rillen anzulegen, und Stichel, um diese zu erweitern (vgl. Hahn 1991, 262. 288). Die Formgebung könnte mit den Kanten der Stichelbahn oder mit den Schneiden einfacher Abschläge und Klingen erfolgt sein, das Anfertigen des Öhrs mithilfe eines feinen Bohrers. Verschiedene archäologische Nadelfunde zeugen davon, dass das proximale Ende des Spans meist auf beiden Seiten abgeflacht und anschließend die Bohrung/Lochung ebenfalls von beiden Seiten her angebracht wurde (vgl. Leesch 1997, 116). Die Politur der Nadeln oder auch die Formgebung mag durch Schleifen auf einem Sandstein erfolgt sein. Gelegentlich finden sich im Magdalénien Steine mit feinen Rillen, die mit dieser Tätigkeit assoziiert werden (z. B. Julien/Beyries 2006, 81 f.).

Einige Arbeitsschritte der Nadelherstellung, vor allem solche, die mit unretuschierten Klingen oder Abschlägen durchgeführt wurden, sind archäologisch nicht nachweisbar. An den Produktionsorten von Nadeln wären Knochenfragmente mit charakteristischen Bearbeitungsspuren, Spankerne, herausgetrennte Späne, Halbfabrikate, bei der Herstellung gebrochene Rohlinge, Steine mit Rillen sowie Stichel und deren Nachschärfungsabfälle zu erwarten. Möglicherweise kommen Feinbohrer und abgebrochene Bohrerspitzen hinzu (Leesch 1997, 117; Debout 2007, 442).

Arbeitsschritte	Archäologische Anzeiger
Formung des Objektes durch Zurechtschlagen, Schaben, Schleifen oder Schneiden	Werkabfälle in Form kleiner Abschlüge oder Späne, Schleifsteine (evtl. Rillensteine), Zahnwurzeln
Lochung	Mikrobohrer, Schleifsteine, Halbfabrikate mit angedeuteter oder gebrochener Lochung

Tab. 95 Einzelne Arbeitsschritte der Schmuckerstellung und deren archäologisch nachweisbare Spuren (modifiziert nach Leesch 1997, Abb. 136).

Nähen

Das Vorhandensein von Nadeln mit Öhr belegt die Verwendung eines Fadens. Denkbar ist die Verwendung von Pflanzenfasern oder Tiersehnen. Die Lokalisierung der Arbeitsplätze, an denen genäht wurde, kann ausschließlich anhand abgebrochener Stücke erfolgen, unter der Prämisse, dass die Stücke während des Nähvorgangs brachen (Leesch 1997, 117f.).

Färben

Möglicherweise wurde Rauch zum Schwärzen von Leder eingesetzt, was wiederum das Vorhandensein einer Feuerstelle implizieren würde (vgl. Hough 1926, 72; Debout 2007, 449). Auch Ocker könnte als Färbemittel verwendet worden sein, ist jedoch eher mit der Vorbehandlung der Häute in Verbindung zu bringen.

Schmuckerstellung

An zahlreichen Magdalénien-Fundstellen sind Schmuckstücke in Form von gelochten Anhängern, Perlen oder kleinen Figuren belegt, die vermutlich an der Kleidung angebracht waren oder als Ketten getragen wurden. Möglicherweise sind die Produktionsorte von Anhängern und Perlen eng mit denen der Fertigung von Kleidung verknüpft (Vanhaeren 2006b, 133f.). Als Rohmaterialien dienten Tierzähne, z. B. Hirschgrandeln, Rentier- und Eisfuchszähne, Elfenbein, Knochen, Lignit, Gagat, Mollusken sowie Bernstein (vgl. Bosinski 1981, 83ff.; Leesch 1997, 103ff.; Bullinger/Müller 2006, 149ff.; Bullinger/Thew 2006, 154ff.; Bullinger 2006d, 158ff.; Vanhaeren 2006a, 35ff.).

Die Formgebung von Lignit, Gagat, Bernstein, Elfenbein und Knochen erfolgte womöglich mithilfe einfacher Abschlüge oder Klingen. Für die Lochung der Objekte kamen unterschiedliche Techniken zum Einsatz, die wahrscheinlich materialabhängig waren. Die in Champréyeres gefundenen Schmuckstücke aus Gagat wiesen ausnahmslos, vermutlich mit Feinbohrern gebohrte Löcher auf (Leesch 1997, 118); die gelochten Molluskenschalen aus Pincevent niveau IV-0 wurden fast alle durch Schleifen/Reiben oder Kratzen perforiert (Vanhaeren 2006a, 36ff.).

Orte der Schmuckerstellung sollten sich also durch die Kombination von Bearbeitungsabfällen und Feinbohrern (Leesch 1997, 119) oder Schleifsteinen lokalisieren lassen, möglicherweise auch durch während des Perforationsvorgangs gebrochene oder verworfene Rohlinge, die keine vollständige Lochung aufweisen (vgl. **Tab. 95**). Bei vollständig durchlochten, gebrochenen oder auch intakten Stücken handelt es sich eher um Schmuckelemente, die während des Tragens kaputt oder verloren gegangen waren. Auch unbearbeitete Schmuckrohmaterialien müssen nicht unbedingt Herstellungsorte markieren. Es kann sich auch um Materialdepots handeln (vgl. Vanhaeren 2006b, 132f.). An mehreren Fundstellen fanden sich abgeschnittene Zahnreihen oder Zähne von Rentieren oder Pferden, die vermutlich als Anhänger getragen wurden (z. B.

Arbeitsschritte	Archäologische Anzeiger
Grobes Zerlegen der Beutetiere	Teile der Wirbelsäule im anatomischen Verband, Fuß- und Handwurzelknochen, Brustbeine, Klingen mit charakteristischen Gebrauchsspuren
Separieren der Fleishteile	Schulterblätter, Beckenknochen, Rippen, Klingen mit charakteristischen Gebrauchsspuren, Schnittspuren an den Knochen
Gewinnung von Knochenmark	Fragmente und Splitter von Langknochen, Mittelhand- und Mittelfußknochen, Finger- und Zehenknochen, Schlag- und Ambossteine, Gerölle mit Schlagspuren
Auskochen von Fett	Knochensplitter, große Mengen erhitzter Gerölle
Braten/Rösten von Nahrung	evtl. erhitzte Steinplatten, angebrannte Faunenreste

Tab. 96 Einzelne Arbeitsschritte des Zerlegens von Jagdbeute sowie der Nahrungszubereitung und deren archäologisch nachweisbare Spuren (modifiziert nach Leesch 1997, Abb. 142).

Bosinski 1981, 84; 2007, 184 ff.; Bullinger/Müller 2006, 149 ff.; Vanhaeren 2006a, Tafel XI). Folglich sollten abgeschnittene Zahnwurzeln gute Marker für Orte der Schmuckherstellung sein.

Zerlegen von Jagdbeute/Nahrungszubereitung

Die Rekonstruktion jungpaläolithischer Schlachttechniken basiert hauptsächlich auf ethnografischen Beobachtungen (z. B. Binford 1978a, 47 ff.; Audouze Beyries 2007, 186 ff.) und der Untersuchung von Schnittspuren an archäologischen Knochen (z. B. Berke 1987, 7 ff.; Street/Turner 2013). Schlachtaktivitäten umfassen das grobe Zerlegen der Beutetiere, das Heraustrennen der Fleishteile sowie die Gewinnung von Knochenmark und möglicherweise Fett (vgl. Leesch 1997, 122). Die Ansprache der entsprechenden Aktivitätsbereiche innerhalb von Magdalénien-Fundstellen beruht in erster Linie auf ethnografischen und ethno-archäologischen Erfahrungswerten, die durch das Studium rezenter und subrezenter Jäger- und Sammlerpopulationen gewonnen wurden (vgl. **Tab. 96**). Danach charakterisiert sich das grobe Zerlegen der Jagdbeute durch die Präsenz von Wirbeln im anatomischen Verband, Hand- und Fußwurzelknochen sowie Brustbeinen, das Separieren der Fleishteile durch Rippen, Schulterblätter, Beckenknochen und Silexklingen mit charakteristischen Gebrauchsspuren (vgl. Leesch 1997, 122; Audouze/Beyries 2007, 188 ff.). Den Untersuchungen zufolge lassen sich Plätze der Knochenmarkgewinnung anhand von Knochenfragmenten und -splintern lokalisieren, die beim Zerschlagen/Zerstoßen von Langknochen, Mittelhand- und Mittelfußknochen und zuweilen Finger- und Zehenknochen angefallen waren. Mit dieser Tätigkeit können auch Ambossteine und Schlagsteine assoziiert sein (Leesch 1997, 122; Julien/Beyries 2006, 83). Häufungen kleiner Knochensplitter mögen auch bei der Fettgewinnung anfallen (vgl. Leesch 1997, 122). Dass Fett im Paläolithikum die Nahrungspalette erweiterte, ist als wahrscheinlich zu erachten, die Methode der Gewinnung von Knochenfett ist archäologisch jedoch nicht nachweisbar; möglicherweise wurde das Fett ausgekocht. Neben fragmentierten Knochen zeichnen sich die spezifischen Aktivitätsbereiche dieser Tätigkeit bei den Inuit durch große Akkumulationen von Steinen mit thermischen Veränderungen aus, die zum Erhitzen des Wassers verwendet wurden (vgl. z. B. Binford 1978a, 159).

Auch Klingen mit charakteristischen Gebrauchsspuren können ein Hinweis auf die Lage von Zerlegungsplätzen sein (z. B. Audouze/Beyries 2007, 190). Laut experimentellen Studien von David S. Brose mussten die benutzten Klingen womöglich alle drei bis vier Minuten ausgetauscht werden (Brose 1975, 93), weshalb die Wahrscheinlichkeit, dass sie an Ort und Stelle zurückblieben, als hoch einzuschätzen ist.

Über die Techniken der Nahrungszubereitung im Magdalénien lassen sich allein aus dem archäologischen Befund kaum Aussagen treffen. Meist sind es mit einer Feuerstelle assoziierte Faunenreste, die als Indiz für Nahrungszubereitung und für die Lokalisierung dieser Aktivität herangezogen werden. Angebrannte Faunenreste können ebenfalls bei der Nahrungszubereitung anfallen (vgl. Leesch 2007, 208 f.). Das Kochen mit heißen Steinen, wie es aus zahlreichen ethnografischen Zusammenhängen überliefert ist (z. B. Dittmann 1990, 207 ff.), wurde für verschiedene Magdalénien-Fundstellen postuliert (Bosinski 1979, 152. 184; 1981, 44 f.; Nakazawa u. a. 2009, 684 ff.). Darüber hinaus liefert die Ethnografie zwar verschiedene Möglichkeiten des Röstens, Grillens und des Garens in Erdöfen, doch sind diese Methoden archäologisch nicht nachweisbar. Innovative Ansätze zum Nachweis und zur Analyse von Fettsäuren an Gesteinen und Sedimenten mittels Methoden der organischen und analytischen Chemie könnten neue Erkenntnisse hinsichtlich dieser Fragestellung liefern (z. B. March 1995b, 262 ff.).

Für die Fundstellen »Le Grand Canton« und Pincevent niveau IV-0 deutete sich an, dass womöglich auf erhitzten Steinplatten Fleisch gebraten oder haltbar gemacht worden sein könnte (March/Soler-Mayor 1999, 124 f.; March/Lucquin 2007, 427).

Ethnografischen Beobachtungen und den Untersuchungen in Champréveyres zufolge sind die Knochen kleiner Beutetiere ein guter Indikator für Orte des Nahrungskonsums; im Gegensatz zu den Resten größerer Tiere bleiben sie eher am Platz des Verzehrs zurück (vgl. Leesch 1997, 122).

Kontextualisierung mit dem archäologischen Befund

Anhand dieser Kriterien und unter zusätzlicher Einbeziehung vorhandener Gebrauchsspurenanalysen wurden sämtliche zur Verfügung stehenden Quellen zur Rekonstruktion von Aktivitätsspektren ausgewertet. Dabei wurde berücksichtigt, dass zur Identifizierung einer spezifischen Aktivität möglichst viele diagnostische Indikatoren vorliegen sollten. Von den im Vorfeld definierten Aktivitäten waren manche anhand des Fundmaterials nicht sicher voneinander zu unterscheiden, da es zu Überschneidungen im kennzeichnenden Artefaktenspektrum kam. Deshalb werden die Fabrikation und Reparatur von Geschosspitzen unter der Rubrik Herstellung/Instandsetzung von Jagdwaffen zusammengefasst. Ebenso verhält es sich mit dem Zerlegen von Jagdbeute und der Nahrungszubereitung. Da Knochen häufig der einzige Nachweis sind, waren beide Aktivitäten kaum voneinander zu unterscheiden und werden deshalb unter kulinarische Aktivitäten im weitesten Sinne zusammengefasst (vgl. Audouze 2010, 146). Die Indizien für das Nähen sind ebenfalls äußerst rar, da eigentlich nur abgebrochene Nadeln ein Hinweis auf diese Arbeit sind. Aufgrund der Seltenheit von Nähgeräten wurden Nadelherstellung und Nähvorgang zusammengefasst. Ocker spielte in vielerlei Hinsicht eine Rolle im Leben jungpaläolithischer Gruppen, wurde vom Verfasser aber hauptsächlich mit der Bearbeitung von Fellen oder Rohhäuten assoziiert.

In den jeweiligen Zusammenfassungen der Fundplätze wird die Kategorie »Steinbearbeitung« als zusätzliches Attribut geführt. Auf eine fundplatzinterne, prozentuale Auswertung der einzelnen Aktivitäten am Gesamtaktivitätsspektrum wird verzichtet, da nicht immer alle Feuerstellen eines Fundplatzes oder Siedlungshorizontes untersucht werden konnten und die Ergebnisse somit keine Aussagekraft hätten.

Eine fundplatzübergreifende Auswertung der Ergebnisse führt schließlich zu einer aktivitätsspezifischen, typologischen Gruppeneinteilung der untersuchten Feuerstellen. Diese werden im Anschluss mit weiteren aktivitätsspezifischen und morphologischen Gruppen kontextualisiert.

Materialauswahl

Für die Auswahl zur Rekonstruktion von Aktivitäten müssen folgende Kriterien erfüllt sein: Die Feuerstelle muss möglichst exakt lokalisiert sein, Informationen über Funde im Umfeld der Feuerstelle müssen zugänglich, Funde einer bestimmter Feuerstelle zuordenbar sein, und es sollte möglichst keine oder nur geringfügige Überschneidungen der Aktivitätsbereiche mehrerer Feuerstellen geben. Diese Kriterien erfüllen mehr oder minder 96 der insgesamt 131 ausgewählten Befunde (**Tab. 97**). Sie verteilen sich auf 14 Fundplätze: Andernach-Martinsberg 3 (n=1), Champréveyres (n=10), Étiolles (n=10), Gönnersdorf (n=5), La Haye aux Mureaux (n=1), Les Tarterets I (n=1), »Le Grand Canton« (n=9), Marsangy (n=4), Monruz (n=19), Moosbühl (n=5), Nebra (n=2), Orp-Ost (n=2), Pincevent (n=25) und Verberie (n=2). Eingeschränkte Informationen liefern Fundplätze mit schlechter oder ohne Erhaltung organischen Materials: Étiolles, Les Tarterets I, »Le Grand Canton«, Marsangy, Moosbühl und Orp-Ost.

ZUSAMMENFASSUNG DER MATERIALAUSWAHL

Der Vergleich von Feuerstellen unterschiedlicher Fundplätze auf morphometrischer oder aktivitätsspezifischer Ebene birgt eine Reihe von Schwierigkeiten, die ganz elementar mit der jeweiligen Grabungstechnik und -dokumentation, aber auch mit dem aktuellen Bearbeitungs- und Publikationsstand sowie den gewählten Prioritäten der Bearbeiter zusammenhängen. Hinzu kommt der von Fundplatz zu Fundplatz unterschiedliche Erhaltungszustand, bis hin zum völligen Fehlen organischen Materials. Die zugänglichen Informationen und Daten der einzelnen Fundstellen sind dementsprechend von unterschiedlicher Qualität und Aussagekraft, ein Fakt, der bei der Interpretation stets zu berücksichtigen ist. Die Unterschiede beziehen sich hauptsächlich auf die Auswahl der in Verteilungsplänen vorgelegten Artefakte sowie auf die Auflösung der Dokumentation. An einigen Plätzen wurden die Funde dreidimensional eingemessen und mit genauen Einzelfundkoordinaten versehen, andernorts lediglich pro Viertelquadrat- oder Quadratmeter aufgenommen. Fundplätze wie Champréveyres und Monruz liegen aufgrund der Grabungstechnik, insbesondere der konsequenten Schlammtechnik, in höchster Auflösung vor, die sogar pflanzliche Makroreste und kleinste Fischschuppen aus den Feuerstellen beinhaltet. Dementsprechend sind die Erkenntnisse von diesen Fundplätzen aussagekräftiger als von Orten, von denen nur das lithische Material überliefert ist.

Von den insgesamt 138 Befunden, die in dem vorangegangenen Teil der vorliegenden Arbeit am ehesten als Feuerstellen identifiziert werden konnten (vgl. S. 187 ff.), erfüllen nicht alle die Voraussetzungen für weiterführende Untersuchungen, die sich einerseits auf die Feuerstellen selbst (morphometrische Analyse), andererseits auf die Analyse des Umfeldes der Strukturen beziehen (aktivitätsspezifische Analyse). Basierend auf der Datenvorlage zeigen sich insgesamt 131 Brandstellen von 15 europäischen Fundplätzen für die angestrebten Untersuchungen als geeignet: Andernach-Martinsberg (n=3), Gönnersdorf (n=9), Nebra (n=2), Oelknitz (n=2), Orp-Ost (n=2), Champréveyres (n=10), Monruz (n=36), Moosbühl (n=5), Étiolles (n=14), La Haye aux Mureaux (n=1), Les Tarterets I (n=1), »Le Grand Canton« (n=9), Marsangy (n=4), Pincevent (n=31) und Verberie (n=2) (vgl. **Tab. 97**). In der Regel handelt es sich nicht um vollständig ausgegrabene und erforschte Areale, sondern nur um Teilbereiche eines größeren Fundplatzes, einzelne Siedlungseinheiten oder Abschnitte größerer Siedlungshorizonte. Nicht jede Feuerstelle eines jeden Fundplatzes lieferte die nötigen Daten, um für sämtliche Untersuchungen berücksichtigt werden zu können.

FPL	FST	Morphologisch	Metrisch				Aktivitätsspezifisch	
			FL	TF	AGE	GGE	AWZ	RKA
AM	30/22	+	+	+	-	-	-	+
AM	32-33/23	+	-	+	-	-	-	-
AM	33/19-20	+	-	+	-	-	-	-
CHV	A12	+	+	+	+	+	(+)	+
CHV	B16	+	-	+	+	-	(+)	+
CHV	D11	+	+	+	+	+	+	+
CHV	E21	+	-	+	-	-	(+)	+
CHV	G19	+	-	+	-	-	(+)	+
CHV	I16	+	+	+	-	-	(+)	+
CHV	K12	+	-	+	+	+	(+)	+
CHV	K22	+	+	+	-	-	(+)	+
CHV	M17	+	+	+	-	-	(+)	+
CHV	N16	+	-	+	+	+	(+)	+
ET	A17	+	+	+	+	+	(+)	+/-
ET	G13	+	+	+	-	-	+	+/-
ET	J18	+	+	+	-	-	+	+/-
ET	K12	+	+	+	+	-	+	+/-
ET	N20	+	+	+	+	-	-	-
ET	N26	+	+	+	+	-	-	-
ET	O16	+	+	+	+	-	+	+/-
ET	P15	+	+	-	+	+	+	+/-
ET	Q31	+	+	+	+	-	+	+/-
ET	S25	+	+	+	+	-	-	-
ET	S27	+	+	+	+	+	+	+/-
ET	S29	+	+	+	+	-	-	-
ET	U5	+	+	+	+	-	(+)	+/-
ET	W11	+	+	+	+	-	(+)	+/-
GD	57/69	+	+	+	-	-	-	+
GD	58/79	+	+	+	-	-	-	-
GD	59/80	+	+	+	-	-	-	-
GD	60/79	+	+	+	-	-	-	-
GD	60/81	+	+	-	-	-	-	-
GD	63/91	+	+	+	-	-	+	+
GD	65/97	+	+	+	-	-	+	+
GD	70/53	+	+	+	-	-	-	+
GD	St. 11	+	+	+	-	-	-	+
LHM	G13	+	+	-	-	-	-	+
LTT I	N11	+	+	+	-	-	+	+/-

Tab. 97 Auswertungsmöglichkeiten der ausgewählten Feuerstellen und ihrer Umgebung. **FPL** Fundplatz, **FST** Feuerstelle, **FL** Fläche, **TF** Tiefe, **AGE** Anzahl Gesteine, **GGE** Gewicht Gesteine, **AWZ** Anzahl Werkzeuge, **RKA** Rekonstruktion Aktivitäten; + ja, - nein; +/- zum Teil; in Klammern: Werkzeugzahlen aus der Literatur übernommen; **AM** Andernach-Martinsberg, **GD** Gönnersdorf, **NB** Nebra, **OEN** Oelknitz, **OO** Orp-Ost, **CHV** Champréveyres, **MR** Monruz, **MB** Moosbühl, **ET** Étioles, **LHM** La Haye aux Mureaux, **LTT I** Les Tarterets I, **LGC** Le Grand Canton, **MS** Marsangy, **PV** Pincevent, **VB** Verberie.

FPL	FST	Morphologisch	Metrisch				Aktivitätsspezifisch	
			FL	TF	AGE	GGE	AWZ	RKA
LGC	str. 1	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 2	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 3	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 4	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 6	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 8	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 9	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 12	+	+	+	+	+	+	+/-
LGC	str. 14	+	+	+	-	-	+	+/-
MS	D14	+	+	+	+	-	+	+/-
MS	H17	+	+	+	+	-	+	+/-
MS	N19	+	+	+	+	-	+	+/-
MS	X18	+	+	+	-	-	+	+/-
MR	A'60	+	+	+	+	+	-	+
MR	A63	+	+	+	+	+	-	+
MR	C61	+	+	+	+	+	-	+
MR	G64	+	+	+	+	+	-	+
MR	K51	+	+	+	+	+	-	+
MR	L51	+	+	+	+	+	-	+
MR	L55	+	+	+	+	+	-	+
MR	L59	+	+	+	+	+	-	+
MR	M48	+	+	+	+	+	-	-
MR	N47	+	+	+	+	+	-	+
MR	N48	+	+	+	+	+	-	-
MR	N49	+	+	+	+	+	-	-
MR	N50	+	+	+	+	+	-	-
MR	N52	+	+	+	+	+	-	-
MR	O48	+	+	+	+	+	-	-
MR	O49	+	+	+	+	+	-	-
MR	O52	+	+	+	+	+	-	-
MR	O56	+	+	+	+	+	-	+
MR	P49	+	+	+	+	+	-	-
MR	P50	+	+	+	+	+	-	-
MR	R50	+	+	+	+	+	-	-
MR	R51	+	+	+	+	+	-	-
MR	R53	+	+	+	+	+	-	-
MR	R54	+	+	+	+	+	-	+/-
MR	R57	+	+	+	+	+	-	+
MR	S49	+	+	+	+	+	-	-
MR	S50	+	+	+	+	+	-	-
MR	S55	+	+	+	+	+	-	+

Tab. 97 (Fortsetzung)

FPL	FST	Morphologisch	Metrisch				Aktivitätsspezifisch	
			FL	TF	AGE	GGE	AWZ	RKA
MR	S58	+	+	+	+	+	-	+
MR	V57	+	+	+	+	+	-	+
MR	W54	+	+	+	+	+	-	-
MR	X50	+	+	+	+	+	-	+
MR	X51	+	+	+	+	+	-	+
MR	X54	+	+	+	+	+	-	-
MR	Y50	+	+	+	+	+	-	+
MR	Y55	+	+	+	+	+	-	+
MB	C65	+	+	-	-	-	-	+/-
MB	C69	+	+	+	-	-	-	+/-
MB	D25	+	+	+	-	-	-	+/-
MB	D68	+	+	-	-	-	-	+/-
MB	TU65	+	+	+	-	-	+	+/-
NB	3/16	+	-	+	-	-	-	+
NB	8/16	+	-	+	-	-	-	+
OEN	Str. 2 N	+	+	+	-	-	-	-
OEN	Str. 4 Zentral	+	+	+	-	-	-	-
OO	A	+	-	+	-	-	-	+/-
OO	B	+	-	+	-	-	-	+/-
PV	27.M89	+	+	-	-	+	(+)	-
PV	36.C114	+	+	+	+	+	+	+
PV	36.D119	+	+	+	+	-	+	+
PV	36.G115	+	+	+	+	-	+	+
PV	36.G121	+	+	+	+	+	+	+
PV	36.I101	+	+	+	+	+	+	+
PV	36.J116	+	+	+	-	-	-	+
PV	36.J-K114	+	+	+	-	-	-	+
PV	36.L115	+	+	+	+	+	+	+
PV	36.M121	+	+	+	+	+	+	+
PV	36.P102	+	+	-	+	+	+	+
PV	36.Q111	+	+	+	+	-	+	+
PV	36.R102	+	+	+	+	-	+	+
PV	36.T112	+	+	+	-	+	+	+
PV	36.V100	+	+	+	+	-	+	+
PV	36.V101	+	+	-	+	-	+	+
PV	36.V105	+	+	+	+	+	+	+
PV	36.V114	+	+	+	+	+	+	+
PV	36.Z117	+	+	+	+	+	-	-
PV	37.O123	+	+	-	-	-	-	-
PV	43.T125	+	+	+	+	+	+	+
PV	43.Z124	+	+	+	-	-	-	-

Tab. 97 (Fortsetzung)

FPL	FST	Morphologisch	Metrisch				Aktivitätsspezifisch	
			FL	TF	AGE	GGE	AWZ	RKA
PV	44.X127	+	+	+	+	+	+	+
PV	44.Y127	+	+	+	+	-	(+)	+
PV	44/45.A129	+	+	+	+	+	+	+
PV	45.L130	+	+	+	+	+	+	+
PV	46.R126	+	+	+	+	-	(+)	-
PV	46.U/V127	+	+	+	+	-	-	-
PV	foyer I	+	+	+	-	-	+	+
PV	foyer II	+	+	+	-	-	+	+
PV	foyer III	+	+	+	-	-	+	+
VB	D1	+	+	+	-	-	-	+
VB	M20	+	+	+	-	-	-	+
Ges.	131	131	118	122	86	67	62	96

Tab. 97 (Fortsetzung)

STATISTISCHE METHODEN

In der vorliegenden Arbeit werden unterschiedliche statistische Verfahren angewendet. Die Zusammenstellung von Daten in tabellarischer Form erfolgt sowohl nach qualitativen Kriterien (vorhanden – nicht vorhanden) als auch nach quantitativen Beobachtungen (Anzahl Steine, Anzahl Werkzeuge etc.). Die statistische Auswertung dient dem Feststellen von Gemeinsamkeiten, Unterschieden und Zusammenhängen zwischen den zuvor erstellten quantitativen und qualitativen Gruppen und Variablen innerhalb der morphometrischen und aktivitätsspezifischen Analyse.

Beispielsweise kann auf diesem Weg untersucht werden, ob spezifische Aktivitäten an bestimmte morphologische Feuerstellentypen gebunden sind, ob es eine Verbindung zwischen der Konstruktion einer Brandstelle und der Anzahl von Aktivitäten gibt, oder ob ein Zusammenhang zwischen Anzahl und Art der Aktivitäten und der relativen Nutzungsdauer der Feuerstelle besteht.

Deskriptive statistische Methoden

Zu den deskriptiven Methoden zählt das Erstellen von Diagrammen zur Visualisierung quantitativer und qualitativer Daten und Ergebnisse. Die Diagramme wurden mittels Microsoft Excel 2007 erstellt.

Balkendiagramme dienen der Gegenüberstellung zuvor definierter Gruppen und Variablen, z. B. unterschiedlicher morphologischer Typen mit Aktivitätsgruppen oder Größenklassen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf visueller Ebene zu dokumentieren.

Streudiagramme repräsentieren eine grafische Darstellung von Zusammenhängen und geben einen ersten, noch nicht quantifizierbaren Eindruck von der Stärke und Form eines möglichen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen (Brosius 1998, 498).

		Variable 1	Variable 2
Variable 1	Korrelation nach Pearson	1	0,595**
	Signifikanz (2-seitig)		0,000
	N	44	44
Variable 2	Korrelation nach Pearson	0,595**	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	
	N	44	44

Tab. 98 Beispielhaftes Ergebnis der Prozedur KORRELATION, BIVARIAT für die Variablen 1 und 2.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Korrelationsanalysen

Korrelationsanalysen zur näheren Untersuchung von Zusammenhängen zweier Größen werden mithilfe der Software IBM SPSS Statistics 19 durchgeführt. Auf diesem Weg können z. B. Hypothesen überprüft werden, die Rückschlüsse auf die Aussagekraft der Variablen hinsichtlich der relativen Nutzungsdauer einer Feuerstelle zulassen, z. B.: »Mit zunehmender Größe einer Feuerstelle steigt die Anzahl der verwendeten Steine«. Um die Stärke des Zusammenhangs zweier Variablen zu bestimmen, wird der Pearson'sche Korrelationskoeffizient berechnet, der darauf abzielt, lineare Zusammenhänge zu identifizieren. Er wird in der betreffenden Tabelle mit der Beschriftung »Korrelation nach Pearson« angegeben (s. **Tab. 98**). Im exemplarischen Fall liegt der Wert bei 0,595 und erscheint einmal für Variable 1 und einmal für Variable 2. Die Angaben in der Tabelle sind somit redundant. Das Kürzel N beziffert die Probenzahl, hier $n=44$.

Die Stärke des Zusammenhangs wird in einer Zahl zwischen 0 und +1 ausgedrückt; der Koeffizient kann nach folgenden Richtwerten interpretiert werden:

- 0: keine Korrelation,
- >0-0,2: sehr schwache Korrelation,
- 0,2-0,4: schwache Korrelation,
- 0,4-0,6: mittlere Korrelation,
- 0,6-0,8: starke Korrelation,
- 0,8-< 1: sehr starke Korrelation,
- 1: perfekte Korrelation (vgl. Brosius 1998, 503) (**Abb. 72**).

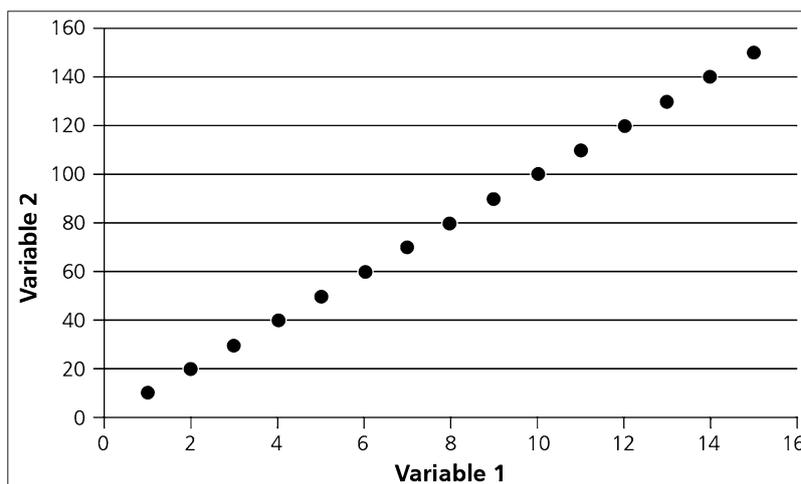
Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich die Untersuchungen jeweils auf die Gesamtheit aller auswertbaren Feuerstellen (ebenerdig u. eingetieft); sämtliche Werte in den Tabellen sind auf ganze Zahlen gerundet.

Signifikanztests

Um zu überprüfen, ob mögliche, in den Korrelationsanalysen nachgewiesene Zusammenhänge zweier Variablen statistisch signifikant sind, werden zusätzlich Signifikanztests durchgeführt. In den Tabellen erscheint der Signifikanzwert unter der Bezeichnung »Signifikanz 2-seitig« (s. **Tab. 98**). Der Signifikanztest überprüft die sogenannte Nullhypothese, der zufolge der Korrelationswert in der Grundpopulation gleich null ist, also keinen linearen Zusammenhang aufweist (Brosius 1998, 504).

Der Signifikanzwert (p) ist die zahlenmäßig ausgedrückte Wahrscheinlichkeit, dass sich das Ergebnis der statistischen Analyse wesentlich vom tatsächlichen Ergebnis der Grundpopulation unterscheidet. Im Beispiel (**Tab. 98**) beträgt der Wert 0,000 und besagt, die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums bei der Zurückweisung der

Abb. 72 Schematische Darstellung eines perfekten, positiv linearen Zusammenhangs zweier Variablen im Streudiagramm.



Nullhypothese beträgt 0,0 % (Brosius 1998, 504). Generell gilt: Ist $p \leq 0,05$, dann ist das Ergebnis signifikant, die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums liegt bei weniger als 5 %. Ist $p \leq 0,01$, dann ist das Ergebnis hochsignifikant, bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von maximal 1 %. Diese Wahrscheinlichkeit wird noch einmal durch das Signifikanzniveau (α) unter der Tabelle angegeben (s. **Tab. 98**). Im oben gezeigten Fall ist $\alpha=0,01$, was bedeutet, die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei etwa 1 %. Somit ist das Ergebnis hochsignifikant. Liegt der α -Wert bei 0,05 ist das Ergebnis ebenfalls signifikant, die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt allerdings 5 %.

ANSÄTZE ZUR TEMPERATURREKONSTRUKTION

Die Rekonstruktion der relativen Brenntemperatur einer Feuerstelle ist eine weitere, wenngleich indirekte Methode zum Verständnis der Betriebsweise einer Feuerstelle. Die Hypothese lautet, dass niedrige Temperaturen ein Indiz für qualitativ minderwertigen Brennstoff oder gar für Brennstoffmangel sind. Problematische Brennstoffversorgung könnte sich deshalb unmittelbar in einer spezifischen Konstruktionsweise von Feuerstellen niedergeschlagen haben (vgl. z. B. Leesch 1997, 170 ff.). Als Richtwerte können Temperaturen aus experimentellen Feuerstellen herangezogen werden. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Temperatur durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst wird, z. B. durch die Art des Brennmaterials oder durch die Feuerstellenkonstruktion. Die gemessenen Temperaturen in Feuerstellen, die mit ausreichenden Mengen an Holz betrieben wurden, bewegten sich in der Regel zwischen ca. 400 °C und 800 °C an der Sedimentoberfläche und erreichten direkt in der Glut zuweilen mehr als 900 °C (z. B. Shipman/Foster/Schoeninger 1984, 308; Bellomo 1993, 533; March/Ferreri/Guez 1993; Einwögerer/Simon/Einwögerer 2003, 24; Bentsen 2012).

Die angestrebten Untersuchungen zur Bestimmung der relativen Brenntemperatur ließen sich exemplarisch am mittelhessischen Fundplatz Gönnersdorf anhand des hitzebedingten Modifikationsgrades von angebrannten Faunenresten und feuerveränderten Silexartefakten durchführen.

Angebrannte Faunenreste

Die Temperaturrekonstruktion der Knochen basiert auf den Ergebnissen experimenteller Studien verschiedener Autoren (z. B. Wahl 1981, 272 ff.; 2007, 40 f.; Stiner u. a. 1995, 226 f.). In Stufe II nach J. Wahl nehmen

VST	Färbung	Temperatur	Zustand
I	gelblichweiß elfenbeinfarben glasig	bis 200 °C um 250-300 °C	wie unverbrannter, frischer Knochen erste Schrumpfung durch Wasserverlust (ca. 2 %), dann bis ca. 750 °C kein weiterer Größenverlust
II (1-2)	braun, dunkelbraun	um 300 °C	Beginn des Austriebs organ. gebundenen Kohlenstoffs
3	schwarz	um 400 °C	unvollständige Verbrennung bzw. Verkohlung der organi- schen Knochensubstanz
III (4-5)	grau blaugrau, taubenblau milchig hellgrau	um 550 °C	Kompakta innen manchmal noch schwarz
IV (6)	milchig weiß mattweiß kreideartig	ab 650-700 °C	kreidige, abreibbare Oberfläche («kalziniert») Kompakta innen manchmal noch grau ab 750 °C kontinuierlich stärkere Schrumpfung
V	altweiß schmutzigweiß	ab ca. 800 °C	Knochen spröde, hart und fest («Sinterung») Auftreten von Hitzerissen Schrumpfung (Ø 10-12 %; max. 25-30 %) Spongiosa manchmal gelblich-ockerfarben

Tab. 99 Unterschiedliche Stufen von Hitzemodifikationen an Knochen. **VST** Verbrennungsstufe (**I-V** Stufen nach Wahl 1981, Tabelle 1; 2007, Abb. 10, 1; **1-6** Farbcodes nach Stiner u. a. 1995, 226).

Knochen ab einer Temperatur von ca. 300 °C eine braune bis dunkelbraune Färbung durch den beginnenden Austrieb organischen Kohlenstoffs an (**Tab. 99**). Dies entspricht den Farbcodes 1-2 nach Stiner u. a.: »slightly burned; localized and < half carbonized« (Code 1), »lightly burned > half carbonized« (Code 2). Durch die Verkohlung der organischen Knochensubstanz wird das Material ab einer Temperatur von 400 °C schwarz und man spricht von karbonisierten Knochen (Farbcode 3 nach Stiner u. a.: »fully carbonized; completely black«). Bei Temperaturen um 550 °C entwickeln sich unterschiedliche Grautöne (Stufe III nach Wahl). In den Farbcodes 4-5 nach Stiner u. a. werden die Knochen als »localized < half calcined (more black than white)« und »> half calcined (more white than black)« beschrieben. Stufe IV nach Wahl umfasst weißkalzinierte Knochen, die sich ab rund 650 °C entwickeln. Bei Stiner u. a. handelt es sich um Farbcode 6: »fully calcined (completely white)«.

Erhitzte Silices

Zur Bestimmung der relativen Brenntemperatur von Silexartefakten wurde vom Verfasser eine experimentelle Studie durchgeführt.

Bei feuerveränderten Silexartefakten handelt es sich um eine wichtige Fundgattung, deren systematische Kartierung dabei helfen kann, Feuerstellen zu lokalisieren oder deren Lage zu präzisieren (z. B. Sergeant/Crombé/Perdaen 2006; Leesch u. a. 2010). Unter der Prämisse, dass bestimmte Veränderungen mit bestimmten Temperaturen einhergehen, liefert diese Fundgattung einen Beitrag zur Rekonstruktion der relativen Brenntemperatur einer Feuerstelle. Daher ist es zunächst wichtig, gebrannte Silices eindeutig als solche zu identifizieren. Zu den charakteristischen, mit bloßem Auge erkennbare Spuren von Hitzeeinwirkung zählen Spannungsschäden wie feine, netzartig auftretende Haarrisse (Kraquelierung), Abplatzungen mit charakteristischen, narbigen Bruchflächen oder näpfchenförmige Aussprünge («pot-lids»). Farbveränderungen wie z. B. Rötung oder Weißfärbung sind auf chemische Reaktionen innerhalb des Materials zurückzu-

führen (z. B. Richter 2007, 36 f.). Rotfärbungen treten beispielsweise auf, wenn im Material Eisenminerale vorhanden sind, die ab einer bestimmten Temperatur entweder durch Wasserverlust (z. B. Fe(III)-Oxidhydrate Goethit u. Limonit) oder Oxidation (z. B. Fe(II)-Silikate) in das rote, dreiwertige Eisenoxid Hämatit (Fe_2O_3) umgewandelt werden. Die maßgeblichen Faktoren, welche die genannten Veränderungen hervorrufen, sind Oberflächenspannungen und die fortschreitende Entwässerung des Materials (z. B. Schmidt/Badou/Fröhlich 2011).

Fragestellung

Die Laborexperimente hatten zum Ziel, die bekannten Hitzeveränderungen unter kontrollierten Bedingungen zu erzeugen und zu klären, ob unterschiedliche Silexvarianten ein differierendes thermisches Verhalten aufweisen. Darüber hinaus sollten die Versuche Aufschluss darüber geben, ob bestimmte Modifikationen mit bestimmten Temperaturen einhergehen, und ob dementsprechend die Art der Modifikation zumindest Rückschlüsse auf die relative Brenntemperatur zulässt.

Material

Untersucht wurden Silexvarianten aus verschiedenen Regionen, die einem Teilspektrum des in Gönnersdorf nachgewiesenen Materials entsprechen: baltischer Feuerstein, westeuropäischer Maasfeuerstein, Tertiärquarzit und Kieselschiefer (vgl. Floss 1994, 218 ff.) (s. **Abb. 73**).

Die baltischen Feuersteine, bei denen es sich größtenteils um Brandungsgerölle handelt, stammen von der deutschen Ostseeküste in Schleswig-Holstein. Untersucht wurden folgende Varianten baltischen Feuersteins: eine bräunliche Ausprägung des durchscheinenden Senon-Flints (BF A), ein durchscheinender Bryozoen-Flint (BF B), eine vollständig opake, hellgraue Feuersteinvarietät (BF C) und ein durchscheinender, mit opaker Bänderung versehener Falster-Flint (BF D).

Daneben wurden zwei Typen von westeuropäischem Maas-Feuerstein untersucht: eine bräunlich-graue, opake Varietät mit rauer, sandiger Oberfläche (WF A) und ein schwarzer, durchscheinender Rijkholt-Flint mit glatter Oberfläche (WF B). Das Material stammt aus den primären Kreidevorkommen und kann als annähernd bergfrisch bezeichnet werden.

Außerdem wurden zwei lokal oder regional im deutschen Mittelrheingebiet zugängliche Silextypen experimentell erhitzt: ein grauer Tertiärquarzit mit gelblichen Einschlüssen (TQ) und ein schwarzer, stark zerklüfteter Kieselschiefer/Lydit (KS). Diese Materialien wurden als Gerölle in verschiedenen rheinischen Kiesgruben gesammelt.

Um eine möglichst große Materialhomogenität für jede erhitzte Rohmaterialeinheit zu gewährleisten, wurden die Proben jeweils von einer Silexknolle abgebaut.

Versuchsaufbau

Diese Experimente folgten einem festgelegten, standardisierten Protokoll und wurden unter kontrollierten Temperaturen im Thermolabor des Institutes für Geowissenschaften der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, mit freundlicher Unterstützung von Prof. Dr. Wolfgang Hofmeister durchgeführt. Das Erhitzen erfolgte in einem Muffelofen vom Typ Nabertherm L9/SH für Temperaturen bis 1200 °C unter oxidierenden



Abb. 73 Untersuchte Silexvarianten vor dem Erhitzen: **BF** Baltischer Feuerstein, **WF** Westeuropäischer Feuerstein, **TQ** Tertiärquarzit, **KS** Kieselschiefer.

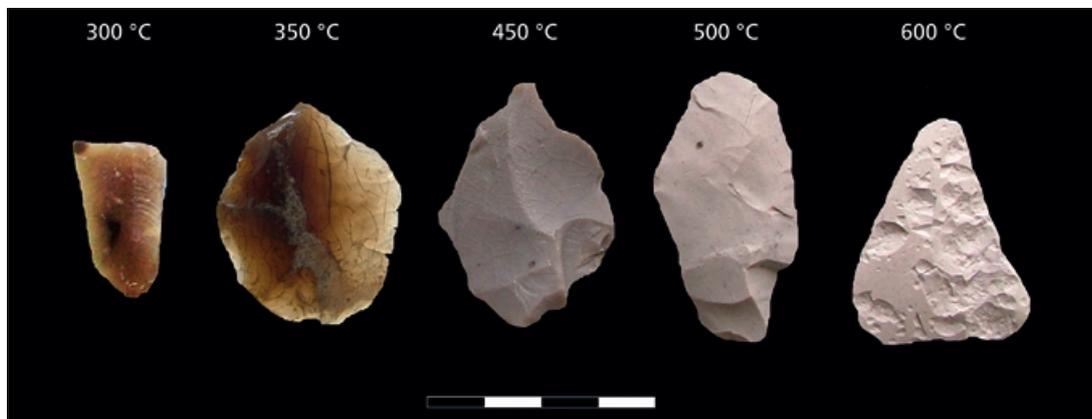


Abb. 74 Hitzemodifikationen an Baltischem Feuerstein der Variante A.

Bedingungen, zuerst in 100°C-Schritten zwischen 100°C und 300°C, anschließend in 50°C-Schritten bis 600°C. Erwies sich ein Material als hitzebeständiger, wurde eine weitere Probe bei 700°C erhitzt. Bei durchgängig geringen Veränderungen eines Materials wurde die Temperaturstufe 550°C ausgelassen. Der Aufheizvorgang auf die jeweilige Zieltemperatur wurde auf 1 Stunde festgelegt, um ein zu plötzliches Erhitzen und die Gefahr einer unmittelbaren Zerstörung der Proben durch Hitzeschock zu verhindern. Nach dem Aufheizen wurden die Proben bei konstanter Zieltemperatur für 3 Stunden im Ofen belassen. Von

Probe	ZTEMP (3h)	FMOD	Schäden
BF A1	100 °C	-	-
BF A2	200 °C	-	-
BF A3	300 °C	-	-
BF A4	350 °C	-	Kraquelierung
BF A5	400 °C	einsetzende Opazität	wie A4
BF A6	450 °C	zu blaugrau; vollständig opak	wie A4
BF A7	450 °C (6 h)	wie A6	wie A4
BF A8	500 °C	zu hell-blaugrau; vollständig opak	wie A4; Spaltriss
BF A9	550 °C	zu hellgrau-weiß; vollständig opak	keine sichtbare Kraquelierung; Zerschabung; zahlreiche kleine Abplatzungen und Näpfchen; sehr porös
BF A10	600 °C	zu weiß; vollständig opak	wie A9, nur ausgeprägter

Tab. 100 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an bräunlich-durchscheinendem Baltischen Feuerstein **BF**. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

450 °C auf 500 °C war bei einigen Feuersteinvarianten ein merklicher Farbumschwung zu beobachten. Um zu überprüfen, ob Temperatur oder Brennzeit dafür die maßgeblichen Faktoren waren, wurde nachträglich eine weitere Probe jeder Rohmaterialeinheit für eine Dauer von 6 Stunden bei 450 °C erhitzt.

Nach dem Erhitzen blieben die Proben für weitere 10 Minuten bei offener Tür im Ofen, um zusätzliche Beschädigungen durch ein zu abruptes Abkühlen zu vermeiden. Nach der Entnahme aus dem Ofen wurden die Proben bei konstanter Raumtemperatur von 21 °C vollständig abkühlen gelassen. Für jede neue Temperaturstufe wurde eine neue Probe der unterschiedlichen Rohmaterialien verwendet, d. h., jede Probe wurde nur einmal erhitzt. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um abschließend die bei einer bestimmten Temperatur auftretenden Veränderungen durch Vergleiche besser charakterisieren zu können.

Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Brennversuche für jede Rohmaterialeinheit präsentiert.

Baltischer Feuerstein, Variante A (BF A)

Das Ausgangsmaterial war eine bräunliche, durchscheinende Variante. Der Feuerstein hatte eine glatte Oberfläche, war feinkörnig, hatte aber zahlreiche, im Durchlicht erkennbare organische Einschlüsse.

Bis 300 °C waren mit bloßem Auge keine Veränderungen sichtbar (**Tab. 100; Abb. 74**).

Bei einer Temperatur von 350 °C bildete sich eine erste Kraquelierung, die sich über die gesamte Probe erstreckte. Laut Brennversuchen von Rolf C. A. Rottländer treten derartige Schäden ab ca. 320 °C auf (Rottländer 1989, 47 ff.).

Ab 400 °C intensivierte sich die Kraquelierung und das Material wies stellenweise eine stärkere Opazität auf. Bei 450 °C kam es zu einem deutlichen Farbumschwung zu blau-grau und vollständiger Opazität (**Abb. 74**). Die 6 Stunden lang erhitzte Probe wies identische Veränderungen auf. Lediglich die Kraquelierung schien etwas ausgeprägter.

Die Temperatur von 500 °C führte zu einer deutlichen Aufhellung in ein helles Blaugrau. Die Probe war zudem kraqueliert und zeigte einen tiefen Riss, der den Feuerstein partiell spaltete (**Abb. 74**).

Probe	ZTEMP (3 h)	FMOD	Schäden
BF B1	100 °C	-	-
BF B2	200 °C	-	-
BF B3	300 °C	-	-
BF B4	350 °C	-	langer Riss
BF B5	400 °C	einsetzende Opazität	lange Risse; leichte Kraquelierung
BF B6	450 °C	zu dunkel-blaugrau; fortschreitende Opazität; Bryozoen kräftig mattweiß	eher längere Risse als Kraquelierung
BF B7	450 °C (6 h)	zu dunkel-blaugrau; fast vollständig opak; Bryozoen z. T. bräunlich	größere Risse und starke Kraquelierung
BF B8	500 °C	zu hell-blaugrau; vollständig opak; innen deutlich heller; Bryozoen bräunlich	Kraquelierung; Spaltriss; erste größere Abplatzungen
BF B9	550 °C	zu hellgrau; vollständig opak; innen deutlich heller; Bryozoen schwarz	keine sichtbare Kraquelierung; größere Abplatzungen; zunehmende Porosität
BF B10	600 °C	zu grauweiß; vollständig opak; innen etwas heller; Bryozoen schwarz	wie B9; Zerschabung; zahlreiche kleinere Abplatzungen; sehr porös

Tab. 101 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an gräulich-durchscheinendem Baltischen Feuerstein **BF** mit zahlreichen eingeschlossenen Bryozoen. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

Die Aufhellung setzte sich bei 550 °C fort und resultierte in einer gräulich-weißen Färbung. Es kam zu einer intensiven »Zerschabung« in größere Fragmente mit zahlreichen kleineren Aussplitterungen und Abplatzungen, die z. T. eine näpfchenartige Ausprägung zeigten. Die Bruchflächen zeigten eine »narbige« Oberfläche. Außerdem war ein massiver Anstieg der Porosität zu verzeichnen. Bei den »Näpfchen« handelte es sich nicht um die »klassischen«, sauber und glatt ausgesprungenen, sondern um solche mit grober, narbiger Oberfläche.

Die 600 °C-Probe hatte eine noch hellere, weißliche Färbung (**Abb. 74**). Die Schäden waren in etwa mit denen der vorherigen Temperatur vergleichbar. Der Anteil kleinerer und näpfchenförmiger Abplatzungen sowie der Grad der Porosität waren allerdings höher als bei der vorangegangenen Temperaturstufe. Mit dieser Temperatur wurde die Brennreihe beendet, da das Material bereits massivste Schäden aufwies.

Baltischer Feuerstein, Variante B (BF B)

Beim Ausgangsmaterial handelte es sich um eine dunkelgrau-durchscheinende Variante mit zahlreichen milchig-weißen Bryozoen-Einschlüssen und glatter Oberfläche.

Bis zu einer Temperatur von 300 °C waren keine Veränderungen zu beobachten (**Tab. 101**).

Die auf 350 °C erhitzte Probe wies eine erste Beschädigung in Form eines längeren Risses auf.

Bei 400 °C waren mehrere längere Risse, eine leichte Kraquelierung in den Randbereichen sowie einsetzende Opazität zu dokumentieren.

Die Temperatur von 450 °C führte zu einer dunkleren, gräulich-blauen Färbung mit deutlich gesteigener Opazität (**Abb. 75**). Die eingeschlossenen Bryozoen veränderten ihre Farbe von einem milchig-weißen Ton zu einer kräftigen, mattweißen Färbung. Die Probe wies eher längere Einzelrisse als eine Kraquelierung auf. Die Färbung nach 6 Stunden bei 450 °C war identisch, allerdings hatten einige Bryozoen-Einschlüsse eine bräunliche Färbung entwickelt. Insgesamt war die Probe etwas opaker und wies größere Risse sowie eine intensive Kraquelierung auf.

Das Erhitzen bei 500 °C resultierte in einer Aufhellung des Materials (**Abb. 75**); vor allem im Inneren war eine deutlich hellere Färbung zu verzeichnen. Der überwiegende Teil der Bryozoen hatte nun eine braune

Probe	ZTEMP (3 h)	FMOD	Schäden
BF C1	100°C	-	-
BF C2	200°C	-	-
BF C3	300°C	-	-
BF C4	350°C	-	erste, oberflächliche Risse
BF C5	400°C	Oberfläche wirkt matter und rauher	zackiger und wellenförmiger Bruch in zwei Teile
BF C6	450°C	wie C5	leichte, oberflächliche Rissbildung
BF C7	450°C (6 h)	wie C5; glänzende Bruchkante	wie C6; S-förmiger Bruch in zwei Teile
BF C8	500°C	wie C5	wie C6
BF C10	600°C	wie C5, aber leichter Blaustich	wie C6
BF C11	700°C	wie C10; innen strahlend weiß	starke Kraquelierung; tiefe Rissbildung; Zerschabung; mehrere größere und kleine Abplatzungen und Aussplitterungen

Tab. 102 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an hellgrauem, vollständig opakem Baltischen Feuerstein **BF**. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

Farbe angenommen. Spannungsschäden traten in Form von Kraquelierung, einem größeren Riss, der die Probe partiell spaltete und ersten größeren Abplatzungen auf.

Bei 550°C veränderte sich der Farbton in ein helles Grau (**Abb. 75**); im Inneren war die Probe annähernd weiß. Die Bryozoen waren teils noch braun, teils bereits schwarz gefärbt. Die Oberfläche wies keine sichtbare Kraquelierung mehr auf, dafür mehrere Spaltrisse, größere Abplatzungen und wenige kleinere Aussprünge. Insgesamt wurde das Material deutlich poröser.

Ab 600°C kam es wiederum zu einer deutlichen Aufhellung des Materials in einen gräulich-weißen Ton (**Abb. 75**). Sämtliche Bryozoen wiesen eine dunkelgraue bis schwarze Färbung auf. Die Oberfläche war von zahlreichen größeren und vor allem kleineren Abplatzungen und Aussplitterungen überzogen. Das Material wurde zunehmend poröser, sodass auf ein Erhitzen bei einer höheren Temperaturstufe verzichtet wurde.

Baltischer Feuerstein, Variante C (BF C)

Beim Ausgangsmaterial handelte es sich um einen homogenen, hellgrauen und vollständig opaken Feuerstein mit glatter Oberfläche.

Bis 300°C waren keine makroskopisch sichtbaren Veränderungen zu verzeichnen (**Tab. 102**; **Abb. 76**).

Ab der 350°C-Stufe war eine leichte, oberflächliche Rissbildung zu erkennen.

Die auf 400°C erhitzte Probe wies eine etwas matter und rauher wirkende Oberfläche sowie kleine, oberflächliche Risse auf (**Abb. 76**). Während des Abkühlvorgangs zersprang der Feuersteinabschlag in zwei Hälften. Die Bruchkante war unregelmäßig und kann als zackig und wellenförmig beschrieben werden. Die beiden Bruchflächen wiesen im Gegensatz zur Probenoberfläche einen deutlichen Glanz auf.

Die drei Proben, die auf Temperaturen von 450°C und 500°C erhitzt wurden, wiesen im Großen und Ganzen identische Veränderungen wie bei der vorherigen Temperaturstufe auf (**Abb. 76**). Der 6 Stunden lang bei 450°C erhitzte Abschlag zerbrach abermals während des Abkühlvorgangs. Der Bruch war S-förmig und die Bruchflächen wiesen einen deutlichen Glanz auf.

Bei der 600°C-Probe war ein leichter Blaustich in der Färbung zu erkennen (**Abb. 76**). Ansonsten zeigte sich wiederum nur eine leichte, oberflächliche Rissbildung.

Erst bei 700°C kam es zu einer deutlichen Beschädigung des Materials (**Abb. 76**). Die Probe wies eine stark kraquelierte Oberfläche, tiefe Risse, einige große, scherbenartige Abplatzungen sowie mehrere kleinere

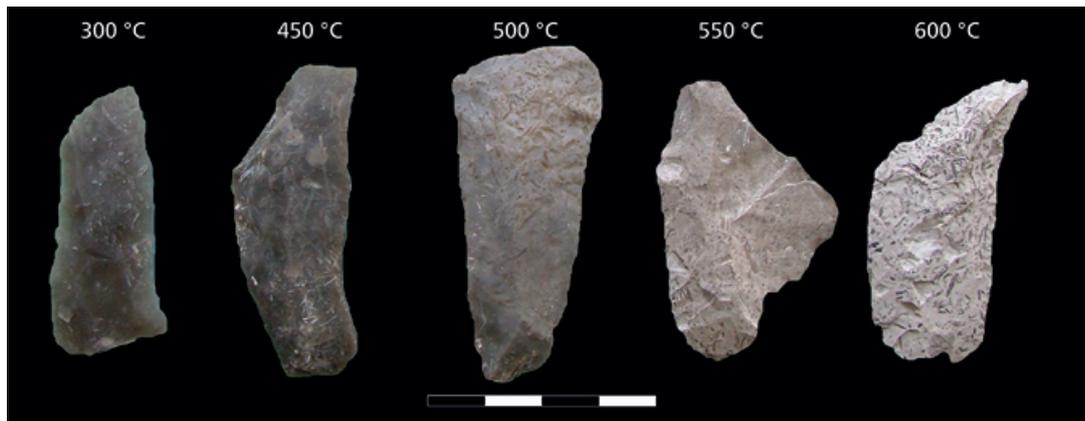


Abb. 75 Hitzemodifikationen an Baltischem Feuerstein der Variante B.

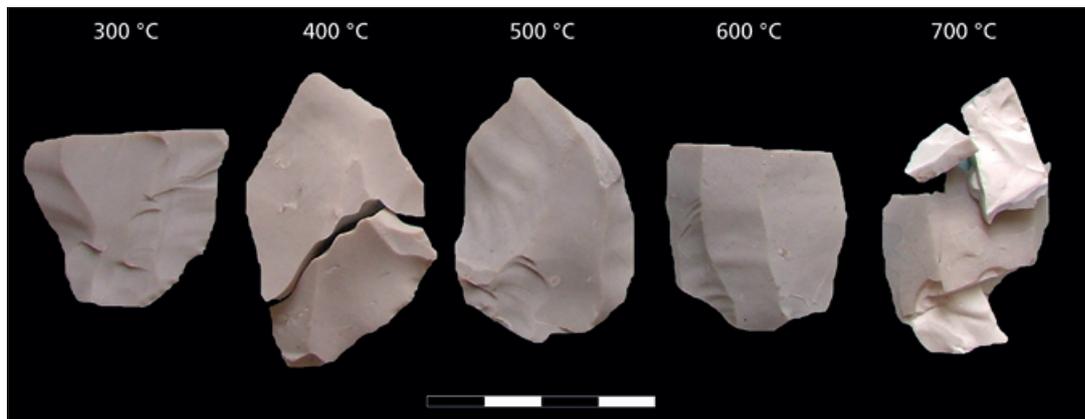


Abb. 76 Hitzemodifikationen an Baltischem Feuerstein der Variante C.

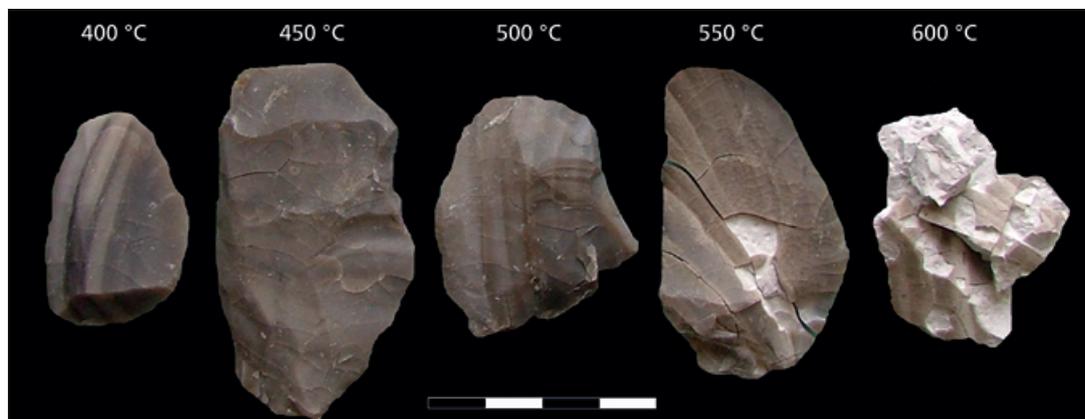


Abb. 77 Hitzemodifikationen an Baltischem Feuerstein der Variante D.

Aussplitterungen auf. Am auffälligsten war die strahlend weiß glänzende Verfärbung im Inneren des Materials.

Baltischer Feuerstein, Variante D (BF D)

Das Ausgangsmaterial war ein bräunlicher, partiell durchscheinender Feuerstein mit einer hellgrauen, opaken Bänderung, glatter Oberfläche und organischen Einschlüssen.

Probe	ZTEMP (3 h)	FMOD	Schäden
BF D1	100 °C	-	-
BF D2	200 °C	-	-
BF D3	300 °C	-	-
BF D4	350 °C	-	-
BF D5	400 °C	etwas dunklere Färbung; einsetzende Opazität der durchscheinenden Partien	erste grobe Kraquelierung der Oberfläche
BF D6	450 °C	zu dunkelgrau; einsetzende Opazität der durchscheinenden Partien	stärkere Kraquelierung; Spaltriss
BF D7	450 °C (6 h)	wie D6; vollständig opak	starke Kraquelierung und Rissbildung; mehrere Spaltrisse
BF D8	500 °C	wie D7	wie D7
BF D9	550 °C	wie D7; innen annähernd weiß	intensive Kraquelierung; zahlreiche tiefe Risse und Spaltrisse; erste größere und kleinere Abplatzungen und Aussplitterungen; Material poröser
BF D10	600 °C	wie D9 aber etwas heller	vollständige Zerschabung in größere Fragmente; zahlreiche kleine Abplatzungen und Aussplitterungen; sehr porös

Tab. 103 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an bräunlich-grauem Baltischen Feuerstein **BF** mit durchscheinenden Partien und opaker Bänderung. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

Erste, mit bloßem Auge sichtbare Veränderungen traten ab einer Temperatur von 400 °C auf (**Tab. 103; Abb. 77**). Die Probe wurde insgesamt dunkler und die durchscheinenden Partien etwas opaker. Außerdem setzte eine erste, grobe Kraquelierung der gesamten Oberfläche ein.

Ab 450 °C färbten sich die bräunlichen Partien in ein dunkles Grau (**Abb. 77**). Auch die Bänderung wurde etwas dunkler. Die Opazität nahm nicht weiter zu. Die Kraquelierung wurde stärker und ein erster Spaltriss trat auf. Die 6 Stunden lang erhitzte Probe war insgesamt deutlich dunkler, vollständig opak und wies eine starke Kraquelierung, zunehmende Rissbildung und mehrere Spaltrisse auf.

Bei 500 °C wurde das Material nicht merklich dunkler (**Abb. 77**). Die Beschädigungen entsprachen denen der zuvor beschriebenen Probe.

Ab 550 °C wurden die ehemals durchscheinenden Partien dunkler, die Bänderung aber wieder etwas heller (**Abb. 77**). Im Inneren zeigte sich eine auffallend hellere, annähernd weiße Färbung. Das Stück hatte eine intensive Kraquelierung, zahlreiche tiefe Risse bis hin zu Spaltenbildung. Außerdem wies die Probe erste größere und kleinere Abplatzungen und Aussplitterungen auf und wurde zunehmend porös.

Bei 600 °C zersprang die Probe in zahlreiche größere Scherben und unzählige kleinere Abplatzungen und Aussplitterungen (**Abb. 77**). Insgesamt wirkte das Material sehr porös.

Westeuropäischer Feuerstein, Variante A (WF A)

Das Ausgangsmaterial war ein bräunlich-grauer, vollständig opaker Feuerstein in grobkörniger Ausprägung mit sandig wirkender, rauer Oberfläche. Im Material befanden sich Flecken und größere Flächen in hell- bis dunkelgrauer Färbung.

Ab 300 °C erhielt die Probe insgesamt einen leichten Rotstich, ab 350 °C kam eine deutliche Rosafärbung der helleren Partien hinzu (**Tab. 104; Abb. 78**)

Bei 400 °C wurde das Material im Ganzen etwas dunkler, in Richtung eines sehr dunklen Graus. Hinzu kamen erste Beschädigungen in Form bogenförmiger, oberflächlicher Risse.

Probe	ZTEMP (3h)	FMOD	Schäden
WF A1	100°C	-	-
WF A2	200°C	-	-
WF A3	300°C	leichter Rotstich	-
WF A4	350°C	wie A3; Rosafärbung in den helleren Bereichen	-
WF A5	400°C	wie A4; Material insgesamt dunkler	erste Rissbildungen
WF A6	450°C	wie A5, aber noch etwas dunkler	Lösung kleinerer und größerer »Schuppen«, aber noch keine Abplatzung
WF A7	450°C (6h)	wie A6	wie A6, aber stärkere Rissbildung
WF A8	500°C	Material wird insgesamt etwas heller	etwa wie A6
WF A9	550°C	Material wird zunehmend heller; deutlich heller grau im Inneren	starke Rissbildung; Spaltrisse; erste große Abplatzung; »klassische« näpfchenförmige Aussprünge auf den Innenseiten der Abplatzung
WF A10	600°C	weitere Aufhellung; Oberfläche vollständig mit weißen »Sprenkeln« überzogen	tiefe Rissbildung; Lösung größerer Schuppen, ohne Abplatzung; Material wird poröser
WF A11	700°C	wie A10, nur heller; deutlich heller grau im Inneren	tiefe Rissbildung; zahlreiche größere und kleinere Abplatzungen und Aussplitterungen; sehr porös

Tab. 104 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an bräunlich-grauem, vollständig opakem Westeuropäischen Feuerstein **WF**. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

Die 450°C Probe war noch etwas dunkler als die vorangegangene; die Risse wurden tiefer und es kam zu einer partiellen Ablösung größerer und kleinerer Bereiche (**Abb. 78**). Die 6 Stunden bei dieser Temperatur erhitze Probe wies eine stärkere Rissbildung und halbkreisförmige, schuppenartige Teilablösung unterschiedlich großer Partien auf.

Die Erhitzung bei 500°C führte zu einer leichten Aufhellung des Materials. Die Beschädigungen reduzierten sich auf mehrere Risse von geringer Tiefe.

Ab 550°C kam es zu einer weiteren Aufhellung und zu einer ersten größeren Abplatzung (**Abb. 78**). Dabei zeigte sich, dass das Innere der Probe deutlich heller grau gefärbt war, als die Oberfläche. Auf den Bruchflächen kam es erstmals zu typischen näpfchenförmigen Aussprünge. Zusätzlich intensivierte sich die Rissbildung bis hin zu tiefen Spalten.

Die auf 600°C erhitze Probe zeigte eine weitere Aufhellung (**Abb. 78**). Im Vergleich zur 550°C-Probe traten geringe Beschädigungen mit Rissen und einer größeren, nicht vollständig ausgesprungenen Ablösung auf. Die merklichste Veränderung war eine »Weißsprenkelung« und Aufrauung der gesamten Oberfläche. Insgesamt nahm die Porosität deutlich zu.

Bei einer Temperatur von 700°C war eine weitere Aufhellung zu einem hellen Grau mit weißer »Sprenkelung« zu verzeichnen (**Abb. 78**). Die Probe wies tiefe Spaltrisse und einige größere und kleinere Abplatzungen und Aussplitterungen auf. Das Innere der Probe war wieder merklich heller gefärbt, als die fortschreitend rauer gewordene Oberfläche. Das Material kann als sehr porös bezeichnet werden.

Westeuropäischer Feuerstein, Variante B (WF B)

Die Proben wurden von einem schwarzen, durchscheinenden Feuerstein mit glatter Oberfläche, zahlreichen organischen Einschlüssen und gelblich-weißer Kortex gewonnen.

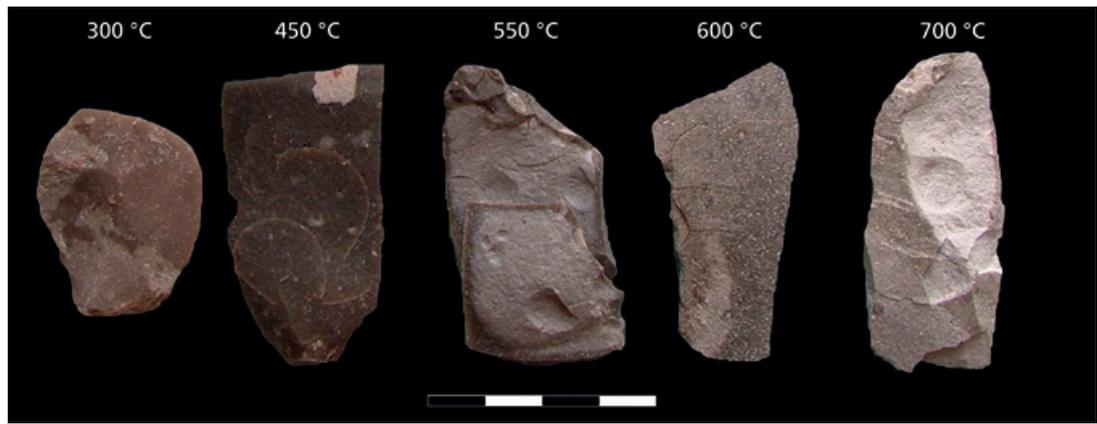


Abb. 78 Hitzemodifikationen an Westeuropäischem Feuerstein der Variante A.

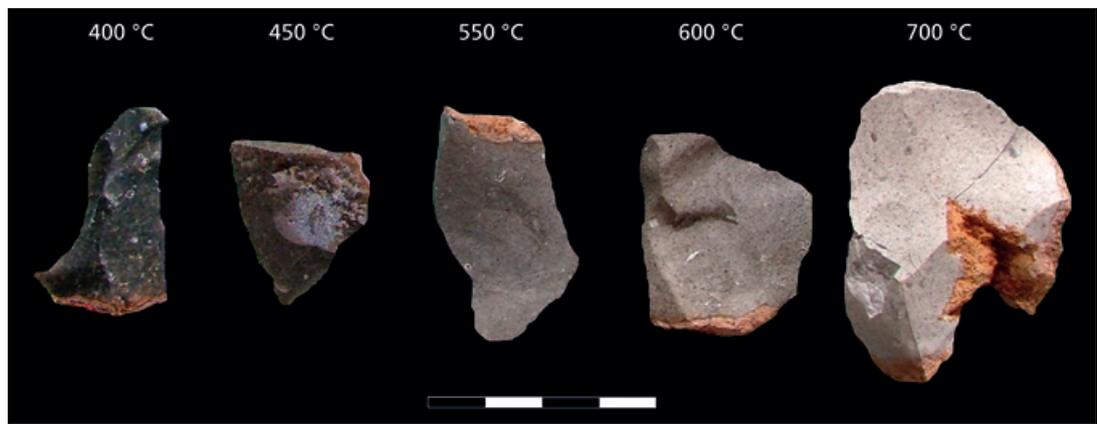


Abb. 79 Hitzemodifikationen an Westeuropäischem Feuerstein der Variante B.

Bei einer Temperatur von 300 °C war eine schwache Rosafärbung der kortikalen Bereiche zu verzeichnen (**Tab. 105**). Außerdem entwickelten sich offenbar direkt unter der Oberfläche Beschädigungen, die eine »blasenartige« Erscheinung annahmen. Es handelte sich dabei wahrscheinlich um eine Vorstufe feinsten Kraqueliering und von später auftretenden, bogenförmigen Ausprägungen.

Die 350 °C Probe hatte eine etwas intensivere Rosafärbung der Kortex. Die »blasigen« Ausprägungen unter der Oberfläche nahmen zu und es kam zu ersten, oberflächlichen Rissbildungen.

Ab 400 °C erlangte die Oberfläche durch zahllose »Bläschen« und Mikrorisse unterhalb der Oberfläche ein »schuppenartiges« Äußeres (**Abb. 79**). Offenbar handelte es sich um eine Kraquelierung unter der Oberfläche. Außerdem traten Risse und erste, partielle Ablösungen auf.

Bei 450 °C wurde das Material etwas opaker und erstmals entstand eine größere Abplatzung mit »narbigen« Bruchflächen (**Abb. 79**). Die 6 Stunden lang erhitzte Probe wies neben einer höheren Opazität und »schuppenartigen« Oberfläche tiefe Risse, partielle Ablösungen und mehrere größere Abplatzungen mit »narbiger« Bruchfläche auf. Im Inneren hatte das Material eine, im Vergleich zur Oberfläche, etwas hellere Graufärbung.

Ab einer Temperatur von 500 °C waren eine zunehmende Opazität und eine leichte Aufhellung zu verzeichnen. Neben der »schuppigen« Oberfläche wies die Probe tiefere Risse und eine kleine Abplatzung mit »narbiger« Bruchfläche auf.

Probe	ZTEMP (3 h)	FMOD	Schäden
WF B1	100 °C	-	-
WF B2	200 °C	-	-
WF B3	300 °C	Kortex wird schwach rosa	blasig- oder schuppenartig wirkende Partien direkt unter Oberfläche
WF B4	350 °C	etwas intensivere Rosafärbung der Kortex	wie B3; erste, oberflächliche Rissbildung
WF B5	400 °C	wie B4	wie B4; intensive, feinste Kraquelierung direkt unter Oberfläche, wirkt wie kleinste Schuppen
WF B6	450 °C	wie B4; Material scheint etwas opaker	wie B5; erste größere Abplatzung mit narbiger Bruchfläche
WF B7	450 °C (6 h)	wie B6; innen etwas heller	wie B5; tiefere Rissbildung; mehrere größere und kleinere Abplatzungen mit narbiger Bruchfläche; kleine Aussplitterungen
WF B8	500 °C	Kortex gerötet; Material opaker und Aufhellung zu Dunkelgrau; innen etwas heller	wie B5; tiefe Risse; kleine Abplatzung mit narbiger Bruchfläche
WF B9	550 °C	Kortex gerötet; Material vollständig opak; helleres Dunkelgrau; schwarze »Sprengelung«	schuppig wirkende Oberfläche; wenige, tiefere Risse; partielle, bogenförmige Ablösungen
WF B10	600 °C	wie B9 nur helleres Grau	tiefere Risse; partielle Ablösungen
WF B11	700 °C	Kortex intensive gerötet; Material fast weiß mit grauer »Sprengelung«	tiefe Risse; Spaltrisse; Brüche; Abplatzung mit narbiger Bruchfläche; hohe Porosität

Tab. 105 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an schwarzem, durchscheinendem Westeuropäischen Feuerstein **WF** mit zahlreichen organischen Einschlüssen. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

Die auf 550 °C erhitzte Probe veränderte ihre Farbe zu einem helleren Dunkelgrau mit zahllosen schwarzen »Sprengeln« (**Abb. 79**). Die Oberfläche wirkte noch »schuppig«, aber es waren weniger Risse, dafür mehrere partielle Ablösungen zu dokumentieren.

Bei 600 °C wurde das Material deutlich heller (**Abb. 79**). Die Probe wies zudem eine intensive Rissbildung und partielle Ablösungen auf.

Das Erhitzen bei 700 °C führte zu einer hellen, annähernd weißen Färbung mit intensiver, dunkelgrauer »Sprengelung« (**Abb. 79**). Die Kortex war intensiv gerötet und begann in »feinen Sand« zu zerfallen. Die Probe wies starke Beschädigungen in Form tiefer Risse, Spalten, Brüche und Abplatzungen mit »narbigen« Bruchflächen auf. Insgesamt war das Material sehr porös.

Tertiärquarzit (TQ)

Das Ausgangsmaterial war ein mittelgrauer, relativ feinkörniger Tertiärquarzit mit hellgelben Einschlüssen, sandig-rauer Oberfläche und schwarzer Kortex.

Ab 300 °C kam es bei allen Temperaturstufen zu einer partiellen Rotfärbung der gelblichen Einschlüsse, aber in keinem Fall waren sämtliche Einschlüsse betroffen (**Tab. 106**).

Bei 450 °C war erstmals eine schwach ausgeprägte, oberflächliche Rissbildung zu verzeichnen. Das sechsstündige Erhitzen bei dieser Temperatur führte zu einer größeren Abplatzung mit »narbigen« Bruchflächen (**Abb. 80**).

Die Modifikationen bei 500 °C entsprachen den zuvor beschriebenen.

Das Erhitzen auf 600 °C führte zu bogenförmigen Rissen ohne Abplatzungen (**Abb. 80**).

Probe	ZTEMP (3h)	FMOD	Schäden
TQ 1	100 °C	-	-
TQ 2	200 °C	-	-
TQ 3	300 °C	partielle Rotfärbung der gelblichen Einschlüsse	-
TQ 4	350 °C	wie 3	-
TQ 5	400 °C	wie 3	-
TQ 6	450 °C	wie 3	leichte, oberflächliche Rissbildung
TQ 7	450 °C (6h)	wie 3	oberflächliche, bogenförmige Rissbildungen; große Abplatzung mit narbiger Bruchfläche
TQ 8	500 °C	wie 3	wie 7
TQ 10	600 °C	wie 3	bogenförmige Rissbildungen
TQ 11	700 °C	wie 3	wie 7; einige kleinere Aussplitterungen

Tab. 106 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an mittelgrauem Tertiärquarzit **TQ**. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

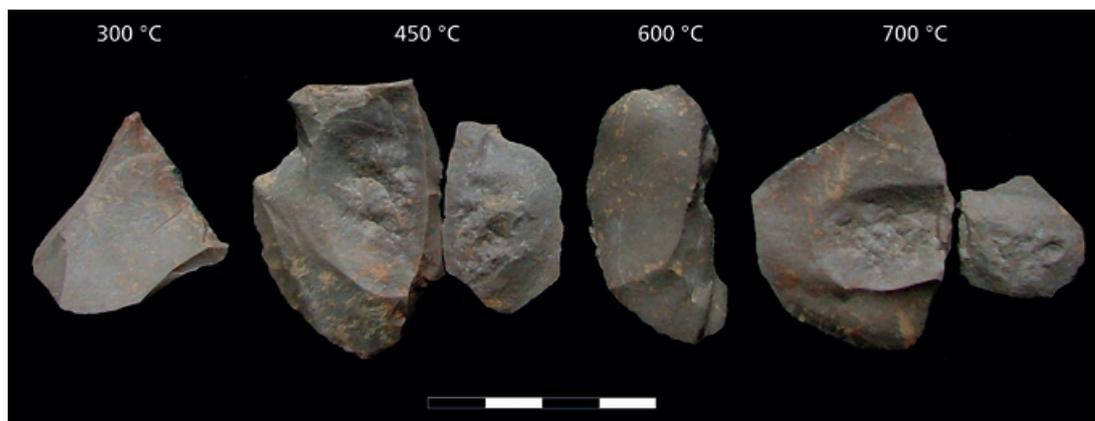


Abb. 80 Hitzemodifikationen an Tertiärquarzit.

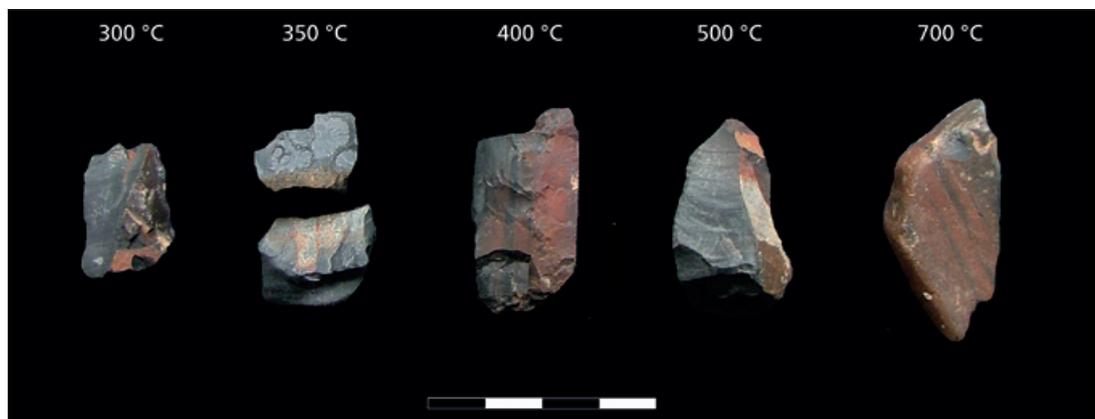


Abb. 81 Hitzemodifikationen an Kieselschiefer (Lydit).

Probe	ZTEMP (3 h)	FMOD	Schäden
KS 1	100 °C	-	-
KS 2	200 °C	-	-
KS 3	300 °C	leichte Rötung der gelblichen Klufftflächen	-
KS 4	350 °C	wie 3	mehrere kleinere Abplatzungen, v. a. entlang der Klufftflächen
KS 5	400 °C	wie 3; Rotfärbung der gelblichen Kortexpartien	wie 4
KS 6	450 °C	wie 3	wie 4
KS 7	450 °C (6 h)	wie 3	wie 4
KS 8	500 °C	wie 3	-
KS 10	600 °C	wie 5	wie 4
KS 11	700 °C	wie 5	tiefer Riss

Tab. 107 Temperaturspezifische, makroskopisch sichtbare Modifikationen an schwarzem Kieselschiefer **KS**. **ZTEMP** Zieltemperatur, **FMOD** Farbmodifikationen, - makroskopisch nicht sichtbar.

Bei 700 °C traten eine größere Abplatzung mit »narbigen« Bruchflächen sowie mehrere kleinere Aussplittungen auf (**Abb. 80**).

Kieselschiefer/Lydit (KS)

Als Ausgangsmaterial diente ein schwarzer, stark zerklüfteter, aber relativ feinkörniger Kieselschiefer/Lydit mit schwarz-gelblich gebänderter Kortex und gelblichen Klufftflächen.

Ab 300 °C traten bei allen Temperaturstufen Rotfärbungen der gelblichen Klufftflächen und Kortexpartien auf (**Tab. 107**; **Abb. 81**).

Ab 350 °C kam es regelmäßig zu kleineren Abplatzungen, die vor allem entlang der Klufftflächen auftraten; ab 400 °C wurde die Rotfärbung intensiver (**Abb. 81**).

Bei 500 °C und 700 °C waren keine Abplatzungen zu beobachten; bei der höheren Temperatur trat allerdings ein tiefer Riss auf (**Abb. 81**).

Zusammenfassung der experimentellen Brennversuche

Aus den Ergebnissen lassen sich einige generelle Beobachtungen hervorheben. Erste, mit bloßem Auge sichtbare Veränderungen traten in Form von rötlichen Verfärbungen ab einer Temperatur von 300 °C auf. Materialschäden wie Kraquelierung oder erste Rissbildungen waren in der Regel frühestens ab Temperaturen von 350 °C und höher zu verzeichnen. Abplatzungen und Aussprünge gingen tendenziell mit höheren Temperaturen einher, frühestens ab 450 °C. Bei den durchscheinenden Baltischen Feuersteinen war ein erster Farbumschwung (meist zu grau bis graublau), einhergehend mit vollständiger Opazität am Übergang ab 450 °C zu beobachten. Diese Modifikation ist offenbar temperaturabhängig. Ab 500 °C war, mit Ausnahme von Variante C des Baltischen Feuersteins, Tertiärquarzit und Kieselschiefer, generell eine fortschreitende Aufhellung der Proben zu verzeichnen, die ab 600 °C bis 700 °C bei mehreren Materialien zu einer annähernden Weißfärbung führte. Generell kann gesagt werden, dass homogene, opake sowie grobkörnige, sandige Feuersteinvarianten etwas hitzebeständiger sind, als feinkörnige, durchscheinende Abarten. Je weniger organische Einschlüsse im Material enthalten sind, desto geringer scheint die Anfälligkeit für Spannungsschäden wie Risse und Aussprünge. Mehrfach wurde beobachtet, dass die Proben im

Innen bereits deutlich heller waren, als an der Oberfläche. Offenbar geschieht die Aufhellung von innen nach außen.

Generell haben die experimentellen Studien gezeigt, dass mit bloßem Auge immer nur die Mindestanzahl der tatsächlich mit Feuer in Kontakt gekommenen Silexartefakte erfasst werden kann. Diagnostische Spuren finden sich nämlich ausschließlich an Stücken, die einer Temperatur von mindestens 300 °C bis 350 °C ausgesetzt waren. Hohe Temperaturen von mehr als 600 °C, die in experimentellen Feuerstellen nicht ungewöhnlich sind (vgl. Shipman/Foster/Schoeninger 1984, 308; Bellomo 1993, 533; March/Ferreri/Guez 1993; Einwögerer/Simon/Einwögerer 2003, 24; Bentsen 2012), können das Material so stark beschädigen und die Porosität so weit erhöhen, dass sich Artefakte, die solchen Temperaturen ausgesetzt waren, unter Umständen nicht erhalten haben.