

SONDERDRUCK AUS:

Offa

Berichte und Mitteilungen zur Urgeschichte, Frühgeschichte
und Mittelalterarchäologie

Band 35 • 1978

KARL WACHHOLTZ VERLAG NEUMÜNSTER

Rohkupferfunde vor Helgoland

Von Hans H. Stühmer, Helgoland; Horst D. Schulz, Kiel; Horst Willkomm, Kiel;
Bernhard Hänsel, Kiel

1. DIE FUNDGESCHICHTE

H. Stühmer

Im Jahr 1968 erfuhr ich zum ersten Mal von Berufstauchern, die vor Helgoland tätig waren, von angeblichen gefundenen „Kupferplatten“ im Seegebiet um Helgoland. Nachforschungen ergaben die Gewißheit, daß alle bis dahin gefundenen Platten als Kupferschrott an Schrotthändler veräußert worden waren, sie waren also unwiederbringlich verloren. Die Erinnerung an die Funde lebte jedoch weiter. Alte Helgoländer sprachen von einer „Kupferbark“, die in grauen Vorzeiten vor Helgoland gesunken sein soll und ihre Ladung Rohkupfer mit in die Tiefe genommen habe. Die Verfechter der „Atlantis“-Theorie sahen ihre Auffassung bestätigt, daß die Atlanter hier auf Helgoland ihr Kupfer gewonnen und verarbeitet hätten. Zu beweisen war keine Theorie, da die Fundobjekte fehlten. So gerieten die geheimnisvollen Platten wieder in Vergessenheit.

Drei Jahre später tauchte plötzlich eine der verschwundenen Platten wieder auf (Abb. 3,2). Der Leiter der Helgoländer Munitionsräumgruppe hatte sie als Erinnerungstück aufgehoben und schenkte sie mir, damit weitere Nachforschungen angestellt werden könnten. Es handelt sich um einen Gußkuchen von rund 25 cm Durchmesser mit einem etwas außermittig liegenden Loch. Auf Umwegen gelangte eine Fotografie dieser Platte an G. Gadow, den Verfasser des Taschenbuchs „Der Atlantis-Streit“¹. Er beschrieb sie jedoch fehlerhaft als Fund vom „Steingrund“, einer Untiefe 10 Seemeilen westlich von Helgoland. Diese falsche Aussage gab zu ungerechtfertigten Spekulationen um eine bronzezeitliche Besiedlung des „Steingrundes“ Anlaß.

Nachdem ich zum Ingenieur-Taucher ausgebildet worden war, hatte ich mehrfach die Möglichkeit, im Rahmen von Trainingstauchgängen nach weiteren

Kupferplatten Ausschau zu halten. Ich hatte jedoch nur einmal das Glück, mehrere Platten unterschiedlichster Größe und Form deponieartig gelagert zu finden. Während die großen Fladen und Bruchstücke davon weitgehend von Kreide- und Buntsandsteingeröllen verdeckt waren und nur durch Zufall als Gußkuchen identifiziert werden konnten, lagen fünf kleinere diskusförmige Gußfladen aneinandergereiht in einer ausgewaschenen, von der Natur geformten Rinne aus anstehendem Oberkreidefelsen. Dieser Fund ist noch komplett vorhanden und soll hier bekanntgemacht werden. Er wurde in dem auf Abb. 1 gekennzeichneten, hier nicht näher bekanntgegebenen Gebiet südlich des Vorhafens geborgen.

Jahrelange Bemühungen Herkunft, Zusammensetzung und Alter der Kupferplatten zu erfahren, blieben erfolglos. Mehrere Analysen wurden von verschiedenen Industrieunternehmen durchgeführt, sie brachten nicht mehr als Kenntnis über die Zusammensetzung des Gußmaterials. Konkrete Hinweise auf seine Herkunft und Vergangenheit blieben jedoch aus. Es scheint, daß der Fund vor Helgoland nicht der einzige seiner Art ist, denn angeblich stammt ein Fund ähnlicher Platten aus der Süderpiep, einem Seegebiet vor Büsum, der durch ein Fischereifahrzeug geborgen sein soll. Er könnte auf eine Land- oder Seeverbindung zwischen Helgoland und Büsum hindeuten, wobei die Frage offenbleibt, ob das Rohkupfer von Helgoland stammt oder nicht.

Ich bin den Herren Dr. H. Schulz, Dr. H. Willkomm und Prof. Dr. B. Hänsel von der Universität Kiel dankbar, daß sie sich der Bearbeitung des Fundes angenommen haben.

¹ G. Gadow, Der Atlantis-Streit (Frankfurt a. M. 1973) 145 Abb. 45.

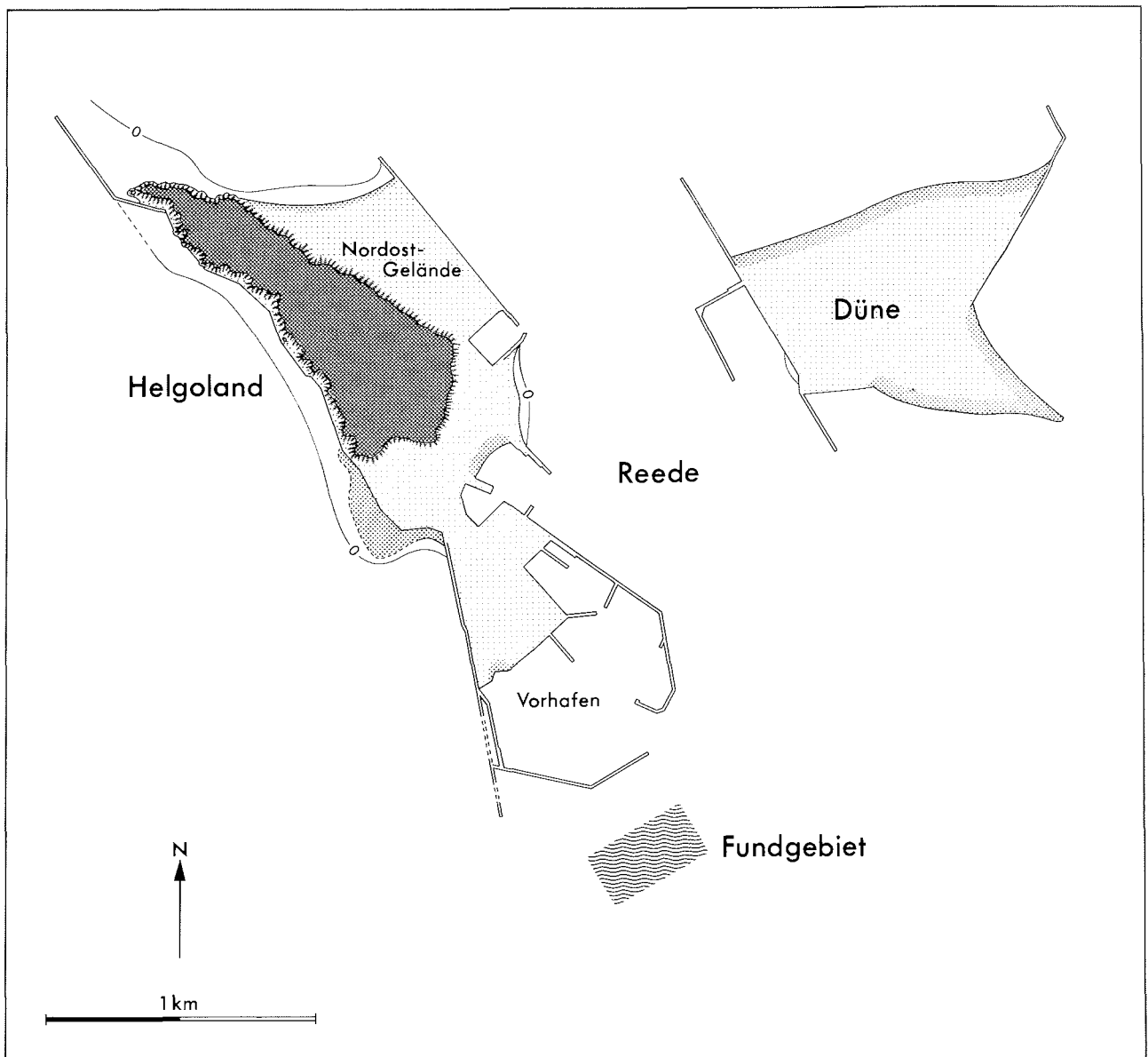


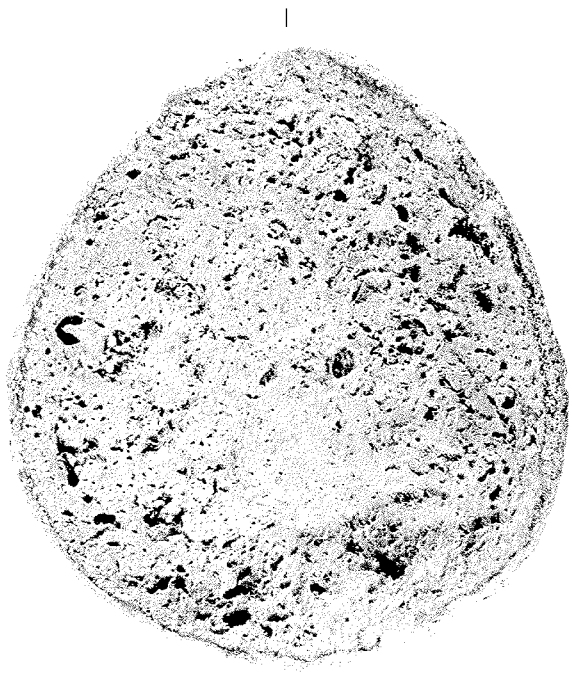
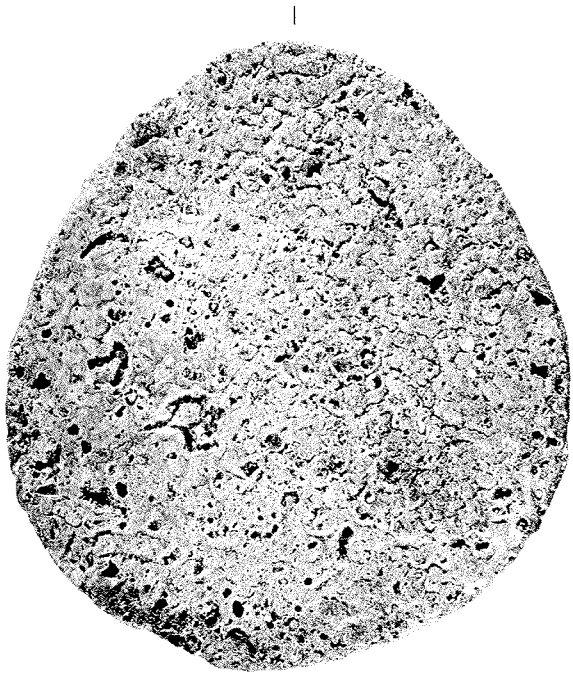
Abb. 1. Ungefähre Fundstelle der Kupferplatten südlich vor Helgoland.

Im einzelnen handelt es sich um folgende Fundstücke:

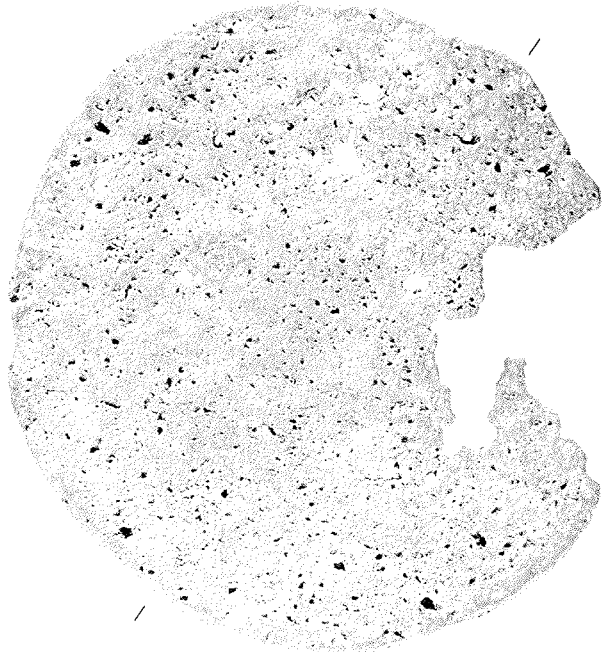
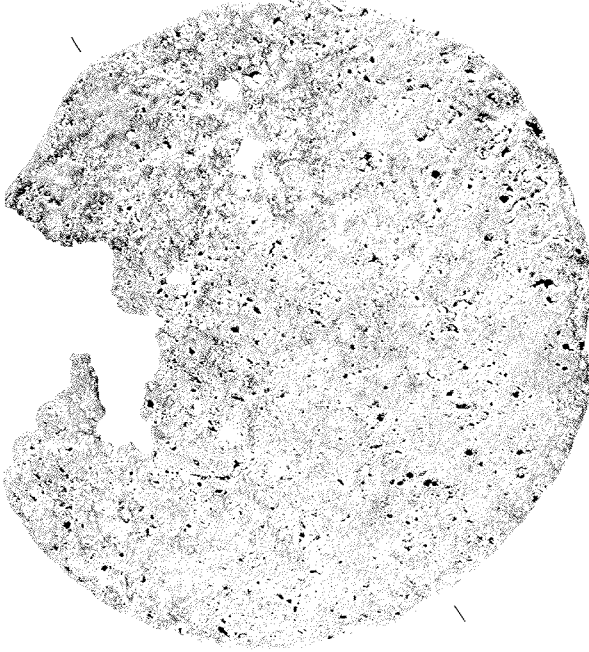
1. Große unregelmäßige Scheibe mit verdicktem und steilem Rand; Gewicht 16 600 g, Dm. 45–50,5 cm, Abb. 2, 1 und 6.
2. Ähnliche, nur wenig flachere Scheibe mit steilem Rand. An einer Stelle ist der Rand unregelmäßig unterbrochen; Gewicht 8655 g, größter Dm. 52 cm, Abb. 2, 2.
3. Flache Scheibe mit steilem Rand, mehreren Löchern und einseitig ausgefranstem Randung; Gewicht 6925 g, größter Dm. 38 cm, Abb. 3, 3.
4. Kleine Scheibe mit größeren Durchlochungen, einseitig ausgefranstem und flach geneigtem Rand; Gewicht 1200 g, größter Dm. 20 cm, Abb. 5, 6.

5. Sieben Segmentbruchstücke unterschiedlicher Größe von ähnlichen, zumeist flacheren Scheiben mit verschiedener Randneigung.

- a) Abb. 3, 1; größter rekonstruierter Dm. 44 cm, Gewicht 2300 g
- b) Abb. 4, 1; größter rekonstruierter Dm. 50 cm, Gewicht 5150 g
- c) Abb. 4, 2; größter rekonstruierter Dm. 42 cm, Gewicht 5260 g
- d) Abb. 4, 3; größter rekonstruierter Dm. 41 cm, Gewicht 4695 g
- e) Abb. 5, 7; größter rekonstruierter Dm. 52 cm, Gewicht 134 g



1



2

Abb. 2. Große Kupferscheiben mit steilem Rand von Helgoland. M. 1:6.

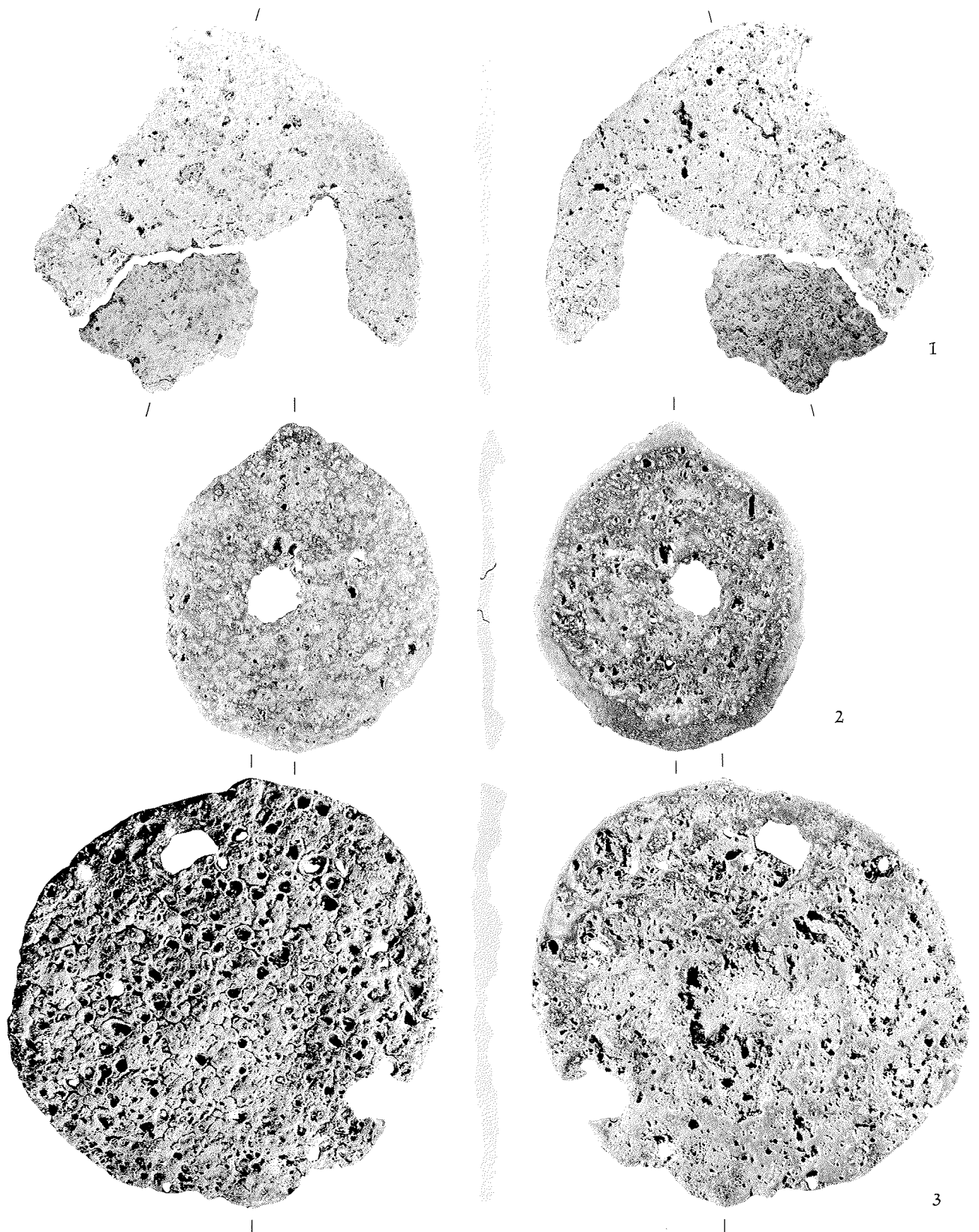


Abb. 3. Verschiedene Kupferscheiben von Helgoland. M. 1:6.

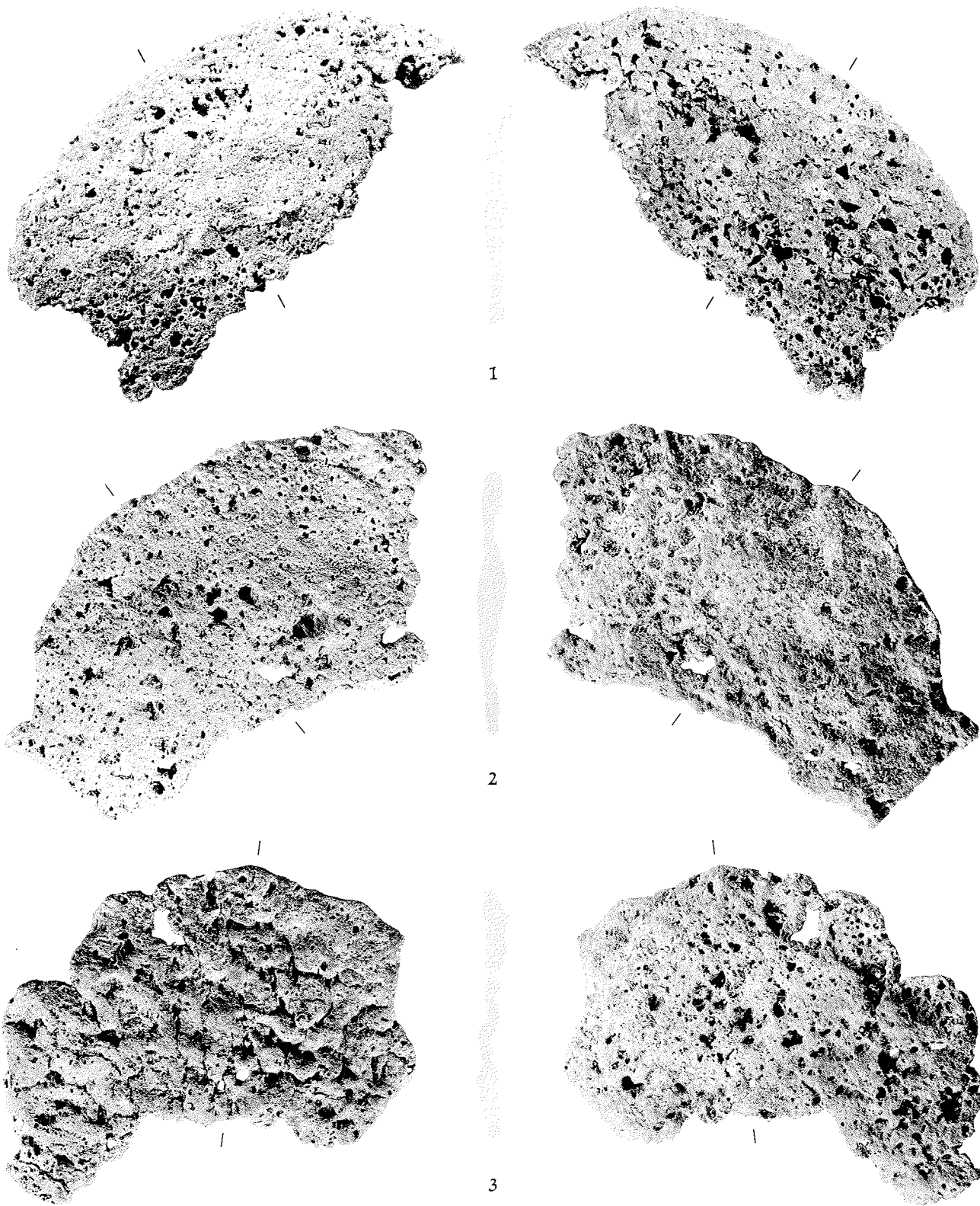


Abb. 4. Bruchstücke von Kupferscheiben von Helgoland. M. 1:4.

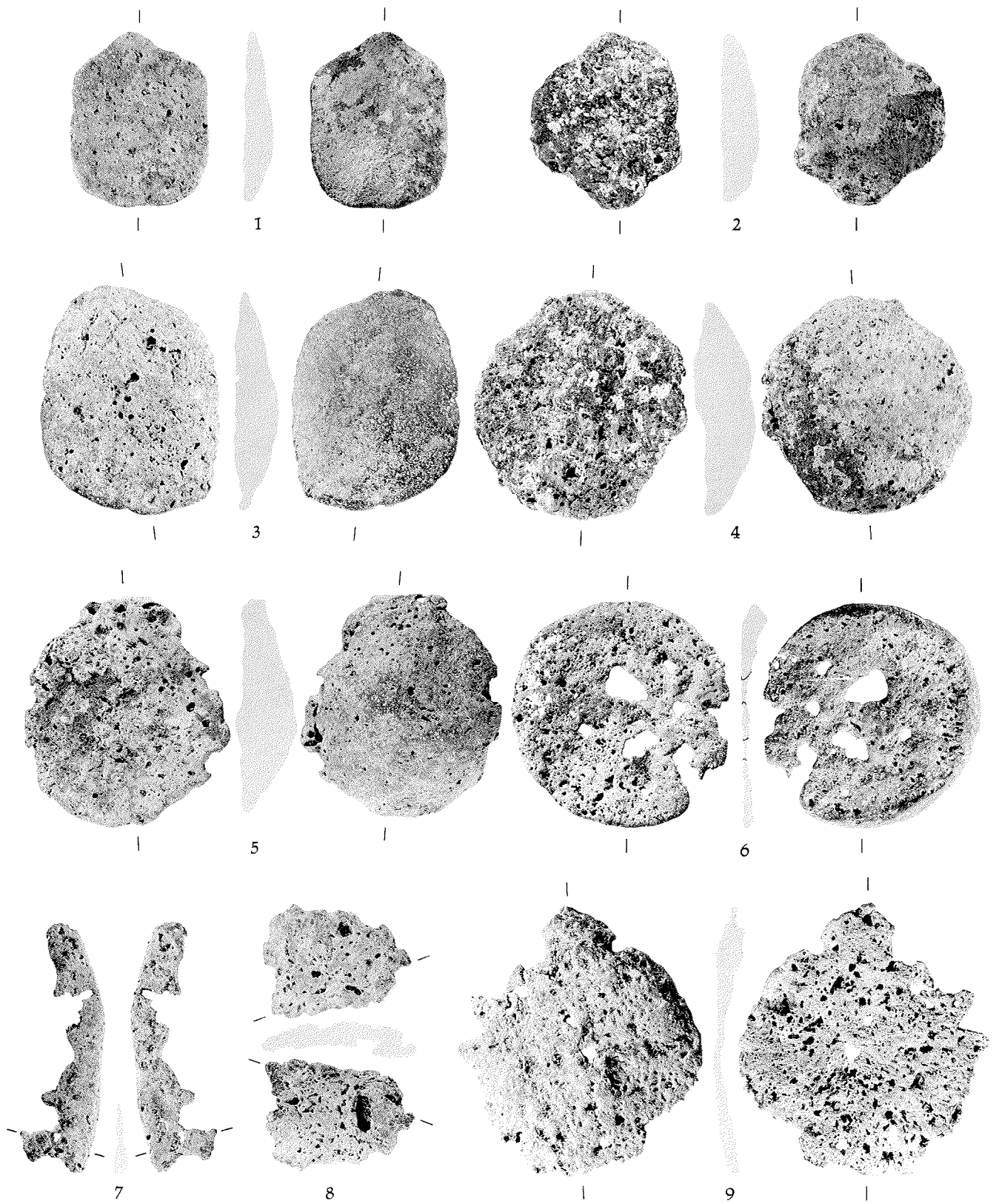


Abb. 5. Gewölbte Gußkuchen (1–5), kleine Scheibe mit flachem Rand (6) und Reste von größeren Scheiben (7–9). M. 1:5.

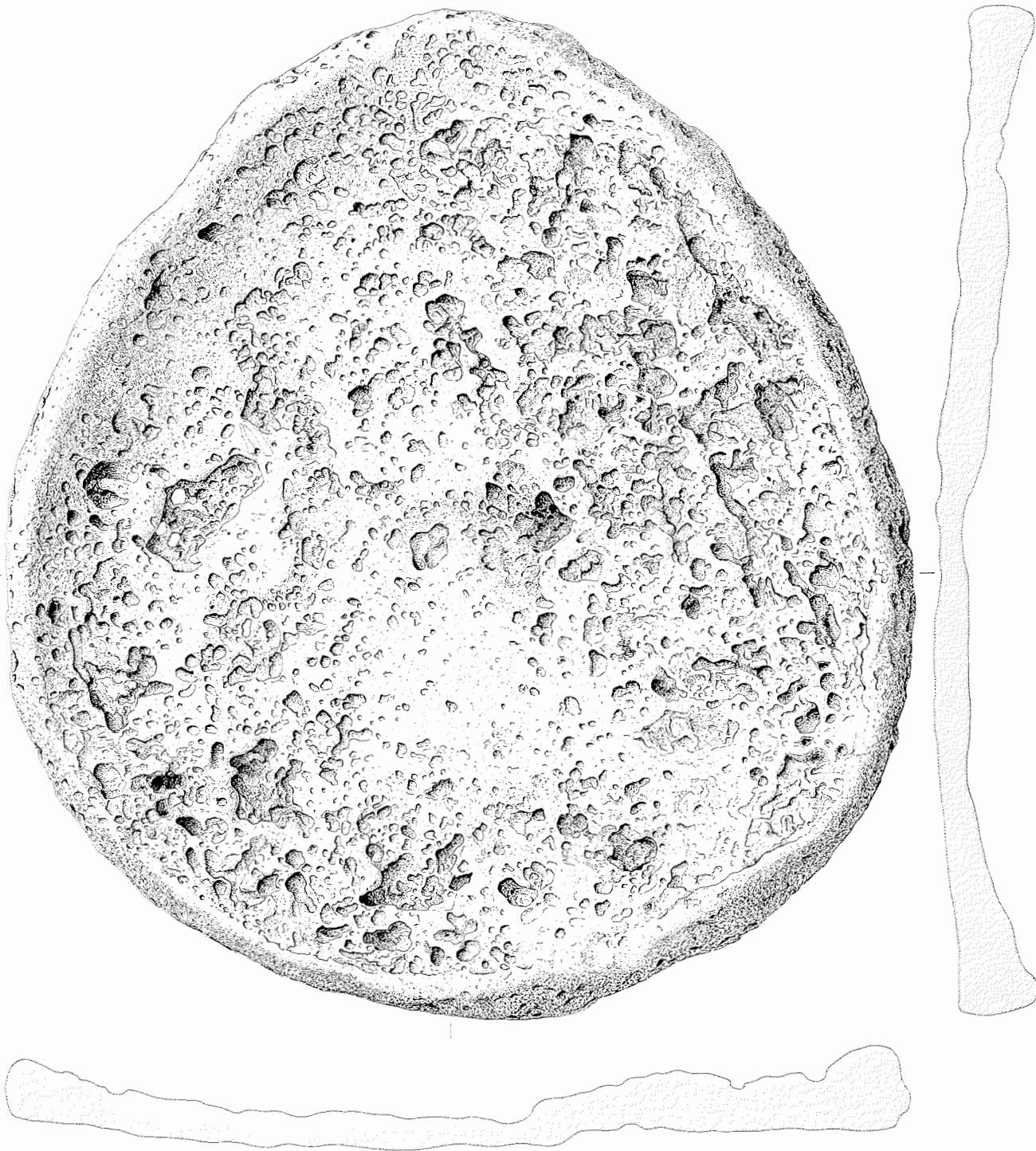


Abb. 6. Große Kupferscheibe mit steilem Rand von Helgoland. M. 1:3.

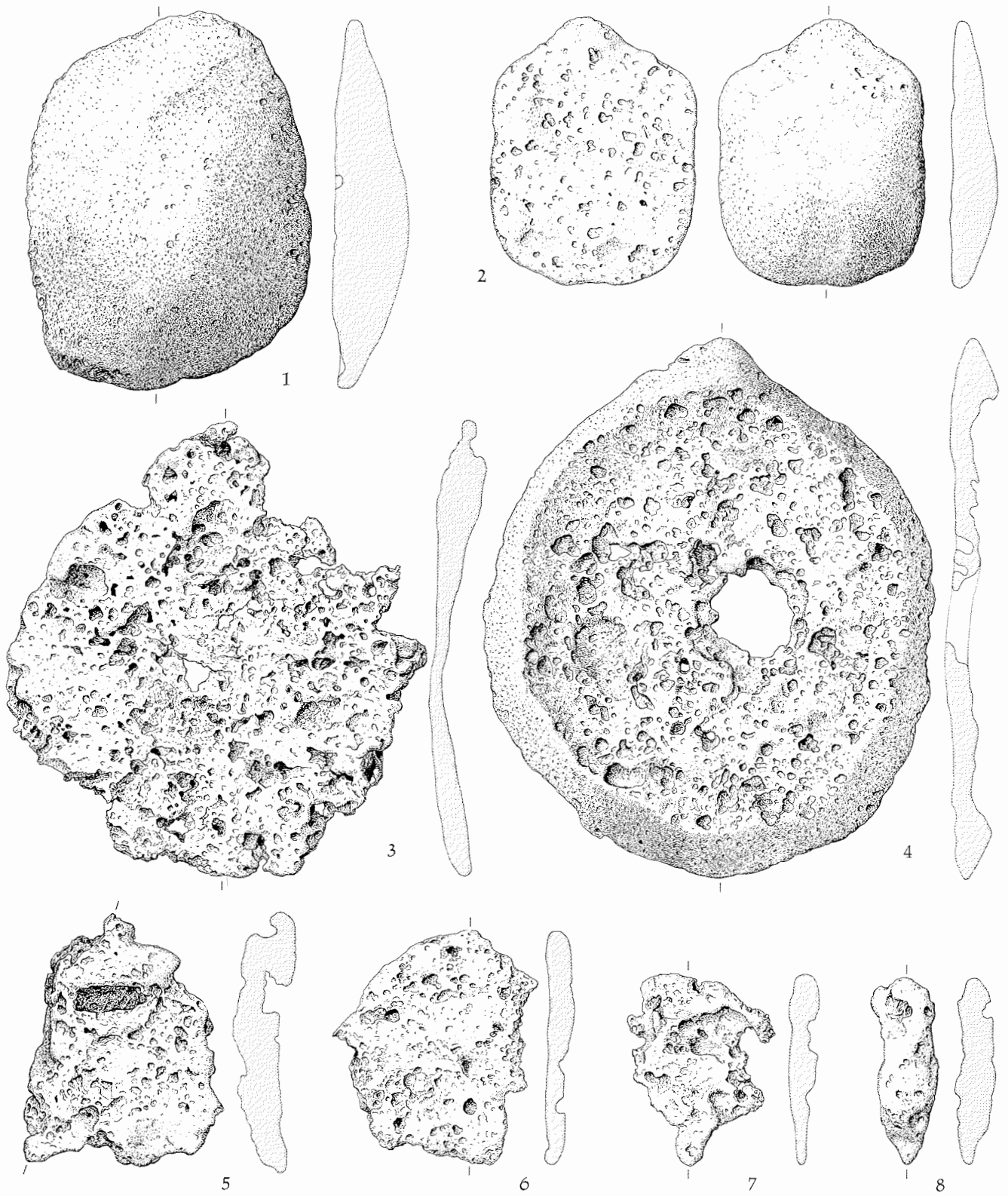


Abb. 7. Gewölbte Gußkuchen (1-2), Kupferscheiben (3-4) und Reste von solchen (5-8) von Helgoland. M. 1:3.

- f) Abb. 7, 6; größter rekonstruierter Dm. 24 cm, Gewicht 324 g
 g) Abb. 7, 7; größter rekonstruierter Dm. 18 cm, Gewicht 149 g
6. Zwei Bruchstücke unterschiedlicher Größe von Scheiben ohne Randansatz aus dem mittleren Teil.
 a) Abb. 5, 8 und 7, 5; größter Dm. 13,5 cm, Gewicht 320 g
 b) Abb. 5, 9 und 7, 3; größter Dm. 24 cm, Gewicht 660 g
7. Kleinere Reste von Scheiben ohne Randansatz von grobem Guß (für die C¹⁴-Analyse aufgelöst), zusammen 225 g.
8. Kleines zapfenartiges Rohkupferstück; größte L. 10 cm, Gewicht 56 g, Abb. 7, 8.

9. Fünf kompakte kleinere Gußkuchen mit glatter konvexer Unterseite und blasiger planer Oberseite.
 a) Abb. 5, 1 und 7, 2; größte L. 14 cm, Gewicht 950 g
 b) Abb. 5, 2; größte L. 15 cm, Gewicht 1475 g
 c) Abb. 5, 3 und 7, 1; größte L. 19,5 cm, Gewicht 2965 g
 d) Abb. 5, 4; größte L. 19 cm, Gewicht 3160 g
 e) Abb. 5, 5; größte L. 20 cm, Gewicht 3500 g

Nicht zu dem Fund gehörig, sondern aus der beschriebenen ersten Tauchaktion übriggeblieben ist:

10. Eine flache ovale Scheibe mit einem Loch in der Mitte, seitlichen Zapfen und dickem, sehr flach geneigten glatten Rand; Gewicht 2625 g, Dm. 23,5–28,5 cm, Abb. 3, 2 und 7, 4.

2. KUPFER-VERHÜTTUNG AUF HELGOLAND

H. D. Schulz

Einleitung

W. Lorenzen (1965) weist in kritischer Würdigung älterer Berichte sowie in Auswertung eigener Geländearbeiten und Verhüttungsversuche zwingend nach, daß eine Nutzung der oxidischen Helgoländer Kupfererze in der Vergangenheit möglich und sinnvoll gewesen wäre. W. Lorenzen sieht Helgoland dabei in erster Linie als Rohstoffquelle für die nordische Bronzezeit. Als Hinweis dafür wertet er zum Teil bemerkenswerte Übereinstimmungen in der Zusammensetzung nordischer Kupferfunde mit kleinen Kupferproben, die er bei der Probe-Verhüttung aus Helgoländer Erz erhielt.

Die im Beitrag von H. Stühmer beschriebenen Rohkupfer-Funde von Helgoland lassen im Zusammen-

hang mit den Ergebnissen von W. Lorenzen (1965) den Verdacht begründet erscheinen, daß es sich dabei um Verhüttungsprodukte des Helgoländer Kupfererzes handeln könnte.

Da die Fundumstände des Rohkupfers von Helgoland keine sichere Aussage über die Herkunft des Materials zulassen, kann eine Beantwortung dieser Frage nur vom Material selber kommen. Sie erfolgt hier auf der Basis chemischer Analysen des Metalls und verschiedener Erze auf die das Kupfer begleitenden Elemente. Die Zuordnung wird mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung und unter Anwendung statistischer Verfahren durchgeführt.

Das Helgoländer Kupfererz

Eine umfassende Beschreibung der Helgoländer Kupfererze in der Literatur (Hoffmann 1822, Bolton 1891, Pratje 1923, Wetzel 1925 und Schreiter 1932 – jeweils zitiert in Lorenzen 1965) und in eigenen Untersuchungen gibt W. Lorenzen (1965). Danach weist nahezu der gesamte Buntsandstein Helgolands zum Teil beachtliche Kupfer-Konzentrationen auf. Für die braunroten Siltsteine werden Gehalte von etwa 0,5 Promille Kupfer

genannt. Besonders auffällig sind leuchtend blaue Drusen mit Kupfercarbonat-Füllung. Die weitaus höchsten Kupfer-Konzentrationen weisen jedoch einzelne, oft übersehene Bänke im mittleren Buntsandstein auf, in denen das Kupfer vorzugsweise als Cuprit vorliegt. Auch bis erbsengroße Stücke von gediegenem Kupfer sind keine Seltenheit. Diese Bänke haben einen durchschnittlichen Kupfer-Gehalt von etwa 10 % Cu.

Stück-Nr.	Ø in cm	Cu	Ni	Cr	Cd	Ag	Pb	As	Co	Mn	Fe	Zn	Bi	Sb
–	50	945.0	0.84	0.0014	0.0001	1.47	0.25	14.0	0.032	0.001	0.085	0.047	38.1	0.28
9 b	14	940.0	1.74	0.0008	0.0001	7.65	2.23	3.2	0.065	0.001	1.32	0.087	38.2	0.23
9 e (1)	18	958.0	1.08	0.0008	0.0001	2.74	0.77	11.9	0.080	0.001	0.112	0.093	39.0	0.28
9 e (2)	18	965.0	0.86	0.0002	0.0001	1.98	0.56	8.7	0.063	0.001	0.020	0.103	39.1	0.30
9 d	19	890.0	1.50	0.0011	0.0001	3.54	0.58	13.0	0.073	0.001	0.19	0.040	37.6	0.38
9 c	17	949.0	0.93	0.0002	0.0001	2.22	0.38	21.9	0.016	0.001	0.008	0.042	39.1	0.56
10	26	902.0	1.50	0.0023	0.0001	2.21	0.80	14.0	0.035	0.008	1.44	0.076	38.0	0.36
5 a	42	894.0	1.33	0.0020	0.0002	2.82	0.78	12.2	0.016	0.003	0.66	0.036	38.2	0.47
5 f	50	852.0	1.25	0.0042	0.0001	1.75	1.03	12.8	0.048	0.015	1.94	0.089	36.4	0.29
5 b	50	875.0	1.44	0.0034	0.0002	1.89	0.50	16.9	0.082	0.011	1.37	0.073	37.5	0.35
1	48	945.0	1.37	0.0008	0.0001	1.43	0.35	19.8	0.020	0.001	0.19	0.041	39.0	0.59
9 a	12	931.0	1.32	0.0020	0.0002	1.72	0.39	14.0	0.002	0.002	1.31	0.037	37.9	0.45
<i>Durchschnitts-</i> <i>Werte</i>		921.0	1.25	0.0016	0.0001	2.55	0.68	13.5	0.047	0.004	0.72	0.060	38.2	0.39

Anmerkung dazu: Die Stücknummern in der ersten Spalte links beziehen sich auf den voranstehenden Katalog von H. Stühmer.

Abb. 8. Chemische Analysen der Rohkupfer-Gußkuchen (Metall-Konzentrationen in Promille).

Ausgesuchte Stücke erreichen 30 bis 40 % Cu. Diese häufig 10 bis 15 cm mächtigen Lagen dürften als die primäre Vererzung anzusehen sein, während die Carbonat-Drusen wohl ein Verwitterungsprodukt davon sind.

Die kupferreichen Bänke sind auf den Nordteil der Insel beschränkt. Eine Zunahme des Kupfer-Gehaltes auch innerhalb dieser Bänder von Süden nach Norden ist zu beobachten, so daß angenommen werden muß, daß der

am meisten vererzte Bereich im heute abgetragenen Teil nördlich von Helgoland gelegen haben muß. Dafür sprechen auch die älteren von W. Lorenzen (1965) zitierten Berichte, in denen das Vorkommen mächtiger „Kupfer-Klippen“ in der Brandungsterrasse nördlich der Insel beschrieben wird.

Eine mineralogische und lagerstättenkundliche Bearbeitung der Helgoländer Kupfererze steht noch aus.

Chemische Analyse der Gußkuchen-Funde

An den von H. Stühmer beschriebenen Rohkupfer-Funden (Beitrag S. 11 ff.) wurden insgesamt 12 chemische Analysen auf die Konzentrationen der Elemente Kupfer, Nickel, Chrom, Cadmium, Silber, Blei, Arsen, Kobalt, Mangan, Eisen, Zink, Wismut und Antimon durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 8 niedergelegt.

Für die Probenahme wurden die Gußkuchen jeweils angebohrt und etwa 1 g Bohrspäne entnommen. 0,5 g der Bohrspäne wurden im offenen PTFE-Tiegel („Teflon“) mit 10 ml konzentrierter Salpetersäure (suprapur) auf dem Sandbad bei etwa 150° C abgeraucht. Die Lösung wurde auf 50 ml mit destilliertem Wasser aufgefüllt, so daß zur Analyse eine Konzentration von 10 g Metall pro Liter in schwach salpetersaurer Lösung vorlag. Die restlichen Bohrspäne wurden als Belegmaterial aufgehoben.

Die Analytik erfolgte mit einem Atomabsorptionsspektrometer (AAS) der Firma Beckmann, München,

(Modell 1272 M) für die Elemente Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt und Nickel in der Graphitrohr-Küvette und für die restlichen Elemente in der Acetylen/Luft-Flamme. Die Streuung der Meßwerte ist für die meisten Elemente in den verschiedenen Gußkuchen gering. Lediglich die Eisen- und die Chrom-Konzentrationen weisen in den verschiedenen Gußkuchen zum Teil erhebliche Unterschiede auf.

Im Hinblick auf die hier angewandte Verhüttungstechnik (vgl. dazu Beitrag B. Hänsel S. 27 ff.), bei der die großen Gußkuchen die zuerst abgezogenen und die kleineren Gußkuchen die zuletzt abgezogenen Verhüttungsprodukte darstellen, könnte ein Zusammenhang zwischen der Konzentration an Eisen bzw. Chrom und der Gußkuchen-Größe vermutet werden. Beide Elemente bleiben beim angenommenen Verhüttungsvorgang als Oxide bevorzugt in den Schlacken. Da in den oberen, größeren Gußkuchen noch höhere Schlackenanteile zu

erwarten sind, müßte eine positive Korrelation zwischen der Konzentration dieser Elemente und dem Gußkuchen-Durchmesser bestehen.

In Abb. 9 ist diese Beziehung für das Chrom und in Abb. 10 für das Mangan dargestellt. In den Abbildungen sind die Einzelpunkte und die Regressionsgeraden der vereinfacht als linear angenommenen Beziehung dargestellt. Die Korrelationskoeffizienten (R-Werte) von 0,58 bzw. 0,53 lassen deutlich eine vorhandene positive Korrelation erkennen, deren Signifikanz auf der Basis von nur 12 Punkten allerdings nicht allzu groß ist.

Alle übrigen hier untersuchten Elemente sind bei geringer bis mäßiger Streubreite der Meßwerte in den Mittelwerten über alle 12 Proben zusammengefaßt zu kommentieren (vgl. dazu Abb. 8 und die nicht schraffierten Säulen in Abb. 11).

Die Kupfer-Konzentrationen weisen die Gußkuchen durchweg als „Schwarzkupfer“ aus, das so nur ein Halbprodukt ist und vor einer Weiterverarbeitung noch weiterer Reinigung bedarf. Bemerkenswert sind die für unlegiertes Material relativ hohen Silber- und Arsen-Konzentrationen. Die Konzentrationen an Cadmium und Mangan sind äußerst gering; sie befinden sich durchweg in der Nähe der hier apparativ gegebenen Nachweisgrenze.

Um die einzelnen Elemente in ihren Zusammenhängen untereinander besser kennenzulernen, wurde das statistische Verfahren der Faktorenanalyse als Gruppierungsverfahren für die Elemente angewendet. Es zeigte sich dabei, daß fast 80 % der Gesamtvarianz des 14dimensionalen Systems (13 Elemente + Gußkuchen-Durchmesser) durch nur drei Faktoren beschreibbar ist. Es ergab

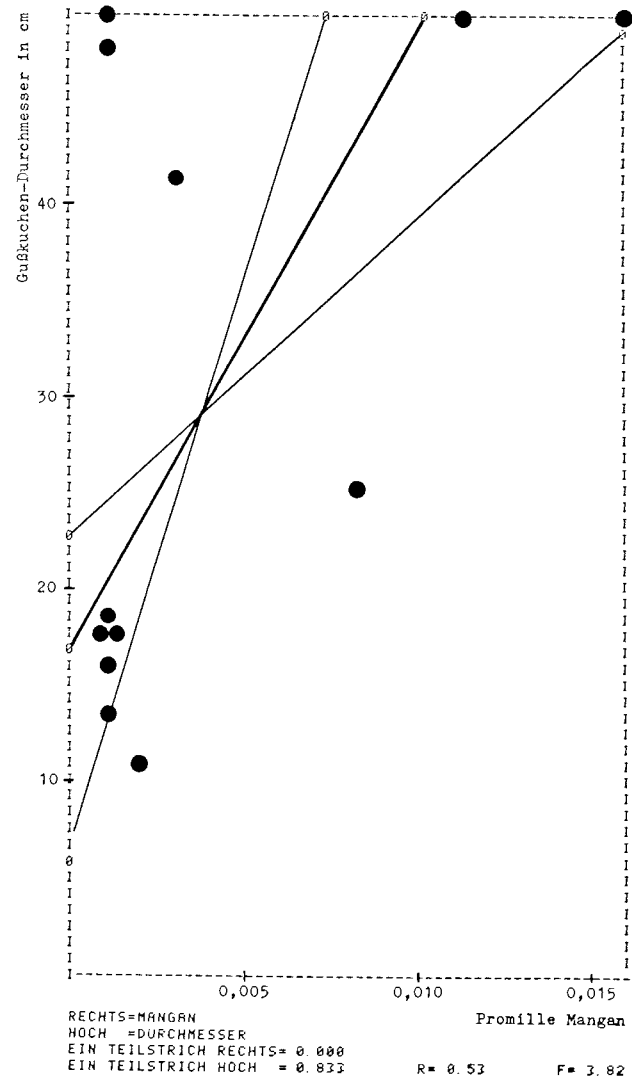
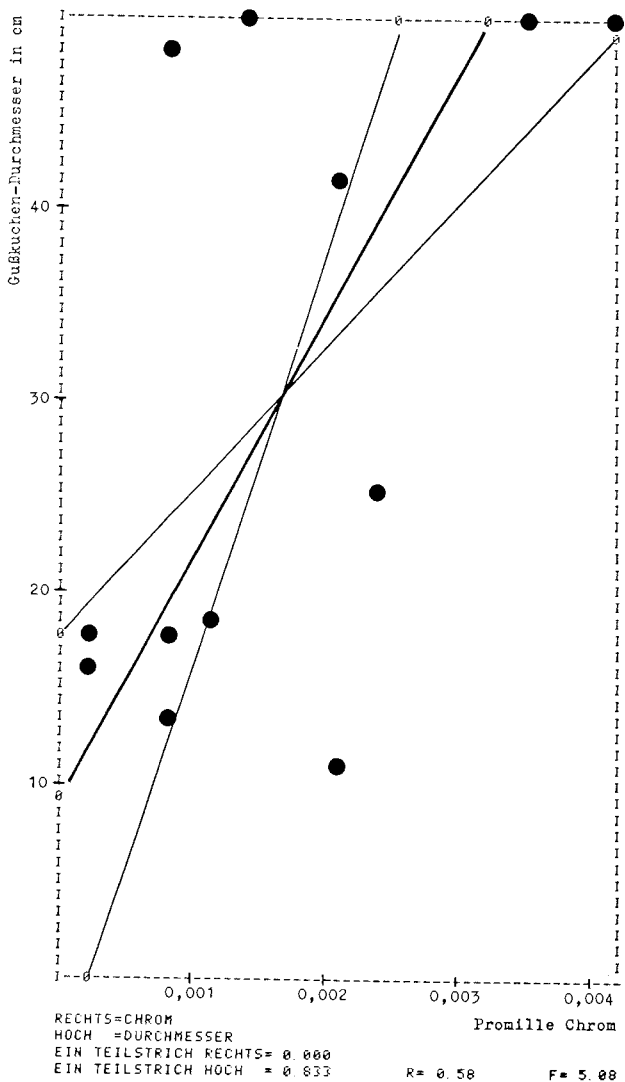


Abb. 9. Korrelation zwischen der Chrom-Konzentration und dem Gußkuchen-Durchmesser der zwölf analysierten Gußkuchen. Die eingetragenen Geraden bezeichnen die vereinfacht als linear angenommene Regression.

Abb. 10. Korrelation zwischen der Eisen-Konzentration und dem Gußkuchen-Durchmesser der zwölf analysierten Gußkuchen. Die eingetragenen Geraden bezeichnen die vereinfacht als linear angenommene Regression.

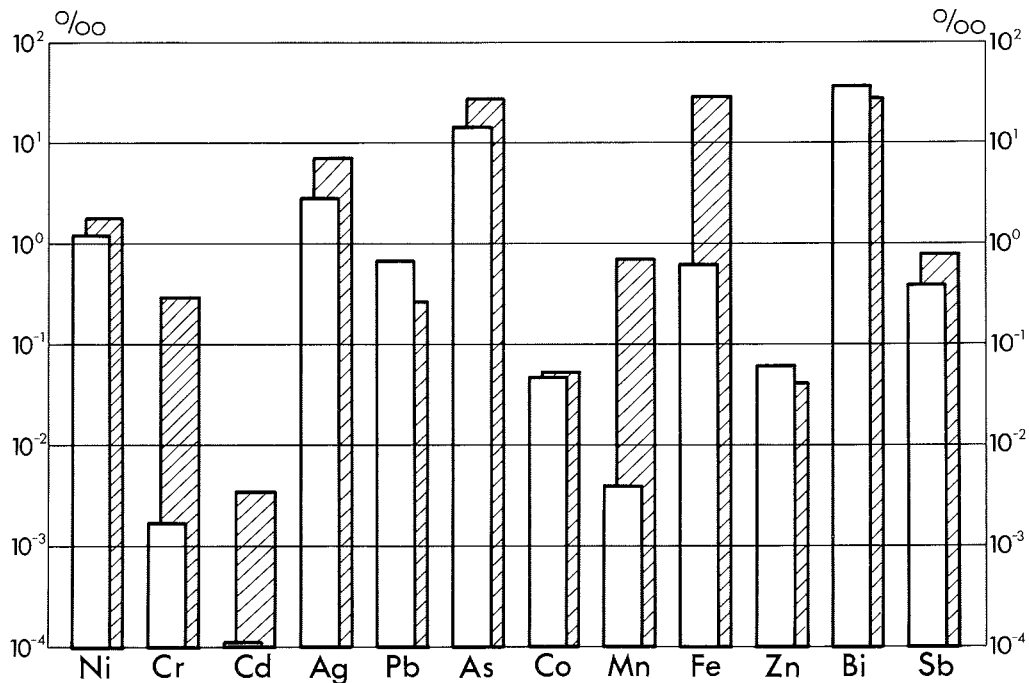


Abb. 11. Vergleich der Mittelwerte aus den Analysen der Gußkuchen-Funde (vordere, nichtschraffierte Säulen) mit den Mittelwerten aus den Analysen vom Helgoländer Kupfererz (hintere, schraffierte Säulen). Die Durchschnittsanalyse des Erzes ist über alle Begleitelemente auf die Kupferkonzentration der Gußkuchen von 92 % hochgerechnet.

sich, daß die Konzentration der Elemente Chrom, Mangan, Eisen und auch Cadmium und Arsen mit kleinerem Gußkuchen-Durchmesser geringer wird, also wohl bei der Verhüttung abnimmt. Die Konzentration der Elemente Kupfer, Wismut, Silber und Blei nimmt jedoch mit kleinerem Gußkuchen-Durchmesser zu, es wird also offensichtlich beim Verhüttungsvorgang angereichert. Die Abnahme der Konzentrationen von Chrom, Eisen und

Mangan bei der Verhüttung erscheint plausibel, da diese Elemente vorzugsweise als Oxide in den Schlacken verbleiben. Die gleichfalls erfolgende Abnahme der Konzentrationen der Elemente Cadmium und Arsen muß darauf zurückgeführt werden, daß mit der Schmelztemperatur für Kupfer (etwa 1080°C) bereits die Siedepunkte dieser Elemente deutlich überschritten werden und somit ein Übergang in die gasförmige Phase möglich wird.

Der Erzkatalog

Um die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Helgoländer Kupfererz und den Gußkuchen-Funden zu beantworten, war es nötig, das Helgoländer Erz mit anderen Kupfererzen zu vergleichen. Es wurden dazu aus den Sammlungen verschiedener Institute und Privatpersonen Proben von etwa 50 Kupfererzen aus aller Welt beschafft. Diese Kupfererz-Sammlung erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit und ist in ihrer Zusammenstellung rein zufällig. Sie kann jedoch die natürliche Diversität vorkommender Kupfererze bereits gut repräsentieren.

Wie bereits für die Metall-Analysen beschrieben, wurden auch von allen diesen Erzen 0,5 g in Salpetersäure im offenen PTFE-Tiegel („Teflon“) aufgeschlossen. In

einigen Fällen wurden zum Vergleich auch Aufschlüsse in Perchlorsäure bzw. mit Salpetersäure in der Druckbombe nach TÖLG durchgeführt. Die damit gefundenen Unterschiede sind nur gering. Die Analytik erfolgte in gleicher Weise wie bei den Metall-Proben mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie. Die Ergebnisse sind in Abb. 12 niedergelegt.

Innerhalb dieses gesamten Erzkataloges sind auch zwei Analysen vom Helgoländer Kupfererz „versteckt“ (Nr. 013 und 13 A in Abb. 12). Aufgabe der statistischen Zuordnung zwischen Erz und Metall soll es nun sein, zu prüfen, ob diese beiden Helgoländer Erzproben den Gußkuchen-Funden zuzuordnen sind und ob sie *nur* diesen zugeordnet werden können.

Abb. 11 zeigt eine graphische Gegenüberstellung der Analysen vom Helgoländer Erz und der Durchschnittsanalyse über die zwölf Gußkuchen-Proben. Die vorderen, nichtschraffierten Säulen geben direkt die Durchschnittsanalyse des Metalls aus Abb. 8 wieder. Die hinteren, schraffierten Säulen stellen den Durchschnitt aller Proben vom Helgoländer Erz dar. Zum Vergleich wurde die Erzanalyse auf den Kupfer-Gehalt des Metalls von 92 % Cu über alle Elemente hochgerechnet. Das Kupfer ist deshalb in diesem Diagramm selber nicht dargestellt.

Es fällt auf, daß die Konzentrationen aller Elemente außer Chrom, Eisen, Mangan und Cadmium im Rahmen der möglichen Genauigkeit als gleich hoch bis sehr ähnlich in Metall und Erz bezeichnet werden müssen. Die Elemente Chrom, Eisen, Mangan und Cadmium sind jeweils im Erz deutlich höher als im vermutlich dazugehörigen Metall. Dies erscheint plausibel, wenn man berücksichtigt, daß gerade Chrom, Eisen und Mangan bei der Verhüttung vorzugsweise als Oxide in den Schlacken verbleiben und daß für das Cadmium bei der Schmelztemperatur des Kupfers der Siedepunkt bereits überschritten ist. Diese Unterschiede sprechen also nicht gegen eine Zuordnung, sondern sie stützen sie. Sie decken sich gut mit den Ergebnissen der Faktorenanalyse der einzelnen Metall-Proben.

Zum rechnerischen Zuordnen des Metalls zum Erz wurden parallel zwei Verfahren angewendet: Eine Möglichkeit zur Quantifizierung der Ähnlichkeit von Proben im mehrdimensionalen Merkmalsraum (hier: zwölf Elemente außer Kupfer) besteht in der Berechnung des cos-Theta-Koeffizienten (vgl. Davis 1973).

Abb. 13 zeigt das Prinzip vereinfacht am Beispiel von nur zwei Elementen: An zwei Proben 1 und 2 sind die Elemente A und B in jeweils zwei Konzentrationen gemessen worden. Die Darstellung dieser beiden Proben kann dann durch zwei Punkte in einem Koordinatensystem erfolgen, bei dem die Achsen in den Konzentrationen der Elemente A und B geteilt sind. Verbindet man die beiden Punkte der Proben 1 und 2 jeweils mit dem Ursprung des Koordinatensystems, so ist der Winkel Theta zwischen den beiden Linien ein Maß für die Ähnlichkeit der Proben 1 und 2 ohne Wertung der absoluten Konzentrationen von jeweils A und B. Je näher dieser Winkel Theta bei 0° liegt (und damit $\cos\text{-Theta} = 1$), um so ähnlicher sind die Proben 1 und 2 in den Konzentrationen der Elemente A und B. Ein großer Winkel Theta bedeutet dann geringere Ähnlichkeit und ein Winkel Theta von 90° (und damit $\cos\text{-Theta} = 0$) letztlich absolute Unähnlichkeit. Der cos-Theta-Koeffizient ist somit in den Grenzen zwischen 1 und 0 ein Maß für die Ähnlichkeit von Proben. Dieser kann nun rechnerisch nicht nur im geschilderten zweidimensionalen Raum, sondern auch im hier notwendigen zwölfdimensionalen Merkmalsraum ermittelt werden.

Weiterhin wurde unabhängig davon über alle zwölf Begleitelemente die durchschnittliche prozentuale Abweichung zwischen der Gußkuchen-Probe und allen Erzen des Erzkataloges (vgl. Abb. 12) berechnet.

Alle Rechnungen wurden mit einem hierfür entwickelten FORTRAN-IV-Programm an der Digital-PDP-10-Anlage des Rechenzentrums der Universität Kiel durchgeführt. Das Fließschema dieses Programms ist in Abb. 14 dargestellt.

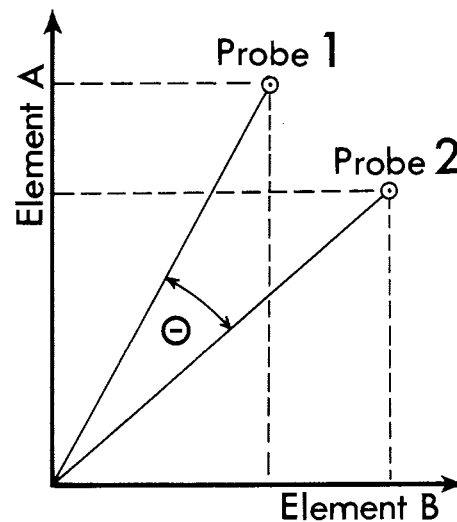


Abb. 13. Bedeutung des Winkels Theta als Maß für die Ähnlichkeit von Proben im zweidimensionalen Fall.

Beim Start des Programms wird eine Gußkuchen-Metallanalyse mit allen Meßwerten eingegeben. Diese Analyse wird in einem Unterprogramm über alle Elemente auf einen Kupferwert von „100“ standardisiert. Nun wird Analyse für Analyse der gesamte Erzkatalog ebenso auf einen Kupferwert von „100“ standardisiert und mit der eingegebenen Metall-Analyse in der prozentualen Abweichung über alle zwölf Begleitelemente verglichen. Die fünf best-passenden werden mit Erznamen und jeweiliger prozentualer Abweichung ausgegeben. Anschließend wird zwischen allen Erzen und der Metall-Analyse der zwölfdimensionale cos-Theta-Koeffizient berechnet und ausgegeben. Auf Wunsch können bei der Berechnung Erze ausgeschlossen werden, bei denen nach der Standardisierung auf einen Kupferwert von „100“ ein oder mehrere Elemente im Erz zehnfach geringer konzentriert sind als im Metall. Dem liegt die Überlegung zugrunde, daß es über die Schlacken zwar zu einer starken Abnahme eines Elementes bei der Verhüttung kommen kann, nicht aber zu einer entsprechend starken Anreicherung.

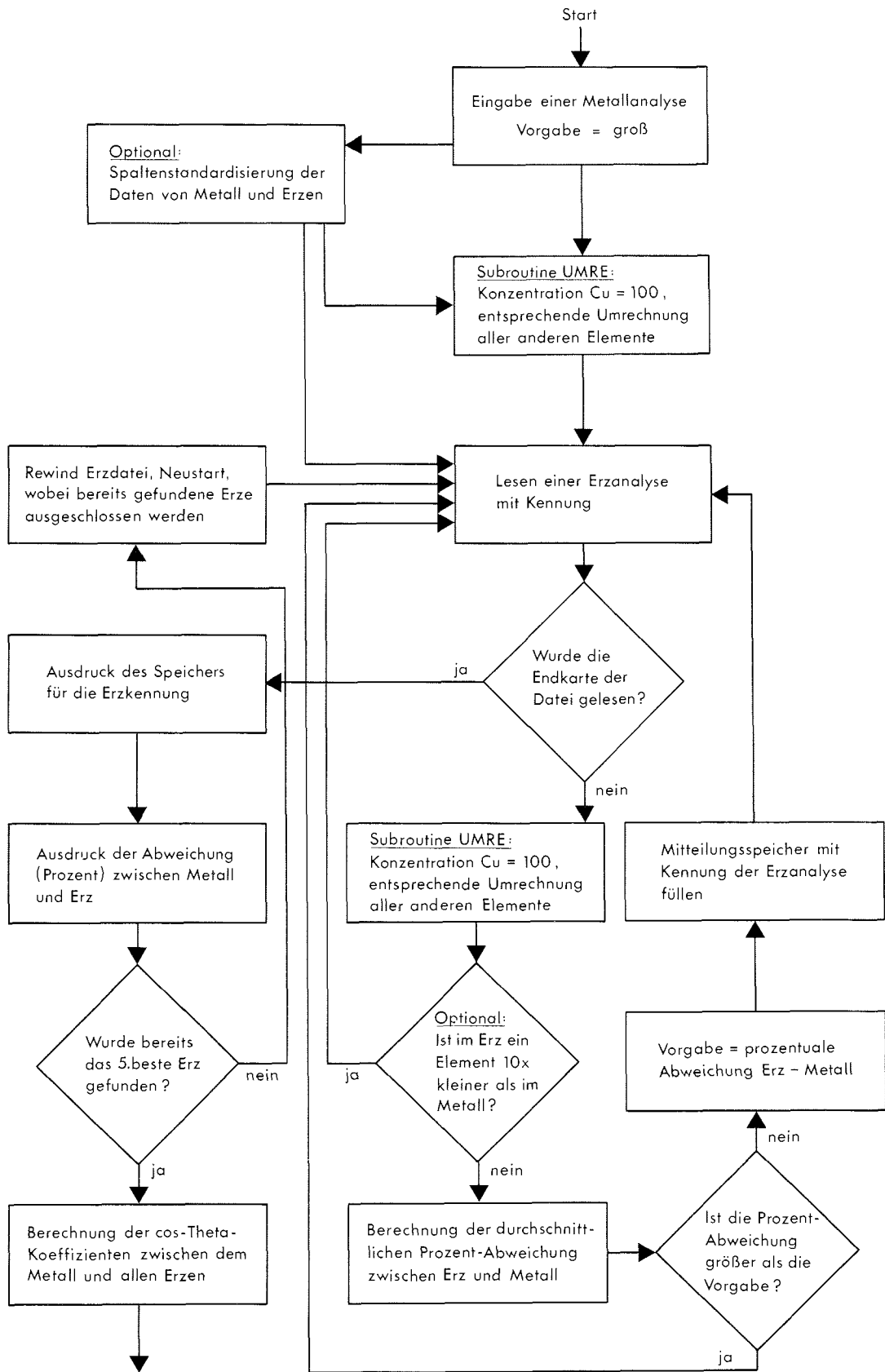


Abb. 14. Fließschema des FORTRAN-IV-Programms zur Zuordnung einer Metall-Probe zu einem Erz aus einem Katalog mehrerer Erze über die Ähnlichkeit in der Begleitelement-Konzentration.

Bei Eingabe der chemischen Analyse der Helgoländer Gußkuchen-Funde in den Programm-Lauf wurden beide Erzproben (Nr. 013 und 13 A im Erzkatalog von Abb. 12) auf den Plätzen 1 und 2 der Liste der best-passenden Erze vom Rechner ausgegeben. Das am drittbesten passende Erz wies dabei bereits eine etwa zehnfach höhere

durchschnittliche prozentuale Abweichung auf. Auch bei den unabhängig berechneten \cos -Theta-Koeffizienten lagen die Helgoländer Erze mit Werten zwischen 0,7 und 0,9 trotz Einbeziehens der Elemente Chrom, Eisen, Mangan und Cadmium deutlich näher an den Gußkuchen-Funden als alle anderen 50 Erzproben.

Ergebnisse und Folgerung

Es muß nach diesen Ergebnissen als gesichert gelten, daß das Helgoländer Kupfererz in der Vergangenheit am Ort verhüttet wurde. Keines der anderen hier untersuchten 50 Erze wies auch nur eine annähernd große Ähnlichkeit in den Begleitelementen mit den Rohkupfer-Funden vom Meeresboden bei Helgoland auf.

Ein weiterer Beweis für die Verhüttung auf Helgoland sind kleinere Gerölle von Kreide und feinkörnigem Buntsandstein – wie er auf Helgoland ansteht –, die an der Unterseite von verschiedenen Gußkuchen in das Kupfer eingebakken sind (Abb. 15, 4).

Es zeigte sich auch, daß die quantitative Bestimmung der zwölf Begleitelemente Nickel, Chrom, Cadmium,

Silber, Blei, Arsen, Kobalt, Mangan, Eisen, Zink, Wismut und Antimon bei Anwendung geeigneter statistischer Verfahren hinreichende Kriterien für eine Zuordnung zwischen Metall und Erz liefert. In erster Linie konnte die Zuordnung hier gelingen, weil sicher anzunehmen war, daß das vorliegende halbfertige Rohkupfer noch nicht mit Fremdmetallen legiert ist. Nach dem Legieren des Metalls muß jede entsprechende Zuordnung mißlingen.

Es folgt aus den Ergebnissen nicht, wann diese Verhüttung durchgeführt wurde. Diese Aussage muß der C_{14} -Analyse von kleinen Holzkohle-Stücken, die in einzelnen Gußkuchen eingeschlossen sind, überlassen bleiben.

LITERATUR

Davis 1973: J. C. Davis, Statistics and Data Analysis in Geology. – Kansas Geological Survey (New York, London, Sydney, Toronto 1973).

Lorenzen 1965: W. Lorenzen, Helgoland und das früheste Kupfer des Nordens (Otterndorf/Niederelbe 1965).

3. C_{14} -DATIERUNG DER KUPFERFUNDE VON HELGOLAND*

H. Willkomm

* V. Milošević, dem großen Skeptiker gegenüber der C_{14} -Methode zum ehrenden Andenken gewidmet.

Etwa 300 m südlich der Insel Helgoland wurden 1972 auf dem Meeresgrund in etwa 5,5 m Wassertiefe zahlreiche Kupfer-Gußkuchen gefunden, deren Herkunft zunächst noch ungeklärt war. Das Material konnte auf der Insel verhüttet worden sein und bei einem späteren Landabbruch ins Meer gelangt sein, es konnte aber auch

aus einem versunkenen Schiff stammen, das die Gußkuchen aus einer ganz anderen Gegend hergebracht hatte. Auch für das Alter der Kupferstücke, also den Zeitpunkt der Verhüttung, gab es keine Anhaltspunkte. Denkbar war sowohl eine bronzezeitliche Verarbeitung, es konnte aber auch aus der Wikingerzeit oder aus einer

noch späteren Phase stammen. Deswegen sollte versucht werden, die Zeitstellung durch eine Radiokohlenstoffdatierung zu klären.

Eine Datierung durch den Bewuchs, also an Hand von Algen und Muscheln, erschien wenig aussichtsreich, weil sie ja notwendigerweise stets einen terminus ante quem ergeben hätte, der in diesem Fall sogar mit großer Wahrscheinlichkeit ein praktisch rezentes Alter geliefert hätte. Aber selbst in dem günstigsten Fall, daß eine anhaftende Muschelschale noch aus der Zeit stammt, zu der das Material ins Meer gelangt war, wäre damit noch nicht der Zeitpunkt der eigentlichen Verarbeitung gewonnen.

Aus diesem Grunde wurde untersucht, ob das Metall vom Verhüttungsprozeß selber genügend organische Einschlüsse für eine C_{14} -Datierung¹ enthält. M. Stuiver (1969) hat auf diese Weise verschiedene Eisenproben datiert. Jüngeres Material, das mit Stein- oder Braunkohle verhüttet worden war, ergab dabei entsprechend dem Alter der Kohle keine meßbare C_{14} -Aktivität, Proben, die im 16. Jahrhundert oder früher mit Holzkohle verhüttet wurden, lieferten dagegen Daten, die mit dem Zeitpunkt der Verarbeitung übereinstimmen.

Für andere Metalle liegen jedoch entsprechende Erfahrungen bisher nicht vor. Insbesondere war es fraglich, ob das Kupfer überhaupt genügend Kohlenstoff für eine Datierung enthält, weil er im Gegensatz zum Eisen nicht chemisch in das Kristallgitter eingebaut wird.

Für die C_{14} -Untersuchung wurde der Gußkuchen 19, ein kleineres, etwa 1300 g schweres Stück aus der untersten Schicht der Kokille, ausgewählt. Das Kupfer war mit einer grünlichen Patinaschicht überzogen (vermutlich wegen des Meerwassers $CuO_2 \cdot 3Cu(OH)_2$). Nachdem der anhaftende Kalk und die Patina durch sorgfältiges Waschen mit verdünnter Salzsäure entfernt worden waren², wurden in der blanken Kupferoberfläche zahlreiche schwarze, bis zu erbsengroße Kohlebröckchen sichtbar. Vermutlich waren es Holzkohlestückchen, die bei der Verhüttung des Erzes nicht vollständig verbrannt waren, und dann teilweise von dem Metall eingeschlossen wurden. Die Stücke wurden möglichst vollständig aus dem Metall herausgebrochen. Sie ergaben insgesamt eine Menge von 2,04 g.

Eine Hauptschwierigkeit bei jeder C_{14} -Datierung ist die Frage, wieweit das Material durch fremden – jüngeren oder älteren – Kohlenstoff verunreinigt ist. Im vorliegenden Fall konnten es hauptsächlich Muscheln und Algen sein, die sich in späterer Zeit auf dem Metall angesiedelt hatten. Eventuell vorhandene Muschelschalen waren offensichtlich durch die Säurebehandlung bereits restlos abgelöst worden. Organisches Material läßt sich auf so einfache Weise chemisch nicht entfernen, aber bei den eingeschlossenen Kohlebröckchen waren

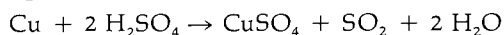
keine Spuren von Wurzeln und Fasern zu erkennen. Außerdem saß die Kohle so fest in dem Kupfer, daß sie nur beim Schmelzen selber, nicht aber nachträglich in den Gußkuchen gelangt sein konnte. Schließlich bestätigte die massenspektrometrische Analyse (siehe unten), daß es sich bei der Kohle um terrestrisches Material und nicht um organisches Material aus dem marinen Bereich gehandelt hat.

Die Holzkohle wurde daher ohne zusätzliche Reinigung im Sauerstoffstrom zu Kohlendioxid verbrannt. Nach sorgfältiger Reinigung des Gases, bei der erfahrungsgemäß noch einige Prozent des CO_2 verlorengehen können, wurden schließlich 583 torr·l CO_2 entsprechend 0,38 g Kohlenstoff erhalten. Bei der Verbrennung blieben 1,28 g unverbrennbare Bestandteile zurück, so daß die Probe etwa 20 % Kohlenstoff, 63 % Ascheanteile und 17 % leichtflüchtige Bestandteile (Wasser, Wasserstoff, Salze) enthalten hat.

Für eine normale Zählrohrfüllung sind 1860 torr·l CO_2 erforderlich. Daher mußte das Probengas für die Messung mit der 2,2fachen Menge an inaktivem, C_{14} -freiem Kohlendioxid aufgefüllt werden. Die Messung der Probe KI-1426.01 ergab ein C_{14} -Alter von 660 ± 120 Jahren vor heute, das heißt vor 1950. Das Holz stammt also mit 68 % Wahrscheinlichkeit aus dem Zeitraum von 1170 bis 1410 n. Chr. Dabei wird die relativ große Standardabweichung (normalerweise ergibt eine Datierung von Proben dieses Alters Standardabweichungen von 45 bis 50 Jahren) durch die geringe Probemenge verursacht.

Um auch kleinere und im Inneren eingeschlossene Kohlenstoffpartikel zu erfassen, wurde in einem zweiten Arbeitsgang der gesamte etwa 1300 g schwere Gußkuchen zerspält, wobei darauf geachtet wurde, daß die Bearbeitung ölfrei erfolgte. Außerdem wurden die Späne anschließend noch einmal mit Salzsäure gewaschen.

Im C_{14} -Labor wurde zunächst versucht, den im Kupfer enthaltenen Kohlenstoff direkt durch Naßoxydation in CO_2 umzuwandeln und freizusetzen, ähnlich wie z. B. auch stark sand- oder tonhaltiges Sediment behandelt wird. Hierzu wurden 150 g der Kupferspäne mit 300 g Kaliumdichromat und 100 ml Wasser versetzt. Dann wurde die Oxydation durch tropfenweisen Zusatz von 350 ml H_2SO_4 conc. in Gang gesetzt. Es entwickelte sich jedoch gemäß



sehr viel Schwefeldioxid, das nur schwer vom CO_2 hätte getrennt werden können. Daher wurden die restlichen 1150 g Kupfer in konzentrierter Salpetersäure unter Zugabe von Wasser aufgelöst. Der Bodensatz wurde mit weiterem Wasser abfiltriert und ergab nach dem Trocknen 11,82 g graues, feinkörniges Material. Dieses

¹ Die Nuklide ^{14}C , ^{13}C usw. werden im folgenden aus redaktionellen Gründen mit einem Index (C_{14}) bezeichnet.

² Die Vorreinigung des Materials und das Zerspänen (siehe unten) wurde von Herrn Dr. H. Schulz vorgenommen.

Pulver wurde wie die erste Probe im Sauerstoffstrom verbrannt und ergab 642 torr·l CO₂ entsprechend 0,42 g Kohlenstoff. Das Gas wurde wiederum mit C₁₄-freiem Gas verdünnt und als Probe KI-1426.02 gemessen. Das Alter betrug 770 ± 140 Jahre³ vor heute und weicht daher, gemessen an der Standardabweichung, nicht wesentlich vom Alter der ersten Probe ab.

Die massenspektrometrische Untersuchung der beiden Proben ergab

$$\begin{aligned} \text{für KI-1426.01} \quad \delta C_{13} &= -24,5 \text{ ‰} \\ \text{und für KI-1426.02} \quad \delta C_{13} &= -24,7 \text{ ‰} \end{aligned}$$

Dabei stellt δC_{13} die Abweichung des Häufigkeitsverhältnisses der beiden stabilen Kohlenstoffisotope C₁₂ und C₁₃ gegenüber einem internationalen Kalkstandard dar⁴. Für Holz und viele andere Landpflanzen liegt δC_{13} bei -24 bis -26 ‰, so daß das Meßergebnis die Vermutung bestätigt, daß der im Kupfer eingeschlossene Kohlenstoff terrestrischen Ursprungs ist. Für Algen und Muschelfleisch findet man dagegen im allgemeinen Werte um $\delta C_{13} = -20 \text{ ‰}$.

Weil sich die Proben nur unwesentlich unterscheiden und auch vom archäologischen Standpunkt aus kein

Grund existiert, warum der feinkörnige Kohlenstoff ein anderes Alter als das gröbere Material haben sollte, ist es gerechtfertigt, die beiden C₁₄-Alter zu einem gemeinsamen Mittelwert mit entsprechend kleinerem Fehler zusammenzufassen. Es ergibt sich ein Alter von

$$710 \pm 100 \text{ Jahren vor heute,}$$

das heißt, die Verhüttung erfolgte etwa zwischen 1140 und 1340 n. Chr.

Diese Altersangaben sind zunächst Modellalter, die unter der Annahme errechnet wurden, daß der C₁₄-Gehalt eines frisch gewachsenen Holzstückes zu allen Zeiten der gleiche war. Bei genauerer Betrachtung muß man berücksichtigen, daß der Gehalt an Radiokohlenstoff zeitweise auch größer oder kleiner gewesen sein kann, d. h. daß sich der Rezentwert geändert hat. In dem hier betrachteten Zeitraum lag der Rezentwert jedoch zufällig gerade bei 100 %, so daß es auch bei Berücksichtigung der Rezentvariation bei dem angegebenen Intervall bleibt. Das Holz ist zwischen der Mitte des 12. und der Mitte des 14. Jahrhunderts gewachsen, die Kupfergußkuchen von Helgoland wurden also im späten Mittelalter erschmolzen.

LITERATUR

Stuiver 1969: M. Stuiver, Yale Natural Radiocarbon Measurements IX. Radiocarbon 11, 1969, 545 - 658.

Willkomm 1976: H. Willkomm, Altersbestimmungen im Quartär (München 1976).

4. ZUR BEDEUTUNG DES ROHKUPFERFUNDES VON HELGOLAND

B. Hänsel

H. Stühmer ist zu danken, daß die verschieden geformten und unterschiedlich großen, zu einem Fundkomplex gehörigen, ganz oder in Bruchstücken erhaltenen Schwarzkupferscheiben und schüsselförmige Gußkuchen hier vorgestellt werden können. H. Schulz hat sich als erster ausgiebig mit dem von H. Stühmer geborgenen Fund beschäftigt, um durch eine chemische Analyse einiger Fundstücke und des auf Helgoland vorkommenden Kupfererzes Aussagen über die Herkunft

des Rohkupfers machen zu können. Schließlich hat H. Willkomm in dankenswerter Weise das heute zur Datierung des wichtigen Fundes Ermittelbare dargestellt. Damit ist das eigentlich Bedeutsame an dem Fund und über den Fund gesagt: Hier wird ein Hort von Schwarzkupfer vorgestellt, der mit größter Wahrscheinlichkeit Zeugnis für eine mittelalterliche Kupferverhüttung auf Helgoland ablegt. Dennoch sollen einige Anmerkungen zu dem Kupferhort angeschlossen werden.

³ Die größere Standardabweichung ergab sich, weil Probe 01 88 Stunden, Probe 02 nur 65 Stunden gemessen wurde.

⁴ Näheres über Isotopie-Effekte und die C₁₄-Methode allgemein findet sich z. B. bei Willkomm 1976.

Zunächst ist einmal festzustellen, daß sehr unterschiedlich geformte Kupferstücke beieinanderliegend gefunden und in einem Tauchvorgang geborgen worden sind. Man sollte davon ausgehen, daß die hier abgebildeten Kupferrohlinge zu einem geschlossenen Fund gehören. Möglicherweise sind sie bei einer Schiffskatastrophe auf den Meeresgrund gekommen. Von Wrackteilen, die unter Umständen für die Datierung hilfreich sein könnten, wurde nichts gefunden. Weiter geht aus den Ausführungen von H. Stühmer hervor, daß der von ihm gehobene Hort nicht vereinzelt im Nordseegebiet um Helgoland steht. Eine der Rohkupferscheiben (Abb. 3, 2) stammt aus einem älteren Tauchunternehmen, andere Stücke erwähnt er aus der Gegend von Büsum. Weitere Gußfladenbruchstücke aus der Gegend von Helgoland befinden sich in verschiedenen Händen in Hamburg. Durch H. Ziegert und H. Drescher habe ich Kenntnis von ihnen erhalten.

Aus der Zahl der Funde allein könnte man schon die Vermutung hegen, daß diese Kupferrohlinge in irgendeinem Zusammenhang mit der Kupfererzlagertätte Helgolands stehen. Denn es ist das Verdienst von W. Lorenzen, 1965 auf die in dem älteren Schrifttum wohl bekannte, aber in der jüngeren Forschung weitgehend übersehene Kupfererzlagertätte Helgolands hingewiesen zu haben¹. Freilich schließt W. Lorenzen an seine instruktive, allgemeinverständliche Darstellung der geologischen Situation und der Lagerstätte Helgoland eine Diskussion zu den Anfängen der Metallurgie in Europa an, die in allen ihren grundlegenden Aussagen nicht haltbar und von E. Sangmeister bereits in dieser Zeitschrift richtig besprochen worden ist². So nimmt es nicht wunder, daß die Lagerstätte Helgoland bei Überlegungen über die Herkunft von in Nordeuropa verwendetem Kupfer in irgendeiner vor- und frühgeschichtlichen oder mittelalterlichen Periode nicht berücksichtigt worden ist.

Aktueller Anlaß bestand dazu ja auch nicht, denn es fehlte bislang jeder Hinweis auf die Abbautätigkeit und die Verhüttung von Helgoländer Erzen. Abbauspuren eines frühzeitlichen Bergbaus wird man angesichts der regen Verwitterungstätigkeit an der Steilküste von Helgoland und bei der Art der Lagerstätte auch nicht zu finden erwarten, wenn auch die natürlichen Voraussetzungen für eine frühzeitliche Erzgewinnung denkbar günstig waren. Bis heute läßt sich im Geröllfeld der Brandung vor der Steilküste der nördlichen Inselbereiche das von H. Schulz beschriebene Cuprit und das gediegene Kupfer aufsammeln, das hier durch die Brandung und die

Verwitterung der Steilküstenkante aufbereitet im Schuttkegel am Uferbereich zu finden ist. Die für den Hüttenmann interessanten Erze liegen und lagen hier zu wesentlichen Teilen bereits für die weitere Bearbeitung präpariert, die Verwitterungstätigkeit an der Küste hatte zumindest für die Erstentdecker der Lagerstätte die bergmännische Tätigkeit zu einem guten Teil bereits übernommen³.

Damit ist von den natürlichen Voraussetzungen her die Ausbeute der Kupfererzlagertätte Helgolands begünstigt, ihre tatsächliche Nutzung in der Frühzeit sollte nicht verwundern, zumal sie quantitativ für urgeschichtliche bis mittelalterliche Zeiten durchaus als ergiebig zu gelten hat. Nur ist es auf Grund der speziellen topographischen Situation Helgolands faktisch unmöglich, einen frühzeitlichen Bergbau oder auch Verhüttungsplätze im Gelände nachzuweisen. Zu tiefgreifend sind die natürlichen und menschlichen Zerstörungen der Insel⁴. Abhilfe könnten hier nur die aus Helgoländer Kupfer zweifelsfrei hergestellten Produkte liefern, wie sie nunmehr durch die Rohkupferscheiben zur Verfügung stehen. Wenn es gelingt, ihre Verwandtschaft mit den Helgoländer Erzen zu beweisen, steht der Annahme ihrer Helgoländer Herkunft nichts mehr im Wege. Die Nutzung der Erzlager von Helgoland wäre erwiesen. Diese Frage hat H. Schulz gelöst, wir haben mit einer Helgoländer Kupfergewinnung in einer Zeit zu rechnen, aus der wir keine schriftliche Überlieferung über Erzabbau oder Verhüttungswesen auf oder bei Helgoland besitzen.

Seine Analysenverfahren und seine statistische Zuordnungsmethode sind gegenüber vorangegangenen Untersuchungen zu Spurenelementen in Kupfergegenständen und daraus resultierenden Gruppenbildungen von Fundgegenständen deutlich überlegen⁵. Er berücksichtigt bei der Frage nach der Relation Lagerstätte – erstes Gußprodukt zwölf Spurenelemente bis zu einer bislang nicht üblich tiefen Nachweisgrenze und wertet sie alle im System eines zwölfdimensionalen Raumes vergleichend aus. Wenn dieser Vergleich nun die beträchtliche Ähnlichkeit zwischen Helgoländer Rohkupfer mit Helgoländer Erzen ergibt und demgegenüber eine starke Abweichung in der Spurenelementzusammensetzung zwischen vor Helgoland gefundenen Kupfertellern und etwa 50 anderen Lagerstätten aus verschiedenen Teilen der Welt (Abb. 12) aufzeigt, so ist die Frage nach der Herkunft der Kupferfunde beantwortet. Dieses Ergebnis wird man auch nicht relativieren können, wenn man den zum Vergleich benutzten Erzkatalog (Abb. 12) noch um Proben von anderen möglichen Herkunftsorten erweitert.

¹ W. Lorenzen, Helgoland und das früheste Kupfer des Nordens (Otterndorf 1965).

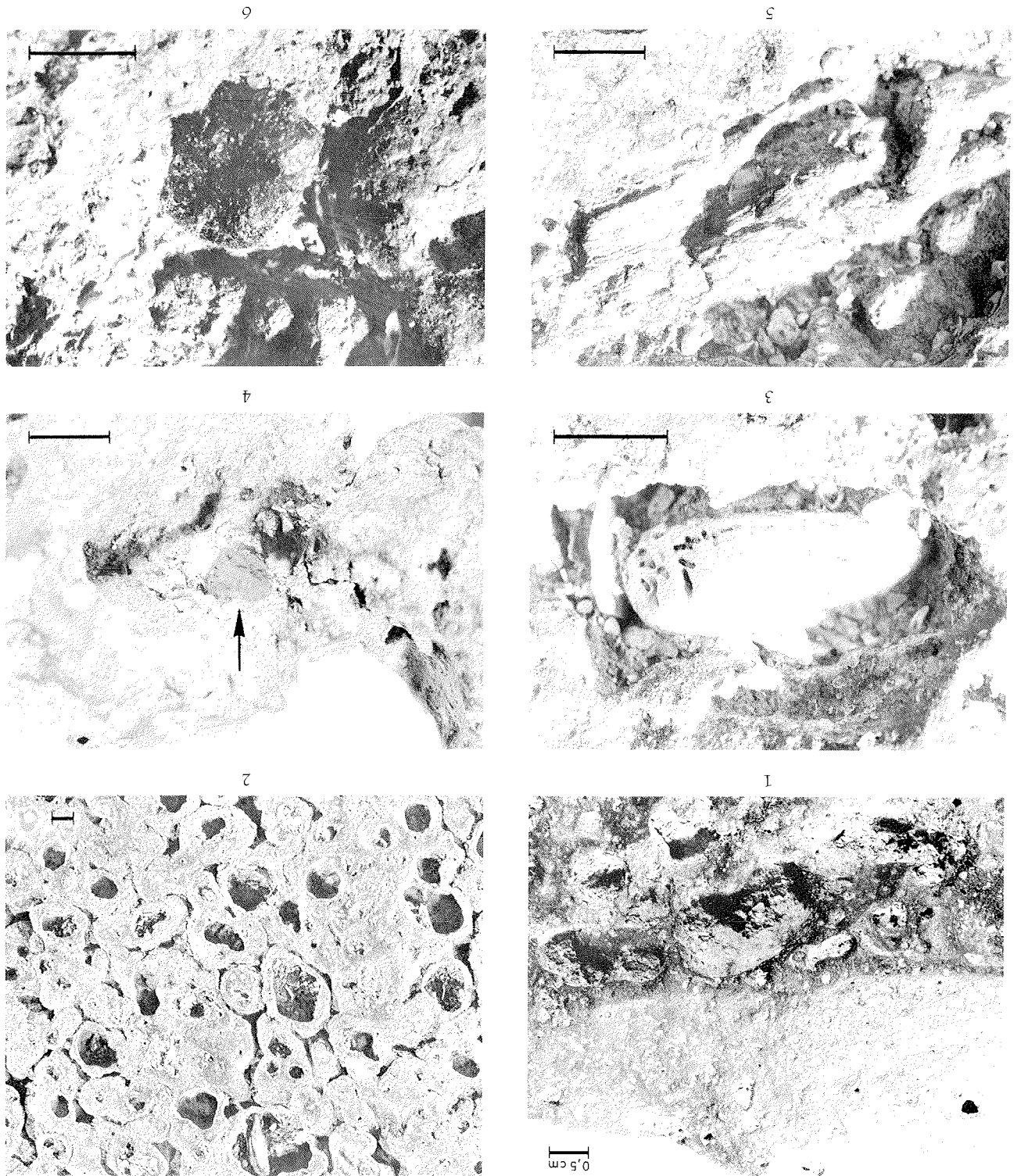
² E. Sangmeister, *Offa* 23, 1966, 141 ff.

³ Vgl. W. Lorenzen a.a. O. 19 ff. mit Abb. 2–3.

⁴ Vgl. C. Ahrens, Vorgeschichte des Kreises Pinneberg und der Insel Helgoland (Neumünster 1966) 235 ff.

⁵ S. Junghans, E. Sangmeister, M. Schröder, Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas (Berlin 1968) 13 ff. – Hier erfolgt die Gruppenbildung verwandter Metalle in einer „zweidimensionalen Auftragung“.

Abb. 15. Ausschnitt vom Rand einer Kupferscheibe (1), Blasenstruktur auf der Oberseite einer Scheibe (2), Kalk- und Buntsandsteineinschlüsse in den Kupferscheiben (3-4), verschiedene Holzkohleinschlüsse in den Kupferscheiben (5-6).



Zweifellos wäre es interessant, den Grad der Ähnlichkeit auch an anderen Erzen, etwa aus Schweden, der oberungarisch-rumänischen Erzreviere oder französischer Vorkommen zu messen, die Ähnlichkeit zwischen dem Helgoländer Erz und den Rohkupferfunden selbst wird man dadurch aber nicht erschüttern können.

Wenn wir die Helgoländer Herkunft der Schwarzkupferstücke vom Meeresgrund vor Helgoland akzeptieren, hat die Frage nach ihrem Alter erhebliche landesgeschichtliche Bedeutung. Durch Befunde, etwa Schiffsreste oder andere Teile der gleichen Schiffsladung, sind die Stücke nicht zu datieren. Sie müssen aus sich heraus Argumente für eine Altersbestimmung liefern. Da Schwarzkupfer zu einem nicht unerheblichen Teil Holzkohleeinschlüsse vom Verhüttungsprozeß enthält, lag es nahe, eine C_{14} -Datierung vorzunehmen. H. Willkomm ist bei seiner voranstehenden Analyse auf ein Alter zwischen 1140 und 1340 n. Chr. gekommen. Man wird von der Kohlenstoffmessung an Genauigkeit nicht mehr verlangen wollen, als sie zu leisten imstande ist, und das Datum nicht als historisches nehmen, sondern als errechneten möglichen Mittelwert für das Alter der bei der Verhüttung verwendeten Hölzer aufzufassen haben. Als Richtwert ist die Messung jedoch von großer Bedeutung, mit einem mittelalterlichen Datum der Kupferrohlinge ist zu rechnen. Ein prähistorisches Alter der bislang gefundenen Rohkupferstücke ist damit wohl auszuschließen. Ein mittelalterliches Datum wird auch durch die Form und Größe der verschiedenen Fundstücke nahegelegt. Bei einer näheren Betrachtung geben sie Auskunft über ihre Herstellungstechnik und damit Hinweise auch auf die Zeitstellung.

Betrachten wir zunächst noch einmal die Fundstücke genauer: Es fällt auf, daß die auf Abb. 2–7 zusammengestellten Scheiben, ob im ganzen erhalten oder als Fragmente überliefert, unterschiedlich groß sind und alle einen verdickten Rand besitzen. Je größer sie sind, desto steiler ist der Rand, je kleiner sie sind, desto flacher geneigt erscheint der dicke und glatte Rand (vgl. Abb. 6 mit 7, 4). Einige der Scheiben haben unregelmäßige Löcher oder randliche Fehlstellen. Solche Unterbrechungen im Metall finden sich stets an Stellen, wo die Scheiben ohnehin überdurchschnittlich flach sind. Die Oberflächenbeschaffenheit der Scheiben ist ferner von ganz charakteristischer Ausprägung. Ober- und Unterseite zeigen stets eine völlig anders geartete Konsistenz, die sich mehr oder weniger deutlich regelhaft bei sämtlichen Scheiben wiederholt. Als Oberseite hat die geringfügig größere Seite zu gelten, wie sie durch die schräge Randneigung bestimmt wird (z. B. Abb. 2, 1, links, oder Abb. 3, 3, links). Sie zeigt eine verhältnis-

mäßig ebene Fläche, die aus einer dichten Folge von Blasen in aufgeplatzttem oder geschlossenem Zustand besteht (Abb. 15, 2). Am deutlichsten erkennt man das Erscheinungsbild auf Abb. 3, 3, links. Dagegen zeigt sich die wenig kleinere Unterseite unregelmäßig glatt und eben. Verhältnismäßig geschlossene Partien wechseln regellos mit tiefen Lochungen, Spalten oder auch Aufblähungen. Stets hebt sich der Rand bei der Unteransicht deutlicher als von oben gesehen ab. Er erscheint dicklicher, mitunter krepfenartig breit und zumeist auch glatter und in der Metallmasse geschlossener (Abb. 15, 1). Der Unterschied der Konsistenz läßt sich auf allen Scheiben von Abb. 2–5 verfolgen, besonders deutlich ausgeprägt ist er auf Abb. 3, 3. In die unregelmäßige Unterseite sind oft Fremdkörper eingeschlossen. Zum Teil handelt es sich dabei um sekundär im Meer eingespülte Muschelreste und Kalkstücke, die sich in den Vertiefungen gut festsetzen konnten. Einige Einschlüsse sind aber so vom Metall umgeben, daß sie wohl durch das noch flüssige oder wenigstens zähe Kupfer ummantelt worden sind. Das gilt für ortsständige Kalkeinschlüsse (Abb. 15, 3), Buntsandsteinstücke Helgoländer Herkunft (Abb. 15, 4), für Holzstücke (Abb. 15, 5) oder für glänzende, feste steinkohleartige Stücke (Abb. 15, 6).

Daneben gibt es noch eine ganz andere Form von Gußkuchen, die dem entspricht, was aus verschiedenen prähistorischen Kulturen und Zeitstufen besser bekannt ist⁶, und hier auf Abb. 5, 1–5 und 7, 1–2 wiedergegeben ist. Es handelt sich um ovale bis runde fladenartige massive Stücke in Schüsselform. Sie zeigen alle eine durch allmähliches Erkalten gut geschlossene, verhältnismäßig glatte Außenkalotte und eine blasig unregelmäßige, aber ebene Oberseite.

Versucht man, diese Merkmale zu verstehen und zu erklären, wird man sehr schnell auf eine in der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Literatur belegte Art der Kupferherstellung kommen⁷. Daß Scheiben die gängige Form der Metallbarrenbildung waren, geht aus Abb. 16 hervor, die aus der großen Arbeit von Georgius Agricola, *De Re Metallica*, entnommen ist. Das gilt sowohl für Silber wie für Kupfer. Liest man im „Drey- und Dreyßigsten“ Band von Johannes Heinrich Zedlers „Grosses vollständiges Universal-Lexikon Aller Wissenschaften und Künste, welche bishero durch menschlichen Verstand und Witz erfunden und verbessert worden“ von 1732–54 unter den Stichworten „Scheiben“ und „Scheibenreissen“ nach, erfährt auch der in metallurgischen Fragen laienhafte Prähistoriker die Entstehungsart der Helgoländer Fundstücke. Dort steht: „Scheiben, heißt in den Bergwercken, wenn vor einem Ofen

⁶ Z. B. J. Hampel, *Bronzkor Emlekei Magyarhonban I* (Budapest 1886) Taf. 1, 3. — Die gemeinbronzezeitliche Gußkuchenform ist hier zusammen mit anderen Barrentypen abgebildet. Taf. 1, 1–2; 2, 1–3.

⁷ H. Drescher in: *RGA II*, 1976, 60 ff. s. v. Barren. H. Drescher verdanke ich anregende Gespräche zur frühen Kupferverhüttung.

Der Kuchen A. Der Stein B. Der Häufel C. Messine Pürsten D. Das Faß so Wasser heist E. Der Ofen darauß der Kuchen genommen ist / der noch rauchert F. Der Trager so den Kuchen auß der Hütten tregt G.

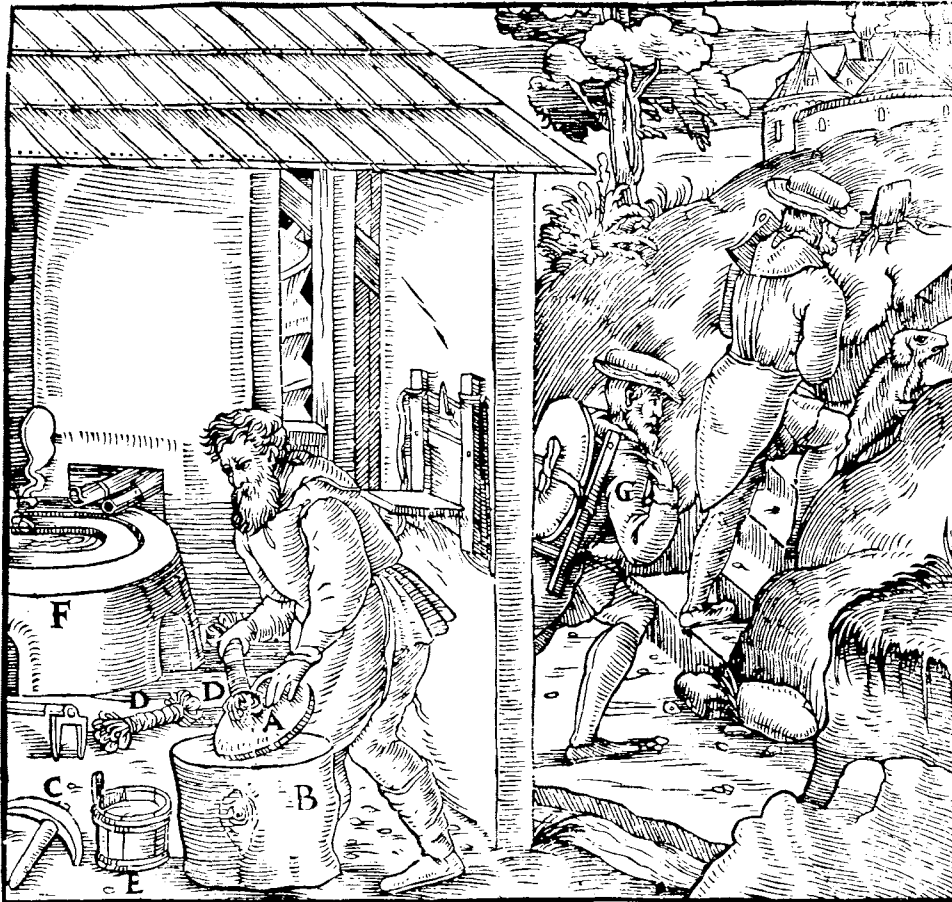


Abb. 16. Rohmetallbearbeitung nach G. Agricola, De Re Metallica. 1556.

gestochen worden, welcher erkaltet, im Stich-Heerde von der Materie, die aus dem Ofen dahin gelauffen, das Oberste, welches sodann, gleich einem Kuchen, mit der Furckel abgehoben wird. Dies geschieht bey dem Rohsten- und Schwarz-Kupffer so lange, bis nichts mehr im Heerde bleibt, als der König. Bey der Roh-Arbeit heißt es: den Rohsten scheiben, bei der Kupffer-Arbeit aber: das Kupffer zum Scheiben reissen . . .“ Weiter liest man „Scheiben reissen, heißt bey dem Schmelzen, wenn abgestochen und die Schlacken abgehoben worden, so erkaltet der obere Theil des Steins oder Kupffers und läßt sich wie ein Kuchen von dem noch heissen Theil abnehmen . . . Desgleichen geschiehet auch bey dem Gahrkupfermachen“.

Die Schilderung ist klar und braucht nicht mehr in moderner Sprache wiederholt zu werden. Einzelne Scheiben wurden aus einer halbkugeligen Grube nach

und nach abgeschöpft, bis die Grube nur noch einen als König bezeichneten unteren Kuchen enthalten hatte, der an Ort und Stelle erkaltet ist und in festem Zustand der Grube entnommen werden konnte. Solche „Könige“ sind in dem Helgoländer Fund in fünf Exemplaren erhalten (Abb. 5, 1–5), ihre Außenkrümmung gibt die Form der Grube an ihrer tiefsten Stelle wieder. Die oberen Grubenpartien sind durch die von weiter oben abgeschöpften Scheiben zu rekonstruieren, wie das auf Abb. 17 geschehen ist. Einige Scheiben zeigen einen Durchmesser von etwa 50 cm und wenig mehr (Abb. 2, 1–2; 4, 1; 5, 7), ihre Randpartien stehen stets steil, ja fast senkrecht zur Haupttrichtung der meist leicht gewölbten Scheiben. Daraus wird man schließen können, daß die Grube nicht wesentlich größer als diese größte gefundene Scheibe gewesen sein kann und daß ihre Rekonstruktion auf Abb. 17 den tatsächlichen Verhält-

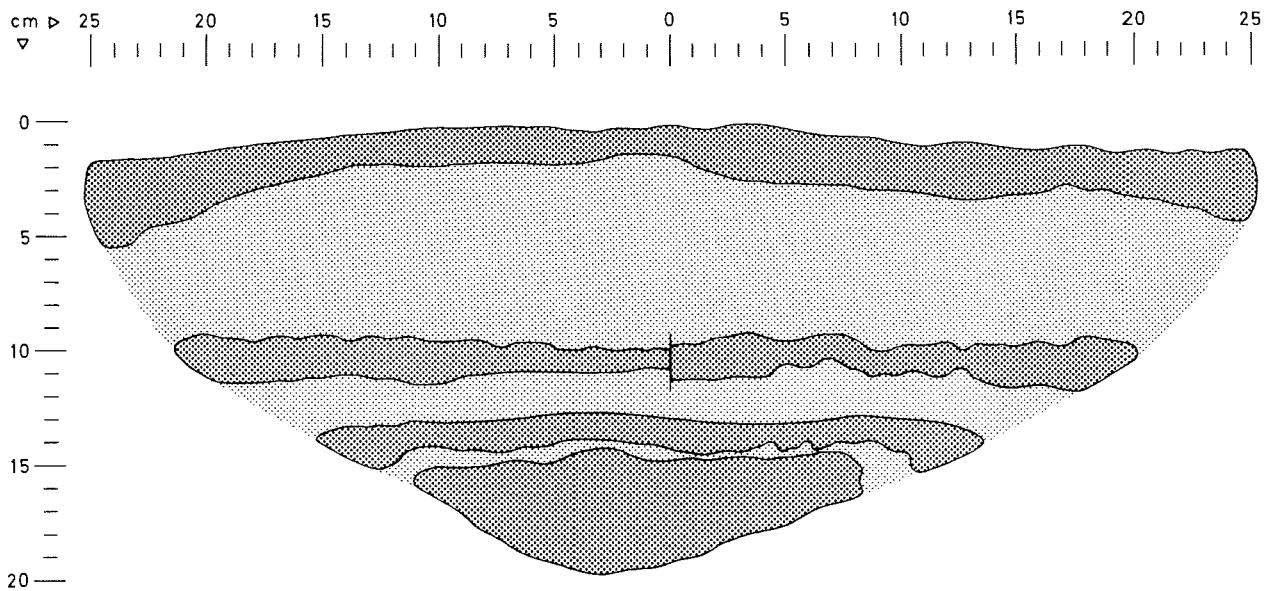


Abb. 17. Rekonstruktion der Stichherdgröße nach den vor Helgoland gefundenen Scheiben.

nissen entspricht, wenn man nicht einen längeren zylindrischen Schachtteil oberhalb der Grubenkrümmung annehmen will. Die Kapazität eines Schmelzprozesses ist also durch die Grubenrekonstruktion ermittelt.

Die Umgebung der Grube dürfte aus feinem Kalkschotter und Buntsandsteinstücken bestanden haben, den auf Helgoland leicht zugänglichen unbrennbaren Materialien. Einige dieser Schotterpartikel sind in die Gußfladen eingebunden (Abb. 15, 3–4), so daß dadurch ein zusätzliches Argument für die Helgoländer Herkunft der Scheiben und die Verhüttung Helgoländer Erze am Orte selbst gewonnen ist. Nimmt man an, daß die Verarbeitung der Erze auf Helgoland erfolgt ist, wird man sich konsequenterweise einen aufwendigen Holz- und Kohletransport vom Festland auf die Insel vorzustellen haben, denn die Versorgung der Hüttenleute mit Brennmaterialien dürfte das schwierigste der zu lösenden technischen Probleme gewesen sein. Dennoch wird es wohl leichter gewesen sein, den Brennstoff zum Erz zu transportieren als umgekehrt. Woher die Brennmaterialien kamen, läßt sich selbstverständlich nicht klären. Die Einschlüsse von Holz und Steinkohle (Abb. 15, 5–6) zeigen, daß sie aus unterschiedlichen Quellen stammten. Sicherlich wird man verwendet haben, was eben greifbar war, altes wie neues Brennmaterial. Das zu konstatieren ist nicht ganz unwichtig für die Beurteilung der C_{14} -Daten, die ja auf das benutzte Brennmaterial zurückgehen. Denn die zur Messung benutzten Proben

müssen keineswegs repräsentativ für die auf Helgoland verbrannten Hölzer sein. Die ermittelten Daten bestimmen das Alter des Brennstoffes, nicht das Alter der Verhüttung.

Die Rekonstruktion des Verhüttungsprozesses und die Lokalisierung jeder einzelnen Scheibe innerhalb der Grubenfüllung, die auf eine Ofenbeschickung zurückgeht, ist von ganz allgemeiner Bedeutung für die Beurteilung von Metallanalysen. Denn H. Schulz konnte in seinem vorangestellten Beitrag quantifizierend nachweisen, daß es Unterschiede in der Spurenelementverunreinigung zwischen den einzelnen Positionen innerhalb der Grube gibt. Je tiefer sich das Material einer Scheibe in der Grube befunden hatte, desto geringer ist die Konzentration von Chrom, Eisen, Cadmium und Arsen. Umgekehrt nimmt die Anreicherung von Wismut, Silber und Blei von oben nach unten zu (Abb. 8 und 11). Damit ist klar, daß sich die aus vergleichbarem Helgoländer Rohkupfer hergestellten Gegenstände in ihrer Zusammensetzung etwa von Arsen, Wismut und Silber unterscheiden müssen, je nachdem, ob sie aus einer oben abgeschöpften Scheibe oder aus dem „König“ eines und des gleichen Schmelzvorganges hergestellt worden sind. Da man einem Gegenstand aber die Herkunft seines Rohmaterials nicht ansehen kann, würde man auch die auf einen Verhüttungsprozeß zurückgehenden Stücke auf Grund der Spurenelementzusammensetzung als unähnlich bezeichnen. Die unterschiedlichen Spurenelementzu-

sammensetzungen innerhalb der Helgoländer „Scheiben“ und „Könige“ sind nicht auf Helgoland beschränkt, sondern sie unterliegen einem Naturgesetz, da die unterschiedlichen Schmelztemperaturen der einzelnen Metalle für die abweichenden Konzentrationen verantwortlich sind.

Wenn also Gruppierungen von prähistorischen Metallen nach Verwandtschaftsgraden auf Grund der Verunreinigungen des Kupfers durch Elemente wie Arsen, Wismut und Silber vorgenommen werden, faßt man in diesen Verwandtschaften nur Ähnlichkeiten der Ausgangspositionen der Metalle in der Schmelze und ein ähnliches Schicksal des verwendeten Materials innerhalb der verschiedenen Arbeitsgänge des „Garkupfermachens“, nicht aber gleiche Herkunftsgebiete. Mit der Absicht auf kulturhistorische Auswertungen vorgenommene Gruppierungen von prähistorischen Metallen nach Elementen wie Arsen, Wismut und Silber sind als sinnlos zu bezeichnen, solange die Unterscheidungsgrenzen in den Größenordnungen der in Helgoland erfaßten Unterschiede zwischen oberen Scheiben und unteren Gußkuchen liegen⁸. Diese Schlußfolgerungen, die ja bestimmt nicht unbeträchtlich für den Umgang mit Analysen prähistorischer Metalle sind, müssen aus den Messungen von H. Schulz an den Helgoländer Rohkupferscheiben gezogen werden.

Wenn die neuzeitlichen Quellen die Herstellungstechnik der Metallscheiben erklären, so geben sie doch kaum Auskünfte zur Datierung der Fundstücke. Denn die Technik des Abschöpfens von Metallscheiben aus Schmelzgruben ist alt und wurde bereits in der Bronzezeit geübt. Zwar werden die gerne als Barren bezeichneten Rohkupferstücke in der Literatur selten einer ausführlichen Behandlung gewürdigt, so daß man ihre Herstellungstechnik kaum ohne Kenntnis der Originale beurteilen kann. Aber es dürfte kein Zweifel sein, daß etwa eine von A. Mozsolics als „wannenförmiger Gußladen“ bezeichnete Scheibe aus einem späturnfelderzeitlichen Depotfund von Nádudvar, Kom. Hajdubihar in Nordostungarn⁹ auf ähnliche Weise wie die Helgoländer Scheiben hergestellt worden ist. Nach der Zeichnung zeigt die im Durchmesser wenig über 10 cm große Scheibe einen sehr schräg stehenden Rand, so daß sie aus dem kleineren Unterteil einer Schmelzgrube stammen dürfte. Auch die Bruchstücke von Gußladen aus dem nordwestrumänischen Depot von Rosiori, der an

den Anfang der Mittelbronzezeit zu datieren ist, stammen einmal von einer Scheibe¹⁰ mit der aus Helgoland bekannten Blasenstruktur der Oberseite und zum anderen¹¹ von einem „Gußkönig“. Auch sie dürften so wie die Helgoländer Rohmetallstücke hergestellt worden sein ebenso wie Bruchstücke von Rohkupferscheiben aus Niederbayern, die auf einer Seite eine verhältnismäßig glatte, auf der anderen Seite eine blasige Struktur zeigen. Das gilt für einen wahrscheinlich mittelbronzezeitlichen Fund von Weltenburg, Kr. Kelheim, und einen Depotfund von Mamming, Kr. Dingolfing¹². Es soll hier kein Katalog der Rohkupferfunde aufgestellt werden, es geht nur darum, zu zeigen, daß die Herstellungstechnik der Kupferscheibe eine sehr konservative, seit der Bronzezeit weiträumig geübte ist. Allerdings sind alle mir bekannten vorgeschichtlichen Beispiele doch wesentlich kleiner als die Gußprodukte Helgolands. Die schwerste Scheibe von dort wiegt 16,6 kg (Abb. 2, 1 und 6). Angesichts dieses Gewichtes wird man gerne das von H. Willkomm gemessene mittelalterliche Datum akzeptieren wollen, das man aber nicht beliebig auf die Gegenwart zu wird verjüngen können, weil es meines Wissens keine historische Überlieferung zu einer Kupferproduktion auf Helgoland gibt. Die Stücke müssen also aus einer Zeit mit spärlicher Quellenlage stammen, d. h. verhältnismäßig alt sein.

Wenn man im Mittelalter mit einer Metallproduktion auf Helgoland zu rechnen hat, wird man prinzipiell die Möglichkeit rein vorgeschichtlicher Kupfergewinnung nicht von der Hand weisen können, zumal W. Lorenzen nachweisen konnte, daß das Schmelzen des Helgoländer Erzes nicht mit großen technischen Schwierigkeiten verbunden war¹³. Freilich sollte man sich vor ungerechtfertigten Spekulationen hüten, nicht mehr als die Möglichkeit einer Kupferverhüttung ist zu erwägen. Dafür sprechen einige spärliche Indizien unter den von C. Ahrens so umsichtig zusammengetragenen Berichten über vorgeschichtliche Funde von Helgoland¹⁴. Daß die Insel seit dem ältesten Neolithikum begangen worden ist, dürfte sehr wahrscheinlich sein, nichts läßt aber die wenigen neolithischen Einzelfunde als irgend etwas besonderes erscheinen, das auf eine Metallgewinnung hinweisen würde¹⁵. Anders verhält es sich jedoch mit der Bronzezeit, aus deren Anfang reichere Funde bekannt sind. Wenn man erwägt, ob es eine frühzeitliche Ausbeutung der Kupferlagerstätte der Insel gegeben hat

⁸ So bei S. Junghans, E. Sangmeister, M. Schröder a. a. O. II, 2 Diagramm 1.

⁹ A. Mozsolics, Inv. Arch. Ungarn H 2 Blatt Y 417, 24.

¹⁰ D. Popescu und M. Rusu, Inv. Arch. Rumänien Fasc. 1 Blatt R 12, 7.

¹¹ Ebd. Blatt R 12, 8.

¹² Die Kenntnis beider Funde verdanke ich A. Hochstetter, die die Horte in ihrer Arbeit über die Mittelbronzezeit Niederbayerns vorlegen wird.

¹³ W. Lorenzen a. a. O. 29 ff.

¹⁴ C. Ahrens a. a. O. 239 ff.

¹⁵ Auch wenn gelegentlich Neufunde von Helgoland auftauchen, wie eine Feuersteinklinge ohne Meeresabrollungen aus dem aufgeschwemmten Sand der Düne (1975 gefunden von E. Schonart, Vogelwarte Helgoland), so muß das vorhandene Fundmaterial auch für die fernere Zukunft als repräsentativ gelten. Als Fundplatz scheint die Insel erschöpft zu sein.

oder nicht, sollte man dies nur für jene Perioden der Vorgeschichte tun, die Spuren einer intensiveren Besiedlung und einen gewissen, durch den Metallverkauf begründeten Reichtum hinterlassen haben. Nach den Recherchen von C. Ahrens hat es eine größere Anzahl bronzezeitlicher Grabhügel auf der Insel gegeben¹⁶. Soweit Funde aus diesen Hügeln bekannt sind, stößt man auf die keineswegs der Normsituation in Norddeutschland entsprechende Tatsache, daß sie in die Periode I oder an den Anfang der selbständigen Bronzezeitentwicklung des Nordens gehören¹⁷. Die Periode markiert bekanntlich den Zeithorizont Mittel- bis Nordeuropas, in dem eine intensivere Nutzung des Metalls sich durchsetzt oder durchgesetzt hat, es ist der Zeitabschnitt einer gewachsenen Abhängigkeit vom Metall und damit auch von seinen Lagerstätten. Im gesamteuropäischen Rahmen ist die Zunahme an Metallgegenständen im Abschnitt Bronzezeit A₂ nach P. Reinecke/Periode I nach O. Montelius eine qualitativ wie quantitativ entscheidende¹⁸. Der Aufschwung im metallurgischen Handwerk wie im Konsum des Metalles ist nur zu verstehen, wenn man sich auch europaweit eine Erschließung vorhandener Kupferlagerstätten vorstellt. Prospektoren dürften die Lande durchquert haben, unter Umständen haben sie auch auf Helgoland das gediegene Kupfer und die leicht verhüttbaren Erze von der Brandung gut aufbereitet aufsammeln können. Diese Gedanken wird man jedenfalls nicht rundheraus von der Hand weisen können, wenn man sich die Funde aus den Helgoländer Grabhügeln anschaut. Da ist für den 1845 ausgegrabenen Moderberg von importierten Goldspiralen die Rede, die

mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in den Anfang der Bronzezeit datiert werden¹⁹. Der einzige gegrabene Hügel, von dem umfänglichere Grabungsnotizen bestehen, ist der „Lütger Berg“. Neben einer schwer einzuordnenden Dolchklinge enthält er eine Nadel²⁰, wie sie im Norden unbekannt ist. Unglücklicherweise sind die Bronzefunde im Berliner Museum in den Kriegswirren verschollen, so daß man sie nicht genauer als auf den publizierten Abbildungen betrachten kann²¹. Danach wird man sie am ehesten mit böhmischen Ösenknopfnadeln zu vergleichen haben, wie sie in einer größeren Formenvariation im Gräberfeld von Liběšovice Nordwestböhmens aus der Spätphase der Aunjetitzer Kultur bekannt geworden sind²². Dort gibt es Nadeln, die eine verhältnismäßig dicke, gerundete Kopfscheibe wie das Helgoländer Stück besitzen²³. Im stark korrodierten Zustand sehen die böhmischen Nadeln wie das Helgoländer Exemplar aus²⁴, mit denen die säbelförmige Schaftkrümmung übereinstimmt. Sofern die Nadeln aus Liběšovice eine Schaftverdickung haben, liegt diese deutlich unter der Rillenverzierung des Halses²⁵. Auch die als Einzelfund überlieferte Lanzenspitze²⁶ ist ursprünglich von K. Kersten zu Recht in den Kreis der Tinsdähler Lanzenspitzen vom Beginn der Bronzezeit gestellt worden²⁷.

Wir haben es bei den wenigen Metallfunden von Helgoland also mit Importstücken zu tun, die genau in die Phase des sich in Mittel- und Nordeuropa etablierenden Systems eines steten Metallkonsums gehören. Vergegenwärtigt man sich die randliche Position der Insel Helgoland, so nimmt es wunder, daß

¹⁶ C. Ahrens a. a. O. 242 ff. und 356 ff.

¹⁷ Ausnahmen könnten lediglich die Funde aus dem Radbodberg (C. Ahrens a. a. O. 358) sein, die, wenn sie wirklich jungbronzezeitlich sein sollten, mit einiger Wahrscheinlichkeit aus einer Nachbestattung in dem seiner Größe wegen wohl älterbronzezeitlichen Grabhügel stammen dürften.

¹⁸ Für das Karpatenbecken vgl. B. Hänsel, Jahresbericht des Instituts für Vorgeschichte der Universität Frankfurt 1978 (im Druck).

¹⁹ C. Ahrens a. a. O. 356 f.

²⁰ C. Ahrens a. a. O. Taf. 58, 8.

²¹ Die Umzeichnung der Nadel durch R. Hachmann, Die frühe Bronzezeit im westlichen Ostseegebiet und ihre mittel- und südosteuropäischen Beziehungen (Hamburg 1957) Taf. 16, 1, suggeriert eine nicht vorhandene Halsdurchlochung, zeigt allerdings im Gegensatz zu der Abbildung bei C. Ahrens eine deutlichere Halsverdickung unter den Querker-

ben, die im Katalog des Berliner Museums (Inv. Nr. 167, 1170) ausdrücklich erwähnt ist. Die von einer Photographie abgenommene Zeichnung von C. Ahrens zeigt einen reichlich flachen Kopf, R. Hachmanns Zeichnung dagegen wenigstens auf der rechten Seite eine Kantung. Der Berliner Katalog bezeichnet den Kopf als „Knopf“ und gibt in der Inventarskizze einen petschaftartigen Kopf wieder.

²² V. Moucha und I. Pleinerová, Arch. Rozhledy 18, 1966, 515 ff.

²³ Ebd. 523 Abb. 143, 2; 529 Abb. 149, 13; 530 Abb. 150, 6.

²⁴ Ebd. 530 Abb. 150, 11.

²⁵ Ebd. 523 Abb. 143, 14; 528 Abb. 148, 14; 530 Abb. 150, 6.

²⁶ C. Ahrens a. a. O. Taf. 58, 10.

²⁷ K. Kersten, Zur älteren nordischen Bronzezeit (Neumünster o. J.) (1937) 135, — vgl. dazu G. Jacob-Friesen, Bronzezeitliche Lanzenspitzen Norddeutschlands und Skandinavians (Hildesheim 1967) 110.

diese Fundstücke bis an die Grenze der älterbronzezeitlichen Ökumene vorgedrungen sind. Man sucht nach Motiven, die es plausibel machen, daß sogar Helgoland gleich vom Anfang an in den Raum der beginnenden frühbronzezeitlichen Metallausbreitung mit einbezogen worden ist. Dabei drängt sich der Gedanke auf, daß die Erzlagerstätten der Grund für den in den Grabhügeln dokumentierten Reichtum sein könnten. Immerhin hat O. Olshausen bei seiner Grabung in dem „Lütgen Berg“ umfängliche Mengen von Kohle beobachtet, die er freilich als moderne Zutaten erklärt hat²⁸, aber auch bei von ihm

als ungestört bezeichneten Partien des eigentlichen Grabhügels spricht er ausdrücklich von Anreicherungen von Holzkohleresten. Es ist verlockend, diese Kohlereste mit einer Verhüttungstätigkeit in Verbindung zu bringen. Eine vorgeschichtliche Erzverhüttung auf Helgoland wird man sehr schwer nachweisen können, aber man sollte sie auch nicht ausschließen. Sucht man die Quellen für den Metallreichtum der nordischen Bronzezeit, wird man auch an die Helgoländer Lagerstätte zu denken haben, deren mittelalterliche Ausbeutung von sehr hoher Wahrscheinlichkeit ist.

²⁸ Herrn D. Sörenhagen, Museum für Vor- und Frühgeschichte Berlin, danke ich für die Auskünfte zu den Grabungen O. Olshausens.