Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte = Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie = Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte

Band: 83 (2000)

Artikel: Analysen und Experimente zu Herstellung und Gebrauch von Horgener Pfeilspitzen

Autor: Kelterborn, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-117626

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte 83, 1999, 37–64.

Peter Kelterborn

Analysen und Experimente zu Herstellung und Gebrauch von Horgener Pfeilspitzen*

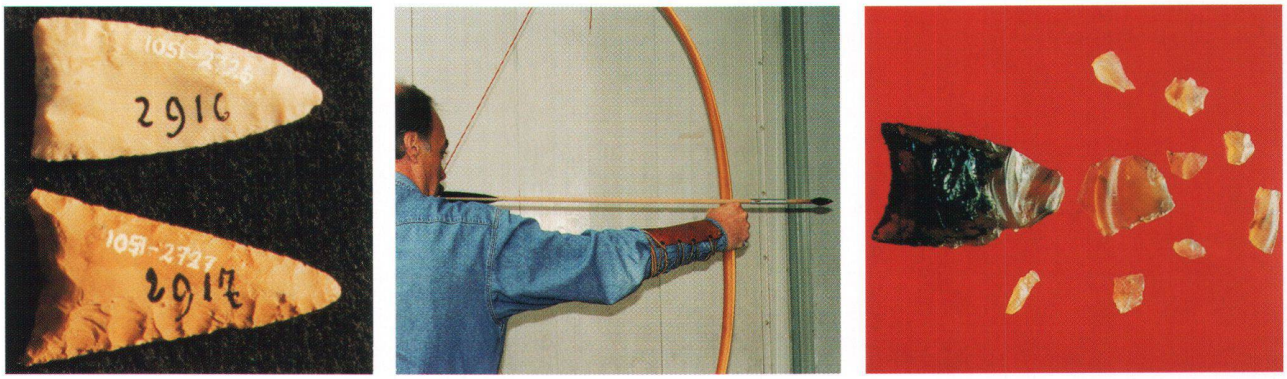


Abb. 1. Dialog zwischen Original (links) und Replikat durch Schiessexperimente (Mitte und rechts).

Zusammenfassung

Aus den horgenzeitlichen Fundstellen von Hünenberg-Chämleten (ZG) wurden 89 Silexpfeilspitzen untersucht. Das methodische Vorgehen basierte auf dem Dialog zwischen der silextechnologischen Analyse, den darauf beruhenden Replikationen und dem Vergleich der Merkmale des Analysenensembles mit den in Schiessexperimenten erhaltenen Schadenbildern (Abb. 1).

Typologisch bestand dieses Ensemble nur aus der Dreieckspitze; ihre einfachen Merkmale sind:

- *streng symmetrische Dreiecksform für den Grundriss*
- *scharfe Basis und scharfe Spitze in der Seitenansicht*
- *sehr gerade Schneiden in der Seitenansicht*

Für eine subtypologische weitere Unterteilung ergaben sich hingegen keine Anhaltspunkte. Die beobachteten differenzierenden Merkmale sind entweder durch Eigenheiten der Grundform und ihrer bearbeitungstechnischen Konsequenzen oder als Resultat von Reparaturen zu erklären.

Die Pfeilspitzen im analysierten Ensemble sind in drei Schritten angefertigt. Im ersten Stadium wird die Grundform auf einen Handamboss gelegt und durch Schlagen mit einem Geweihschlegel zur Vorform reduziert. Im zweiten Stadium werden die verbleibenden Unregelmässigkeiten der Vorform durch Druckretuschen mit einem kräftigen Retoucheur aus Geweih oder Knochen entfernt.

Résumé

Le présent article expose les résultats d'une étude portant sur 89 pointes de flèches issues du gisement Horgen de Hünenberg-Chämleten (ZG). Cette analyse ne saurait être conçue sans une interaction constante entre la technologie, les répliques qui en découlent, et l'analyse du spectre des traces d'impacts observées lors de tirs expérimentaux (Abb. 1).

Sur le plan typologique, l'ensemble étudié recelait exclusivement des armatures triangulaires; leurs caractéristiques sont les suivantes:

- *formes triangulaires rigoureusement symétriques*
- *base et pointe effilées (vues de profil)*
- *tranchants très rectilignes (vus de profil)*

S'il ne semble pas judicieux de proposer une division en sous-types, on décèle toutefois des divergences liées aux particularités des supports et à leurs répercussions sur le débitage, ou alors résultant de réparations.

Trois étapes de travail sont nécessaires à la fabrication des armatures étudiées. Dans un premier temps, le support est placé sur une petite enclume pour être retouché au percuteur en bois de cervidé jusqu'à obtention de la préforme. Puis cette dernière est affinée par pression avec un retouchoir massif, en bois de cervidé ou en os. Troisième et dernier stade, la pointe est achevée à l'aide de retouches par pression beaucoup plus fines,

* Gedruckt mit Unterstützung der Gemeinde Hünenberg ZG und der SIKA Finanz AG, Baar ZG.

Mit einer sehr viel feineren Druckbearbeitung wird im dritten Stadium schliesslich die Rohspitze, möglichst nahe an der endgültigen Wunschform, fertiggestellt.

Die Spitzen sind nicht spontan aus irgendwelchen Silexresten, sondern aus flachen Abschlägen oder Klingen hergestellt worden, welche genau der erforderlichen Länge, Breite und Dicke entsprachen. Dabei wurde die beabsichtigte Pfeilspitze so in die Grundform hineingelegt, dass ein schematisiertes, im voraus gewähltes Formkonzept mit geringstem Arbeitsaufwand und optimaler Materialausnützung realisiert werden konnte.

Schussbeschädigungen waren an mindestens 57% der Spitzen im Analysenensemble zu erkennen. Es handelte sich dabei um die gleichen sechs Schadenarten, die auch in den Schiessexperimenten zu beobachtet waren. Aufgrund von vier deutlichen Indizien liessen sich ferner nachträgliche Reparaturen an 29% der Stücke erkennen. Nur eine Schnürung unterhalb der Kerbe kann das Aufspalten des Pfeilschaftes beim Aufprall zuverlässig verhindern und so eine oftmalige Wiederverwendung sichern.

Wissenschaftliche Experimente und in diesem Fall insbesondere Schiessversuche sind eindeutig ein gutes, zuverlässiges Forschungswerkzeug in der Archäologie, wenn sie den folgenden Anforderungen genügen:

- *Das Experiment ist betont ergebnisorientiert, nicht erlebnisorientiert aufzubauen, sowie einer genauen archäologischen Fragestellung unterzuordnen.*
- *Der Versuch, in diesem Fall der Schiessbetrieb, soll werkstattmässig, messbar und wiederholbar funktionieren, und muss nicht authentisch aussehen.*

Das wiederholte Erzeugen der Schadenbilder und Reparaturarbeiten während den Schiessversuchen sensibilisierte das Auge und vermittelte die erforderliche Erfahrung, um die Beschädigungen und Reparaturen im Analysenensemble mit der Zeit viel sicherer zu erkennen und zu begreifen.

jusqu'à se rapprocher au maximum de la forme escomptée.

Pour la confection des armatures, les Néolithiques n'utilisaient pas de quelconques déchets de taille: ils les fabriquaient sur des éclats ou des lames correspondant exactement aux dimensions requises. En prédéterminant la forme finale de la pointe de flèche et en adaptant le schéma technologique à ce concept, ils garantissaient une utilisation optimale de la matière première pour un minimum de travail. Au moins 57% des armatures examinées présentaient des traces d'impacts; elles peuvent être regroupées en 6 types, identiques à ceux observés lors des tirs expérimentaux. En outre, on relèvera la présence de réfections sur 29% des pièces, identifiables grâce à quatre critères bien établis. Seule une ligature placée sous l'entaille est en mesure de parer efficacement à l'éclatement de la hampe lors de l'impact, et donc d'en assurer une réutilisation fréquente.

L'expérimentation à caractère scientifique et, dans le cas précis, les tirs expérimentaux, se sont avérés un outil remarquablement fiable pour la recherche scientifique en archéologie, pour autant qu'ils répondent à certains critères:

- *L'expérience doit être conçue de manière à privilégier le résultat au vécu; elle doit être subordonnée à une interrogation archéologique précise.*
- *L'expérimentation, dans notre cas l'installation de tir en laboratoire, doit comporter des paramètres mesurables et garantir la reproductibilité de l'expérience. L'authenticité de son aspect ne joue aucun rôle.*

Vérifier à moult reprises l'aspect des lésions dues aux impacts, pratiquer les réfections nécessaires, voilà qui aiguise l'œil et permet d'acquérir l'expérience nécessaire à reconnaître et comprendre dégâts et réparations observés sur du matériel archéologique.

1. Grundlagen

1.1. Einführung

Als Ergänzung zur monographischen Bearbeitung der Fundstellen Hünenberg-Chämleten (Kantonsarchäologie Zug 1996) hat der Verfasser, im Auftrag des kantonalen Museums für Urgeschichte in Zug, die Silexpfeilspitzen eingehend untersucht. Die Aufgabe konzentrierte sich insbesondere auf die drei Problemkreise Herstellungstechnik, Schäftung und Typologie. Dieses überdurchschnittlich grosse, homogene und sehr einheitliche Pfeilspitzenensemble bietet für die Behandlung solcher Fragen besonders günstige Voraussetzungen.

Bisher wurden Pfeilspitzen mehrheitlich als isolierte Artefakte behandelt und publiziert. Ihren gemeinsamen Zweck erkannte man darin, entweder durch die Haut des Zieles einzudringen und es tödlich zu verletzen (stechende oder schneidende Spitzen), oder der Beute einen betäubenden Schlag zu vermitteln (absichtlich stumpfe Pfeile). Offensichtlich durften die verwendeten Werkstoffe (Silex, Grüngestein, Hirschgeweih oder Knochen) damals sehr unterschiedlich sein; sie waren aber immer gut haltbar, der beabsichtigten Form und Funktion entsprechend bearbeitbar und sie liessen sich zuverlässig am Schaft befestigen.

Wichtiger als die Funktion der isolierten Spitze ist jedoch deren Einbindung in das Kompositgerät «Pfeil und Bogen». Sie sind nämlich, wie alle übrigen Einzelteile auch, immer in bezug auf das Ganze und dessen Funktion zu sehen. Die Behandlung der Schäftungsfragen und die Aufnahme von Schiessexperimenten verfolgten ganz klar diese Richtung.

Es gab im Neolithikum zwei Grundkonzepte für die Spitze eines stechenden oder schneidenden Projektils: Sie sollte entweder fest steckenbleiben, oder sie sollte leicht aus der Beute wieder herausgezogen werden können. Aufgrund von vielen Funden kann man davon ausgehen, dass die Horgener Leute beide Prinzipien gut kannten und es war Absicht, dass ihre Silexpfeile mit der typischen voluminösen Verklebung genau so stromlinienförmig in das Ziel eindrangen, wie auch ohne Widerstand wieder herausgezogen werden konnten. Gänzlich umgekehrt wirkt eine sehr breite oder gestielte Pfeilspitze mit Widerhaken oder die in der Horgener Kultur ebenfalls verwendeten Harpunen aus Geweih oder die Doppelspitzen mit Widerhaken, aus Knochen oder Geweih. In diesen Fällen muss der steckenbleibende oder der am Lederriemen baumelnde Schaft das Tier, selbst bei nicht lebensgefährlicher Verletzung, äusserst irritiert oder sogar in Panik versetzt haben. Der Tod könnte in diesem Falle durch Erschöpfung hervorgerufen werden, nicht nur durch Verletzung oder schnellen inneren Blutverlust (persönliche Mitteilung von heutigen Bogenjägern).

Aus Mangel an Herstellungs-, Schäftungs- und Jagderfahrung können wir die damaligen Prioritäten und Probleme nur schwer erkennen oder gar beschreiben. Auch ist heute schlecht nachvollziehbar, mit welchen Einschränkungen und Abstrichen vom Wünschenswerten man sich damals zufrieden geben musste. Nur schon die Beschaffung des Rohmaterials und die Qualität der Produktionsgeräte sind Faktoren, die nachträglich kaum noch zu beurteilen sind, ganz abgesehen von den vielen anderen möglichen Stressfaktoren jener Zeit.

Mangels Belegen ist nicht zu erhellen, wie die Versorgung mit den benötigten Grundformen aus Abschlägen oder Klingen für die Silexpfeilspitzen erfolgte oder wie die Produktionsgeräte wirklich aussahen. Jedenfalls befanden sich die eigentlichen Silexschlagplätze für die Grundformproduktion aus den Rohknollen nicht in den Ufersiedlungen. An solchen Stellen müssten nämlich Silexabfälle, mit vielen Rindenabschlägen, konzentriert und knöcheltief zu finden sein.

Letztlich sind Pfeil und Bogen immer vor dem Hintergrund der Nahrungsbeschaffung (Jagd, Fischfang), des Krieges oder der handwerklichen Spezialisierung zu sehen. Alle diese Tätigkeiten hatten immer Ernstfallcharakter. Die Beute darf nach dem Schuss weder angreifen noch entkommen. Die Chance für einen zweiten Schuss ist gering. Der Zeitaufwand für einen Jagdgang beträgt, je nach Jahreszeit und Wildbestand, jedes Mal mehrere Stunden, wenn nicht gar Tage. Sicher hat ein Jäger zu allen Zeiten seine Geräte respektiert und gepflegt und in den entscheidenden Punkten ungenügende Qualität und erkennbare Risiken vermieden, so wie auch heute in Extremsportarten den lebenswichtigen Geräten Sorge getragen wird.

1.2. Fundensemble

Die Ufersiedlungen von Hünenberg-Chämleten liegen in der durch Seespiegelabsenkung im Jahre 1592 und durch spätere Meliorationen trockengelegten Uferzone des Zugersees südlich von Cham (Kantonsarchäologie Zug 1996, Abb. 9.10). Schon früh wurde das sehr grosse Fundareal (ca. 400×200 m) nach Oberflächenfunden abgesucht. Bei einer Ausgrabung 1980 im Bereich der Badeanstalt wurden in Ufernähe zwei Horgener Siedlungen aus dem 32. und dem 30. Jh. v. Chr. festgestellt. Im Jahre 1990 wurde bei einer zweiten Grabung im nördlichen Teil des Gebietes, und einer kurzen Geländebegehung im gleichen Bereich, weiteres Material geborgen. Schliesslich kamen bei der dritten, bisher letzten Grabung, im Bereich der Badeanstalt, 1993 nochmals viele Funde zum Vorschein. Das Schwergewicht aller geborgenen 107 Pfeilspitzenfunde fällt in die Horgener Zeit, während ältere oder jüngere Siedlungen nur in Spuren nachgewiesen sind und deshalb das chronologische Schwergewicht des Pfeilspitzenensembles kaum verschieben dürften (Kantonsarchäologie Zug 1996).

1.3. Projektablauf

Die angesprochenen Problemkreise Herstellungstechnik, Schäftung und Typologie wurden möglichst parallel mit den drei folgenden Tätigkeiten in Angriff genommen:

1. Bestandesaufnahme mit einem speziell dafür entwickelten computerfähigen Sammelblatt, sowie begleitenden Literaturrecherchen und Museumsbesuchen.
2. Silextechnische Auswertung der Daten und Aufstellung von Thesen für die mögliche Herstellung, Schäftung und Reparatur der Pfeilspitzen. Suche nach eventuellen Subtypologien.
3. Prüfen der Auswertung und der gefundenen wahrscheinlichsten Herstellungs- und Reparaturthesen durch Fertigen von über 100 Replikationen und anschliessenden 44 Schiess- und Reparaturversuchen.

Geht es bei der ersten Tätigkeit noch darum, genau zu beschreiben, was gemessen und beobachtet wurde, also

was heute objektiv von Chämleten noch vorliegt, so muss man mit der Thesenformulierung und der Suche nach Subtypologien zu beantworten versuchen, wie es war und was der Mensch damals gewollt hat.

Das integrierte und zeitlich parallele Ausführen der drei Tätigkeiten erwies sich als sehr vorteilhaft, aber nur dann, wenn die vielen Zwischenergebnisse jeweils sehr schnell in die Bearbeitung der anderen Gebiete einfliessen. Dieser ständige und intensive Dialog zwischen Original, Replikation, Schiesserprobung, Beschädigung und Reparatur ist aber unvermeidlich mit einem ganz beträchtlichen Mehraufwand verbunden, da viele massgebende Gesichtspunkte anfangs noch gar nicht bekannt sind und die Kriterien deshalb laufend verbessert und angepasst werden müssen und folglich bestimmte Arbeits- und Analysenschritte einige Male zu wiederholen sind.

Für den Verfasser war die konstruktive Unterstützung durch Freunde aus mehreren Museen und kantonalen oder akademischen Institutionen und die praktische Mitarbeit von Bogen- und Birkenpech Experten aus dem Kreise der AEAS (Arbeitsgemeinschaft für Experimentelle Archäologie der Schweiz) von ausschlaggebender Bedeutung. Die nachfolgenden Kollegen haben, jeder an seiner Stelle und in seiner Rolle, substantiell und entscheidend geholfen: In erster Linie Irmgard Bauer, Edi Gross und Urs Leuzinger, aber auch Jakob Hirzel, Stefan Hochuli, Urs Huber, Jürgen Junkmanns und Ebbe Nielsen. Mögen sie in den weiteren Ausführungen den Niederschlag ihrer wertvollen Unterstützung und Impulse wiederfinden und meinen herzlichen Dank an dieser Stelle noch einmal bestätigt sehen.

1.4. Bemerkungen zum Forschungsstand

Für die hier behandelten technischen Fragestellungen gibt es bisher keine spezifische Literatur. Deshalb beschränkt sich das Literaturverzeichnis auf wenige, einführende Arbeiten.

In der Schweiz wurden bisher zwar Tausende von Spitzen aus verschiedensten Ensembles publiziert. Aber leider sind kaum ein paar Dutzend Stücke bekannt, welche noch genügend grosse Schaft- und Kleberreste aufweisen und dadurch die Befestigungsmethoden erkennen lassen (Müller-Beck 1965; Wyss 1976; 1983). Noch viel seltener, und nur im Ausland, sind Reste der Befiederung gefunden worden; und komplette Pfeile fehlen bis jetzt in der Schweiz vollständig.

Für die wenigen erhaltenen Pfeilschaftfragmente aus West- und Nordeuropa werden in der Literatur (u.a. Junkmanns 1996) überwiegend Durchmesser von 9–11 mm und für den ganzen Schaft Längen zwischen 70 cm und 80 cm angegeben. Diejenigen Horgener Spitzen, die weniger als ca. 21 mm breit sind, waren (gemäss allen Publikationen) immer derart vollflächig eingeklebt, dass die ganze Basis und sogar der unterste Teil der Schneiden zugedeckt wurde. Hinweise auf die Schnürung sind äusserst selten zu finden, während Beschreibungen von nachweislich ungeschnürten Verklebungen fehlen.

In bezug auf den Herstellungsprozess von neolithischen Silexpfeilspitzen im zirkumalpinen Raum fehlen bislang Arbeiten von Autoren, die selber Silex bearbeiten können. Für den praktischen Einstieg am nützlichsten sind immer noch die sehr guten, aber allgemein gehaltenen Abschnitte über pressure flaking aus der amerikanischen Literatur (u.a. Whittacker 1994). Zu Unrecht vergessen werden oft die älteren (Skavlem 1930; Kroeber 1961; Heizer/Kroeber 1979), oder weiter entfernt liegenden Quellen (z.B. div. Literatur und Tafeln in Stodiek 1993).

Einen einführenden Überblick über die reiche Vielfalt der steinzeitlichen Europäischen Jagdgeräte findet der interessierte Leser in Stodiek/Harmsen 1996. Im Vergleich dazu ist die kompakte Einheitlichkeit des Analysenensembles geradezu auffällig.

Über Schiesserlebnisse oder Schiessversuche existieren hingegen zahlreiche Publikationen (vor allem in USA, D, F, DK, s. Literaturverzeichnis). Von Interesse für unser Projekt waren vornehmlich die Gestaltung der Projektile und die Zielkonstruktionen (Stodiek 1993; Lund/Schürmann 1994; Plisson/Geneste 1989). Deren jeweilige Zielsetzung unterschied sich zwar immer deutlich von der unsrigen, manche Hinweise waren jedoch für uns äusserst nützlich. Für die experimentelle Arbeit entscheidender als die Literatur war aber der persönliche Erfahrungsaustausch mit den entsprechenden Autoren.

2. Diagnostische Merkmale

2.1. Selektion der zu analysierenden Pfeilspitzen

In Anbetracht des sehr grossen Arbeitsaufwandes für die Erfassung und Bearbeitung jeder Spitze musste das Fundensemble vor Beginn der Untersuchungen von denjenigen Stücken entlastet werden, die nichts zur Erreichung der Zielsetzung beitragen konnten. Im vorliegenden Fall handelte es sich um sehr stark bruch- oder feuerbeschädigte oder um sehr zweifelhafte oder gar falsch gedeutete Stücke, also um Exemplare, welche gar keine Pfeilspitzen waren. Diese vorgängige Reduktion (von 107 auf 89 Stück) ist ungewohnt aber statthaft, weil es sich hier gerade nicht um eine Inventarisierung, sondern um eine auf die Pfeilspitzenherstellung und -typologie reduzierte Untersuchung handelt. Ein zielgerichtet zusammengestelltes Analysenensemble entspricht also in den meisten Fällen nicht mehr dem kompletten Fundensemble der Ausgräber.

2.2. Auswahl, Definition und Erfassung der diagnostischen Merkmale

Die Auswahl und Definition der relevanten diagnostischen Merkmale resultiert aus vielen impliziten und oft unscheinbaren Entscheidungen, die schon früh getroffen werden müssen und am weiteren Verlauf und am späteren Erfolg einer Untersuchung entscheidend mitbeteiligt sind. Am Anfang nicht erkannte Merkmale werden nicht erfasst; und kein noch so gutes Analysieren des Datenmateriales vermag dieses Nichterfassen später zu kompensieren.

Eine optimale Wahl kann nur zusammen mit einer klaren Zielformulierung und danach nur durch schrittweise Approximation erfolgen. Dabei wird mehrere Male die Liste der Merkmale nach einigen Auswertungen wieder hinterfragt und korrigiert. Die Versuchung ist gross, diese arbeitsaufwendigen Probeläufe zu umgehen, indem man lieber zu viel als zu wenig Merkmale auswählt. Erfahrungsgemäss bewährt es sich aber nicht, schon am Anfang möglichst viele Daten zu erfassen, in der Hoffnung, dass die Zahlen und Fakten schon irgendwie für einen noch zu findenden Gesichtspunkt zu ordnen und zu gebrauchen sind. Das Gegenteil ist meistens der Fall: Überflüssige Information verschleiert das Wesentliche, führt zu einer falschen wissenschaftlichen Selbstsicherheit und zu einem unverhältnismässigen späteren Arbeitsaufwand.

Eine wichtige Entscheidung mag im Vergleich zur üblichen archäologischen Dokumentationspraxis befremdlich wirken: Die beschädigten, aber sonst aussagekräftigen und gut interpretierbaren Stücke wurden in bezug auf Länge und Breite auf den wahrscheinlichsten Zustand vor der Beschädigung ergänzt. Eine solche Nachkorrektur ist deshalb erlaubt, weil hier primär die Erfassung des früheren Zustandes von Bedeutung ist, und nicht die Dokumentation des heute Überlieferten.

Um die definitive Datenerfassung auf die relevanten Merkmale weiter zu beschränken, wurden beispielsweise alle diagnostischen Merkmale, die nicht mindestens fünf Mal oder in Anteilen von 5% auftraten, als statistisch irrelevant betrachtet und ausgeschieden. Nach diesem Selektionsprozess wurden schlussendlich von allen 89 Exemplaren 28 morphologische Merkmale gemessen und 22 silextechnische Beobachtungen festgehalten, also insgesamt 4500 Informationen ermittelt. Das Sammelblatt für diese Daten war von Anfang an als Excel-Tabelle aufgebaut (separate Datenblätter erwiesen sich als viel zu langsam und umständlich). Zusammen mit etwa 150 Makrophotos stellt dies die gesamte archäologische Datenbank des Analysenensembles dar.

Eine vollständige Wiedergabe des ganzen Datenmaterials würde hier ungebührlich viel Platz einnehmen und wäre für das Verständnis dieses Berichtes auch nicht notwendig. Dem interessierten Leser stellen der Verfasser oder das Kantonale Museum für Urgeschichte Zug die vollständige Excel-Datei auf einer Diskette gerne zur Verfügung.

3. Morphologische Auswertung

3.1. Übersicht

In einer Übersichtstabelle (Abb. 2a.b) sind die wichtigsten der 28 gemessenen oder beobachteten diagnostischen Merkmale der Morphologie zusammenfassend dargestellt. Die erste Spalte der Tabelle zeigt und definiert die Merkmale. In der zweiten Spalte werden die erfassten Daten durch einfache statistische Operationen verdichtet (Summenbildung, Mittelwerte, Histogramme, und Sortieren nach einzelnen Merkmalen oder Häufigkeiten). Die dritte Spalte enthält einige kurze Erläuterungen oder Konsequenzen.

Die aufwendigen Untersuchungen über die Zulässigkeit der anfänglich getroffenen Methoden- und Grundsatzentscheide hier ausführlich darzustellen, ist nicht nötig – wir beschränken uns, sie zu erwähnen: Analysen erfolgten u.a. über die Zulässigkeit der Ergänzung der beschädigten Längen und Breiten, über die Zulässigkeit des Zusammenfassens der gefundenen Subensembles aus den verschiedenen Oberflächensammlungen und Grabungskampagnen zu einem einzigen Analysenensemble, über die Relevanzkontrolle bestimmter Merkmale, oder über den Umgang mit Ausreissern im Datenmaterial. Alle diese methodenkritischen Abklärungen erbrachten eindeutig positive Resultate. So hat beispielsweise die getrennte Auswertung der Subensembles deutlich gemacht, dass entweder keine repräsentativen Unterschiede vorliegen oder die statistische Basis eines Subensembles zu klein ist, um die angetroffenen Unterschiede überhaupt auf gesicherter Basis zu interpretieren.

Damit das Analysenensemble besser mit zukünftigen ähnlichen Untersuchungen verglichen werden kann, sind (neben den Dimensionen in mm) sowohl die morphologischen als auch die technologischen Merkmale konsequent in Prozentanteilen der Gesamt- oder Teilmengen ausgedrückt und nicht in der Anzahl der Funde oder Befunde.

3.2. Zur Typologie der Pfeilspitze

Der Sinn und Zweck jeder Typologie wird grundsätzlich erst durch die Funde selbst und die Ziele der Bearbeitung bestimmt. Bei Silexensembles beispielsweise besteht dieser Zweck zuerst darin, dass eine Pfeilspitze von anderen spitzigen Artefakten, wie kleinen Bohrern und

Merkmal	*Ergebnis der Datenerfassung*	*Kurzkommentar*
L Länge L: Mittelwert = 31.0 mm	1 11 14 22 20 9 8 2 2 4 mm 20 mm 45 mm Häufigkeitsverteilung	- Das Ensemble zeigt für L, B und D keine Clusterbildung oder Lücke, die auf eine Unterteilung in verschiedene Typen oder Grössenklassen hinweisen würde. - Wegen den häufigen Reparaturen, ist offenbar L ein grundsätzlich variabler Wert, der im breiten Bereich zwischen 20 und 50 mm technisch akzeptabel war. - 95% der Werte liegen zwischen 20-45 mm
B Breite B: Mittelwert: = 17.3 mm	1 13 31 23 18 2 1 2 mm 14 mm 21 mm Häufigkeitsverteilung	- B ist unabhängig von L und D. - B darf offensichtlich nur zwischen 14 und 21 mm variieren. - 95% der Werte liegen zwischen 14-21 mm
D Dicke D: Mittelwert: = 4.6 mm	4 24 29 27 5 1 mm 2.9 mm 6.5 mm Häufigkeitsverteilung	- D ist weitgehend mit der Festigkeit der Spitze und dem erforderlichen Schaftdurchmesser von ca. 11 mm korreliert. - D ist tendenziell mit L korreliert, da für grössere L dickere Grundformen verwendet werden. - 95% der Werte liegen zwischen 2,9-6,5 mm
Index B/L	Mittelwert: B/L 0.58 95% der Werte liegen zwischen 0.36 und 0.84	- Im Bereich von B/L über ca. 0.75 nehmen die Reparaturen stark zu. Deshalb als Faustregel: - Oberhalb B/L = 0.80 ist im Analysenensemble alles repariert, wenn auch nicht mehr erkennbar!
Index D/L	Mittelwert: D/L 0.15 95% der Werte liegen zwischen 0.10 und 0.23	- Im Bereich von D/L über ca. 0.19 nehmen die Reparaturen stark zu. Deshalb als Faustregel: - Oberhalb D/L = 0.20 ist im Analysenensemble alles repariert, wenn auch nicht mehr erkennbar!
Basiswinkel (zu messen als Durchschnittswert entlang B)	Mittelwert: 48° 95% der Werte liegen zwischen 30° und 60°	- Die Basis ist immer keilförmig und scharf, nie gestumpft oder gar rund. - Bei zunehmenden L nimmt der Basiswinkel tendenziell geringfügig zu.
± 1 mm 1–2 mm ≥ 2 mm g l s Basisformen	gerade (g) 47% leicht eingez. (l) 30% stark eingez. (s) 23%	- Gemäss Schiesserfahrungen beeinflusst die Breite, der Basiswinkel und die Härte des Klebers die Qualität der Schäftung am meisten. - Demgegenüber war es irrelevant, ob die Basis 'gerade' oder 'leicht eingezogen' ist. Sogar für eine 'stark eingezogene' Basis ist eine funktionelle Begründung nicht offensichtlich.
e e Flügeleinzug	Einzug e: 17% Massgebend ist nur der Bereich in der Flügelzone	- Formmerkmal, nur für deutlich eingezogene Flügel berücksichtigt. Der Einzug wurde nicht gemessen, sondern es wurden nur die Spitzen gezählt, bei denen der Wert e über 1 mm oder 6% der Breite liegt.

Abb. 2a. Morphologie: Diagnostische Merkmale.

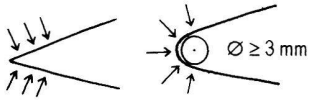
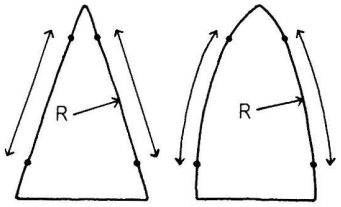
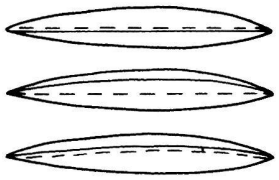
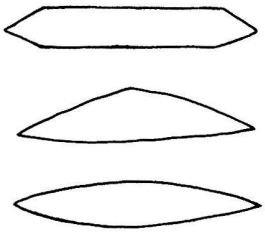
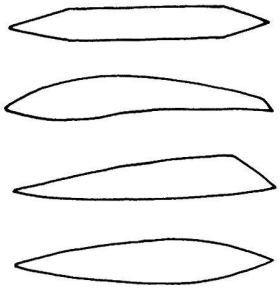
Merkmal	*Ergebnis der Datenerfassung*	*Kurzkommentar*
 Spitzenform im Grundriss mit Richtung der Retouchierung.	gerundet: 19% spitzig: 12% unklassierbar: 69% (meistens wegen Schäden). Massgebend ist nur die Spitzenzone.	- Im Analysenensemble sind generell die Spitzen im Längsschnitt deutlich schärfer als im Grundriss. - Zwischen gerundeten und reparierten Spitzen besteht nur eine schwache Korrelation. Folglich waren viele Rundungen schon bei der Herstellung beabsichtigt.
 A: R ≥ 24 cm B: R ≤ 12 cm Schneiden im Grundriss.	A-Form: 45% B-Form: 25% unklassierbar: 30% Massgebend sind nur eindeutige Unterschiede im Bereich ausserhalb der Spitzen und Flügelzone.	- A: strenge Dreiecksform (wie bei Buchstabe A). - B: bogenförmig. - Weil lange A-Spitzen vorne schwach sind, ist bei langen Stükken die B-Form technisch sinnvoller, und nicht nur als Folge von Reparaturen zu interpretieren. - Sowohl die A- als auch die B-Form kann mit einer gerundeten Spitze oder mit eingezogenen Flügeln ausgebildet sein. Im Ensemble tritt der Einzug leicht bevorzugt mit der B-Form auf. - Durch Reparatur können die zwei Formen ineinander übergehen. - Nach innen gebogene Schneiden sind nicht nachgewiesen.
 Schneiden in der Seitenansicht.	Für die 89 Spitzen: beidseitig gerade: 68% einseitig gerade: 25% beidseitig krumm: 7% Für die 178 Schneiden: Gerade: 80% Krumm: 20%	Angesichts der grossen Schwierigkeit, aus den häufig vorliegenden gekrümmten Grundformen gerade Schneiden herauszuarbeiten, erstaunt es, dass nur 7% der Pfeilspitzen zwei gekrümmte Schneiden aufweisen, resp. dass 80% der Schneiden im Ensemble gerade sind. Dies belegt die grosse Priorität dieses Merkmals und eine strenge Disziplin in der Ausführung.
 'Charakteristische Formen' im Querschnitt.	Verteilung im Analysenensemble: Brett Br: 17% Dach Da: 32% Linse Li: 51% Die Merkmale sind nur als Dominanten im hinteren Bereich der Spitzen zu erfassen.	- Die Form im Längs- und Querschnitt ist deutlich mit der Gestalt der Grundform und mit der gewählten Lage der Spitze in der Grundform verbunden. - Spitzen lassen sich mit ihrem charakteristischen Formpaar kurz und zutreffend beschreiben. - Br: Siehe Kurzbeschrieb unten. - Da: Die Dachform entsteht, wenn von der ebenen Unterseite her nach oben retouchiert wird. Pfeilspitze weist dann oft grosse unretouchierte Zonen auf der Unterseite, eine tief liegende Basis und die Keil-Form im Längsschnitt auf. - Li: Siehe Kurzbeschrieb unten.
 'Charakteristische Formen' im Längsschnitt.	Verteilung im Analysenensemble: Brett Br: 10% Fisch Fi: 25% Keil Ke: 32% Linse Li: 33% Die Merkmale sind nur als Dominanten zu erfassen. Kurzschreibweise für ein 'charakteristisches Formpaar' ist: Quer-/Längsschnitt z.B.: Da/Ke	- Br: Die Brettform entsteht, wenn die Grundform sehr eben ist und genau die gewünschte Dicke aufweist. Sie kommt häufig bei kleinen Längen und Dicken vor und zeigt beidseitig viel unretouchierte Fläche. - Fi: Die Fischform entsteht, wenn der Vorderteil im Bulbus-Bereich der Grundform liegt. Dies ergibt eine kräftige, unten hohl aufliegende Spitze. - Ke: Die Keilform entsteht, wenn der Vorderteil im dünneren Bereich der Grundform liegt oder wenn nach Modus „Dach" retouchiert wurde. Dies ergibt eine schwache Spitze mit gerader Unterseite und einer tief liegenden Basis. - Li: Die Linsenform entsteht, wenn Unter- und Oberseite vollflächig bearbeitet werden müssen, z.B. bei gewölbten Grundformen oder aufwendigen Reparaturen. Es verbleibt beidseitig sehr wenig unretouchierte Oberfläche.

Abb. 2b. Morphologie: Diagnostische Merkmale.

Sticheln, eindeutig unterschieden werden kann. Auf der nächsten Ebene der Definition liegt die Absicht, mit gezielten detaillierteren Typenbildungen chronologische und kulturelle Unterschiede zu erfassen. Und erst auf der tiefsten Ebene werden allfällige Subtypologien innerhalb einzelner Kulturphasen eingeführt werden können (Abb. 3).

Auf allen diesen Ebenen müssen gute Definitionen trennscharf, optisch einprägsam und auch für nicht extrem spezialisierte Personen anwendbar sein. Am besten eignen sich dafür «ja-nein» und «entweder-oder» Kriterien. Alle Merkmale, die durch Reparatur variabel sind, häufig Bestimmungslücken aufweisen oder stetig ineinander übergehen und deshalb willkürliche numerische Abgrenzungen verlangen, sind schwierig anwendbar oder gar unbrauchbar für die Festlegung eines Typus.

Für die Silexinventare des schweizerischen Neolithikums würden, abgesehen von den sehr seltenen Querschneidern und den seitlich eingeklebten Einsätzen, folgende morphologische Merkmale für eine Definition in der obersten Typologie-Ebene «Pfeilspitze» ausreichen:

- Im Grundriss schnell und deutlich erkennbare Symmetrieachse.
- Leicht erkennbare formale Gliederung in die vordere Spitzenpartie und die breitere, hintere Basiszone.
- Entlang dem ganzen Umriss (Spitze, Schneiden, Basis oder Stielende) scharfe Retouchierung. Artefakte, die hinten stumpf oder gar eben sind, würden sich nur in U-Kerben mit ihren sehr schwachen seitlichen Flanschen befestigen lassen; sie können deshalb keine fertigen oder unbeschädigten Pfeilspitzen sein.
- In der Seitenansicht auffallend gerade Schneiden. Diese strenge Geradlinigkeit erschwert die Herstellung ganz beträchtlich, ist aber beim Schuss von praktischer Bedeutung: Die Zielgenauigkeit wird nicht gestört und zugleich die Kerbe im Schaft vor seitlichem Ausbrechen bewahrt. Die Eindringtiefe ist auf diese Weise maximal und das Risiko von seitlich abprallenden Streifschüssen bei stark krummen Schneiden minimiert.

Die erste Unterteilung auf der zweiten Ebene könnte nun lauten: «Dreieckspitze» (Basis gerade oder eingezogen), «Rhombusspitze» (Basis konsequent nach aussen zeigend) oder «Widerhakenspitze mit Stiel» (Basis gerade oder eingezogen, aber immer mit Stiel). Diese Unterscheidung ist nicht nur formal, sondern auch für die Befestigungsart wesentlich, weil dadurch festgelegt wird, ob die Schnürung nur unterhalb der Kerbe verlaufen kann, somit lediglich den Schaft gegen Aufspalten verstärkt, der Spitze aber keinen seitlichen Halt gibt (für Typus Dreieckspitze) oder ob auch ein Teil der Basis (beim Typus Rhombusspitze) oder sogar der ganze Stiel (beim Typus gestielte Widerhakenspitze) durch die Schnürung erfasst wird.

Da die Definitions- oder Gestaltungskriterien für die Silexpfeilspitzen letztlich nur Ergebnisse eines damaligen festen Verhaltensmusters sind, die angesichts der technischen Eigenheiten der Grundformen und der manuellen Fertigkeiten nicht in jedem Fall vollständig realisierbar werden, müssen nicht bei allen Einzelstücken alle Definitionskriterien erfüllt sein, aber bei möglichst vielen. Das Analysenensemble zeigt folgendes Bild:

- Symmetrie im Grundriss zu 94% vorhanden
- Entlang ganzem Umfang, inkl. der Basis, scharf retouchiert zu 100% vorhanden
- Sehr gerade Schneiden in der Seitenansicht zu 81% vorhanden

Und auf der zweiten typologischen Ebene ist zu sehen:

- Anteil Typus Dreieckspitze zu 100% vorhanden
- Anteil Typus Rhombusspitze zu 0% vorhanden
- Anteil Typus gestielte Widerhakenspitze zu 0% vorhanden

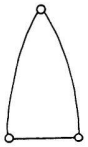
3.3. Zur Frage der Subtypologie

Das Projektziel machte es nötig, intensiv nach einer weiteren Unterteilung des Typus «Dreieckspitze» in Subtypen zu suchen. Solche Unterteilungen liessen sich aber nicht finden: Weder in den Sortierungen nach aufsteigender Länge, Breite, Dicke oder Basiswinkel noch in deren Häufigkeitsverteilungen ist eine Konzentration oder Zonenbildung zu erkennen; nicht einmal die anfänglich mit Sicherheit erwartete Clusterbildung für kleine, mittlere und grosse Spitzen ging aus den Daten hervor. Auch die Bearbeitung der subtileren diagnostischen Merkmale (z.B. Sortierungen nach der Tiefe des Basiseinzuges, nach der A- oder B-Form, der eingezogenen Flügel oder der spitzigen oder gerundeten Ausbildung der Spitze im Grundriss) zeigt, dass sich die genannten Merkmale überlappen oder lückenlos ineinander übergehen. Sie sind somit für die Begründung eines praxistauglichen Subtypus zu wenig differenzierend, oder sie kommen zu selten vor oder sie lassen sich durch die Wahl der Grundform mit den damit verbundenen Bearbeitungszwängen leicht erklären resp. durch Reparaturen verändern (Abb. 3).

Ein naheliegender weiterer Ansatz, nämlich die Suche nach Kriterien einer Subtypologie nicht auf Einzelmerkmale zu beschränken, sondern auch diverse sinnvolle Zweierkombinationen zu betrachten, erwies sich nach einigen Anläufen ebenfalls als untauglich. In Abbildung 4 sind beispielsweise die $3 \times 4 = 12$ theoretisch möglichen Zweierkombinationen der charakteristischen Formen dargestellt, mit den jeweils angetroffenen Häufigkeiten für die Kombinationen im Analysenensemble. Eingetragen sind auch die zugehörigen Mittelwerte der Abmessungen. Es fällt auf, dass von den 12 möglichen Form-

A. Merkmale der obersten typologischen Ebene:
Grundsätzliche Definitionskriterien. Zweck ist die Abgrenzung von anderen spitzigen Artefakten.

1. Symmetrie im Grundriss

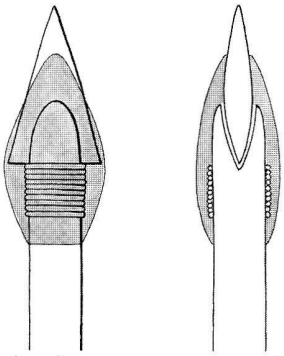


2. Unterscheidung zwischen Spitze („vorne") und Basis („hinten").

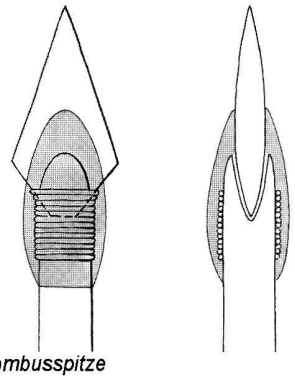
3. Scharfe Schneiden und Basis

4. Gerader Verlauf der Schneiden in der Seitenansicht

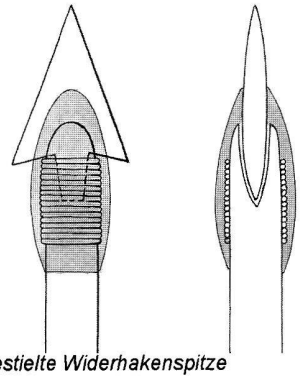
B. Merkmale der zweiten typologischen Ebene:
Erfassung trennscharfer Merkmale, die auch bei Reparaturen nicht leicht verschwinden können. Zweck ist die Erfassung der kulturellen und/oder der chronologischen Eigenheiten.



1. Dreiecksspitze
Die Schnürung beginnt erst unter der Basis.

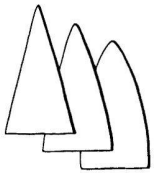


2. Rhombusspitze
Die Schnürung erfasst auch untersten Teil der Basis.



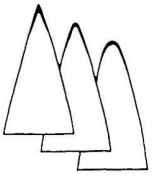
3. Gestielte Widerhakenspitze
Die Schnürung erfasst den ganzen Stiel; Verklebung lässt Flügel frei.

C. Merkmale der dritten typologischen Ebene:
Formmerkmale zur Definition *eventueller* Subtypen liessen sich im Ensemble nicht finden, denn alle untersuchten Merkmale zeigten fliessende oder sich überlappende Übergänge (Beispiele unten).



A- oder B-Form

Gerade oder eingezogene Basis



Spitzenbereich spitz oder gerundet

D. Optimale Darstellung einer Spitze:
Die Zeichnung muss die Definitionskriterien des Typus klar zum Ausdruck bringen (alle Silhouetten mit Verlauf der Schneiden, Verlauf der Rippen auf Ober- und Unterseite und Unterscheidung zwischen retouchierten oder nicht retouchierten Flächen).

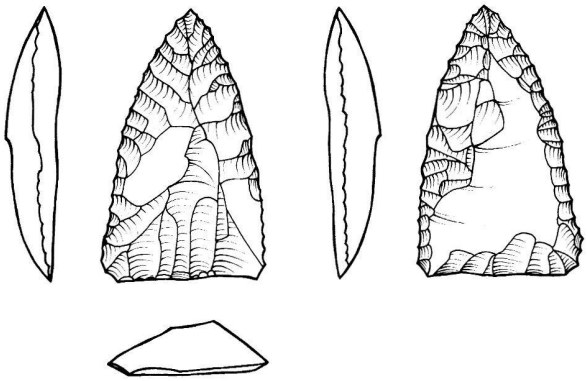


Abb. 3. Komponenten und Erläuterungen zur Typenbildung der neolithischen Silexpfeilspitzen in der Schweiz.

paaren nur fünf wirklich realisiert wurden, zwei nur selten vorkommen und fünf ganz fehlen. Aber sogar bei den realisierten Formpaaren zeigen sich keine relevanten Clusterbildungen, überlappen sich die Häufigkeitsverteilungen der subtileren diagnostischen Merkmale wieder oder letztere gehen stetig immer noch ineinander über. Eine auf Zweierkombinationen basierende Subtypologie würde überdies durch Reparaturen dauernd verändert werden (dazu Flenniken 1985).

4. Technologische Auswertung

4.1. Ziel und Probleme

Die hier durchgeführte technologische Auswertung will nicht zeigen, wie aus irgend einer Grundform eine beliebige Dreieckspitze produziert und repariert wird. Das konnten damals viele, und das können geübte Obsidian- oder Silexbearbeiter heute wieder (u.a. Flenniken 1985; Titmus/Woods 1986; Whittacker 1994). Vielmehr geht es in der Auswertung darum, nur über ensemblebezogene Analysen zu den für die damaligen Umstände und Kultur plausibelsten Herstellungs- und Reparaturthesen zu gelangen und diese durch Replikationen und Erprobungen in der Praxis zu begründen und zu verfeinern.

Weil wir nicht wissen, wie die damaligen Produktionswerkzeuge und Hilfsvorrichtungen aussahen, wird jeder Forscher heute gezwungen, für seine Replikationen eine moderne, jedoch für die damalige Zeit plausible persönliche Ausrüstung zu verwenden. Deshalb wäre es wenig sinnvoll, auf die eigentlichen handwerklichen Details der hier vorgeschlagenen Herstellung (Handhaltung, Sitzstellung, Beinhaltung, Handgriffe, Stossrichtung) tiefer einzugehen, denn mit etwas anderen, aber ebenfalls möglichen Werkzeugen könnten solche Einzelheiten der motorischen Gesten bereits wieder ganz anders aussehen.

Im allgemeinen Rahmen der Silexbearbeitung ist das ganz Besondere der hier gesuchten Herstellungstechnik die Tatsache, dass die Spitzen sehr klein sind und deshalb die Masse fehlt. Das hat erstens zur Konsequenz, dass die übliche, frei in der Hand gehaltene, sehr schnelle und effiziente, auf dem Schlagen basierende Bearbeitung zur Volumenreduktion nicht funktioniert, weil das kleine Werkstück dem Schlag keinen genügenden Widerstand durch Massenträgheit entgegenhalten kann. Will man sich nicht auf die viel langsamere Bearbeitung mittels Druckretoucheuren zurückdrängen lassen, bietet sich nur noch das Mittel an, das kleine Werkstück durch eine zusätzliche grössere Masse zu unterstützen (Skavlem 1930). Mit dem Handamboss von Anders Kragh (Honoré 1969) hat der Verfasser die besten persönlichen Erfahrungen gemacht. Die zweite Konsequenz besteht darin, dass man die kleinen Spitzen bei der nachfolgenden Bearbeitung mittels Drücken mit irgend einer speziellen Vorrichtung halten oder auf einer geeignete Unterlage fixieren muss, weil die ungeschützte Hand und die Finger dazu nicht ausreichen. Es ist naheliegend anzunehmen, dass die damaligen Handwerker über die Probleme der Kleinheit Bescheid wussten und sie gelöst hatten. Aber wie schon bei den Werkzeugen, fehlt auch von solchen Hilfseinrichtungen heute jede Spur.

Im übrigen sei daran erinnert, dass es klare Beweise für Herstellungsthesen oder Reparaturindizien nicht geben kann, auch ohne die obigen Probleme und Schwierigkeiten. Die moderne Silexbearbeitung hat bekanntlich zur Genüge gezeigt, dass mit verschiedenen Werkzeugen und Hilfsvorrichtungen und auf verschiedenen Wegen identisch aussehende Endresultate erzielt werden können.

4.2. Elemente für die Thesenbildung zur Horgener Arbeitstechnik

Schon die morphologische Analyse lieferte die ersten Elemente zur Ermittlung der damals gewählten Arbeitstechnik, so z.B. alle geometrischen Abmessungen oder die Interpretation der entdeckten «charakteristischen Formen» (Abb. 4). Und aus den Untersuchungen zur Typologie ergaben sich die starken Akzente auf die Symmetrie im Grundriss, auf möglichst geradlinigen, scharfen Schneiden in der Seitenansicht und auf einer scharfen Ausbildung der Basis, Merkmale, welche durch zweckmässige Arbeitstechniken und manuelle Geschicklichkeit hergestellt werden müssen.

Analog zu den vorangegangenen morphologischen Auswertungen zeigen und definieren die Abbildungen 5 und 6 die für diesen Artikel getroffene Auswahl aus den aufgenommenen 22 silextechnischen Beobachtungen zur Herstellung, Beschädigung oder Reparatur. Sie bilden die wichtigsten Elemente oder Bausteine, aus denen die Details der nachfolgenden Herstellungsthesen aufgebaut sind. Aus den gleichen Überlegungen wie schon bei der morphologischen Analyse ist es statthaft, die ausgewählten Daten wiederum nur statistisch verdichtet darzustellen und auf die Behandlung der durchgeführten ausführlichen Hintergrundarbeiten zu verzichten.

Für die technologische Analyse hilfreich und fruchtbar war die vertiefte Interpretation der vielen unretouchierten Flächen und Ränder. Sie lassen nämlich grössere Teile der Grundform erkennen und erlauben es, dadurch auf die Lage der realisierten Pfeilspitze in der ehemaligen Grundform zu schliessen. Ihr systematisches und häufiges Vorkommen ist auch ein deutlicher Hinweis

		Mittel aller Br: (15 St) L = 27.8 mm B = 16.5 mm D = 3.4 mm	Mittel aller Da: (29 St.) L = 31.9 mm B = 17.1 mm D = 4.7 mm	Mittel aller Li: (45 St.) L = 31.6 mm B = 17.7 mm D = 5.0 mm	
Charakteristische Formen im Längsschnitt	*LINSE, tot. 33%*	Br/Li: 0 St. = 0%	Da/Li: 1 St. = 0% L = 29.5 mm B = 15.7 mm D = 3.7 mm	*Li/Li: 28 St. = 31%* *Mittelwerte:* *L = 32.5 mm* *B = 17.9 mm* *D = 5.1 mm*	Mittel aller Li: 29 St. L = 32.4 mm B = 17.8 mm D = 5.1 mm
	KEIL, tot. 32%	Br/Ke: 1 St. ≈ 0% L = 20.2 mm B = 14.9 mm D = 3.6 mm	*Da/Ke: 16 St. = 18%* *Mittelwerte:* *L = 29.1 mm* *B = 16.7 mm* *D = 4.7 mm*	*Li/Ke: 12 St. = 13%* *Mittelwerte:* *L = 29.7 mm* *B = 17.4 mm* *D = 4.7 mm*	Mittel aller Ke: 29 St. L = 29.0 mm B = 16.9 mm D = 4.7 mm
	FISCH, tot. 25%	Br/Fi: 5 St. = 6% Mittelwerte: L = 33.0 mm B = 17.5 mm D = 3.9 mm	*Da/Fi: 12 St = 13%* *Mittelwerte:* *L = 35.8 mm* *B = 17.8 mm* *D = 4.8 mm*	Li/Fi: 5 St. = 6% Mittelwerte: L = 30.8 mm B = 17.7 mm D = 5.1 mm	Mittel aller Fi: 22 St. L = 34.1 mm B = 17.7 mm D = 4.7 mm
	BRETT, tot. 10%	*Br/Br: 9 St. = 10%* *Mittelwerte:* *L = 25.8 mm* *B = 16.2 mm* *D = 3.1 mm*	Da/Br: 0 St. = 0%	Li/Br: 0 St. = 0%	Mittel aller Br: 9 St. L = 25.8 mm B = 16.2 mm D = 3.1 mm
		BRETT, tot. 17%	*DACH, tot. 32%*	*LINSE, tot. 51%*	
		Charakteristische Formen im Querschnitt			

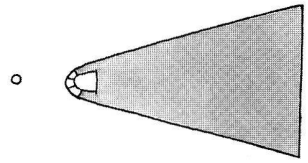
Abb. 4. Verteilung der charakteristischen Formpaare im Ensemble. Die häufigsten Formenpaare sind hervorgehoben.
Br = Brett, Da = Dach, Li = Linse, Fi = Fisch, Ke = Keil, L = Länge, B = Breite, D = Dicke.

Merkmal	*Ergebnis der Datenerfassung*	*Kurzkommentar*
Grundformen und nutzbare Zonen	Die Herstellung erfolgte Aus Abschlag: 45% Aus Klinge: 0% Nicht ersichtlich: 55% Lage der Spitze in der Grundform: Pfeilspitze zeigt proximal: 15% Pfeilspitze zeigt distal: 6% Pfeilspitze ist frei liegend: 26% Lage nicht ersichtlich: 53% Proximal = zur Bulbusseite hinweisend Distal = Von der Bulbusseite wegweisend	- Überraschend ist, dass die Pfeilspitzen selten aus Klingen, sondern mit Vorliebe aus Abschlägen hergestellt wurden. - Die Vorstellung, eine Pfeilspitze müsse möglichst zentral und axial in der Grundform liegen, trifft nur in Ausnahmefällen zu. - Gemäss experimenteller Erfahrung liefert eine Grundform im Normalfall nur eine Spitze.
Extrem lange Basisretouchen	an Anzahl Spitzen: 8%	- Lange Basisretouchen (bis über 18 mm) dienten zur Reduktion der Dicke und beweisen eine hochentwickelte Drucktechnik. - Das Merkmal zeigt, dass dabei eine speziell geformte Unterlage (mit Nute?) den freien Abgang der langen Retouchen sicherstellte.
Retouchen sind umgebogen	an Anzahl Spitzen: 45%	- Ein solches Merkmal zeigt, dass die Spitze beim Bearbeiten vollflächig auf einer weichen Unterlage aufliegt (im Gegensatz zur Fixierung auf einer Nute bei den extrem langen Basisretouchen).
Extrem schmale Querretouchen	an Anzahl Spitzen: 6% Gezählt wurden alle Zonen mit mehreren Retouchenbahnen von weniger als 1 mm Breite.	- Die im Spitzenbereich sichtbaren extrem schmalen Retouchenbahnen belegen, dass ein sehr hartes und spitziges Druckwerkzeug zur Verfügung stand. Aus heutiger Sicht wäre dafür nur Zahnmaterial oder sehr harter Silex geeignet.
Retouchen an Abtreppungen	an Anzahl Spitzen: 12%	- Die eindeutigen Retouchen an Abtreppungen überraschen, weil funktionell unwirksam. Sie belegen, nochmals, dass ein sehr hartes und spitziges Druckwerkzeug zur Verfügung stand. Siehe oben.
Unretouchierte Teilflächen (Nur sie ermöglichen, die Grundform zu erkennen)	keine unret. Teilflächen: 24% wenig unret. Teilflächen: 35% (unter tot. 10 % der Oberfläche) mittel unret. Teilflächen: 31% (tot. 10-50% der Oberfläche) viel unret. Teilflächen: 10% (tot. über 50% Oberfläche) beidseitig voll retouchiert.: 7% einseitig voll retouchiert.: 35% beidseitig teilretouchiert: 58% am Rand nicht retouchiert: 30%	- Das Vorhandensein von viel unretouchierten Flächen ist charakteristisch für das Analysenensemble. - Für den Hersteller ist es eine Zeitersparnis, wenn er die Oberfläche möglichst nicht bearbeiten muss; also solche nutzbaren Zonen in der Grundform wählt, die teilweise schon die gewünschte Gestalt aufweisen.

Abb. 5. Technologie der Herstellung: Diagnostische Merkmale.

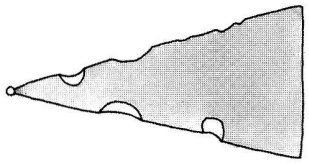
Merkmale der Beschädigung, Ergebnis der Datenerfassung und Kurzkommentar

An 51 Spitzen (= 57% des Ensembles) sind 62 Schäden festzustellen, die sich in sechs Kategorien einteilen lassen. Manche Spitzen zeigen also mehr als nur ein Schadenindiz. Die Schiessversuche ergaben die genau gleichen Schadenmuster wie das Ensemble. Es handelt sich dort also ebenfalls um Gebrauchs- und nicht um Trampel- oder Konservierungsschäden.



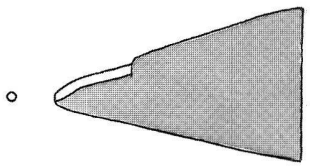
Impakt (39% der Schäden)

Mikro-Zertrümmerung, eventuell mit Abtreppung, im Spitzenbereich durch Aufprall



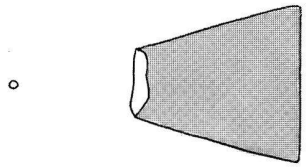
Lateral (13% der Schäden)

Beschädigung an einer Schneide



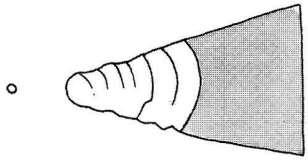
Stichel (5% der Schäden)

Von der Spitze ausgehende 'Stichelretouche', als zusätzliche Variante zur Kategorie 'Lateral'



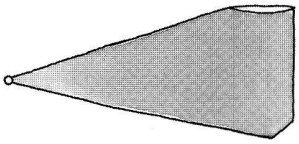
Biegebruch (13% der Schäden)

Quer zur Impaktrichtung bricht die Spitze im mittleren bis vorderen Drittel entzwei



Fläche (5% der Schäden)

Von der Spitze ausgehende grosse Flächenretouche, event. mit Abtreppung. Als zusätzliche Variante zur Kategorie 'Biegebruch'

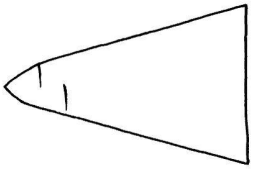


Flügelspitze (25% der Schäden)

Kleiner Teil des Flügels ist abgebrochen. Schaden entstand bei den Schiessversuchen bereits innerhalb der Verklebung

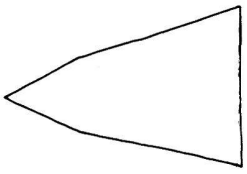
Merkmale der Reparatur, Ergebnis der Datenerfassung und Kurzkommentar

An 26 Spitzen (= 29% des Ensembles) sind in 33 Fällen Indizien festzustellen, die auf eine Reparatur hinweisen und in vier Kategorien einzuteilen sind. Manche Spitzen zeigen gleichzeitig mehr als nur ein Reparaturindiz. An grossen Spitzen sind deutlich weniger Reparaturen zu erkennen als an kleinen, während Breite und Dicke nicht mit der Reparaturhäufigkeit korrelieren.



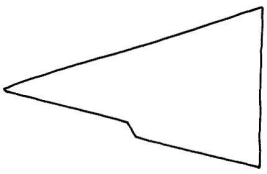
Impakt (18% der Indizien)

Die fein reparierte Spitze zeigt vorne noch Reste des vorangegangenen Schadens, meistens eine grössere Abtreppung quer zur Längsachse oder eine sehr breite, gewellte Retouche von vorne.



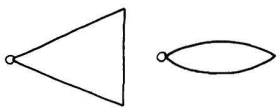
Knick (43% der Indizien)

Im Grundriss hat die Reparatur eine geknickte Linie der Schneide(n) hinterlassen. Bei Reparaturen in der Schäftung während den Schiessversuchen entstand dieses Indiz spontan.



Verschiebung (9% der Indizien)

Die Reparatur hat im Grundriss die betroffene Schneide parallel nach innen verschoben. Der unverschobene Teil blieb wahrscheinlich während der Reparatur mit Birkenpech bedeckt.



Index B/L und D/L (30% der Indizien)

Die Werte liegen am Rande der Verteilung im Ensemble, was sich nur für grosse und homogene Ensembles gesichert rechnen lässt. Bei Unikaten und kleinen Ensembles ist grösste Zurückhaltung geboten.

Abb. 6. Beschädigungen und Reparaturen: Diagnostische Merkmale.

dafür, dass konsequent darauf verzichtet wurde, die Grundform möglichst flächendeckend zu retouchieren, wie das in einigen anderen Zeiten und anderen Kulturen für Projektilspitzen der Normalfall war. Ein solcher Verzicht basiert auf einer klar vorausblickenden und selektiven Auswahl der nutzbaren Zone und beweist, dass gedanklich die Pfeilspitzen jeweils frei, also arbeitssparend und werkzeugschonend in die Grundform hineingelegt wurden. Dies brachte eine viel bessere Materialausnützung und Reduktion des Arbeitsaufwandes mit sich.

4.3. Indizien für Reparaturen

Reparaturindizien (oder Nachschärfungen) erkennt man daran, dass die Spitzen vom durchschnittlichen Bild im Ensemble auf eine besondere, aber regelmässige Art abweichen, und dass diese Abweichungsmuster für einen heutigen Silexbearbeiter einleuchtend sind, wenn er selbst vor einer analogen Reparatur stehen würde (Abb. 6).

Die Analyse von Reparaturen verlangt die Überwindung einiger neuartiger Hindernisse:

- Alle perfekten Reparaturen sind als solche unsichtbar. Somit reduziert sich die Datenbasis auf Indizien oder unperfekte Reparaturen.
- Wir können nur annehmen (und durch Replikationen anschaulich machen), dass Reparaturindizien nicht einfach nur normale Abweichungen vom durchschnittlichen Herstellungsprozess sind.
- Aufgrund der Schiessversuche geht der Verfasser davon aus, dass möglichst im geschäfteten Zustand repariert, und nur in unumgänglichen Fällen die Pfeilspitze ganz aus der umhüllenden Birkenpechverklebung herausgenommen wurde.
- Reparaturen sind möglicherweise nicht nur in der Siedlung ausgeführt worden, sondern auch auf der Jagd, wo also unter Zeitdruck oder Materialmangel oder vielleicht mit einem nicht vollständigen Werkzeugsatz gearbeitet werden musste.
- Wiederholungen von Reparaturen oder Nachschärfungen hinterlassen keine spezifischen Spuren; wir können lediglich annehmen, dass sie stattgefunden haben.
- Das stärkste Indiz, sowohl für die Tatsache der Reparatur an sich wie auch für die Wiederholung, entsteht dadurch, dass sich bei Reparaturen die Länge L immer verkürzt, seltener die Breite B und praktisch nie die Dicke D. Wenn also der Index B/L oder D/L den jeweiligen statistischen Randwert im untersuchten Ensemble erreicht, so kann dies nur durch vorgängig ausgeführten Reparaturen verursacht sein. In Abbildung 2a wird eine nur für das Analysenensemble gesicherte Faustregel aufgestellt.

Reparaturindizien kommen, gemäss den Daten des Analysenensembles, bei allen Abmessungen und charakteristischen Formen vor. Das Datenmaterial zeigt keine Bereiche, bei welchen Reparaturmuster fehlen, unabhängig davon, wie die Informationen sortiert werden. Trendmässig zeigt sich bei kürzer werdenden Silexspitzen sehr deutlich eine stetig zunehmende Häufung von Reparaturen. Dies erstaunt nicht, da sich die Länge beim Reparieren ja verbraucht, und weil bei grossen Pfeilspitzen eine perfekte (also unsichtbare) Reparatur leichter auszuführen ist als bei kleinen. Der geschilderte Trend darf als Bestätigung für die Annahme gelten, dass die vier gefundenen Reparaturindizien sehr wirklichkeitsnah sind.

Vielleicht stärker als sonst in diesem Projekt bleibt natürlich im Erkennen und im Bewerten von Reparaturindizien eine subjektive Marge erhalten. Beispielsweise sind die Indizien «Knick» und «Verschiebung» nicht zwingend (sondern nur sehr wahrscheinlich) mit Reparaturen in Verbindung zu bringen, denn es stand wohl jedem Bearbeiter frei, die beiden Reparaturmuster besonders kantig (also sichtbar) oder gerundet (praktisch nicht mehr sichtbar) auszuführen. Die Versuchung, jede nicht ganz dem Durchschnitt entsprechende Pfeilspitze als Reparaturfall zu interpretieren, kann ebenso gross werden wie der bewusste oder unbewusste Wunsch, alle Reparaturen einfach wegzuargumentieren.

4.4. Herstellungsthese

4.4.1. Konzeptionelle Vorentscheide

Schon während der Bearbeiter ein Stück Silex in die Hand nimmt, um es auf seine Eignung als Grundform für eine Pfeilspitze im Detail zu untersuchen, muss er sich fragen, ob die in der Grundform frei wählbare Orientierung der nutzbaren Zone wenigstens ungefähr die erforderliche Länge und Breite besitzt oder ob das Stück nicht grundsätzlich zu dünn oder zu dick ist. Will (oder eher muss) er aufgrund der geringen Länge den Bulbus in die nutzbare Zone der ventralen Seite einbeziehen oder nicht? Nach der Erfahrung des Verfassers hat sich an diesem Punkt folgendes Vorgehen am besten bewährt: Zuerst werden alle zu dicken, alle zu schmalen sowie alle stark verdrehten Stücke ausgeschieden. Bei dieser Vorselektion fallen bereits viele Klingen aus, weil sie zu schmal oder zu gewölbt sind. Die nutzbaren Zonen in den verbliebenen Grundformen werden nun unterteilt in: eben oder gewölbt, den Bulbus einschliessend oder nicht und in die Kategorien «dünn» (ca. 3–4 mm), «mittel» (ca. 4–5 mm) oder «dick» (ca. 5–7 mm). Erst jetzt ist überhaupt eine konkrete nähere Untersuchung und Entscheidung über die Eignung der Grundform sinnvoll.

Der nächste Vorentscheid betrifft nun die möglichst günstige Kopplung der oben dargestellten Unterteilungen für die ausgewählte nutzbaren Zone mit einem optimalen

gewölbt, mit Bulbus, 8%, *dann→*		Dach/Fisch 3%	Dach/Fisch 3% Linse/Fisch 2%
gewölbt, ohne Bulbus, 31%, *dann→*		*Linse/Linse 15%*	*Linse/Linse 16%*
eben, mit Bulbus, 17%, *dann→*	Brett/Fisch 6%	Dach/Fisch 3% Linse/Fisch 2%	Dach/Fisch 4% Linse/Fisch 2%
eben, ohne Bulbus, 41%, *dann→*	*Dach/Keil 6%* *Linse/Keil 10%* *16%*	*Dach/Keil 6%* *Linse/Keil 7%* *13%*	*Dach/Keil 6%* *Linse/Keil 6%* *12%*
Wenn Grundform im Längsschnitt ↑ → *Wenn* Grundform im Querschnitt	dünn (3-4 mm), 22%, *dann* ↑	mittel (4-5 mm), 36%, *dann* ↑	dick (5-7 mm), 39%, *dann* ↑

Abb. 7. Verhaltensweise resp. Konzept für die Herstellung von Horgener Pfeilspitzen. Die Präferenzen für die Formpaare im Analysenensemble sind hervorgehoben und decken sich ausnahmslos mit der Replikationserfahrung. Die Verteilung der Formpaare im Ensemble und die Summen der Spalten und Zeilen sind in %-Zahlen angegeben. Man sieht deutlich, dass Grundformen mit Bulbus gemieden wurden.

charakteristischen Formpaar für die zukünftigen Spitze. Abbildung 7 zeigt die erarbeitete Quintessenz des Herstellungskonzeptes für das Analysenensemble. Sie leitet ihre Argumente aus den Beobachtungen am Ensemble über die damaligen Präferenzen (Abb. 4) und aus den eigenen Replikationen her und ist somit kein absolut zwingendes Gesetz, sondern eine gut begründete Empfehlung. Dieses Wenn-dann-Schema («... wenn die Grundform so ist, dann ist das optimale Formpaar wie folgt...») kann in beiden Richtungen gelesen werden, also von der Ausgangslage zum Produkt, oder von der überlieferten Pfeilspitze her zu einer ursprünglichen Grundform zurück.

4.4.2. Der plausibelste Herstellungsablauf

Beim eigentlichen Herstellungsprozess durchwandert das Werkstück die folgenden drei Stadien (Abb. 8), die sich jeweils durch grundlegend verschiedene Aufgaben und Werkzeuge voneinander unterscheiden lassen:

Stadium 1: Mit Schlag von der Grundform zur Vorform

- Durch den vorangegangenen konzeptionellen Vorentscheid ist die Lage der zukünftigen Pfeilspitze in der Grundform und das optimale charakteristische Formpaar festgelegt. Danach wird die Grundform auf eine schwere Unterlage (oder auf einen Handamboss) aus Stein aufgelegt und mit einer Hand (oder mit den Fingern) in der richtigen Stellung festgehalten. Mit einem «weichen» Hirschgeweihschlegel (im Gegensatz zu einem «harten» Klopfstein) wird nun die Grundform, entsprechend dem gewählten Formpaar, durch genaue Schläge bis auf die Vorform reduziert. Letztere ist noch gleich dick wie die Grundform und etwa 4 mm grösser als die definitive Pfeilspitze.
- Der weiche Schlag erfolgt bei Pfeilspitzen nicht auf die Fläche, sondern auf die Kante. Die Wirkung des weichen Schlages wird durch ganz leichtes Abschleifen der Kanten noch wesentlich verbessert.
- Man erzielt mit gutem Schlagen auf die Kanten einen durchschnittlichen Basis- oder Schneidewinkel von ca. 45°.
- Mittelgrosse Schlagstöcke (ca. 200 g) eignen sich für diese Arbeit besser als kleinere.
- Abschlagen ist zum Reduzieren des Volumens natürlich schneller und weniger anstrengend als abdrücken. Es ist also vorteilhaft, schon im Stadium 1 den grössten Teil der Volumenreduktion auszuführen. Die Spuren der schlagenden Bearbeitung werden anschliessend durch die Druckbearbeitung weitgehend entfernt, was die Analyse dieses Stadiums sehr erschwert.

Stadium 2: Mit Druck von der Vorform zur Rohform

- Mit einem kräftigen (also relativ stumpfen und zähen) Geweih- oder Knochenretoucheur werden nun zuerst die aus Stadium 1 verbliebenen Fehler oder Unvollkommenheiten (z.B. noch vorhandene kleine Verdrehungen der Mittelebene) korrigiert. Anschliessend gilt es, den ganzen Umfang so zu retouchieren, dass die Schneiden- und Basiswinkel den richtigen Wert (von etwa 45°) erhalten und die Schneiden in der Seitenansicht schön gerade verlaufen. Die Vorform liegt dabei auf einem weichen Handschutz oder einer festeren Unterlage mit Nute auf, die den freien Retouchenabgang sicherstellt.
- Das stärkste Mittel zur Beeinflussung des Basis- oder Schneidewinkels besteht darin, dass man den Retoucheur direkt auf die (mit Sandstein leicht abgerundete) Kante aufsetzt, und nicht dahinter. Dies verlangt aber relativ weiche Retoucheure aus Geweih oder aus dem heutigen Ersatzstoff Kupfer. Jede Retouche wird dann genau gerichtet abgedrückt, wie wenn die Retouche eine Miniaturklinge wäre.
- Je nach den Gegebenheiten der Vorform und dem beabsichtigten charakteristischen Formpaar, wird es von Vorteil sein, die ersten Durchgänge konsequent von einer Seite her auszuführen (für die Dachform z.B. von ventral nach dorsal), oder alternierend für den Brett- oder Linsen-Querschnitt).
- Im Bereich der Spitze wird bevorzugt schräg von vorne nach hinten gedrückt. Überraschen mag vielleicht die Beobachtung, dass nur in der Seitenansicht alle Spitzen im Ensemble auch wirklich spitz sind, während im Grundriss teilweise die Spitzen bewusst in runder Form ausgebildet wurden (Abb. 2b.10).
- Ganz allgemein, aber besonders in diesem Stadium, muss sich der Replikationsforscher bemühen, nicht seine, sondern die Technik des Analysenensembles anzuwenden, was viel Überblick und Selbstkritik voraussetzt (Abb. 9.10).

Stadium 3: Mit Feinretouchen von der Rohform zur fertigen Spitze

- Mit einem bedeutend spitzeren und härteren Retoucheur wird nun der ganze Umfang nochmals nachbearbeitet; ganz besonders zur Finalisierung der Basis und des engeren Spitzenbereiches, aber auch zur Pflege der Symmetrie und zum Entfernen kleinerer Zacken und störender Rippen zwischen den grösseren Bahnen entlang den beiden Schneiden (Abb. 9.10). Erst in diesem Zeitpunkt entstehen die vielen kleinen Abtreppungen, etwa 1–2 mm hinter der Kante, die man regelmässig bei den Originalen sieht. Dieses Stadium wird gelegentlich äusserst präzise ausgeführt, aber für die Behebung von Fehlern aus Stadium 2 wäre es trotzdem jetzt zu spät. Heute werden für Stadium 3 Kupferretoucheure eingesetzt (die dann natürlich sehr oft nachgespitzt werden müssen), oder gar feine Stahlnägel. Horn- oder Knochenretoucheure sind für diese Aufgabe zu weich. Somit bleibt noch offen, welches Material für die Feinretoucheure in der Horgener Zeit verwendet wurde.

4.5. Bemerkungen zum Zeitaufwand

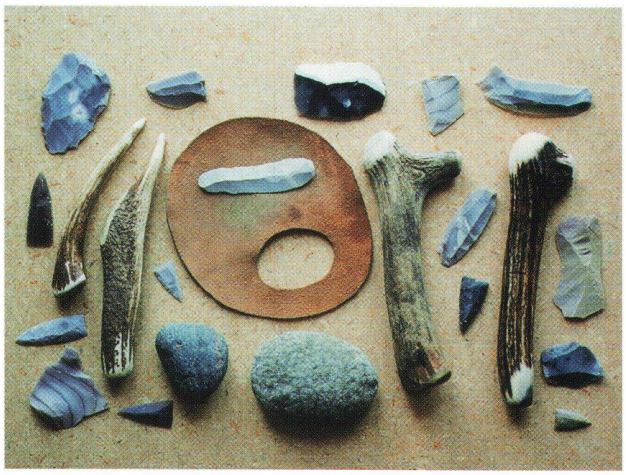
Im Grunde genommen machen Zeitangaben in der modernen Silexbearbeitung für die urgeschichtliche Interpretation keinen Sinn. Da aber gerade unter Archäologen viele falsche Vorstellungen zu diesem Thema zirkulierten, sind die folgenden Bemerkungen dennoch angebracht.

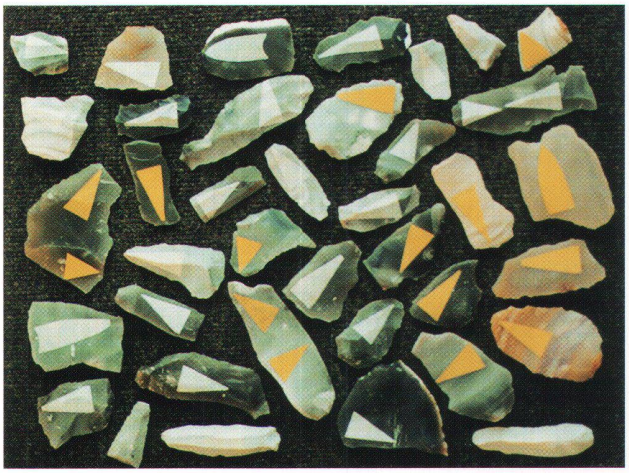
Der gesamte Aufwand (also Wert) für eine Pfeilspitze besteht nicht nur aus der Reduktionsarbeit im engeren Sinn (Netto-Zeitaufwand für Stadien 1 bis 3), sondern auch aus der Zeit für die Rohmaterialbeschaffung, aus der Gewinnung der Grundform (Klingen oder Abschläge) und aus dem Herstellen und Unterhalten der Werkzeuge und Einrichtungen (gesamter Brutto-Material- und -Zeitaufwand).

Bei allen Zeitangaben, bei welchen die Werkzeuge oder die Grundformen nicht beschrieben werden und bei welchen ein klarer Hinweis über Brutto- oder Nettoaufwand fehlt, ist Vorsicht am Platz. Bei Angaben, die unter einer Viertelstunde liegen, handelt es sich um Nettoaufwände für ausserordentlich günstige Grundformen unter Verwendung von sehr guten Werkzeugen; oder sie sind als «Flintknapperlatein» abzubuchen. Im ganzen Ensemble von Hünenberg-Chämleten befanden sich z.B. nur zwei Spitzen, die mit einem Netto-Aufwand von ca. 5 Min. hätten hergestellt werden können. Sie sind aus kleinen dünnen, flachen Grundformen herausgearbeitet, die eigentlich von selbst schon beinahe fertig waren.

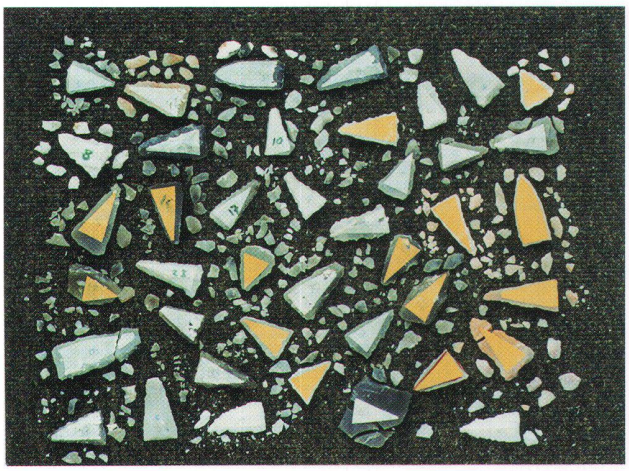
Was Zeit spart:

- Nicht zu schnell beginnen, sondern zuerst das Vorgehen (im grossen wie im kleinen) und die besten Werkzeuge finden! So hat beispielsweise der Verfasser nur schon durch die Einführung der weichen Schlagbearbeitung auf einem Handamboss seine eigenen Nettozeiten im Durchschnitt halbieren können; später wurde durch die konsequente Selektion des besten charakteristischen Formpaares nach Abbildung 7 die Nettozeit nochmals halbiert.
- Die zukünftige Spitze (oder nutzbare Zone) so in die Grundform hinein plazieren, dass viel Oberfläche unretouchiert bleiben kann, sogar am Rand.
- Möglichst viel Volumen im Stadium 1 reduzieren und nur wenig im Stadium 2.

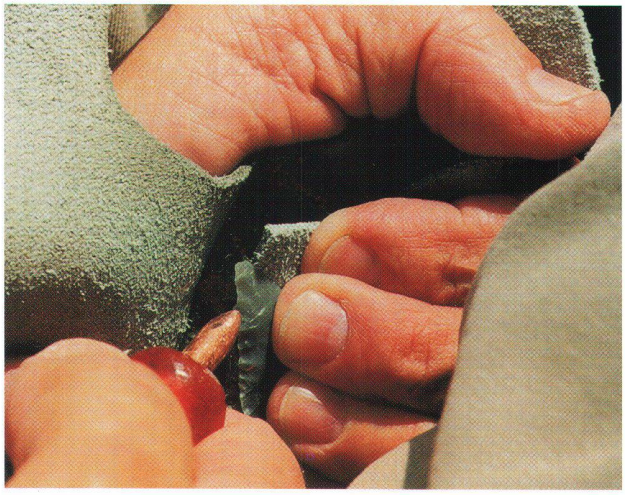


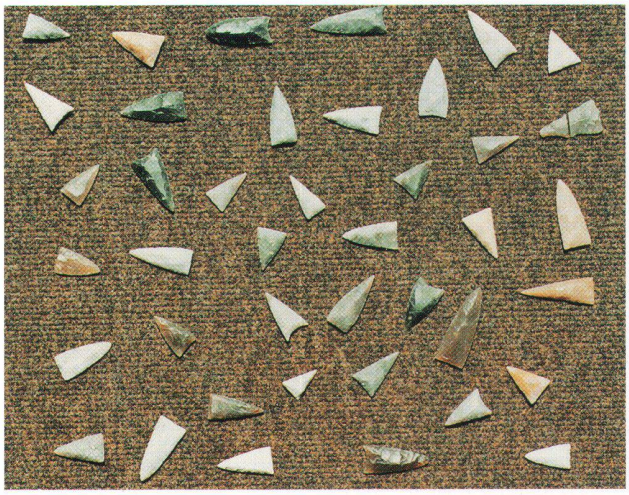


Die Ausgangslage: Links ein möglicher Werkzeugsatz, rechts das Ausgangsmaterial aus gut geeigneten Abschlägen und Klingen. Die Lage der zukünftigen Pfeilspitzen ist markiert, gemäss dem in Abb. 7 dargestellten Konzept.



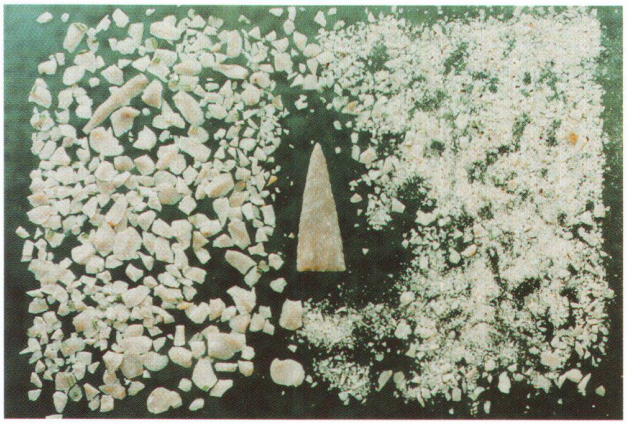
Stadium 1: Links die schlagende Bearbeitung auf einem Handamboss, rechts das obige Ausgangsmaterial am Ende des Stadiums. Man beachte die unbeabsichtigten Brüche und wie daraus trotzdem Pfeilspitzen produziert wurden (unten).

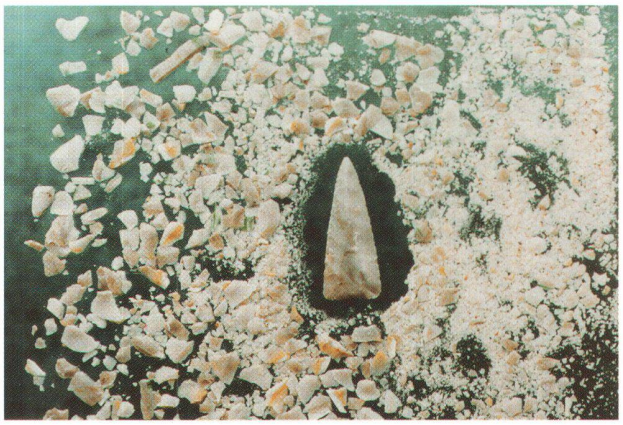




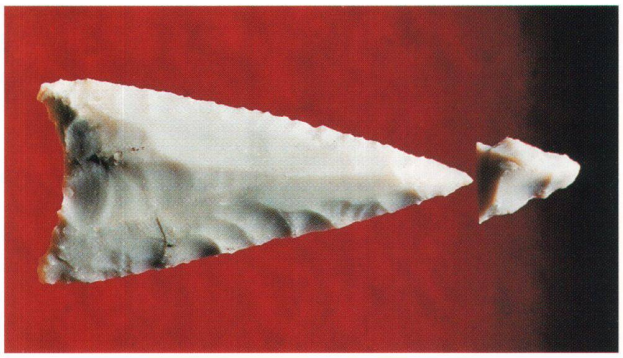
Stadien 2 und 3: Links die Bearbeitung mittels Druck, in diesem Fall mit einem Retoucheur aus Kupfer und einem Griff aus Kunststoff, rechts die fertigen Spitzen in der gleichen Anordnung wie bei beiden Bildern oben.

Abb. 8. Herstellung von Horgener Pfeilspitzen im Überblick.





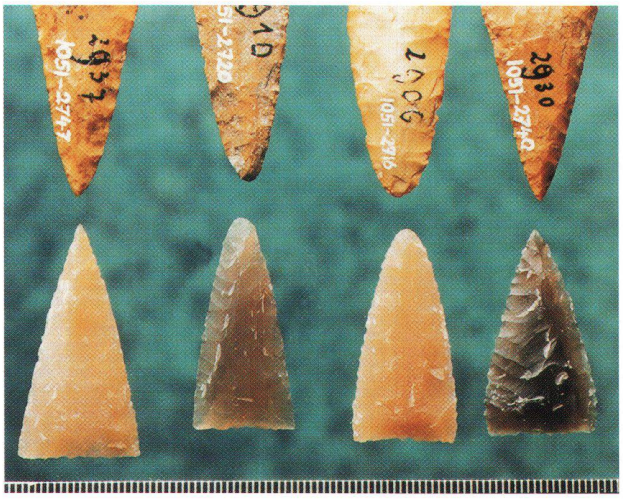
Die vollständigen Replikationsabfälle aus den Stadien 1–3. Sie sind alle sehr klein und wären in einer Ausgrabung kaum mehr zu bergen. Je stärker die Arbeiten in Stadium 2 gegenüber jenen in Stadium 1 überwiegen, desto höher ist der Anteil an feinen Abfällen, wie sie beim Druckretouchieren entstehen.



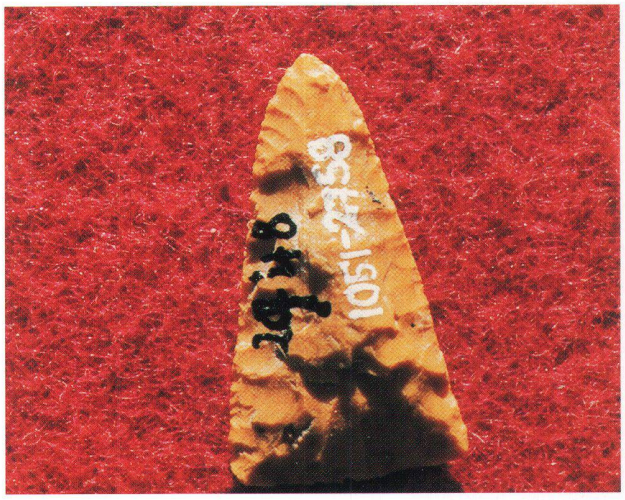
Die ersten Reparaturen entstehen schon während der Herstellung: Bei ungenügender Unterstützung brechen z.B. oft die Spitzen ab. Der verbleibende Teil bildet nun eine neue Grundform und der ganze Entscheidungsprozess nach Abb.7 und der Weg von Abb. 8 muss, meistens in abgekürzter Form, wiederholt werden.

Arbeitsphasen einer Spitze in Stadium 3. Mit immer feineren Retouchen werden die letzten verbleibenden Unebenheiten aus Stadium 2 (Basis und Schneide links) entfernt. Bei der Spitz im Bild rechts ist nur die obere Schneide fertiggestellt.

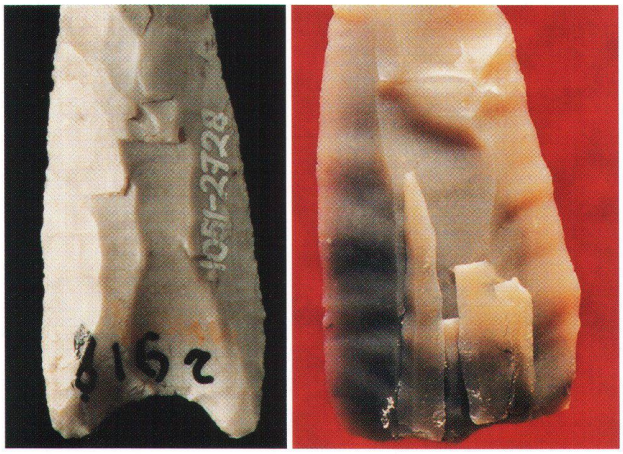
Abb. 9. Replikatstudien für Horgener Pfeilspitzen.



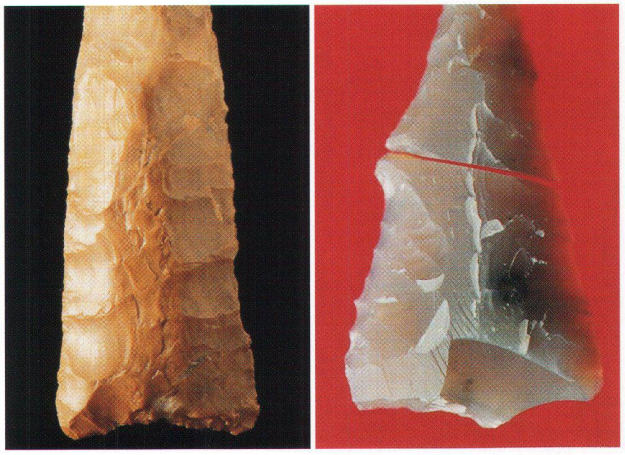
Im Grundriss können die Spitzen absichtlich gerundet, oder aber sehr spitzig retouchiert sein. Oben im Bild die Originale, unten die Replikate. In der Seitenansicht sind alle Spitzen jedoch immer sehr scharf.



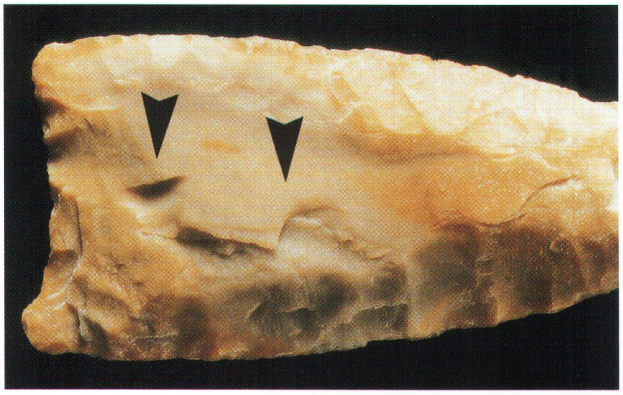
An 5% der Spitzen des Ensembles sind Retouchenbahnen von nur 1 mm Breite zu erkennen, die heute mit Geweih- oder Knochenretoucheuren nur schlecht, mit Kupferspitzen aber problemlos replizierbar sind.



Extrem lange Retouchen von der Basis her, an etwa 6% der Originale (links) nachgewiesen, verraten eine perfekte Drucktechnik. Sie dienten der Reduktion der Dicke und wurden am Anfang von Stadium 2 vorgenommen (rechts Replikat).



Normalerweise können Retouchen keine abrupte Richtungsänderung in ihrer Bahn ausführen, es sei denn, die Spitze wird vollflächig durch eine angepresste, weiche Unterlage gehalten, die gleichzeitig als Handschutz dient. Links Original, rechts Replikat.



An 5% der Spitzen im Ensemble erkennt man Versuche, Abtreppungen nachträglich noch etwas auszukorrigieren. Überzeugende funktionelle Begründungen dafür sind nicht zu finden. Bis jetzt sind nur Replikate (rechts) mit Retoucheuren gelungen, die härter als Kupfer sind, z.B. mit Silex- oder Stahlspitzen (Zahnspitzen erwiesen sich in Versuchen als zu spröde).

Abb. 10. Höhepunkte der Horgener Silextechnik: Ein Repertoire von Könnern.

- Den (wahrscheinlich modernen!) unnötigen Perfektionismus beim Stadium 3 unter Kontrolle halten. Die Erfahrung bestätigt es immer wieder: 90% der gesamten Netto-Zeit braucht es für die letzten 10% der Perfektion; und kaum jemand merkt den Unterschied, der ja unter der Verklebung versteckt funktional ohnehin keine Rolle spielt!

Was Zeit kostet:
- Wenn im Stadium 1 die Grundform zu wenig reduziert werden kann, da daraus eine wesentlich längere Druckarbeit im Stadium 2 resultiert.
- Wenn im Stadium 1 noch abgerundete Kanten hinterlassen werden müssen. Schon scharfkantige Winkel von 90° an den Rändern sind schlecht, erfordern sie doch meistens 3 Durchgänge im Stadium 2.
- Wenn eine stärkere Verdrehung oder eine zu grosse Dicke der Grundform erst im Stadium 2 noch ganz wegretouchiert werden muss.
- Wenn die Bulbuswölbung wegretouchiert werden soll, was nicht einmal immer möglich ist.
- Wenn unwichtige Abtreppungen korrigiert werden, statt dass man sie stehen lässt.
- Wenn das charakteristische Formpaar Linse/Linse gewählt werden muss, weil eine günstigere Grundform fehlt.
- Wenn mit zu kleinen nutzbaren Zonen begonnen wird. Es bleibt in diesem Fall keine Möglichkeit für eine eventuelle Fehlerkorrektur, weil die erforderliche Reserve an Breite oder Länge fehlte.
- Wenn eigene kleinere Fehler kompensiert werden müssen, was neben Länge und Breite auch Nerven kostet.
- Wenn irreparable Fehler gemacht werden und alles wieder von vorne begonnen werden muss. Sie entstehen besonders dann, wenn schlechte Rohmaterialien oder schlechte Werkzeuge verwendet werden, wenn schlechte Lichtverhältnisse herrschen oder wenn der Hersteller unter Zeitdruck steht oder trotz einer schlechten persönlichen Tageskondition arbeiten muss.

5. Schiessversuche

5.1. Ausgangslage und Fragestellung

Schon früh im Ablauf des Projektes tauchten die Fragen auf, welche funktionellen Gründe die im Analysenensemble und im Abschnitt Typologie so deutlich sichtbare, scharfe Ausbildung der Basis haben könnte und wie sich die in der Literatur und an den Originalen nachgewiesenen voluminösen Verklebungen (mit oder ohne Schnürung hinter der Kerbe im Schaft) in einem Schiessbetrieb verhalten würden. Deshalb und zwecks Prüfung der Replikaktionsthesen entschied sich der Verfasser nach Beginn des Projektes, auch noch Schiessexperimente durchzuführen (Abb. 11). Letztere boten Gelegenheit, auch der interessanten Frage nachzugehen, ob die Spitzen nach dem Schuss die gleichen sechs Beschädigungsmuster aufweisen wie die Originale, und wie die vier gefundenen Reparaturmuster im Analysenensemble mit möglichst plausiblen, heutigen Spontanreparaturen nach dem Schiessen übereinstimmen.

Aus obiger Aufgabenstellung geht deutlich hervor, dass ein Schuss in die sehr inhomogenen Teile eines toten oder lebendigen Tieres eigentlich nicht interessiert, weil dabei die Spitze eventuell sogar intakt bleibt und keine Antworten auf die gestellten Fragen liefert. Ein zweckmässiges Ziel muss also nicht unbedingt echt, sondern nur derart beschaffen sein, dass die eintretenden Schussergebnisse die gestellten Fragen regelmässig und wiederholbar beantworten.

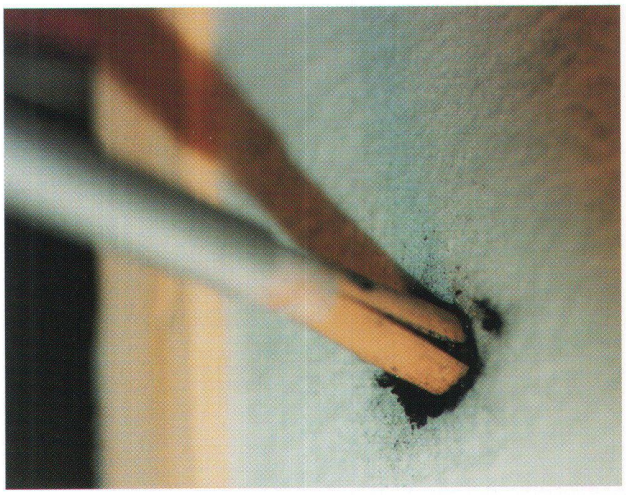
5.2. Versuchsaufbau

Schiessversuche wurden schon viele durchgeführt und ihre Absicht reichte von einfachen Erlebnissen oder Demonstrationen bis hin zu streng wissenschaftlichen Experimenten mit ganz genauen, aber jeweils unterschiedlichsten Zielsetzungen (u.a. Flenniken 1985; Plisson/Geneste 1989; Titmus/Woods 1986; Stodiek 1993). Das hier benützte Versuchsinstrumentarium geht, so weit als sinnvoll, bewusst von den bewährten Anordnungen aus, die in früheren Arbeiten schon beschrieben sind (Stodiek 1993; Lund/Schürmann 1994).

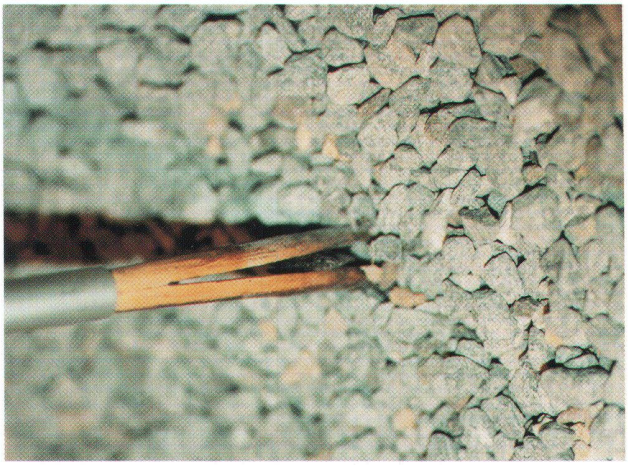
Als Versuchspfeile wählten wir eine (im schweizerischen Neolithikum zwar nicht existierende) Pfeilversion: eine Konstruktion mit kurzem, leicht auswechselbarem Vorschaft. Dieser besteht immer aus einem Stück Wolligem Schneeball von ca. 10 mm Durchmesser, 12 cm Länge und 9 g Gewicht (inkl. Pfeilspitze und Verklebung von je ca. 2 g). Der restliche Schaft war ein käuflicher, gefiederter 10 mm-Rundstab aus Buche von 74 cm Länge und 45 g Gewicht (inkl. Kupplung). Die Einsteckkupplung bestand aus einem 10 cm langen Aluröhrchen. Dieses Pfeilkonzept bringt eine beachtliche Geld- und Zeitersparnis infolge der Wiederverwendbarkeit der Hauptschäfte und hat zudem noch den Vorteil der rationellen Dokumentation und Archivierung, weil es erlaubt, neben den gebrauchten Spitzen nur noch die verwendeten kurzen Vorschäfte aufzubewahren (Abb. 11, unten).

Das Rohmaterial der Spitzen bestand aus honigbraunem Grand Pressigny-Silex (F) oder grauem Falster-Silex (DK), weil Jurasilex in der erforderlichen Menge und Form nicht zu beschaffen war. Die verwendete volu-

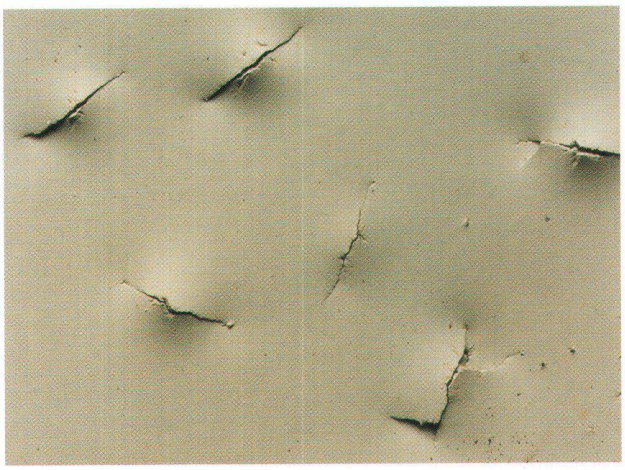
Schiessbetrieb auf 4 m in einem Innenraum. Die Zielbox ist mit einer 3 mm Filz/PVC-Folie bespannt.



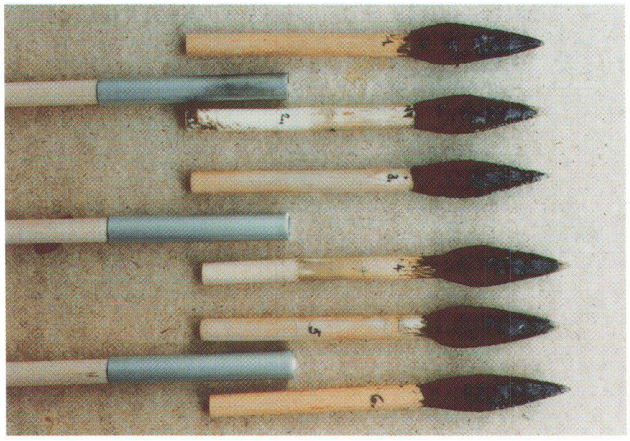
Beim Durchschlag entsteht Wärme, so dass ein Teil des Birkenpechs unter Geruchsbildung abgestreift wird.



Einfache Bergung der beschädigten Pfeilspitze durch Entfernen des trockenen 8/12 mm Hartsplittes.



Innenseite der Bespannung mit sechs scharf schneidenden Einschüssen.



Im Idealfall werden jeweils 3 Schüsse für jede Anordnung oder Fragestellung abgegeben und mit 3 Schüssen einer anderen Anordnung verglichen.

Dank den abnehmbaren Vorschäften ist eine vollständige Dokumentation der 44 durchgeführten Schiessversuche auf kleinem Raum möglich.

Abb. 11. Schiessversuche.

minöse Verklebungsart bestand aus der vollständigen Einhüllung der Basis und des unteren Teiles der Schneiden mit eigens dafür produziertem Birkenpech.

Die Herstellung der Kerben im rissfrei ausgetrockneten Vorschaft und die Ausführung der Verklebung durfte in unserem Fall mit modernen Mitteln ausgeführt werden. Es wurden also Feilen und Stahlmesser statt Silex, ferner Spritflamme und metallene Lötkolben etc. anstelle urgeschichtlich aussehender Handarbeit eingesetzt. Die Schnürung, falls angebracht, bestand immer aus den Fasern der Achillessehne eines Rindes.

Es wurde immer der gleiche Langbogen (Zugkraft 48 Pfund, Typus Lötschental) aus Eibenholz von Urs Huber verwendet. Jeder Schuss wurde mit einem Auszug von genau 70 cm (also bis Hinterkante Hülse) abgegeben.

Der Schussabstand wurde mit 4 m bewusst extrem klein gewählt, da es hier nur auf eine konstante (und realistische) Aufprallgeschwindigkeit ankam und es nie darum ging zu zeigen, wie gut der Schütze trifft. Ausserdem lässt sich so auch bei Regen oder im Winter arbeiten, beispielsweise in einer gewöhnlichen Garage.

Beim Bau der Zielbox wurde das Analogon eines Treffers in die härteren Teile eines Huftieres oder eines Fehlschusses in steinige Erde nachmodelliert und ein reiner Fleisch- oder Felseinschuss ausgeschlossen. Die Zielbox entspricht der vorliegenden Projektaufgabe sehr gut und hat sich bewährt. Sie besteht aus einer soliden Holzkiste von 30×30×25 cm Inhalt, die mit Strassensplitt gefüllt wird und auf einer Breitseite mit einer straffen 3 mm Filz/PVC-Folie (anstatt Fell oder Gras) bedeckt ist. Die Befestigung der Folie war so konstruiert, dass sich die Pfeilschäfte und ihre Spitzen vollständig und schnell bergen liessen. Die Wirksamkeit der Zielbox hängt im Detail stark von der Granulometrie, Form und Feuchtigkeit der Splittfüllung ab. Für die vorliegende Fragestellungen hat sich am besten eine trockene, gebrochene Hartsplittmischung 8/12 mm bewährt, welche immer wieder verwendet wurde.

5.3. Versuchsablauf

Es wurden immer drei gleiche Pfeile pro Versuchsparameter abgeschossen und dabei die folgenden Variablen, wenn möglich als Gegensatzpaare in der gleichen Serie, vorgesehen und getestet:

- Geschnürte oder ungeschnürte Ausführung der Verklebung.
- Voluminöse oder bewusst sehr sparsame Verklebung.
- Wiederverwendung von reparierten Silexspitzen verglichen mit neuen.
- Wiederverwendung von durch Schnürung reparierten, ehemals gespaltenen Schäften, verglichen mit der Wiederverwendung von geschnürten und unbeschädigten Schäften.
- Überprüfung der Herstellungsthese und der Beschädigungsmuster.
- Vergleich zwischen verschiedenen Splitmischungen.

In einem standardisierten Schiessbetrieb wurden total 44 Schüsse abgegeben. Über jeden Schuss wurde ein Protokoll geführt, welches die Identifikation von Schaft und Spitze sowie die Vorgeschichte enthielt. Das Schussergebnis bestand aus der Kategorie und der Intensität der Beschädigung, dem Verhalten der Verklebung und Schnürung sowie den üblichen weiteren Beobachtungen (u.a. die Eindringtiefe). Im ganzen bedeutete dies die regelmässige Durchführung von jeweils über 36 Beobachtungen oder Entscheiden pro Schuss. Die so aufgebaute neue Datenbank umfasst also über 1500 Informationen (sowie etwa 300 Makrofotos).

5.4. Resultate

5.4.1. Allgemeines

Die Zielbox soll der jeweiligen Aufgabe angepasst und trennscharf sein. Ideal ist beispielsweise, wenn die weiter oben beschriebenen diversen Parameter, insbesondere die Gegensatzpaare, auch klar unterschiedliche Ergebnisse hervorbringen.

Generell zeigte sich, dass die sehr grossen Pfeilspitzen (ab ca. 40 mm) im Schiessbetrieb keine besonderen Vorteile aufweisen. Im Gegenteil: Es muss viel Kleber verwendet werden, es entsteht ein höheres Gewicht und der Halt in der Kerbe ist vergleichsweise schlechter. Es verbleibt aber der Vorteil der mehrfachen Reparaturmöglichkeit.

5.4.2. Einzelergebnisse und deren Konsequenzen

Zur scharfen Ausbildung der Basis und zur Frage der Schnürung

- Eine V-Kerbe gibt aus Festigkeitsgründen einer Spitze sehr viel mehr seitlichen Halt als eine U-Kerbe mit ihren viel dünneren Flanschen. Damit aber eine Dreieckspitze überhaupt in eine solche V-Kerbe passt, muss die Basis scharf ausgebildet sein (Abb. 12). Diese scharfe Basis hat zwar den Nachteil, dass sie den Schaft beim Aufschlag spalten kann. Doch würden an der Basis stumpfe oder gar flache Spitzen, die nur in eine U-Kerbe passen, zwar letztere nicht spalten, aber dafür fast immer seitlich ausbrechen, weil deren U-Flanschen zu dünn sind. Um also die bedeutenden Vorteile der V-Kerbe ausnutzen zu können, muss das

Aufspalten durch Schnürung unter der Verklebung verhindert werden.
- Die Versuche ergaben auch, dass alle geschnürten Schäfte, ausnahmslos und bei jeder Splitmischung, unbeschädigt bleiben, sogar bei mehrmaliger Wiederverwendung.
- Gespaltene Schäfte können durch nachträgliche Schnürung vollwertig repariert und anschliessend ebenfalls mehrere Male verwendet werden.
- Bei den durchgeführten Versuchen mit schwachen Einstellungen der Zielbox (feuchter Feinsplitt) blieben einmal beinahe 50% der ungeschnürten Schäfte ebenfalls ungespalten. Hingegen wurden bei der definitiven und trockenen Splittmischung 8/12 mm 75% aller ungeschnürten Schäfte gespalten.

Die Frage nach der Schnürung erweist sich also als Frage nach dem akzeptablen Risiko des Aufspaltens. Unter der berechtigten Annahme, dass Jäger keine solchen unnötigen Risiken eingehen, lassen die Versuche vermuten, dass alle Horgener Schäfte geschnürt waren.

Abb. 12. Zur Frage der Kerbe und der Schnürung: Die U-Kerbe (links) neigt zum Abbrechen eines Flanschen. Die ungeschnürte V-Kerbe (Mitte) neigt zum Aufspalten. Einzig die geschnürte V-Kerbe (rechts) hält immer.

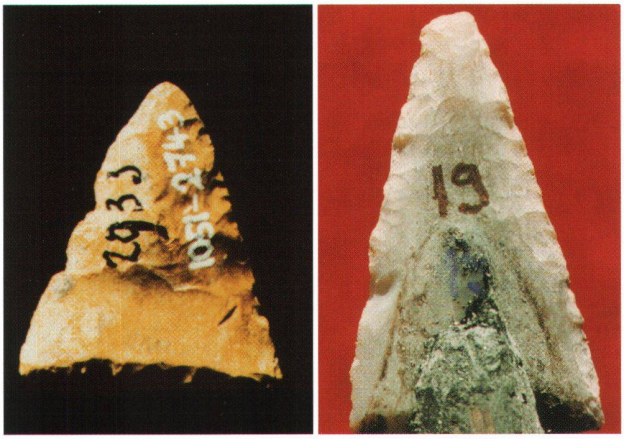
Zur voluminösen Verklebung

In unserer Praxissimulation zeigte die voluminöse, die Basis umhüllende und bis weit zur Spitze reichende Verklebung (Abb. 13), im Vergleich zu einigen mitgeprüften sparsameren Verklebungen ohne eingehüllte Basis, folgende Vorteile:
- Eine maximale und allseitige solide Fixierung der Spitze in der V-Kerbe. Gerade wegen dieser guten Fixierung kommt es gelegentlich vor, dass eine Flügelspitze in der Klebung bereits bei härterem Aufschlag abbricht, was offenbar in Kauf genommen wurde.
- Eine Reduktion der seitlichen Gebrauchsschäden im hinteren Teil der Spitze.
- Ein sicherer Feuchtigkeitsschutz für die Schnürung und das stark beanspruchte Stirnholz der V-Kerbe.
- Eine Erleichterung beim Nachretouchieren in der Hand, denn bestenfalls ist sogar ohne Handschutz und Haltevorrichtung eine gute Kleinreparatur noch in der Verklebung durchführbar.
- Verhinderung des in der Horgener Kultur offenbar nicht erwünschten Widerhakeneffektes einer Dreieckspitze.

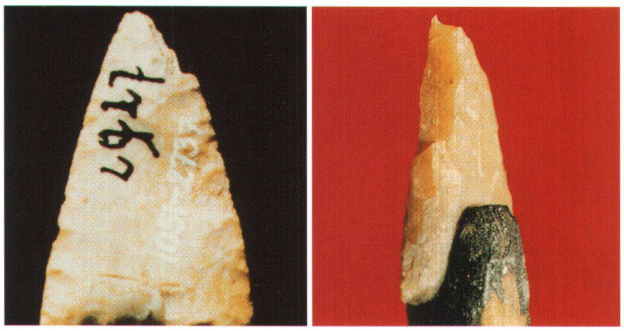
Abb. 13. Die Vorteile der voluminösen Verklebung. Die Bildsequenz zeigt die neue Spitze 16 in der V-Kerbe des gebrauchten, geschnürten Schaftes 9 (links). Die voluminöse Verklebung (Mitte) schützt Schnürung und Stirnholz vor Feuchtigkeit und gibt der Spitze maximalen Schutz und Halt, auch bei einem sehr starken Aufprall nach dem Schuss (rechts).

Zusammenfassend erscheint die voluminöse Verklebung als das Resultat eines rational nachvollziehbaren Optimierungsprozesses im System Pfeil und Bogen. Einmal zur Tradition geworden, wurde diese Lösung beibehalten, auch wenn der erforderliche Aufwand nicht zu übersehen ist.

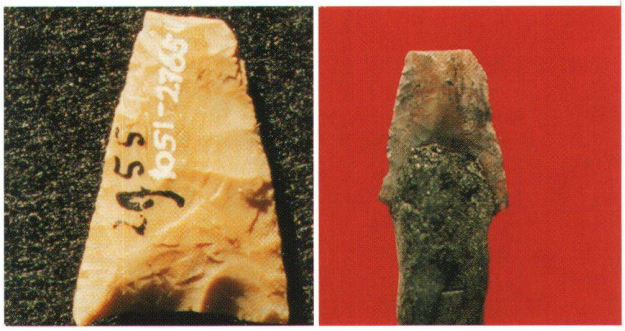
Impaktschaden.



Laterale Beschädigung, punktuell.



Stichelförmige Beschädigung.



Schaden aus Biegebruch.

Flächenschaden.

Beschädigung der Flügelspitze.

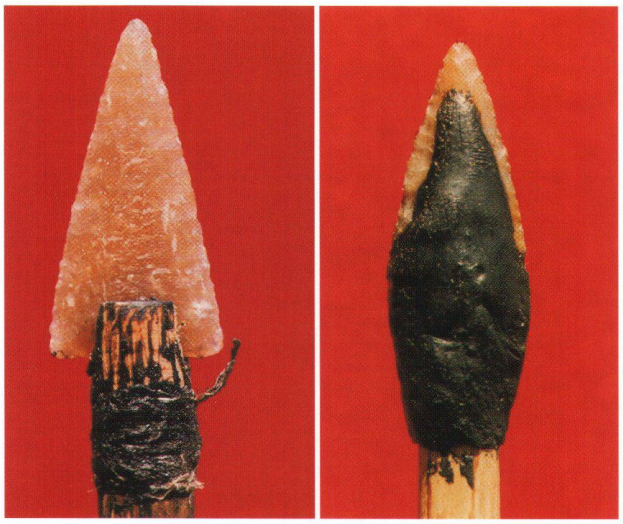
Abb. 14. Die Beschädigungsmuster. Die Schäden an den Originalen (links) und Replikaten (rechts) sind weitgehend identisch. Dies ist ein starkes Indiz dafür, dass sie beim Gebrauch auf der Jagd entstanden und nicht als Ablagerungs- oder Trampelschäden zu deuten sind. Ferner bestätigt die Übereinstimmung der Schadenmuster, dass die Zielbox die realen Verhältnisse gut simuliert.

Prüfung der Herstellungsthesen und der Beschädigungsmuster

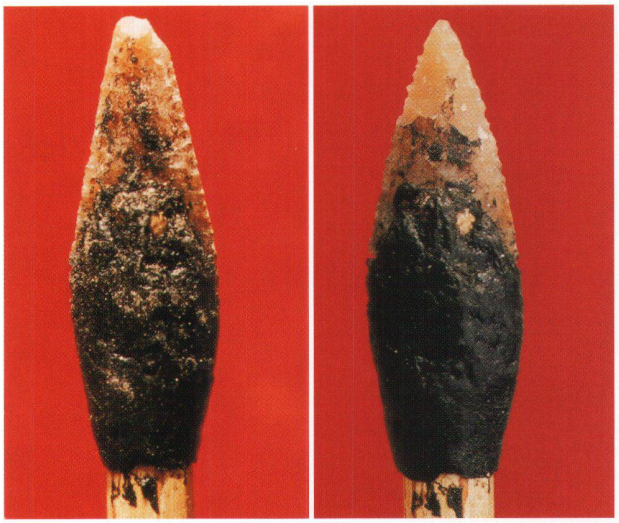
- Die replizierten Silexspitzen verhielten sich beim Schiessen nach heutigen Bergriffen einwandfrei, d.h. solide und von grosser Durchschlagskraft. Damit werden die vorgeschlagenen Herstellungsthesen erhärtet oder wenigstens nicht falsifiziert.
- Die im Analysenensemble angetroffenen sechs Beschädigungsmuster sind bei den Schiessversuchen alle wieder aufgetreten, und es kam kein neues Muster hinzu (Abb. 14). Damit sind indirekt nochmals die Herstellungsthesen bestätigt, und es wird (als schönes Nebenergebnis) die Zweckmässigkeit der Zielbox illustriert sowie nachgewiesen, dass unterschiedliche Silexrohstoffe keinen relevanten Einfluss auf die entstehenden Beschädigungsmuster haben.

Diagnose der vier Reparaturmuster

- Die im Schiessprogramm durchgeführten 14 eigenen Reparaturarbeiten bestätigten die Praxistauglichkeit



Neue Spitze in einem gebrauchten, geschnürten Schaft, vor und nach der Verklebung.



Impaktschaden nach einem ersten Schuss und Nachschärfen derselben Spitze direkt in der Verklebung.

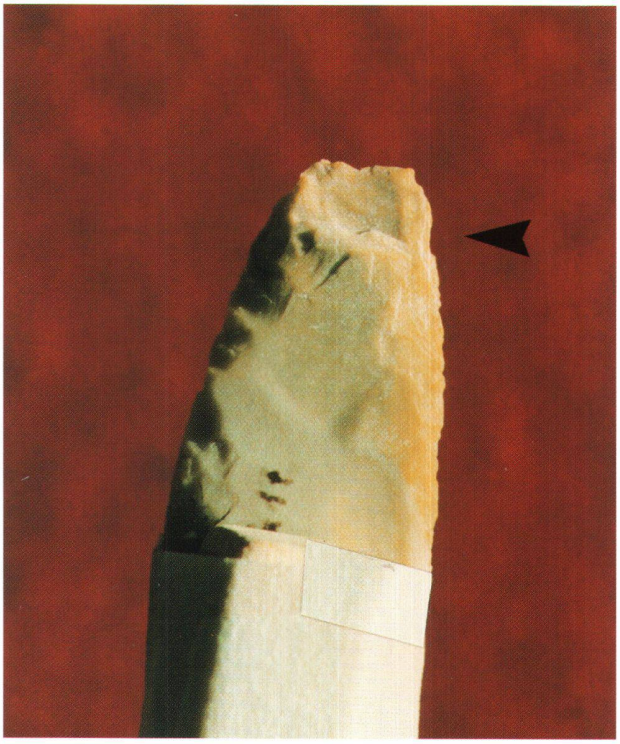
Grösserer Impaktschaden der gleichen Spitze nach dem zweiten Schuss (links) und zweite Reparatur in der etwas angepressten, aber noch nicht ergänzten Verklebung (rechts). Die gleiche Spitze ist im Bild rechts (unten) nochmals gezeigt.

Original 2972 (oben, links und rechts) und zweifach repariertes Replikat (unten, links und rechts). Im Grundriss sind die Reparaturmuster «Knick» deutlich zu sehen. In der Seitenansicht zeigen beide Spitzen nach links. Die Indizes lauten: D/L = 0.27, B/L = 0.83.

Abb. 15. Beispiel für mehrfache Reparatur. Die Wiederholungen führen mit zunehmender Wahrscheinlichkeit zum Merkmal «Index B/L».

der im Ensemble diagnostizierten Muster (Abb. 15). Es ist jetzt zweifelsfrei nachgewiesen, dass ohne weiteres eine grössere Pfeilspitze einmal, wenn nötig sogar zwei- oder gar dreimal repariert werden kann. Im Wiederholungsfall resultieren die oft vorkommenden sehr kleinen, gedrungenen Formen mit dem Reparaturmuster «Index» (B/L und/oder D/L). Ferner wurde offensichtlich, dass kleinere Beschädigungen bequem und schnell in der Schäftung repariert werden können. Anschliessend genügt ein neues Erwärmen, Ergänzen und Andrücken des bestehenden Klebers.

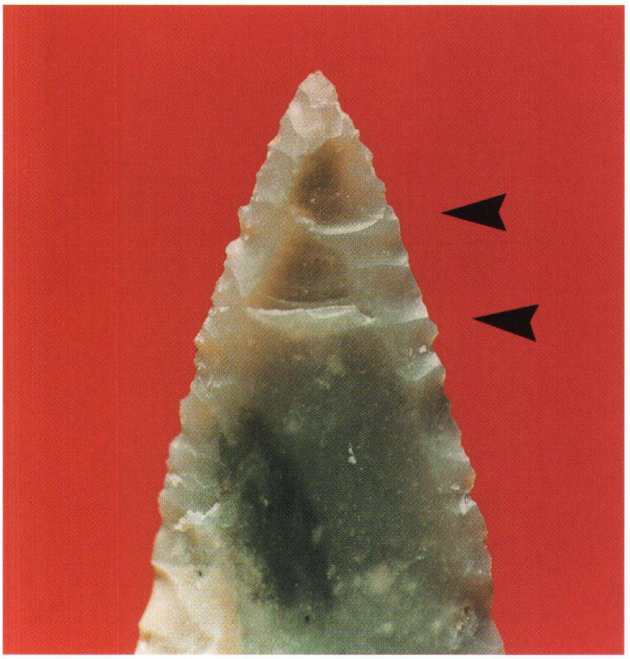
– Die replizierte Behebung eines Impaktschadens ergab ohne besondere Absicht eine im Grundriss sehr spitzige Pfeilspitze mit dem im Analysenensemble oft festgestellten Reparaturindiz «Impakt» (Abb. 16, unten rechts). Die im Grundriss gerundete Ausbildung der Pfeilspitze (Abb. 10, oben) darf also nicht immer als Folge einer Reparatur betrachtet werden, denn nicht nur ist die hier gezeigte Replikation im Grundriss spitzig, sondern im Ensemble hat es ebenfalls grosse und wahrscheinlich nie reparierte Spitzen, die in der gleichen Art vorne gerundet sind.



Teilansicht von Original G171 mit Impaktschaden und einer starker Abtreppung quer zur Schussrichtung.

Replizierte Spitze Nr. 22 zeigt ein sehr ähnliches Beschädigungsmuster mit 2 Abtreppungen, sowie Aufspaltung des ungeschnürten Schaftes.

Unbeschädigtes Original Nr. 2923 zeigt 2 starke Abtreppungen quer zur Schussrichtung, die bei einer Druckbearbeitung von der Seite her nicht zu erwarten wären. Die im Grundriss leicht gerundete Spitze ist in der Seitenansicht sehr scharf.



Reparatur von Nr. 22 durch seitliche Retouchen im Spitzenbereich ergibt die gleichen Merkmale wie beim Original links. Dies ist ein starkes Indiz dafür, dass die unbeschädigte Spitze Nr. 2923, links, repariert worden ist.

Abb. 16. Beispiel für Reparatur von Impaktschäden. Links die Originale, rechts die Replikate.

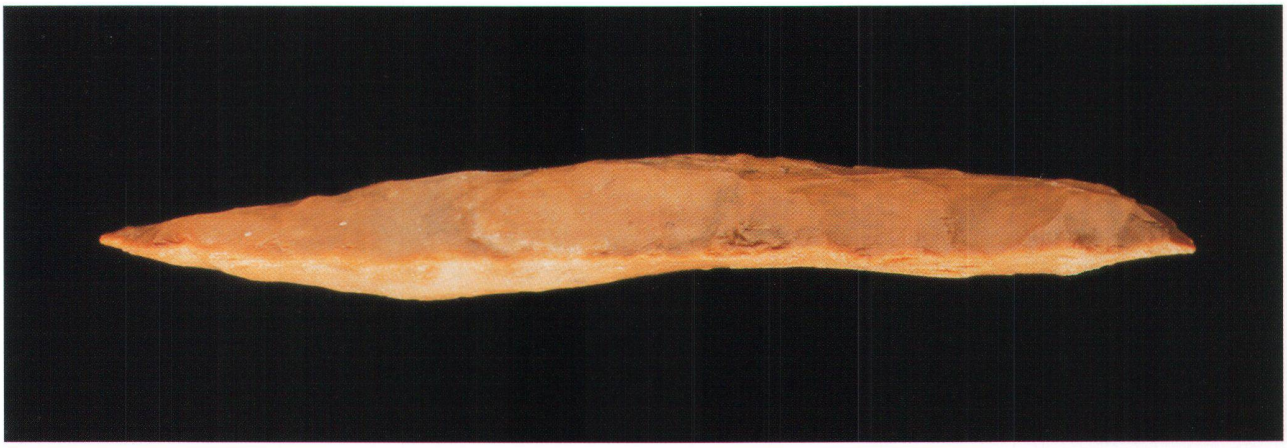


Abb. 17. Die Handschrift des Meisters. Die grösste Spitze im Analysenensemble (Nr. 2902) ist zugleich eine der besten und informativsten: L = 49.8 mm, B = 17.6 mm, D = 5.5 mm. Trotz der stark gebogenen Grundform sind beide Schneiden vollkommen gerade. Erkennbar ist ferner die typische Fisch-Form in der Seitenansicht (im Querschnitt Dach-Form), mit scharfer Spitze und tief liegender Basis. Im Grundriss ist die Spitzenpartie gerundet und die Retouchierarbeit zeigt einige gebogene Retouchenbahnen und mehrere Versuche eine Abtreppung zu durchstossen; für die Erläuterung der Begriffe s. Abb. 2.5.

- Grössere Beschädigungen müssen natürlich ausserhalb der Schäftung repariert und die Spitzen anschliessend wieder normal eingeklebt werden. Eine solche Arbeit dauert immer noch viel weniger lang, als die Herstellung und Schäftung einer frischen Silexspitze (Abb. 16).

6. Schlussbetrachtungen und Erfahrungen

Die Silexspitze ist nur als ein Element im Kompositgerät Pfeil zu verstehen. Beim Gebrauch wird die Spitze öfters beschädigt, sie kann aber auch leicht wieder nachgeschärft oder repariert werden. Nach heutigen Begriffen waren also damals die Pfeilspitzen schon eindeutige Verbrauchs- oder Ersatzteile, dies im Gegensatz zu einem gefiederten und geschnürten Schaft, der über längere Zeit wiederverwendet werden konnte.

Jeder zukünftige typologische Ansatz muss der Verklebungsart, der Schnürung und dem Verbrauch an Länge und seitlicher Schneidekante gebührend Rechnung tragen. Anders gesagt: Allzu subtile, oder einseitig nur morphologische Typologien machen für Verbrauchsartefakte wie Pfeilspitzen grundsätzlich keinen Sinn.

Beim Betrachten der meisten Horgener Pfeilspitzenensembles mag auf den ersten Blick der Eindruck entstehen, dass die Bearbeitung der Artefakte uneinheitlich, fast ein wenig zufällig, um nicht zu sagen nachlässig war. Man erkennt sogar ziemlich viele breite Abtreppungen oder andere Details, die einen heutigen Silexbearbeiter ärgern würden, und absichtliche Zierretouchen fehlen vollständig. Dazu kommt die Feststellung, dass in vielen heute überlieferten Ensembles die auffällig schönen Spitzen überhaupt fehlen.

Aufgrund dieses Tatbestandes könnte somit die Schlussfolgerung von einer gewissen Dekadenz des Handwerks entstehen, wie sie manchmal auch im Zusammenhang mit der grobschlächtigen Horgener Keramik geäussert wird. Dies wäre aber nach der Meinung des Verfassers ein Fehlschluss, aus folgenden Gründen:

- Die konsequente konzeptionelle Verbindung der Gestalt der Rohform mit den charakteristischen Formpaaren der herzustellenden Pfeilspitzen ist komplex und spricht für einen klaren technischen Durchblick.
- Das (zwar seltene, aber doch absolut gesicherte) Auftreten von sehr langen Retouchen von der Basis her, von ausserordentlich feinen Querretouchen im Spitzenbereich oder von Versuchen des Durchstossens von Abtreppungen zeigt (Abb. 10), dass das vollständige Repertoire der perfekten Silexbearbeitung bekannt war. Dass nicht häufiger ästethisch schönere Spitzen vorkommen, liegt also nicht am Können, sondern am Wollen (Abb. 17).

Es müssen folglich in diesem Ensemble – und wohl auch in allen anderen Horgener Siedlungen – im Gegensatz zu manchen Ensembles aus anderen kulturellen oder zeitlichen Kontexten ganz spezifische und differenzierende Prioritäten gesetzt worden sein. Beachtung fand eindeutig die Vermeidung überflüssiger Arbeit, die optimale Ausnützung der Grundformen, die Schonung der Werkzeuge sowie die sichere Erhaltung der befiederten Pfeilschäfte. In einem neuzeitlichen industriellen Rahmen würde dieses Verhalten zu einer hoch optimierten Produktion in einer Phase einer Mangelwirtschaft passen oder zu einer ganz allgemein verbreiteten Mentalität des extremen Kostenbewusstseins gehören. Unsere modernen Stichwörter wie Zeiteinsparung, Kostensenkung, Materialbewirtschaftung und Verlängerung der Ge-

brauchsdauer waren also damals, in anderer Form natürlich, schon vorhanden. Was an den Horgener Pfeilspitzen auf den ersten Blick als primitiv erscheinen mag, ist folglich in Wirklichkeit Ausdruck von hoher Effizienz und Intelligenz.

Peter Kelterborn
Rainstrasse 372
8706 Meilen

Bibliographie

Flenniken, J. (1985) Stone tool reduction techniques as cultural markers, in: Stone tool analysis, Essays in Honor of Don Crabtree, 265–276. University of New Mexico Press, Albuquerque.
Heizer, R.F./Kroeber, Th. (1979) Ishi the last Yahi. Berkeley, USA.
Honoré, P. (1969) Es begann mit der Technik. Stuttgart.
Junkmanns, J. (1996) Der jungsteinzeitliche Pfeil vom Zugerberg. Tugium 12, 87–95.
Kantonsarchäologie Zug (Hrsg.; 1996) Die jungsteinzeitlichen Ufersiedlungen von Hünenberg-Chämleten ZG. Antiqua 28. Basel.
Kroeber, Th. (1961) Ishi in two worlds. Berkeley, USA.
Lund, M./Schürmann, Ch. (1994) Schussversuche zur Wirkung und Schäftung einiger steinzeitlicher Projektilspitzen. Experimentelle Archäologie Bilanz 1994, 145–157.
Müller-Beck, J.-J. (1965) Seeberg Burgäschisee-Süd, Teil 5. Acta Bernensia II, 5, 74–80. Bern.
Plisson, H./Geneste, J.M. (1989) Analyse technologique des pointes a cran solutréennes. Paleo 1, 65–106.
Skavlem, H.L. (1930) Primitive Methods of Working Stones. Reprint 1980. Millwood, N.Y.
Stodiek, U. (1993) Zu Technologie der jungpaläolithischen Speerschleuder. Archaeologica Venatoria TMU 9. Tübingen.
Stodiek, U./Paulsen, H. (1996) Mit dem Pfeil, mit dem Bogen. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 16, 16–38. Oldenburg.
Titmus, G.L./Woods, J.C. (1986) An experimental study of projectile point fracture patterns. Journal of California and Great Basin Anthropology, 8, 1, 37–49.
Whittacker, J.C. (1994) Flintknapping. Austin, Texas.
Wyss, R. (1976) Das jungsteinzeitliche Jäger-Bauerndorf von Egolzwil 5 im Wauwilermoos. Archäologische Forschungen. Zürich.
Wyss, R. (1983) Die jungsteinzeitlichen Bauerndörfer von Egolzwil 4 im Wauwilermoos. Archäologische Forschungen. Zürich.