

Frühe Kupfer-Verhüttung auf Helgoland

Von Bernhard Hänsel
und Horst D. Schulz

Das vorgeschichtliche Nordeuropa ist reich an handwerklich und künstlerisch wertvollen Bronzegegenständen, aber arm an Kupferlagerstätten, die der Berg- und Hüttenmann früherer Zeiten hätte abbauen können. Daher ist es für die Vorgeschichtsforschung auch heute noch ein Rätsel, wie sich im dänischen und norddeutschen Raum ein reiches und originelles Metallhandwerk entwickeln konnte. Das Metall dürfte zum überwiegenden Teil aus dem Süden oder Westen importiert worden sein – aber nicht alles, denn es gibt im Buntsandstein der Insel Helgoland eine Lagerstätte, die in der Diskussion über das frühzeitliche Kupfer des Nordens eine wichtige Rolle gespielt hat. Unglücklicherweise ist diese Diskussion mit Spekulationen um ein als „Atlantis“ bezeichnetes Kulturzentrum im Norden Europas belastet worden. Heute sollte man daher zu diesem Thema nur Stellung nehmen, wenn neue Fakten vorliegen.

Angesichts der Flut phantastischer Literatur über die Insel Helgoland sind diese Vorbemerkungen nötig. In unserem Bericht geht es zunächst ausschließlich darum, ob und wann auf Helgoland in der Frühzeit Kupfer gewonnen wurde. Wem dieses Kupfer wann und wo gedient hat, muß durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

In den sechziger Jahren haben die Arbeiten des Flensburger Chemikers W. Lorenzen neue Erkenntnisse über das Helgoländer Kupfer gebracht. Er konnte glaubhaft machen, daß die Lagerstätte Helgoland reichhaltig und das Erz leicht zugänglich und einfach zu verhütten war. Die Insel kommt daher als Kupferlieferant Nordeuropas von vorgeschichtlicher Zeit bis in das Mittelalter in Betracht. Lorenzens Versuch, mit Hilfe spektralanalytischer Untersuchungen zu belegen, daß die in Norddeutschland und Dänemark gefundenen frühen Kupfergeräte

aus Helgoländer Kupfer hergestellt worden sind, hat die Fachwelt zu Recht nicht akzeptiert. Bevor man sich Gedanken macht, wie, wann und in welchem Umfang das Helgoländer Erz genutzt wurde, gilt es zunächst einmal nachzuweisen, daß von der Möglichkeit der Nutzung überhaupt Gebrauch gemacht wurde. Nach der Entdeckung von Gegenständen aus Rohkupfer vor Helgoland sind wir heute in der Lage, dafür den Beweis zu führen.

Die Fundgeschichte

1971 fand H. Stühmer am Meeresboden südlich der Insel (Bild 2) einige runde bis ovale Scheiben aus Rohkupfer (Bilder 1 und 6). Sie sind zwischen zwei und fünf Zentimeter dick, und ihre Durchmesser reichen von fünfzehn bis fünfzig Zentimeter. Daneben lagen Bruchstücke solcher Scheiben und einige kleinere, gewölbte „Metallkuchen“, die man auch „Könige“ nennt (Bild 3). Schon nach dem Ende des Krieges hatte man bei Minensucharbeiten zahlreiche Kupferplatten gefunden, aber man erkannte ihren archäologischen Wert nicht und verkaufte sie als Altmetall. H. Stühmer – Hafenmeister auf Helgoland und in seiner Freizeit mit der geologischen und paläontologischen Untersuchung der Insel und des sie umgebenden Seegebietes beschäftigt – bewahrte seine Funde dagegen auf. Auf Umwegen kam die Photographie einer solchen Scheibe in die Hand von G. Gadow, der sie unter falscher Fundortangabe veröffentlichte und als „Wurfscheibe“ mißdeutete. In der Diskussion um die Herkunft der Scheiben reichten die Spekulationen bald von „Atlantis“ bis zur Fracht einer versunkenen französischen Barke aus dem achtzehnten Jahrhundert. Die große Zahl der insgesamt gefundenen Kupferscheiben und der Umstand, daß die

Kupfergegenstände, die auf dem Meeresgrund südlich vor Helgoland lagen, bezeugen, daß auf der Insel bis ins späte Mittelalter Kupfer gewonnen und verarbeitet wurde. Wahrscheinlich ist das Metallhandwerk auf Helgoland schon einige tausend Jahre alt.

Fundorte über einen größeren Bereich des Seegrundes in der Umgebung der Insel verstreut waren, ließ die Hypothese der gesunkenen Schiffsfracht nicht recht plausibel erscheinen. Vielmehr entstand der Verdacht, die Insel selbst könnte der Ursprungsort des Materials gewesen sein. 1974 übergab H. Stühmer einem von uns ein Bruchstück einer Kupferscheibe, damit die Frage nach der Herkunft des Materials durch röntgenographische und chemische Analysen geklärt werden konnte. Auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden wir später eingehen.

Die Lagerstätte

Bereits 1965 wies Lorenzen darauf hin, daß nahezu der gesamte Buntsandstein Helgolands zum Teil beachtliche Kupferkonzentrationen enthält. Besonders auffällig sind leuchtend blaue Drusen mit Kupfercarbonat-Kristallen (Bild 4, links), die von geschäftstüchtigen kleinen Helgoländern gerne an Touristen verhandelt werden. Die weitaus höchsten Kupferkonzentrationen sind jedoch in einzelnen, oft übersehenen Bänken im mittleren Buntsandstein enthalten. Hier liegt das Kupfer überwiegend als hochprozentiges Rotkupfer (Cuprit) vor (Bild 4, rechts). Selbst erbsengroße Stücke von metallischem Kupfer sind keine Seltenheit. Die Bänke besitzen einen durchschnittlichen Kupfergehalt von etwa zehn Prozent, manche Stücke können Gehalte von dreißig bis vierzig Prozent erreichen. Die häufig zehn bis fünfzehn Zentimeter mächtigen Lagen dürften als die primären Erzlager anzusehen sein, während die Carbonatdrusen wohl nur Verwitterungsprodukte davon sind. Auf der Insel nimmt die Kupferkonzentration von Süden nach Norden zu, so daß der jetzt abgetragene Teil im Norden Helgolands das meiste Erz enthalten ha-

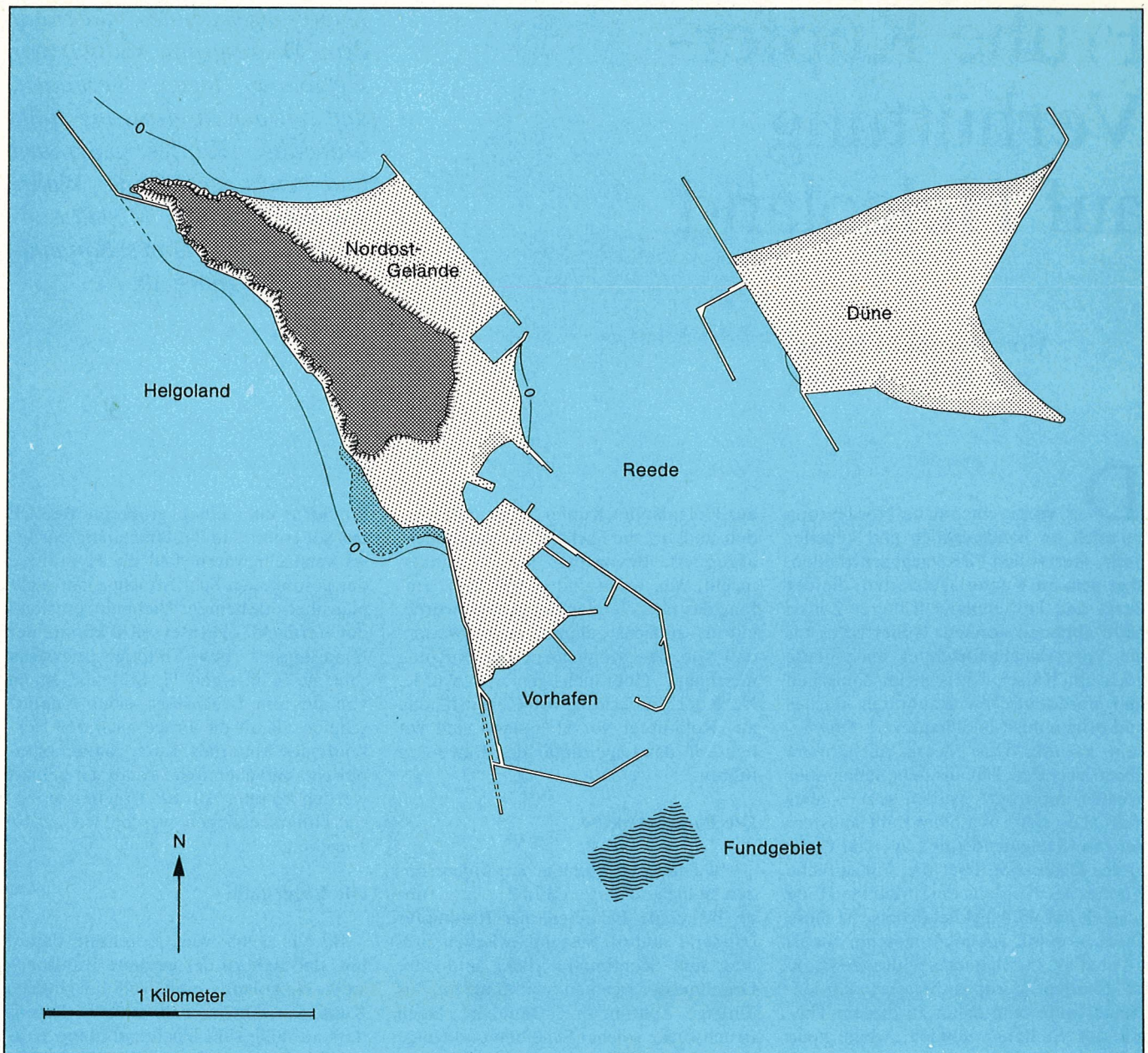


Bild 2: Alle in den Bildern 1, 3 und 6 gezeigten Kupfergegenstände stammen vom Meeres-

grund südlich von Helgoland. Die Karte zeigt die Insel in ihren heutigen Begrenzungen; die

mit „0“ bezeichnete Linie markiert die mittlere Höhe des Wasserstandes (Normalnull).

ben muß. Dafür sprechen auch ältere, von Lorenzen zitierte Berichte, in denen mächtige „Kupferklippen“ in der Brandungsterrasse nördlich der Insel beschrieben werden (Bild 5).

Die Kupfererzbänder treten heute im Norden der Insel in der Nähe des Wahrzeichens von Helgoland, der „Langen Anna“, im Kliff und im Felswatt zutage, und in der Geröllhalde am Fuß des Kliffs lassen sich Erzbrocken aufsammeln. Bild 5 zeigt schematisch den heutigen Zustand der Abbruchkante im Vergleich mit dem einer früheren Zeit, zu der die Kupfererzbänder noch im oberen Teil der Insel zutage traten und zusammen mit den auffälligen, auch metallisches Kupfer enthaltenden Erzlagern leicht zu-

gänglich waren. Der Abbau dieses hochprozentigen Kupfererzes mußte sich lohnen, weil es als oxidisches Erz mit recht einfachen Mitteln zu verhütten war.

Beziehungen zwischen Erz und Verhüttungsprodukten

Will man von einem Metallstück auf das Erz schließen, aus dem es gefertigt wurde, so geht man davon aus, daß jede Erzlagerstätte aufgrund ihrer Entstehungsgeschichte eine charakteristische chemische Zusammensetzung hat. Wenn man die bei der Verhüttung einsetzenden Sonderungsvorgänge berücksichtigt, müssen die Konzentrationen der Begleitelemente im Metall denen im zuge-

hörigen Erz ähneln. Je mehr Elemente man dabei untersucht, um so sicherer ist eine Zuordnung. Ist das Metall jedoch nach der Verhüttung weiter geläutert und bearbeitet worden, so wird sein Spektrum an Begleitelementen von dem des Erzes mehr oder weniger abweichen, und bei einer Legierung mit Metallen anderer Herkunft ist es schließlich unmöglich, auf das Erz zu schließen.

Unsere Metallkuchen-Funde bestehen glücklicherweise aus ungeläutertem Rohkupfer, dem ersten Produkt der Verhüttung. Die chemischen Analysen verschiedener Scheiben ergaben einen durchschnittlichen Kupfergehalt von etwa 92 Prozent. Ein solches Material – man nennt es Schwarzkupfer – läßt

sich noch nicht bearbeiten. Daher ist ein Versuch, es einem Erz zuzuordnen, erfolgversprechend. Wir haben uns vor allem zwei Fragen gestellt: Wie gut passen die gefundenen Kupferscheiben zum Helgoländer Erz, und wie gut – oder wieviel schlechter – passen sie zu Kupfererzen anderer Lagerstätten?

Es ist recht aufwendig, Metalle und Erze mit der hier zu fordernden Genauigkeit zu analysieren. Zum Teil kommen die Begleitelemente nur in winzigen Konzentrationen vor (man nennt sie dann Spurenelemente). In Bild 7 sind die Konzentrationen von zwölf Begleitelementen des Kupfers in den Scheiben (weiße Säulen) den Konzentrationen der Begleitelemente im Helgoländer Kupfererz (dunkel gefärbte Säulen) gegenübergestellt. Die Angaben sind Durchschnittswerte aus den Analysen von zwölf Kupferscheiben und von allen untersuchten Proben des Helgoländer Erzes. Sie wurden auf gleiche Kupfergehalte umgerechnet.

Bis auf Chrom, Cadmium, Mangan und Eisen weisen alle Elemente im Erz und im Metall die gleiche oder doch eine

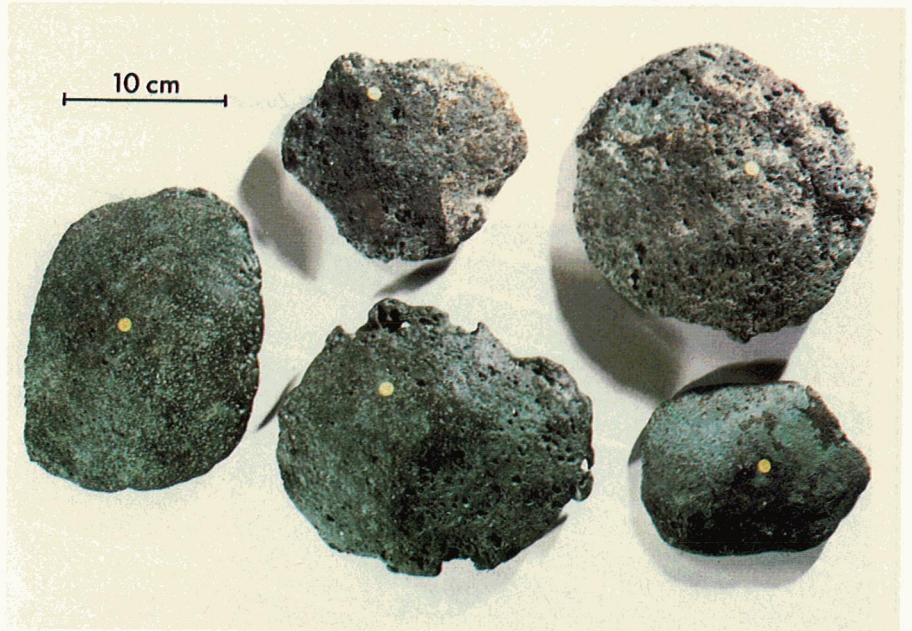


Bild 3: Neben den Kupferscheiben und zahlreichen Bruchstücken fanden sich vor Helgoland auch Gußkuchen oder „Könige“. Auf ihrer Oberseite sind sie eben und wie die Scheiben von Blasen durchsetzt. Das Bild zeigt fünf Guß-

kuchen von ihrer gewölbten Unterseite. Diese Flächen sind nahezu glatt und weisen nur wenige Löcher auf. „Könige“ bildeten sich, wenn der letzte Rest geschmolzenen Metalls in der Grube vor dem Verhüttungssofen erstarrte.

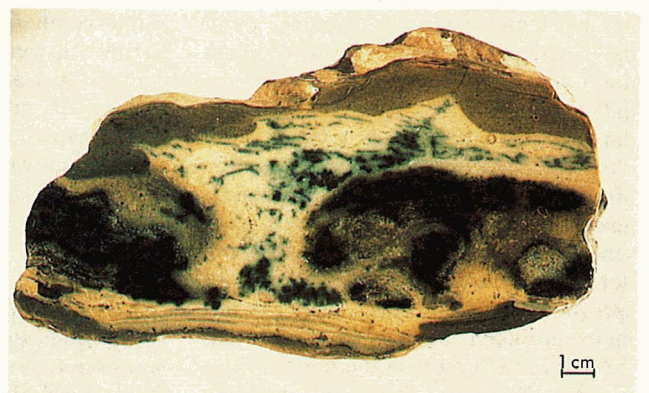
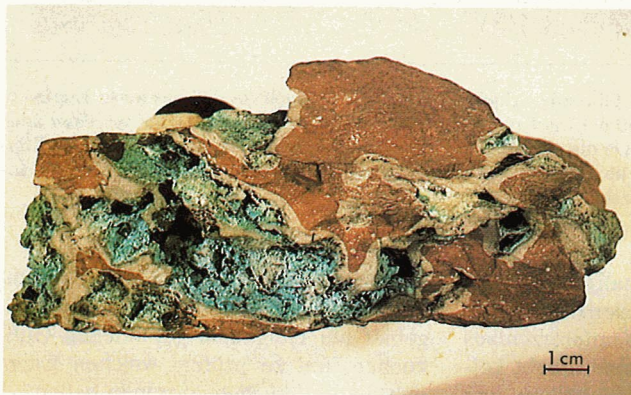


Bild 4: Nahezu der gesamte Buntsandstein Helgolands hat einen zum Teil beachtlichen Gehalt an Kupfer. Besonders auffällig sind die leuchtend blauen Kupfercarbonat-Drusen (links). Sie sind Verwitterungsprodukte der primären

Erze (rechts), in denen das Kupfer vorwiegend als hochprozentiges Cuprit vorliegt. Häufig kommt das im mittleren Buntsandstein der Insel eingelagerte Erz in zehn bis fünfzehn Zentimeter dicken Bänken vor. Diese Schichten be-

sitzen einen durchschnittlichen Kupfergehalt von etwa zehn Prozent. Manche von ihnen enthalten sogar dreißig bis vierzig Prozent Kupfer, und selbst erbsengroße Stücke metallischen Kupfers sind auf Helgoland keine Seltenheit.

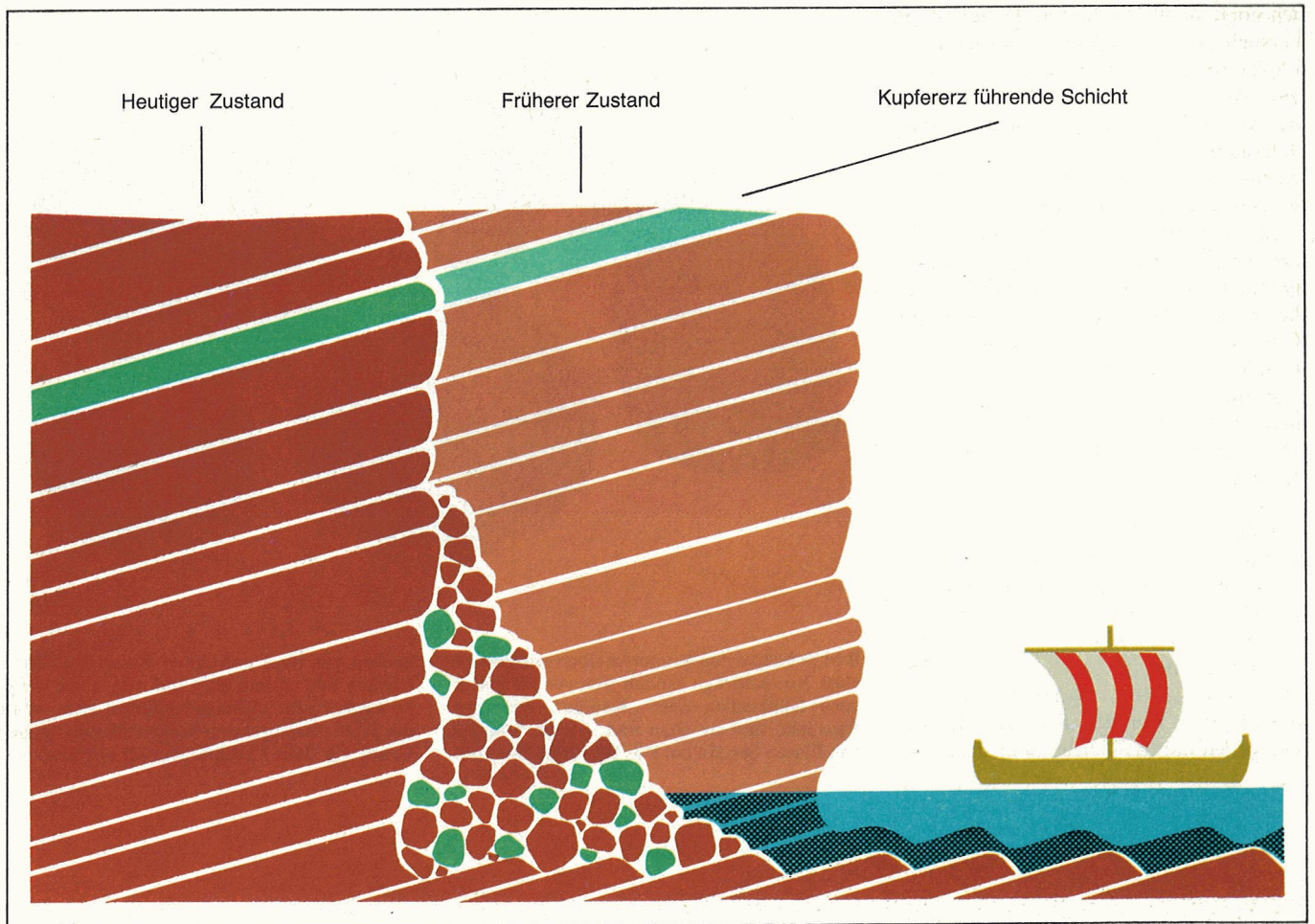


Bild 5: Im Buntsandstein der Insel Helgoland nimmt die Kupferkonzentration von Süden nach Norden zu. Daher dürfte der heute abgetragene nördliche Teil der Insel am meisten Kupfererz enthalten haben. Das Schema ver-

deutlicht, daß die Kupfererz führende Schicht früher vermutlich im Oberland der Insel zutage trat. Nach dem Abbruch bildete die abgetragene Schicht eine Geröllhalde im Brandungsreich. Der weiche Buntsandstein zersetzte sich

vermutlich schnell, so daß das harte Kupfererz leicht zugänglich wurde. Dafür sprechen auch alte Berichte, in denen „mächtige Kupfer-Klippen“ in der Brandungsterrasse nördlich der Insel erwähnt sind.

sehr ähnliche Konzentration auf. Die vier Elemente, die die Ausnahmen bilden, kommen im Erz in höherer Konzentration vor als im Metall. Das ist insofern plausibel, als Chrom, Mangan und Eisen infolge ihrer sehr hohen Schmelzpunkte bei der Verhüttung vorzugsweise in den Schlacken bleiben. Auch beim Cadmium ist der Unterschied verständlich, denn der Siedepunkt dieses Elementes liegt unter dem Schmelzpunkt des Kupfers, so daß es bei der Verhüttung zum Teil verdampft. Da Cadmium sehr giftig ist, muß die Arbeit in der frühzeitlichen Kupferhütte der Gesundheit recht abträglich gewesen sein. Die Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung der Scheiben und des Helgoländer Erzes sprechen also nicht gegen eine Zusammengehörigkeit beider. Im Gegenteil: sie belegen ebenso wie die übereinstimmenden Konzentrationen der anderen Begleitelemente den Zusammenhang.

Um die Frage zu beantworten, ob die Funde nicht auch anderen Erzen zugeordnet werden könnten, war es nötig, das Helgoländer Erz mit anderen Erzen zu

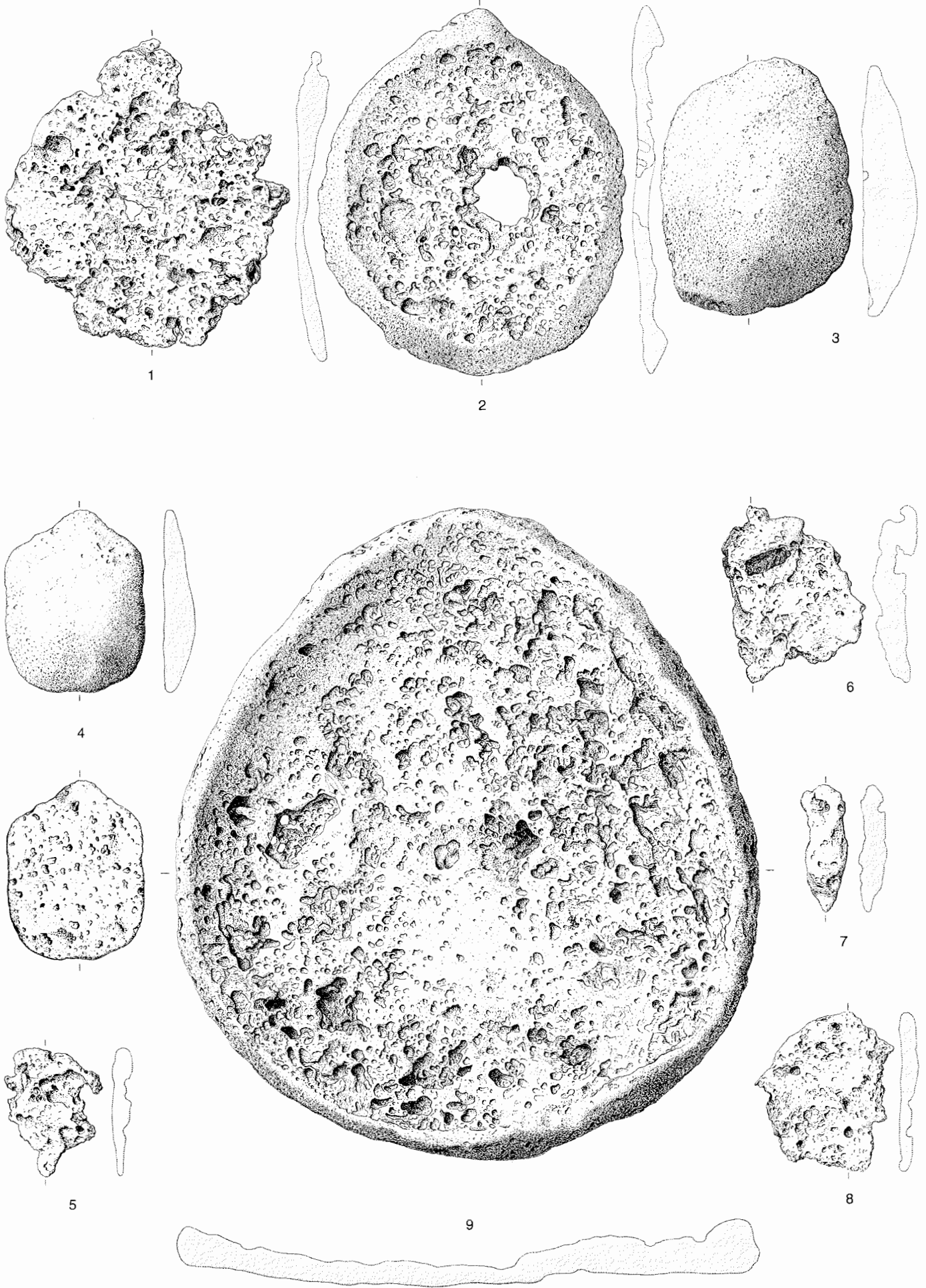
vergleichen. Dazu beschafften wir uns von Instituten und Privatpersonen ungefähr fünfzig Proben von Kupfererzen aus aller Welt. Diese Sammlung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und hat eine zufällige Zusammensetzung, aber sie gibt die natürlichen Unterschiede im Spektrum der Begleitelemente von Kupfererzen recht gut wieder. In allen Erzproben wurden die Konzentrationen der in Bild 7 aufgeführten Elemente gemessen. So erhielten wir einen „Katalog“ chemischer Analysen von Kupfererzen, in dem wir auch zwei Analysen des Helgoländer Erzes „versteckten“. Wir

Bild 6: Unter den Kupfergegenständen, die in einem engen Gebiet am Meeresboden vor Helgoland lagen (Bild 2), fand man neben runden bis ovalen Kupferscheiben verschiedener Größe (2–4 und 9) auch rohrförmige Stücke (7) sowie unregelmäßig geformte Bruchstücke (1, 5, 6, 8). Die Profile der Gegenstände längs ihrer größten Durchmesser sind als schraffierte Flächen eingezeichnet. (Der Verlauf der Längsschnitte ist jeweils durch zwei kurze Striche am Rand der Gegenstände markiert.) Die große

vergleichen die in diesem Katalog enthaltenen Werte mit den Werten der im Seegebiet um Helgoland gefundenen Gußkuchen, um zu prüfen, welchen Erzen sich die Gußkuchen zuordnen ließen.

Zunächst galt es, eine Größe zu finden, mit der sich die Ähnlichkeit zwischen zwei Proben in Bezug auf die Konzentrationen von zwölf Begleitelementen messen läßt. Wir verwendeten die Größe des Winkels Theta, den zwei für die Proben ermittelte Vektoren miteinander bilden. Was man darunter zu verstehen hat, ist in Bild 8 vereinfacht am Beispiel von zwei Proben dargestellt, für die die Ge-

Scheibe (9) wiegt sechzehn Kilogramm. Sie besitzt einen steilen Rand und eine blasige Unterseite. Bei der kleineren Scheibe mit Loch (2) steht der Rand sehr schräg, sie wurde vermutlich aus dem tieferen Teil der Grube vor dem Verhüttungssofen herausgehoben (vergleiche Bild 9). Die Stücke 3 und 4 sind Beispiele für „Könige“ (vergleiche Bild 3). Ihre gewölbte Seite ist glatt, die flache Seite rau (4). Die Bruchstücke 1, 5, 6 und 8 stammen zumeist aus den mittleren Teilen größerer Scheiben.



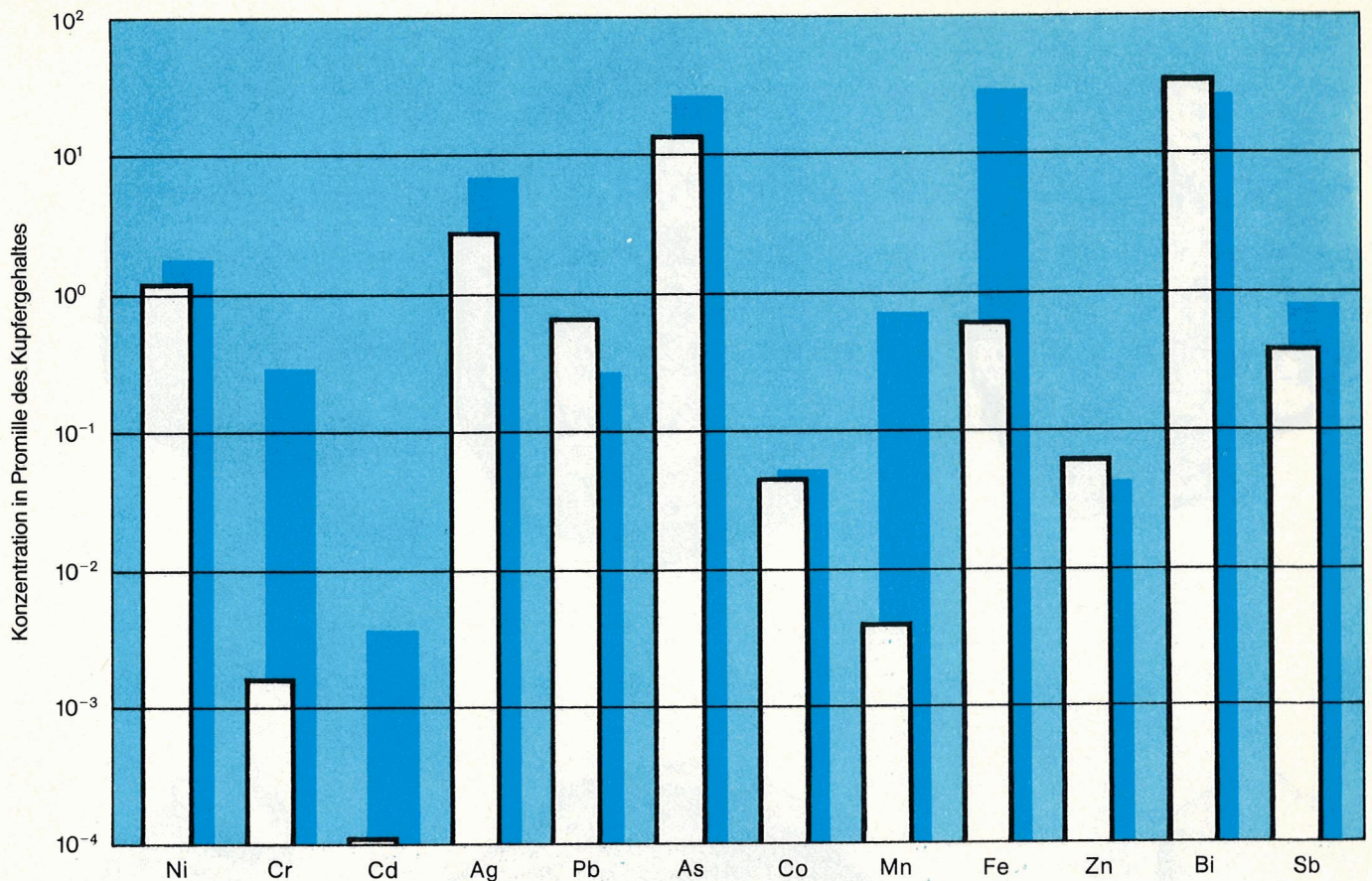


Bild 7: In jedem Erz ist das Hauptelement von anderen Elementen begleitet, deren Konzentrationen für die Erzlagerstätte charakteristisch sind. Die Verteilung der Begleitelemente spiegelt sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, auch im Metall wider, das aus dem Erz gewonnen wird. In diesem Diagramm sind die Konzentrationen von zwölf Begleitelementen des

Kupfers in Promille des Kupfergehaltes dargestellt. Die dunkel gefärbten Säulen geben die Konzentrationen im Helgoländer Erz wieder, die weißen Säulen zeigen die Häufigkeiten der Elemente in den auf dem Meeresgrund vor Helgoland gefundenen Kupferscheiben. Die Übereinstimmung ist bis auf die im Text erläuterten Ausnahmen (Cadmium, Chrom, Eisen,

Mangan) sehr gut und beweist den Zusammenhang zwischen den Funden und dem Helgoländer Erz. Die Elemente sind hier durch ihre Symbole bezeichnet. Es bedeuten: Ag = Silber, As = Arsen, Bi = Wismut, Cd = Cadmium, Co = Cobalt, Cr = Chrom, Fe = Eisen, Mn = Mangan, Ni = Nickel, Pb = Blei, Sb = Antimon, Zn = Zink.

halte zweier Elemente A und B bestimmt wurden. Jeder dieser Proben entspricht ein Punkt in einem Koordinatensystem, dessen Achsen die Konzentrationen der Elemente A und B angeben. Verbindet man die den Proben zugeordneten Punkte mit dem Schnittpunkt der Achsen des Koordinatensystems, so erhält man zwei Linien (Vektoren), die den Winkel Theta einschließen. Je größer dieser Ähnlichkeitswinkel ist, um so weniger stimmen die beiden Proben überein. Zur Auswertung des Diagramms benutzt man allerdings nicht den Winkel selbst, sondern seinen Cosinus, der alle Werte zwischen Null (für Theta = 90 Grad) und Eins (für Theta = 0 Grad) annehmen kann. Je näher der Cosinus von Theta bei 1 liegt, um so ähnlicher sind zwei Proben.

Dieses Bewertungsverfahren läßt sich so erweitern, daß es alle zwölf in Bild 7 genannten Elemente gleichzeitig erfaßt. Auf diese Weise haben wir die vor Helgoland gefundenen Kupferscheiben mit allen Erzen unseres „Katalogs“ verglichen. Es stellte sich heraus, daß zwischen

den Fundstücken und den beiden im Katalog enthaltenen Helgoländer Erzen bei weitem die besten Übereinstimmungen bestanden, obwohl die Elemente Cadmium, Chrom, Eisen und Mangan in die Analysen einbezogen wurden: Die Cosinus-Theta-Werte betragen 0,9 und 0,7. Der Vergleich mit den restlichen Erzproben ergab für Cosinus Theta in einem Fall den Wert 0,3 und in allen anderen Fällen Werte unter 0,1.

Aufgrund dieser Ergebnisse muß es als gesichert gelten, daß das Helgoländer Kupfererz in der Vergangenheit auch auf Helgoland verhüttet wurde. Ein weiterer Beweis dafür sind kleinere Gerölle von Kreide und feinkörnigem Buntsandstein – wie er auf Helgoland ansteht –, die gelegentlich an der Unterseite der Scheiben in das Kupfer eingebacken sind (Bild 10 oben, sowie Bilder 1 und 2).

Die Kupferverhüttung

Nachdem feststeht, daß das Kupfer der Metallscheiben aus Helgoländer Erz gewonnen wurde, können wir versuchen,

das Verfahren der Kupfergewinnung zu rekonstruieren. Dafür geben uns die Scheiben Anhaltspunkte: Sie sind nicht nur in sich ungleichmäßig, sondern weisen auch untereinander große Unterschiede auf. Stühmer fand die in den Bildern 1, 3 und 4 gezeigten Kupferstücke auf dem Meeresgrund dicht beisammenliegend, so daß man annehmen kann, daß sie auch ursprünglich in irgendeiner Weise zusammengehörten.

Die Scheiben sind schwach gewölbt, am Rand stets verdickt und besitzen eine gekantete Außenseite. Ihre Oberseiten sind verhältnismäßig glatt. Sie weisen gleich große, nah beieinanderliegende Blasen auf, die teilweise aufgeplatzt sind und wie kleine Buckel oder Krater aussehen (Bild 1, links). Die Unterseiten zeigen dagegen neben Partien glatter oder in strähnigen Bahnen strukturierter Oberfläche größere und tiefere Löcher (Bild 1, rechts) sowie gelegentlich die erwähnten kleinen Kreide- und Buntsandstein-Einschlüsse. Die kuchenartigen Gebilde (Bild 3) besitzen eine gewölbte Unterseite, die recht gleichmäßig und

glatt ist und fast keine Löcher hat, während die nahezu ebene Oberseite wie bei den Scheiben (jedoch in kleinerer Zahl) Blasen enthält.

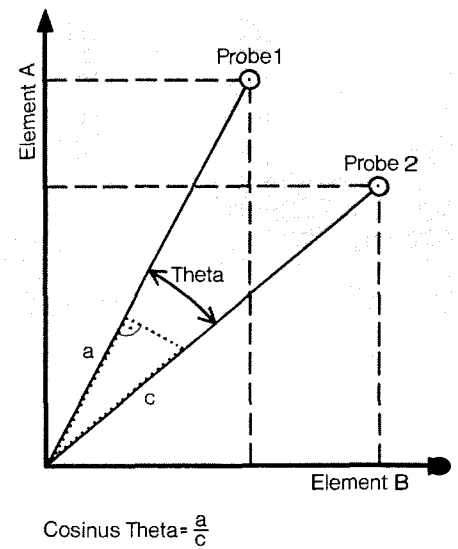
Je größer und schwerer eine Scheibe ist, desto steiler steht ihr Rand. Man erkennt das in Bild 6 besonders gut beim Vergleich der Scheiben 2, 5 und 9. Aufgrund dieser Beobachtung läßt sich erklären, wie die Scheiben entstanden: Jede Scheibe wurde als obere, schon feste Kruste von einer Kupferschmelze abgehoben, die sich in einer Grube vor dem Ofen befand, in dem das Erz verhüttet wurde (Bild 9). Das aus dem Ofen fließende Metall sammelte sich in der Grube, durfte dort jedoch nicht zu einem Block erstarren, sondern mußte in kleinen Einheiten, das heißt, in brauchbaren Handelsgrößen gewonnen werden. Daher hob man in kürzeren Abständen jeweils die schon erkaltete und verfestigte oberste Kupferschicht ab. Da das Kupfer vom Rand der Grube her erkaltete, sind die Ränder bei allen Scheiben am dicksten. Die Blasen auf den Oberseiten der Scheiben lassen darauf schließen, daß man den Erstarrungsprozeß beschleunigte, indem man Wasser auf die Schmelze goß. Die grobe Struktur der Unterseiten entstand bei der Trennung der verfestigten Scheiben vom noch flüssigen unteren Teil der Grubenfüllung.

Die Scheiben wurden offenbar auf eine Schicht aus kleinen Kalk- und Sandsteinen neben der Grube geworfen, wo sie vollends abkühlten. So erklären sich die gelegentlichen Einschlüsse von Schotterteilen in den Unterseiten der Scheiben (Bild 10, a und b). Schließlich blieb in der Grube ein Rest der Metallschmelze zurück, der dort erkaltete. So entstanden die kuchenartigen Gebilde, die „Könige“, die eine besonders glatte Außenseite bekamen (Bild 3).

Aus der Größe der Scheiben kann man auf die Größe der Gruben schließen und daraus die Kapazität der Verhüttungsöfen errechnen: Die Durchmesser der Scheiben entsprechen den Durchmessern der Grube in verschiedenen Tiefen, und die Neigung des Scheibenrandes zeigt die Schräge der Grubenwand (Bild 9). Legt man die Scheiben nach zunehmender Größe geordnet übereinander, so entsteht eine Halbkugel. Sie entspricht einer Grube, die mehr als fünfzig Kilogramm Schwarzkupfer fassen konnte.

Diese Art der Gewinnung von Rohkupfer war noch im achtzehnten Jahrhundert üblich. In der zwischen 1732 und 1754 verfaßten und von Johann Heinrich Zedler verlegten Enzyklopädie „Großes vollständiges Universal Lexikon Aller Wissenschaften und Künste, welche bishero durch menschlichen Verstand und Witz erfunden und verbessert

Bild 8: Wie sehr sich die vor Helgoland gefundenen Kupferscheiben und die Helgoländer Kupfererze in ihren Zusammensetzungen gleichen, läßt sich durch den Cosinus des Ähnlichkeitswinkels Theta quantitativ beschreiben. Mißt man in zwei Proben die Konzentrationen von zwei Elementen A und B, so ist in einem Koordinatensystem, dessen Achsen die Gehalte der Elemente A und B angeben, jede Probe durch einen Punkt gekennzeichnet. Die Linien, welche die beiden Punkte mit dem Schnittpunkt der Achsen des Koordinatensystems verbinden, schließen den Winkel Theta ein. Das Maß für die Ähnlichkeit der beiden Proben ist der Cosinus dieses Winkels, der alle Werte zwischen Null (Theta = 90 Grad) und Eins (Theta = 0 Grad) annehmen kann. Zwei Proben stimmen um so besser überein, je größer für sie der Cosinus von Theta ist. Das Verfahren läßt sich auf die Bewertung von mehr als zwei Elementen erweitern, doch dann kann man den Cosinus des Winkels Theta nicht mehr so einfach veranschaulichen.



worden“ liest man unter dem Stichwort „Scheiben“: „Scheiben, heißt in den Bergwercken, wenn vor einem Ofen gestochen worden, welcher erkaltet, im Stich-Heerde von der Materie, die aus dem Ofen dahin gelaufen, das Oberste, welches sodann, gleich einem Kuchen, mit der Furkel abgehoben wird. Das geschieht bey dem Rohsten- oder Schwartz-Kupffer so lange, bis nichts mehr im Heerde bleibt“. Und beim Stichwort „Scheiben reissen“ steht: „Scheiben reissen, heisst bei dem Schmelzen, wenn abgestochen und die Schlacken abgehoben worden, so erkaltet der obere Theil des Steins oder Kupfers und läßt sich wie ein Kuchen von dem heißen Theil abnehmen . . . Desgleichen geschieht auch bey dem Gahrkupffermachen“.

Daß in mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Hütten ähnliche Scheiben wie die vor Helgoland gefundenen hergestellt und transportiert wurden, geht aus dem im Bild 11 gezeigten Holzschnitt hervor. Er stammt aus der 1557 in Basel erschienenen Ausgabe des Buches „De re metallica“, das der große Chemnitz Humanist, Arzt, Mineraloge und Bürgermeister Georgius Agricola geschrieben hat.

Die für die Verhüttung des Kupfers erforderliche Holzkohle brachte man wahrscheinlich mit Schiffen auf die Insel. Der ursprünglich auf Helgoland wohl vorhandene Baumbestand dürfte bei dem Umfang, den die Verhüttung den Funden zufolge gehabt haben muß, sehr schnell aufgebraucht gewesen sein. Wir müssen uns also sehr enge wirtschaftliche

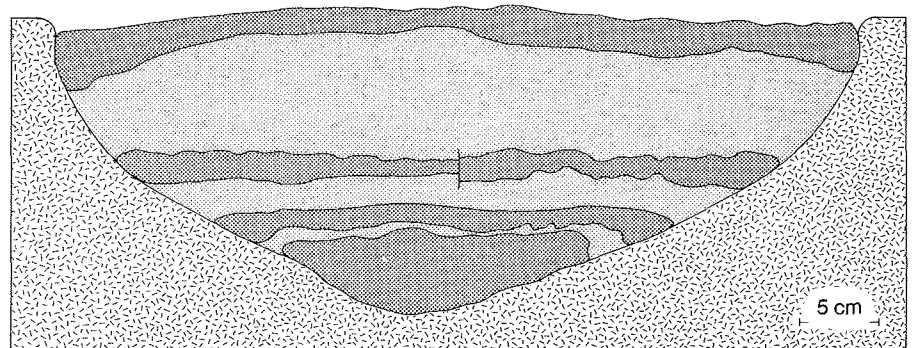
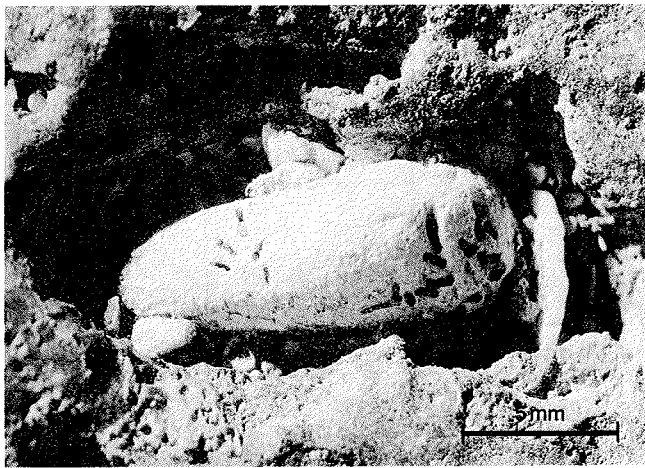
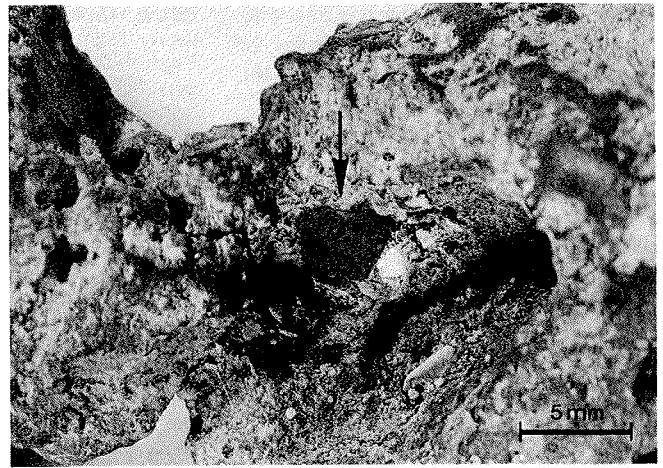


Bild 9: Die Kupferscheiben vom Meeresboden vor Helgoland unterscheiden sich nicht nur in ihren Durchmessern, sondern auch in den Neigungswinkeln ihrer Ränder. Die großen Scheiben besitzen steile Ränder (vergleiche dazu Bild 6), während die Ränder der kleinen Scheiben nur schwach geneigt sind. Schichtet man die Scheiben nach zunehmender Größe übereinander, so entsteht eine Halbkugel, die in Form und Größe der Grube vor dem Ofen entspricht,

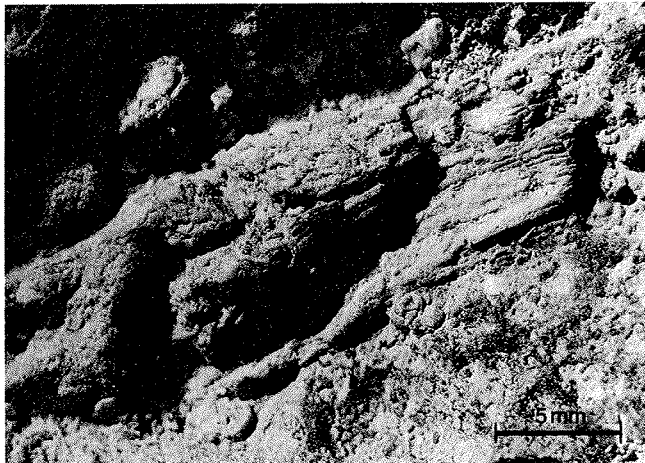
in dem das Erz verhüttet wurde. Die feste obere Kruste des geschmolzenen Metalls, das sich in der Grube sammelte, wurde jeweils abgehoben („gerissen“) und zum Abkühlen auf eine Schotterpackung von Kalk und Buntsandstein gelegt (vergleiche Bild 10). Die unterste Schicht des geschmolzenen Metalls ließ man in der Grube abkühlen. Aus ihr entstanden die oben flachen und unten kugelförmig gewölbten „Könige“ (vergleiche Bild 3).



1



2



3



4

Bild 10: Die Kupferscheiben enthalten Einschlüsse von Kalk (1) und Buntsandstein (2) sowie von Holz (3) und Holzkohle (4). Der Einschluß von Gesteinen gibt einen Hinweis auf die Herstellung der Scheiben: Die erstarrte Kruste des flüssigen Kupfers in der Grube vor dem

Verhüttungs-ofen (vergleiche Bild 9) wurde abgehoben und zum Abkühlen auf eine Schotterpackung von Kalk und Buntsandstein geworfen. Die Einschlüsse organischen Materials (3 und 4) erlauben es, das Alter der Scheiben mit der Radiokohlenstoff-Methode zu bestimm-

men. Als Mittelwert aus zwei Messungen ergab sich ein Alter von 710 ± 100 Jahren vor 1950. Das Holz, das zur Verhüttung des Erzes verwendet wurde, muß also zwischen 1140 und 1340 nach Christus gewachsen und verarbeitet worden sein.

Beziehungen zwischen dem Festland und der Insel vorstellen, ohne die die Ausnutzung der abgelegenen Lagerstätte nicht möglich gewesen wäre.

Altersbestimmung

Alle Befunde deuten darauf hin, daß die Kupferscheiben im Mittelalter angefertigt worden sind. Es gibt jedoch keine schriftliche Überlieferung, die von einer Kupferverhüttung auf Helgoland zu dieser Zeit berichtet. Zumindest ein Datum aus dem späten Mittelalter scheidet damit aus, denn in dieser Epoche war es üblich, das Zeitgeschehen schriftlich festzuhalten.

Der Vergleich mit anderen Funden aus der Alten Welt hilft nicht weiter: Da sich das Handwerk des Hüttenmannes über Jahrtausende in einmal erprobten

und als praktisch erwiesenen Bahnen bewegte, gibt die äußere Form einer Scheibe nur wenig Hinweise auf ihr Alter. Beispielsweise läßt sich an einer Kupferscheibe aus einem Schiffswrack vor dem südwesttürkischen Kap Gelidonya erkennen, daß bereits um die Mitte des zweiten vorchristlichen Jahrtausends Kupfer ähnlich gewonnen wurde, wie es in der Zedlerschen Enzyklopädie beschrieben ist. Im metallreichen Donau-Balkan-Raum fand man Scheiben aus vorgeschichtlicher Zeit, die den Helgoländer Kupferscheiben gleichen. Allerdings sind die Gegenstände aus den Jahrhunderten vor Christus nie so groß wie die Helgoländer Funde.

Wir suchten daher in unseren Kupferscheiben nach Kohlenstoff, in der Hoffnung, das Alter der Scheiben mit der Radiokohlenstoff-Methode bestimmen zu

können. Bei prähistorischen Eisenfunden hatte man diese Methode bereits mit Erfolg angewendet. Im Eisen ist Kohlenstoff chemisch gebunden und in verhältnismäßig großen Konzentrationen vorhanden. In den Kupferscheiben war Kohlenstoff dagegen nur in partikulärer Form als Rest einer bei der Verhüttung unvollständig abgelaufenen Verbrennung zu erwarten. Die Analyse eines kleinen Bruchstücks einer Scheibe ergab denn auch einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,1 Prozent. Die Frage nach dem Alter der Funde schien uns so bedeutend, daß wir beschlossen, für ihre Beantwortung eine etwa 1,3 Kilogramm schwere Scheibe zu opfern (Bild 12). Zuerst wuschen wir die Scheibe in Salzsäure, um Oxide und anhaftende Sedimentreste zu lösen. Dabei bemerkten wir, daß in das Metall außer Schlackenresten

auch bis zu erbsengroße Stücke unreiner Holzkohle eingebacken waren (Bild 10, 3 und 4). Wir entfernten diese Stücke vorsichtig und gewannen auf diese Weise etwas mehr als zwei Gramm Holzkohle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,38 Gramm. Diese Menge reichte aus, um das Alter der Holzkohle zu bestimmen. Anschließend zerspännten wir die Scheibe auf der Fräsbank und achteten darauf, daß die Probe weder durch Öl noch durch Fett verunreinigt wurde (Bild 12). Die Späne wurden noch einmal mit Salzsäure gewaschen und anschließend in Salpetersäure gelöst. Dabei blieb ein unlöslicher Rückstand von fast zwölf Gramm grauem, feinkörnigem Material, das insgesamt 0,4 Gramm Kohlenstoff enthält.

Bezogen auf das Jahr 1950 wies die Holzkohle ein Alter von 660 ± 120 Jahren auf, und der Kohlenstoff-Rückstand aus den Spänen war 770 ± 140 Jahre alt. Der Mittelwert aus beiden Messungen liegt bei 710 ± 100 Jahren, das heißt, das zur Verhüttung verwendete Holz muß zwischen 1140 und 1340 nach Christus gewachsen sein. Als Fehler ist hier die einfache, aufgerundete Standardabweichung der Messung angegeben. Sie sagt aus, daß der wahre Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 Prozent innerhalb des angegebenen Bereichs liegt. In Rechnung gestellt ist dabei jedoch nur der statistische Fehler, der bei der Messung des radioaktiven Zerfalls auftritt. Fehler, die bei der Probenahme oder bei der chemischen Aufbereitung der Scheibe entstehen, sind nicht berücksichtigt. Es ist also nicht auszuschließen, daß der Gesamtfehler größer ist. Ein wesentlich jüngeres Datum als 1340 nach Christus kann man wegen des Fehlens einer schriftlichen Überlieferung aber wohl ausschließen. Daß die Scheiben vor 1140 nach Christus angefertigt wurden, ist dagegen denkbar.

Jedenfalls muß das Kupfer auf Helgoland im Mittelalter gewonnen worden sein. Da es aus dem späten Mittelalter keine Hinweise auf eine Metallverarbeitung gibt, muß die Verhüttungstätigkeit im Mittelalter zum Erliegen gekommen sein. Wann sie begann, ist dagegen unbekannt. Es wäre ein großer Zufall, wenn unsere Funde aus der Anfangszeit der Metallgewinnung stammen würden.

Kupferverhüttung auf Helgoland schon in der Bronzezeit?

Da jetzt der Nachweis einer Kupfergewinnung auf Helgoland erbracht ist, können wir die vielen Indizien aufgreifen, die auf eine frühere, bis in die Bronzezeit zurückgehende Kupfergewinnung hindeuten. Karten der Insel, die seit dem ausgehenden sechzehnten Jahrhundert

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

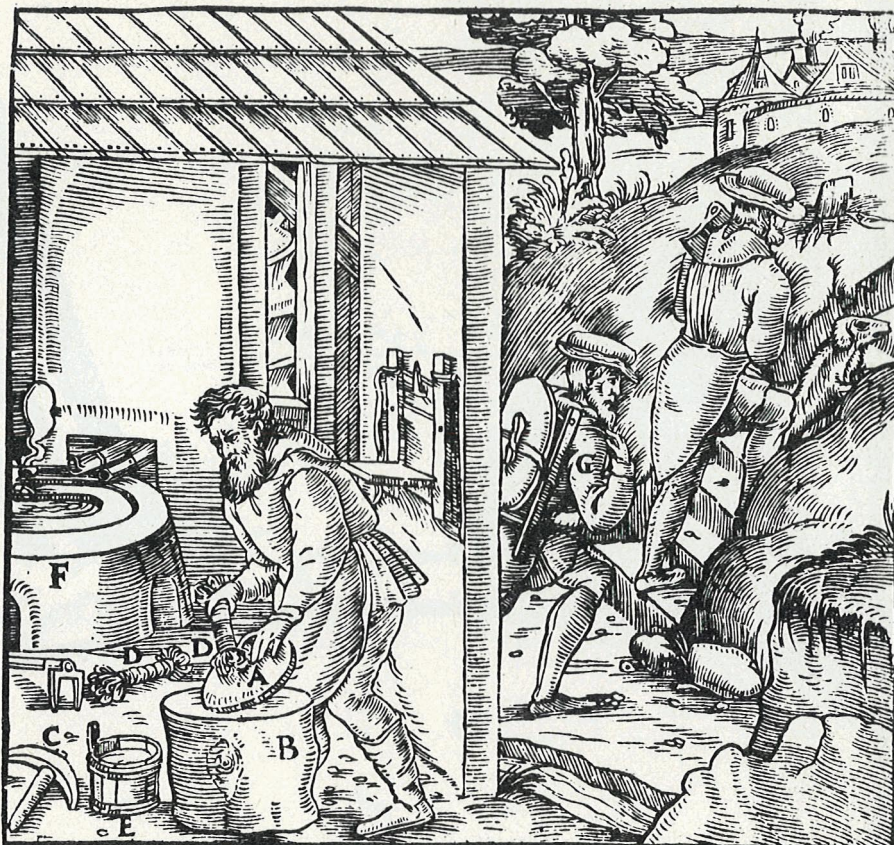


Bild 11: Dieser Holzschnitt illustriert die Bearbeitung und den Transport von Metallscheiben in mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Hütten. Das Bild stammt aus der 1557 in Basel er-

schiene Ausgabe des Buches „De re metallica“, das der Chemnitzer Arzt, Mineraloge und Bürgermeister Georgius Agricola geschrieben hat.

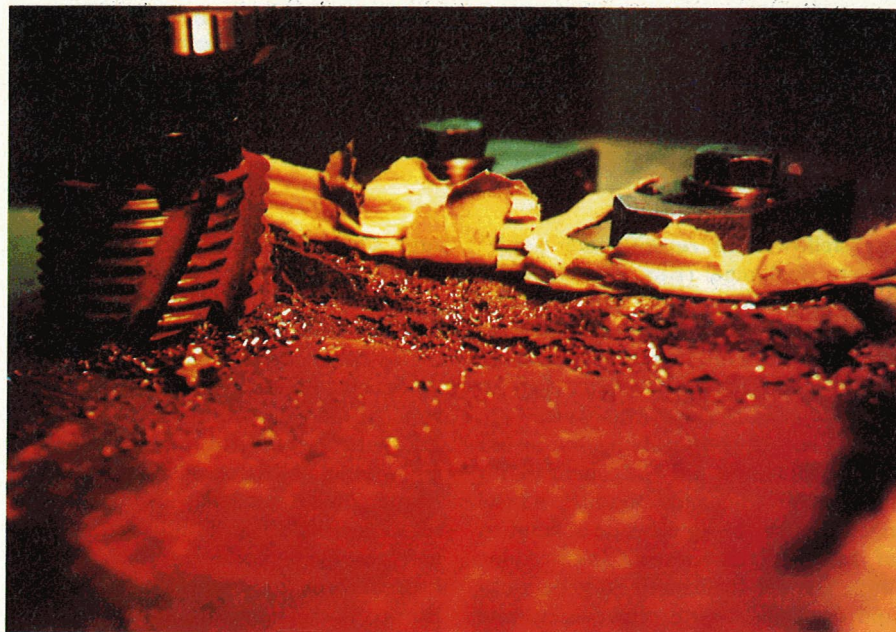


Bild 12: Weder schriftliche Überlieferungen noch der Vergleich mit anderen Kupfergegenständen, deren Alter man kennt, geben einen Hinweis darauf, wann die Helgoländer Kupferscheiben angefertigt wurden. Um den zur Datierung mit der Radiokohlenstoff-Methode benötigten Kohlenstoff zu erhalten, wurde eine

1,3 Kilogramm schwere Kupferscheibe zerspännt. Dabei mußte sorgfältig darauf geachtet werden, daß weder Fett noch Öl die Späne verunreinigten, weil der in diesen Stoffen enthaltene Kohlenstoff das Meßergebnis verfälscht hätte. Die Photographie zeigt die Kupferscheibe auf der Fräsbank.

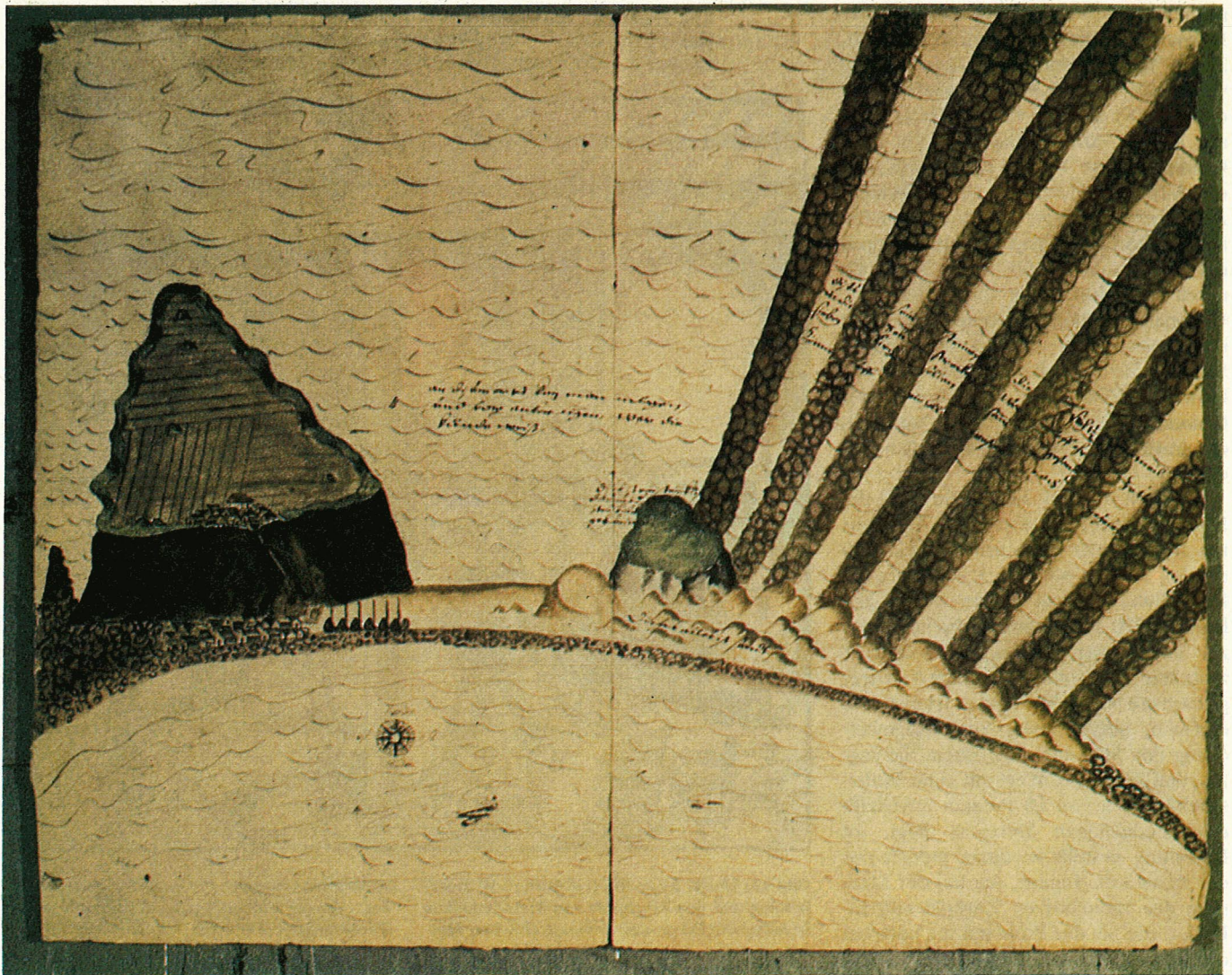


Bild 13: Auf alten Karten von Helgoland ist zu sehen, daß es auf der Insel bis zum Ende des 18. Jahrhunderts einige große Grabhügel gab. Auf der hier gezeigten Karte aus dem 17. Jahr-

hundert erscheinen die Bestattungsplätze als kleine halbkugelförmige grüne Buckel. Berichte über Funde aus diesen Hügeln lassen darauf schließen, daß Helgoland in der älteren Bron-

zezeit (um die Mitte des zweiten vorchristlichen Jahrtausends) von einer reichen Bevölkerung bewohnt wurde, die sich in den Grabhügeln die damals üblichen Denkmäler setzte.

hergestellt wurden, zeigen immer wieder größere Grabhügel (Bild 13). Heute ist keiner dieser Hügel mehr erhalten. Der letzte wurde 1892 im Bereich der Erosionskante des Oberlandes ausgegraben. Der Grabungsbericht befindet sich in den Akten des Berliner Museums.

Die Vielzahl von Grabhügeln aus der frühen Bronzezeit auf Helgoland ist für eine exponiert liegende und kleine Insel ungewöhnlich. Beispielsweise scheint es auf den größeren Kattegat-Inseln keine Funde aus der Bronzezeit zu geben, obwohl das benachbarte schwedische und jütländische Festland oder die großen Inseln Fünen und Seeland viele Grabhügel aufweisen. Möglicherweise war der Metallreichtum Helgolands der Grund dafür, daß die Insel trotz ihrer wenig attraktiven Lage besiedelt wurde. Die Funde aus den Grabhügeln sind heute

zum überwiegenden Teil verschollen. Unter ihnen befanden sich auch Goldgegenstände, die auf einen beträchtlichen Reichtum der Bevölkerung deuten.

Die Mehrzahl der auf Helgoland gefundenen Bronzegegenstände stammt vom Anfang der Bronzezeit. In dieser Zeit hatte sich im Kulturgefüge Europas ein Wandel vollzogen: Die Nutzung von Kupfer und Bronze hatte sich durchgesetzt, der Bedarf an Metall war sprunghaft gestiegen, und vermutlich suchten Prospektoren in dieser Zeit überall in Europa nach Lagerstätten des begehrten Kupfers. Auf Helgoland wurden sie sehr schnell fündig, denn hier hatte die Brandung in den Küstenzonen die Arbeit des Bergmanns bereits geleistet (Bild 5). Das harte Kupfererz lag in Trümmern zutage. Solange es auf der Insel Holz gab, dürfte die Aufbereitung der Lagerstätte kein

Problem gewesen sein. Der Gedanke an eine Kupferverhüttung auf Helgoland in der frühen Bronzezeit ist also verlockend. Auch die Holzkohlereste in der Aufschüttung des 1892 ausgegrabenen Grabhügels würden in dieses Bild passen und die hier Bestatteten mit der frühen Metallgewinnung in Zusammenhang bringen. Holzkohlereste in Grabhügeln sind andernorts nicht gerade üblich.

Bevor wir aber von gesicherten Erkenntnissen sprechen, sollten wir weitere Indizien abwarten. Einstweilen – und das ist ein beträchtlicher Fortschritt – können wir feststellen, daß im Mittelalter auf Helgoland Kupfer verhüttet wurde. Gemessen an der Argumentationsweise, die in der archäologischen Forschung üblich ist, kann diese Metallgewinnung als „mit hinreichender Sicherheit nachgewiesen“ gelten.

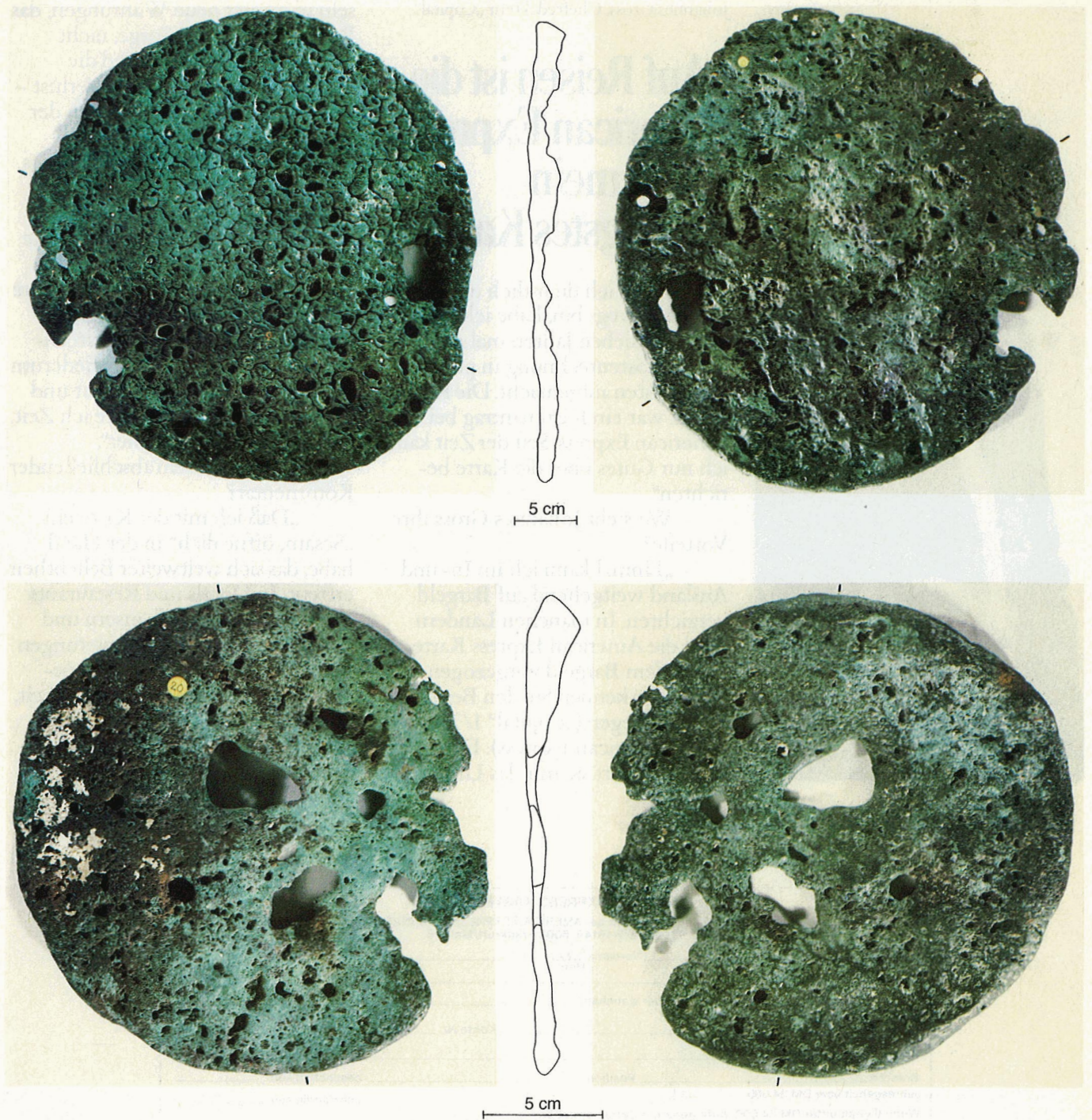


Bild 1: Bei einer Tauchaktion fand H. Stühmer 1971 südlich der Insel Helgoland (vergleiche Bild 2) viele runde bis ovale Scheiben aus Rohkupfer. Sie sind leicht gewölbt, zwischen zwei und fünf Zentimeter dick, und ihre Durchmesser reichen von fünfzehn bis fünfzig Zentimeter. An der Oberseite sind sie verhältnismäßig glatt

(linke Bilder); hier liegen viele Blasen von einheitlicher Größe dicht beieinander. Zum Teil sind die Blasen geplatzt und wirken wie kleine Buckel oder Krater. Auf der Unterseite sind die Scheiben wesentlich gröber: Hier wechseln große und unregelmäßig geformte Vertiefungen mit verhältnismäßig glatten oder in strähnigen

Bahnen strukturierten Partien ab (rechte Bilder). Zwischen den Bildern von der Ober- und Unterseite ist jeweils das Profil der Scheibe längs ihres größten Durchmessers gezeichnet. Man erkennt, daß die Scheiben zum Rand hin dicker werden. Dies gibt einen Hinweis auf die Technik der Verhüttung.