

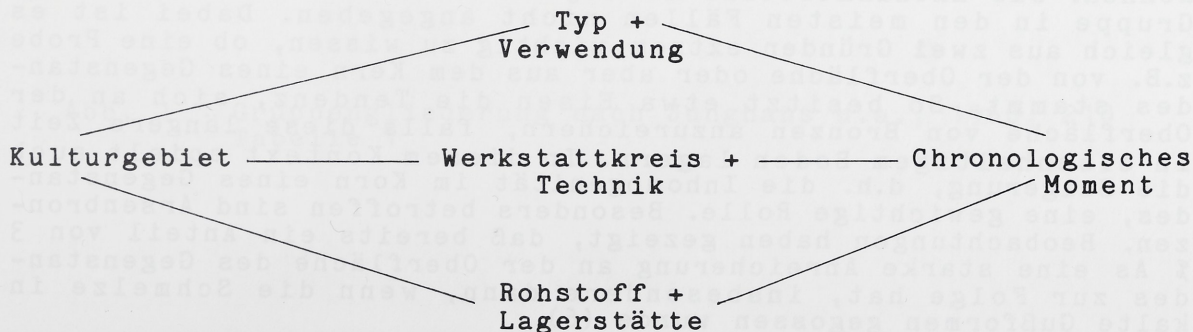
**Vom Umgang mit paläometallurgischen Daten (1)**

In ihren Anfängen war die Vor- und Frühgeschichte als eine reine Geisteswissenschaft gedacht und konzipiert. Heute sitzt der Prähistoriker zwischen zwei Stühlen, einem geisteswissenschaftlichen und einem naturwissenschaftlichen. Er wird konfrontiert mit physikalischen, chemischen Verfahren, mit anthropologischen, zoologischen, botanischen Arbeitsweisen sowie mit informationsverarbeitenden und statistischen Verfahren. Er sieht sich einem Heer von Zahlen und Daten ausgeliefert, das sich nur schwer durchschauen läßt, und er fragt sich zu Recht, wie er das alles bewältigen kann. Für manchen besteht die Gefahr darin, an allein diesen Zahlen haften zu bleiben und dabei den Endzweck seiner Forschung aus den Augen zu verlieren. Er verirrt sich bereits an der Oberfläche und dringt nicht in die Tiefe vor. Allzu oft vergißt er, daß die Vor- und Frühgeschichte eine primär humane Wissenschaft ist, in der der Mensch in irgendeiner Weise immer im Zentrum steht. Um diesem Ziel gerecht zu werden, müssen die vorhandenen Daten sublimer, kulturhistorisch ausgewertet und interpretiert werden.

Im folgenden soll vom Umgang mit paläometallurgischen Daten berichtet werden. Dabei geht es darum zu zeigen, was diese Daten wirklich bedeuten, welche Fragen man überhaupt an sie stellen darf und welche Antworten man erwarten kann. Wir wollen uns jedoch nicht in eine forschungsgeschichtliche Betrachtung der paläometallurgischen Forschungen in Deutschland verlieren (2), sondern lediglich kritisch auf das bislang größte Unternehmen auf diesem Gebiet, das von Junghans u.a. initiierte Millionenprojekt zur Erforschung der frühen Kupfermetallurgie Europas (3), eingehen.

Seit dem Ende der 60er Jahre, als die Untersuchungen eingestellt wurden, sind die 22000 Analysen kupferzeitlicher bzw. frühbronzezeitlicher Metallgegenstände weitgehend in Vergessenheit geraten, da die von den Stuttgartern vorgeschlagene statistische Gruppengliederung kulturhistorisch nicht haltbar schien. Es stellt sich jedoch die Frage, ob, unabhängig von dieser Gliederung, die Daten selbst, d.h. die Analysen nicht verwendbar sind. Hinter diesen Analysen, sowie überhaupt hinter jeder paläometallurgischen Untersuchung, steht das Ziel, Einblicke in die Entwicklung der frühen Metallurgie zu gewinnen.

Als erstes drängt sich die Überlegung auf, was die einzelnen analysierten Einschlüsse im Metall, ob Spurenelement oder Legierungskomponente, ausdrücken können. Sie ermöglichen Rückschlüsse auf verschiedensten Ebenen: Rohstoffbezugsquellen, Handelswege, Produktionsstätten, technologische Aspekte usw. Wichtig ist schlußendlich auch der Gegenstand selbst, von dem die Probe stammt, seine Einordnung in eine formenkundliche und funktionelle Typologie. Die Komplexität der Fragestellung läßt sich am besten an folgendem Schema darstellen:





---

Theoretisch können all diese Ebenen in der metallurgischen Zusammensetzung eines Gegenstandes Niederschlag finden. Desweiteren ist durchaus denkbar, daß die einzelnen Ebenen kausale Bezüge untereinander aufweisen und wechselseitig aufeinander einwirken. Ein genau definierbares Kulturgebiet zeichnet sich möglicherweise durch eine eigene, spezifische, traditionsbedingte Formenwelt, durch eigene Werkstätten mit einer eigenen Verarbeitungstechnik und durch ganz bestimmte Rohstoffbezugsquellen aus. Das chronologische Moment besagt desweiteren, daß sich im Laufe der Zeit die ein oder andere Ebene verändern kann. Man kann sich auch vorstellen, daß die Zusammensetzung eines Gegenstandes von seiner Bestimmung bzw. Funktion abhängig ist. Letztendlich darf man nicht vergessen, daß der Fundort oder Verwendungsort nicht unbedingt konform mit dem Produktionsort und der Produktionsort nicht mit dem Rohstoffbezugsort sein muß. Die Kommunikationen zwischen den einzelnen Ebenen sind vielfältig und schwer durchschaubar. Wir können nicht a priori festlegen, welche Ebene überwiegt und welche zu vernachlässigen ist.

S. Junghans und E. Sangmeister übernahmen für ihre Bearbeitung das bereits von Otto und Witter entwickelte Analyseverfahren (4). Es handelt sich um die sogenannte Emissionsspektralanalyse. Dieses Verfahren basiert auf der Erkenntnis, daß jedes Element, das bei der Erzeugung eines Lichtstrahles beteiligt ist, in dem durch ein Prisma gebrochenen Spektrum der Strahlung ganz spezifische Emissionslinien - die Spektrallinien - besitzt und somit qualitativ bestimmbar wird. Mittels eines Mikrophotometers, der die Intensität dieser Spektrallinien mißt, läßt sich jedes Element in einem weiteren Arbeitsgang auch vollquantitativ bestimmen. Mit diesem Verfahren wurden die Proben auf 11 Elemente untersucht: Sn, Pb, As, Sb, Ag, Ni, Au, Zn, Co, Fe und Bi.

Wie die meisten physikalischen Bestimmungsverfahren, besitzt auch die Emissionsspektralanalyse keine absolute Genauigkeit bei der vollquantitativen Bestimmung. Zur Kontrolle angefertigte Mehrfachanalysen auf einer Belichtungsplatte erbrachten mittlere Fehler von plusminus 65 % für Bi sowie von plusminus 6 bis 20 % für die anderen Elemente. Diese Prozentsätze waren noch wesentlich höher als Mehrfachanalysen auf unterschiedlichen Platten durchgeführt wurden. Desweiteren stellte Selimchanov für die leichtflüchtigen Elemente Pb und Zn mittlere Fehler von plusminus 50 % fest (5). Erwähnt werden sollte auch, daß diese Elemente bereits beim Vorglühen der Probe regelrecht "verdampfen" können. Will man eine größere Anzahl von so erstellten Analysedaten gliedern, so sollte man diese systeminhärenten Fehler auf alle Fälle berücksichtigen.

Ein weiteres Problem bietet die Probeentnahmestelle am zu analysierenden Objekt. Meist wurden die Gegenstände angebohrt oder aber - besonders bei Blech- bzw. Drahtarbeiten - Extremitäten abgetrennt, um so die benötigten 40 mg Material entnehmen zu können. Die Entnahmestelle am Objekt wurde von der Stuttgarter Gruppe in den meisten Fällen nicht angegeben. Dabei ist es gleich aus zwei Gründen extrem wichtig zu wissen, ob eine Probe z.B. von der Oberfläche oder aber aus dem Kern eines Gegenstandes stammt. So besitzt etwa Eisen die Tendenz, sich an der Oberfläche von Bronzen anzureichern, falls diese längere Zeit in eisenhaltigem Boden lagern. In diesem Kontext spielt auch die Seigerung, d.h. die Inhomogenität im Korn eines Gegenstandes, eine gewichtige Rolle. Besonders betroffen sind Arsenbronzen. Beobachtungen haben gezeigt, daß bereits ein Anteil von 3 % As eine starke Anreicherung an der Oberfläche des Gegenstandes zur Folge hat, insbesondere dann, wenn die Schmelze in kalte Gußformen gegossen wurde (6).



Wesentlich für die Interpretation der Daten ist die Berücksichtigung der werkstoffkundlichen Eigenschaften der analysierten Elemente. Was eine Lagerstättenzuweisung betrifft, sind besonders Ni, Co und Fe von ausschlaggebender Bedeutung. Ihr Vorhandensein deutet auf sulfidische, ihre Abwesenheit auf oxydische Lagerstätten. Ob der hohen Schmelztemperatur dieser Elemente verbleibt beim Verarbeiten des Erzes der größere Anteil in der Schlacke. Der Teil, der mit in das Rohkupfer übergeleitet worden ist, kann ohne die Kenntnis einer perfektionierten Raffination nicht aus dem Metall entfernt werden. Bi, Sb und Ag - Anteile sind an Erzlagerstätten oder aber an Werkstätten - d.h. an spezifische Verarbeitungstechniken - gebunden. Bi und Ag erlauben leicht schmelzende Legierungen, Sb erhöht die Dünnflüssigkeit der Schmelze und bewirkt eine Härtung des Grundmetalls. As und besonders Sn ermöglichen, Fragen der Verarbeitungstechnik zu beantworten.

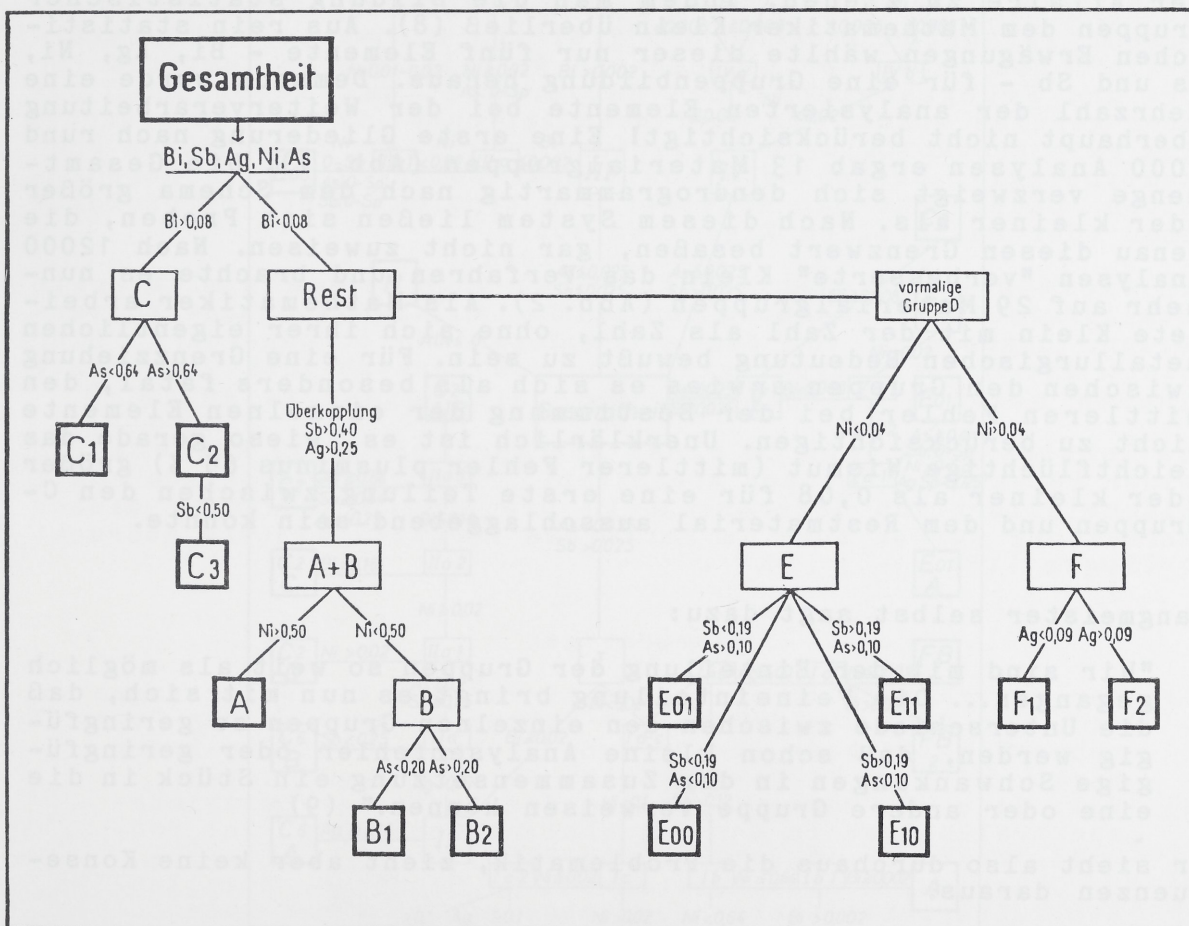


Abb. 1 Gruppengliederung nach Junghans u.a., 1960, 210  
Tabelle 1



---

Was eine Lagerstättenbestimmung angeht, muß der Bearbeiter sich vor Augen halten, daß, bedingt durch primäre und sekundäre Teufenunterschiede, innerhalb einer Lagerstätte mit einer erheblichen Schwankung der Werte zu rechnen ist. Eine zutreffende Erzlagerstättenbestimmung setzt voraus, daß in größerem Umfang die Variationsbreite innerhalb möglichst vieler Lagerstätten durch Analysen belegt ist. Aber auch das reicht nicht aus. Die Verarbeitungstechnik bringt mit sich, daß das Spektrum der Spurenelemente im Endprodukt keineswegs dem der Lagerstätte entsprechen muß. Hier können nur gezielt unternommene Schlackenuntersuchungen weiterhelfen (7). Aber gerade Schlacken- bzw. Erzanalysen wurden von den Stuttgartern nicht durchgeführt.

Damit wäre der durch das Analysesystem bzw. durch die Probe an sich bedingte Problemkreis kurz erläutert. Nach alledem ist es jedoch unverständlich, daß diese Überlegungen beim Weiterverarbeiten der erstellten Analysenreihen von Junghans und Sangmeister nicht berücksichtigt worden sind. Man glaubte, sich aus der Affaire zu ziehen, indem man die Bildung statistischer Gruppen dem Mathematiker Klein überließ (8). Aus rein statistischen Erwägungen wählte dieser nur fünf Elemente - Bi, Ag, Ni, As und Sb - für eine Gruppenbildung heraus. Demnach wurde eine Mehrzahl der analysierten Elemente bei der Weiterverarbeitung überhaupt nicht berücksichtigt! Eine erste Gliederung nach rund 1000 Analysen ergab 13 Materialgruppen (Abb. 1). Die Gesamtmenge verzweigt sich dendrogrammartig nach dem Schema größer oder kleiner als. Nach diesem System ließen sich Proben, die genau diesen Grenzwert besaßen, gar nicht zuweisen. Nach 12000 Analysen "verbesserte" Klein das Verfahren und brachte es nunmehr auf 29 Materialgruppen (Abb. 2). Als Mathematiker arbeitete Klein mit der Zahl als Zahl, ohne sich ihrer eigentlichen metallurgischen Bedeutung bewußt zu sein. Für eine Grenzziehung zwischen den Gruppen erwies es sich als besonders fatal, den mittleren Fehler bei der Bestimmung der einzelnen Elemente nicht zu berücksichtigen. Unerklärlich ist es, wieso gerade das leichtflüchtige Wismut (mittlerer Fehler plusminus 65 %) größer oder kleiner als 0,08 für eine erste Teilung zwischen den C-Gruppen und dem Restmaterial ausschlaggebend sein konnte.

Sangmeister selbst sagt dazu:

"Wir sind mit der Einteilung der Gruppen so weit als möglich gegangen... Die Feineinteilung bringt es nun mit sich, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen so geringfügig werden, daß schon kleine Analysenfehler oder geringfügige Schwankungen in der Zusammensetzung ein Stück in die eine oder andere Gruppe verweisen können." (9)

Er sieht also durchaus die Problematik, zieht aber keine Konsequenzen daraus.

Kulturhistorisch definierte er sein Vorhaben:

"Ziel unserer spektralanalytischen Untersuchungen an Metallgegenständen der Kupfer- und der Frühbronzezeit ist die Erforschung der Herkunft und Ausbreitung der Kupfer- und Bronzetechnik." (10)

Auch der Herkunftsfrage der Rohstoffe wurde eine gewisse, wenn auch sekundäre Bedeutung zugemessen. Nach Sangmeister ist eine Antwort auf diese Fragen nur möglich unter der Voraussetzung:



"Menschen werden so lange Kupfer oder eine Legierung gleichmäßiger Zusammensetzung produzieren, wie sie a) ihren Rohstoff immer aus den gleichen Quellen beziehen, b) ihre verschiedenen Rohstoffe im gleichen Verhältnis mischen, c) den gleichen Schmelz- und Weiterverarbeitungsproze anwenden..." (11)

Eine solche Darstellung läßt dem frühbronzezeitlichen Bronzeschmied freilich wenig Freiraum für Improvisationen und Innovationen. Indirekt besagt sie, daß eine Vermischung unterschiedlicher Rohstoffe wegen der postulierten strengen Werkstattradition schier unmöglich ist. Nun lassen jedoch die seit Reinecke A 2 gehäuft auftretenden Brucherzhorte eine Vermischung von Altmaterial mit Neumaterial, eventuell sogar aus zwei verschiedenen Erzlagerstätten zu und entstellen somit das Gesamtbild.

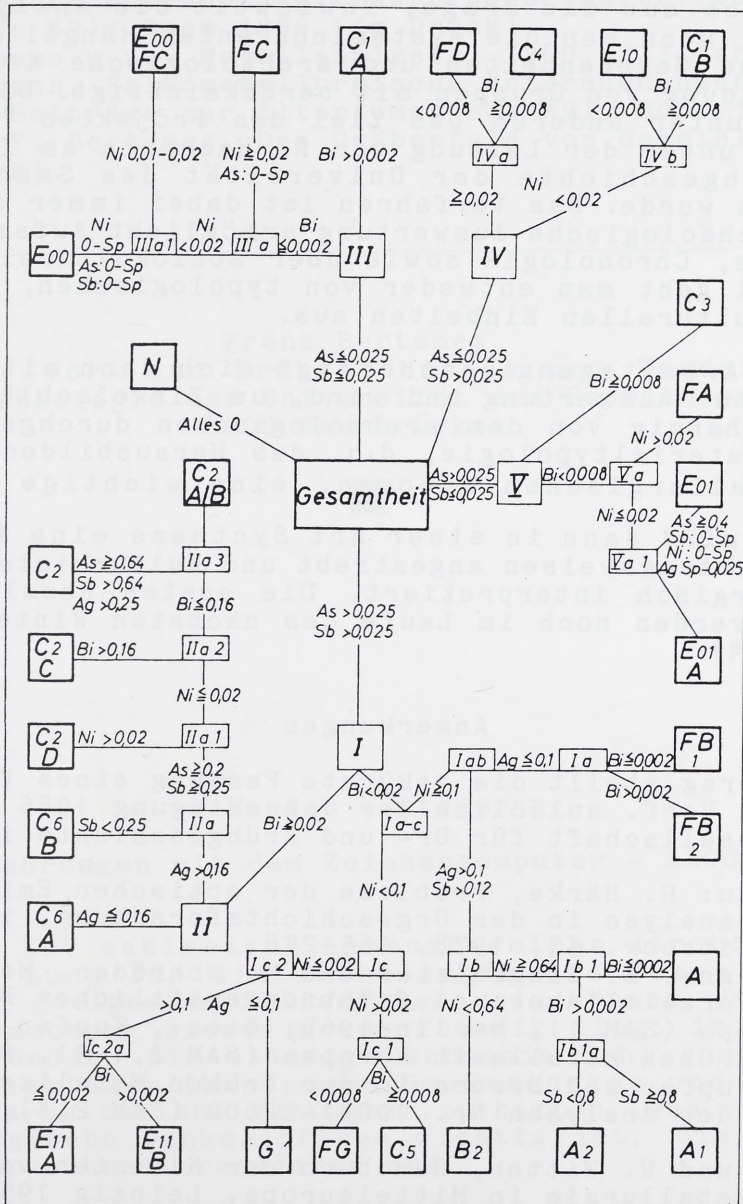


Abb. 2 Gruppengliederung nach Junghans u.a., 1968, Teil 2, Diagramm 1



---

Eine ähnliche Vermischung resultiert wohl auch aus der möglichen Weiterverarbeitung der durch Beraubung von Gräbern gewonnenen Bronze (12). Archäologisch gesehen folgt die Gruppengliederung weder typologischen oder chronologischen noch kulturellen oder räumlichen Einheiten. Sie wurde anhand von sämtlichen kupfer- bzw. frühbronzezeitlichen Analysen aus ganz Europa vorgenommen. So ist wenig verwunderlich, daß man z.B. das anscheinend typisch iberische Material E01 mit 12,5 % in Jugoslawien vorfindet (13). Daraus zu schließen, das in Jugoslawien gefundene Material stamme aus Spanien, scheint doch sehr fraglich. Man mag darüber streiten, ob die zwei von Klein vorgeschlagenen Gruppengliederungen statistisch richtig sind oder nicht. Eines ist jedoch sicher, paläometallurgisch bzw. werkstoffkundlich sowie auch kulturhistorisch lassen sie sich nicht vertreten, da sie - wenn überhaupt - die Realität zu stark simplifiziert wiedergeben.

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit die Analysen selbst tragbar sind, wenn man die systeminhärenten Mängel sowie werkstoffkundliche Gegebenheiten und archäologische Kriterien bei der Herausbildung von Gruppen mit berücksichtigt. Dies zu überprüfen, ist unter anderem das Ziel des Projektes "Paläometallurgie", das unter der Leitung von R. Hachmann am Institut für Vor- und Frühgeschichte der Universität des Saarlandes ins Leben gerufen wurde. Das Verfahren ist dabei immer das gleiche. Eine rein archäologische Auswertung ermöglicht Aufschlüsse über Formtypologie, Chronologie sowie über soziokulturelle Gegebenheiten. Dabei geht man entweder von typologischen, chronologischen oder kulturellen Einheiten aus.

Ein zweiter Arbeitsgang beschäftigt sich dann mit einer rein metallurgischen Auswertung und wird, um Zirkelschlüsse zu vermeiden, unabhängig von dem archäologischen durchgeführt. Hier spielt die Materialtypologie, d.h. das Herausbilden von spezifischen metallurgischen Gruppen, eine wichtige Rolle.

Als letztes wird dann in einer Art Synthese eine Korrelation beider Betrachtungsweisen angestrebt und kulturhistorisch sowie paläometallurgisch interpretiert. Die ersten Resultate dieser Bearbeitung werden noch im Laufe des nächsten Winters gedruckt vorliegen (14).

#### Anmerkungen

- (1) Der Beitrag stellt die gekürzte Fassung eines Vortrages dar, den Verf. anlässlich der Jahrestagung 1986 der Deutschen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte in Trier hielt.
- (2) Vgl. dazu: H. Härke, Probleme der optischen Emissionsspektralanalyse in der Urgeschichtsforschung, in: Prähist. Zeitschr. 53, 1978, 165-276.
- (3) S. Junghans, E. Sangmeister und M. Schröder, Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa (SAM 1), Berlin 1960; dies., Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas (SAM 2,1-3), Berlin 1968; dies., Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Katalog der Analysen Nr. 10041-22000 (SAM 2,4), Berlin 1974.
- (4) H. Otto und W. Witter, Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa, Leipzig 1952.
- (5) I.R. Selimchanov, Zur spektralanalytischen Bestimmung von Zinn und anderen Elementen in ältesten Kupferlegierungen mittels Verdampfung des durch Bohrung der Proben erzeugten Metallpulvers, in: Arch. Austriaca 39, 1966, 87-92 bes. 91-92.
- (6) H. Härke, in: Prähist. Zeitschr. 53, 1978, 192-196.



- 
- (7) Dieses Prinzip einer Kombination aller drei verschiedenen Analysen in einem geographisch und kulturell eng begrenzten Raum hat bei Cernych zu den bislang am besten kulturhistorisch auslegbaren Ergebnissen geführt. vgl. dazu: E.N. Cernych, Gornoe Delo I Metallurgija V Drevnejsej Bolgarii, Sofia 1978.
  - (8) S. Junghans, H. Klein und E. Scheufele, Untersuchungen zur Kupfer- und Frühbronzezeit Süddeutschlands, in: Ber. RGK 34, 1954, 77-114.
  - (9) S. Junghans u.a., Metallanalysen, 1960, 58.
  - (10) S. Junghans u.a., a.a.O., 90.
  - (11) E. Sangmeister, Spektralanalyse in der Erforschung ur- und frühgeschichtlicher Metallurgie, in: Informationsbl. zu den Nachbarwiss. der Ur- und Frühgesch. 2 (Metallurgie 2), 1971, 1-8 bes. 5.
  - (12) vgl. dazu: F. Bertemes, Das Gräberfeld von Gemeinlebarn, P.B. St. Pölten NO. Eine kulturgeschichtliche und paläometallurgische Betrachtung (Saarbrücker Beitr. zur Altertumskunde 53), Bonn 1986 (im Druck).
  - (13) S. Junghans u.a., Metallanalysen, 1960, 213 Tab. 6.
  - (14) R. Hachmann, Paläometallurgische Untersuchungen (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde 49), Bonn 1986 (im Druck); F. Bertemes, Das Gräberfeld von Gemeinlebarn, 1986 (im Druck).
- 

Frenz Bertemes  
Institut für Vor- und Frühgeschichte und Vorderasiatische  
Archäologie der Universität des Saarlandes  
6600 Saarbrücken