

## GESCHICHTE(N) DER GALVANIK

EINE ARTIKELREIHE DES DGO-FACHAUSSCHUSSES EDELMETALLE

### GOLDFUNDE: ANALYTIK - BESTIMMUNG - HERKUNFT

Nach dem Auffinden von Goldgegenständen aus der Vor- u. Frühgeschichte stellt sich immer die Frage nach der Herkunft des Goldes. Da Gold eine „DNA“ hat, müsste die Antwort relativ einfach zu geben sein. Aber der „Fingerabdruck“ des Edelmetalls hat sich oft verändert: entweder auf dem Weg des Goldes von primären Lagerstätten (Berggold) zu den sekundären (Flussgold). Es war der Verwitterung und der Erosion ausgesetzt und wurde von Wind und Wasser weitertransportiert. Oder das Gold wurde durch Umschmelzen und Legieren mehrfach verändert.

Tubal-Kain wird im Alten Testament als der Stammvater aller Erz- und Eisenschmiede genannt. Aber er muss Vorgänger gehabt haben, denn Gold wurde schon sehr viel früher als das Eisen verarbeitet. Goldfalter und Nuggets in den Flüssen empfanden schon unsere Vorfahren in der Steinzeit ob des Glanzes und seiner Farbe attraktiv und besitzenswert. Es wurde bereits vor mindestens 7000 Jahren gewonnen und verwendet. In Varna/Bulgarien wurde pulverisiertes Flussgold bereits im 5. Jahrtausend ohne weitere Verarbeitung zum Dekorieren von dunklen Keramikgefäßen verwendet. Das erste Vergoldungsverfahren!

Die Ägypter beschafften es sich in größeren Mengen in Nubien und Äthiopien. Sie nannten es „Nub“. Sie haben aufgezeichnet, wie sie mit dem Blasrohr und Feuersetzen dem goldführenden Gestein das begehrte Sonnenmetall durch Schmelzen entnahmen.

Auch in außerägyptischen Ländern – etwa bei den Sumerern und Chaldäern sowie Kretern u. a. – kannte und verarbeitete man schon Gold. Seit der Bronzezeit, also vor rund 4000 Jahren, wurde Gold in Spanien, Frankreich und in den Alpen gewonnen. Oft war es mit Silber

vermengt („weißes Gold“). Man konnte beide Edelmetalle damals noch nicht trennen.

#### Moderne Analyseverfahren als Hilfsmittel bei der Herkunftserklärung

Um die Herkunft von Gold aus alten Funden zu ermitteln, sind sehr exakte Analysemöglichkeiten erforderlich, die auf mehrere Kommastellen genau und ohne nennenswerte Toleranzen arbeiten müssen. Ältere Verfahren wie beispielsweise die Strichprobe eignet sich dabei nur als Vorprobe. Das althergebrachte dokimastische Verfahren (Feuerprobe) gibt gute Auskunft über den Goldgehalt, aber nicht über die Beimengungen. Zur Herkunftsfeststellung sind beide Methoden deshalb nicht geeignet.

Dies ermöglichen erst moderne analytische Methoden, die den Fingerabdruck des Goldes, die genaue Legierungszusammensetzung mit Spurenbestandteilen, sichtbar machen. Die Zusammensetzung des Goldes variiert je nach Ursprung und Alter, da sich zum Beispiel Fluss- und Berggold in ihrem Silberanteil deutlich unterscheiden. Proben, die ein hohes Alter haben, kommen den anfänglichen Goldlegierungen erfahrungsgemäß dabei etwas näher, da sie nach der erstmaligen Verarbeitung meist nicht so oft umgeschmolzen wurden.

Die Legierungszusammensetzung zu bestimmen ist heute mit verschiedenen modernen spektralanalytischen Methoden möglich. So können beispielsweise mit der Optischen-Emissionsspektroskopie Spuren von mehr als 20 Elementen im Gold standardisiert nachgewiesen und bis in den Bereich von wenigen ppm quantifiziert werden. Durch vergleichende Untersuchungen mit anderen historischen Goldproben aus Lager- und

Abbaustätten oder auch mit anderen Artefakten lassen sich so anhand der Zusammensetzung erste geografische Informationen gewinnen.

Ein Wehrmutstropfen der oben genannten Analytik ist allerdings, dass es sich dabei um nicht zerstörungsfreie Prüfungen handelt. So muss immer ein, wenn auch kleiner Teil der Probe, unwiederbringlich zerstört oder zumindest beschädigt werden. Dieser Nachteil lässt sich inzwischen mit der in den letzten Jahren stark weiterentwickelten Röntgenfluoreszenzanalytik lösen. Hierbei wird die Probe mit hoch energetischer Strahlung beschossen. Dadurch werden die enthaltenen Metallatome angeregt und aus dem emittierten Strahlungsspektrum lässt sich über Vergleiche mit bekannten Proben die Legierungszusammensetzung exakt feststellen.

Goldanalysen können so auf einige Kommastellen genau erstellt werden. Dies allein reicht jedoch nicht aus, um die Herkunft des verarbeiteten Goldes zu ermitteln, denn wie oben bereits angedeutet, unterscheiden sich Goldproben in der Zusammensetzung durch nachträgliche Veränderungen.

### Goldlagerstätten

Das Gold in den primären Lagerstätten – genannt Berggold – ist fast immer mit einigen Prozenten Silber und/oder Kupfer legiert und enthält auch Spuren anderer Metalle. Im Rahmen der sogenannten Cyanidlaugung wird das Gold vom tauben Gestein getrennt, danach durch Zementation mit Zinkpulver ausgefällt und das Gold durch Laugen mit Schwefelsäure vom überschüssigen Zink wieder befreit.

Dieses Berggold, das aus den primären Lagerstätten aus goldhaltigen Gebirgen im Laufe vieler Jahrtausende ausgewaschen wurde, gelangte in die Flüsse und findet sich in den Sandbänken als sogenannte Seifen. Die goldhaltigen Sande (Flussgold) werden im Wasser aufgeschlämmt. Bei der Sedimentation setzen sich die spezifisch schweren Goldpartikel schneller ab als die Teilchen aus allen anderen leichteren Gesteinen. Anschließend erfolgt beim Seifengold/Flussgold wie beim Gold aus primären Lagerstätten ebenfalls die Cyanlaugung mit den nachfolgenden Behandlungen.

Am Rhein wurde beispielsweise über Jahrtausende und noch bis ins 19. Jahrhundert hinein Gold gewaschen. Die Arbeit war mühsam, die Ausbeute bescheiden. Sie lag am badischen Rhein zwischen einem und drei Kilogramm Gold pro Jahr. Den höchsten Ertrag brachte das Jahr 1831 mit einer Gesamtmenge von 12,89 kg. Die daran beteiligten rund 400 Goldwäscher brachten es also durchschnittlich auf eine Feinunze im Jahr oder auf 2 bis 3g Gold pro Monat. Dies entspräche heute einem Tageseinkommen von nur wenigen Euro. Aber immer noch müssen zehn Tonnen Gestein und Erde be-

wegt werden, um das edle Metall für ein paar Trauringe zu erhalten.

### Flußgold der Kelten – Dazu ein Beispiel aus Schwäbisch Gmünd

Vor rund 250 Jahren wurde am Dorfteich einer Kreisgemeinde ein goldenes Regenbogenschüsselchen der Kelten gefunden, das in der Finderfamilie bis zum heutigen Tag (heute in Leipzig) als Glücksbringer in Ehren gehalten wird (Bild 1).



Abb. 1: Keltisches Regenbogenschüsselchen

Keltische Goldmünzen bezeichnete man als Regenbogenschüsselchen. Unsere Vorfahren gingen zunächst davon aus, dass ein Regenbogen an seinem Anfang und Ende jeweils auf einem goldenen Schüsselchen gestanden haben. Schüsselchen wurden die Münzen auch genannt, weil sie durch Prägen bzw. Gießen nicht plan, sondern nach einer Seite gebogen waren.

Nach der Wiederentdeckung vor einigen Jahren wurde es Dr. Michael Nick, der die Fundmünzen der Schweiz betreut, vorgelegt. Er hat diese keltische Münze etwa den Jahren 170 – 150 v. Chr. zugeordnet und gleichzeitig mitgeteilt, dass es von dieser Münzserie bisher nur ein Dutzend Exemplare aus Süddeutschland gäbe, die alle einen leichten oder schweren Stempelschaden aufweisen. Die Feingehalte von Au, Ag und Cu in dieser Münzserie unterscheiden sich jedoch leicht. Daraus folgt: diese Goldmünzen wurden zu verschiedenen Zeiten, aber aus der gleichen leicht beschädigten Form geprägt. Die abweichenden Metallgehalte deuten darauf hin, dass auch hier Flussgold verwendet worden ist und somit die primären Lagerstätten nicht ausgemacht werden können. Das trifft offenbar auf fast alle keltischen Goldmünzen und vermutlich auch auf andere Goldgegenstände der Vor- u. Frühgeschichte zu.

Dies geht auch aus der großen Beschreibung der latènezeitlichen Münzen aus dem Breisgau (in FB BW 27, 2003, S. 281-388 Burkhardt, Bachmann u.a.) hervor. Von dort stammt folgendes Zitat: „Für das in der keltischen Kultur sehr verbreitete Gold kommen vorwiegend Gold führende Flussande, die sogenannten Goldseifen als Lagerstätten in Betracht, wie durch Diodor bzw. dem Historiker und Geographen Poseidonios (um 135 bis 51 v.Chr.) überliefert ist“.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, dass eine Lagerstättenidentifikation des Goldes aus archäologischen Artefakten trotz exakter Analysen deshalb so gut wie nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist. Gründe:

- Gold wurde immer wieder umgeschmolzen u. vermischt, legiert.
- Das Berggold aus primären Lagerstätten verliert und verändert in den sekundären Lagerstätten (Flussgold) seine originären Eigenheiten. (Beispiel Rheingold: stammt es ursprünglich aus dem Alpengebiet oder/ und haben die Nebenflüsse aus Schwarzwald und Vogesen auch einen Teil dazu beigetragen?).

Aber es gibt eine interessante Ausnahme aus der Bronzezeit:

### Die Himmelscheibe von Nebra

Prof. Dr. Harald Meller, Landesarchäologe von Sachsen-Anhalt sowie Direktor des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle, hat das 3700 Jahre alte Artefakt (Bronzescheibe 2 mm dick und 2 Kilogramm schwer) aus der Bronzezeit in einer aufsehenerregenden Aktion für die Wissenschaft gerettet. Es handelt sich um die bisher älteste Himmelsdarstellung. Auf dieser 32 cm Durchmesser runden Bronzescheibe sind alle wichtigen Details mit Goldplättchen dargestellt (Bild 2).



Abb. 2: Himmelscheibe von Nebra

Ernst Pernicka, Paläo-Metallurge an der Uni Freiberg, geht anhand seiner Datenbank, die viele tausende

vorgeschichtliche Erzminen umfasst, davon aus, dass das verwendete Kupfer vom Mittelberg bei Salzburg stammt. Die Eigenschaften des enthaltenen Zinns mit einem hohen Arsenanteil von 0,2 Prozent stimmen mit denen der Zinnminen in Cornwall überein.

In seinem 2018 erschienenen Buch „Die Himmelscheibe von Nebra“ erwähnt Harald Meller, dass die Goldanalyse die Vermutung der Archäologen untermauert, dass das Bild der Scheibe in mehreren, zeitlich deutlich voneinander getrennten Arbeitsgängen verändert und ergänzt worden war. Dies wird etwa an den Korrekturen der goldenen Sterne erkennbar. Aber woher kam das dafür verwendete Gold? Anfangs vermuteten die Forscher die Herkunft aus Siebenbürgen im heutigen Rumänien, wo im sogenannten „Goldenen Viereck“ ähnlich silberhaltiges Gold vorkam. Aber eher zufällig ergab sich dann plötzlich eine andere und völlig unerwartete Erklärung für die Herkunft des Himmelscheibengoldes. Sein hoher Silberanteil sprach für Berggold. Andererseits zeichnete es sich aber durch eine ordentliche Portion Zinn aus, was wiederum ein klarer Hinweis auf Flussgold ist.

Berggold ist in der Regel sehr silberreich, die Silbergehalte liegen zwischen zehn und zwanzig Prozent oder darüber. Seifengold dagegen ist silberarm, mitunter fast silberfrei. Der Grund: Silber löst und verliert sich relativ leicht im Wasser. Je länger das Gold durch Bäche und Flüsse reist, umso mehr Silber wird herausgewaschen, und desto reiner wird das Gold.

Da aber Kassiterit, auch Zinnoxid oder landläufig Zinnstein genannt, ebenfalls eine hohe Dichte hat, reichert sich dieser, wo er vorkommt, in Bächen und Flüssen an. Deshalb kann es passieren, dass lose Kassiterit-Partikel zusammen mit Goldteilchen gewonnen werden und mit diesen dann beim reduzierenden Schmelzen unter Holzkohle legieren.

So löste sich das Rätsel des Himmelscheibengoldes: Das Zinn wies auf Flussgold hin, das Silber aber auf Berggold. Dieses geologische Paradox erklärt sich nur in Cornwall. Denn das Gold war dort deshalb so zinnreich, weil es zusammen mit dem Zinn im Fluss lagerte – allerdings einem sehr kurzen Fluss! Das Gold durchleitet dort nur ungewöhnlich kurze Transportwege im Wasser, weshalb das Silber nicht herausgewaschen werden konnte. Tatsächlich reicht der Cannon River kaum mehr als zehn Kilometer ins Hinterland von Cornwall. Der Fluss ist also so kurz, dass die Primärvererzung des Goldes aus dem Berg, also auch Silber und Kupfer, nicht ganz verloren ging und sich deshalb noch in den Goldseifen des Cannon River findet. Und hier kam dann das arsenhaltige Zinn hinzu. Durch diese Besonderheit unterscheidet sich das Gold aus Cornwall von allen anderen Lagerstätten und ist deshalb auf der Himmelscheibe identifizierbar. Die nun vorliegende analytische Herkunftsermittlung von Gold und Zinn aus Cornwall

sowie Kupfer aus Österreich ist in diesem Fall auch ein deutlicher Hinweis auf die weiten Handelsverbindungen, die unsere Vorgänger über den ganzen Kontinent hinweg schon in der Bronzezeit vor rund 4000 Jahren pflegten.

**Autoren:** Hasso Kaiser, Dr. Martin Aschenbrenner

**Literatur:**

- [1] *Degussa-Edelmetalltaschenbuch*, 1967
- [2] *Hasso Kaiser: Edelmetallschichten*, 2002
- [3] *Meller/Michel: Die Himmelscheibe*, 2018 (spannend!)
- [4] *FBBW 27*, 2003, S. 288 ff, Burkhard u.a.: *Metalle der Latènezeit*