

Die außerordentliche Menge der gewonnenen Daten ist eine Eigenheit der Luftbildforschung. Daraus ergeben sich mancherlei Probleme der Datenverwaltung, der sachgerechten Archivierung, der Zugänglichkeit und, damit verbunden, der Umsetzung in Pläne und Karten. Dafür wird in hohem Maß EDV eingesetzt, doch sind geeignete Organisationsformen, Methoden und Normen noch sehr entwicklungsbedürftig. Diskussionen und Vorschläge dazu enthalten die Beiträge von A. Simco, J. N. Hampton, R. Palmer und D. Riley. R. Whimster berichtet über die äußerst erfolgreiche Luftbildforschung, die 1945–1977 unter der Leitung von J. K. St. Joseph vom Committee for Aerial Photography der Universität Cambridge ausging. Diesen Bericht kann man hier nur mit Neid lesen. Die 300 000 Photos der Sammlung aus ganz Britannien sind durch ein einheitliches Referenzsystem zugänglich. Das reiche Material erlaubt es unter anderem, großräumige Fundkarten vorzulegen und an ihnen den Forschungsstand zu diskutieren. Der Verfasser legt interessante Statistiken vor, die nicht nur den Einfluß des Wetters auf die jährlichen Entdeckungsraten zeigen, sondern auch Abschätzungen ermöglichen, wie lange ein Gebiet noch befliegen werden muß, bis die prinzipiell erkennbaren Objekte praktisch alle entdeckt und hinreichend gut dokumentiert sind. Whimster äußert die Ansicht, daß dazu selbst bei intensiver Befliegung ein Beobachtungszeitraum von insgesamt mindestens 30 Jahren erforderlich ist.

Quellenkritik und Diskussion der Grenzen sind für das Fach ein gesunder Vorgang. Die Luftbildarchäologie, einst bisweilen als exotisches „Wundermittel“ betrachtet, gewinnt damit den Rang einer normalen Forschungsmethode (G. S. Maxwell S. IX). Ihre Anwendung hat auch in den letzten Jahren bedeutende Entdeckungen gebracht. Sie hat daher nicht nur in Großbritannien, sondern auch in anderen Ländern einen weiteren Aufschwung genommen.

D-6380 Bad Homburg v.d.H.

Dietwulf Baatz  
Saalburg-Kastell

**Archaeological Chemistry (I); II; III.** Herausgegeben von Curt W. Beck (I); Giles F. Carter (II) und Joseph B. Lambert (III). *Advances in Chemistry Series* 138; 171; 205. American Chemical Society, Washington 1974; 1978; 1984. ISBN 0-8412-0211-7 (I); 0-8412-0767-4 (III). 246 Seiten, 377 Seiten und 476 Seiten, jeweils mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen.

Die „Amerikanische Chemische Gesellschaft“ fördert im Rahmen ihrer Jahrestreffen Symposien zur „Archäologischen Chemie“. Die dort vorgetragenen Forschungsberichte und methodischen Übersichten sind erwartungsgemäß recht breit gestreut. Die Reihung unzusammenhängender Aufsätze (im 1. Band) weicht in den folgenden Bänden einer – wenn auch erstaunlichen – thematischen Anordnung. Die Entwicklung der archäologischen Chemie von der Hilfswissenschaft zur eigenen Disziplin wird bewußt gesucht, so daß man sich manchmal fragt, ob der Autor den historischen Hintergrund noch im Auge hat.

Für den Forscher, der sich in Spezialgebieten der Zusammenarbeit von Chemie/Physik und Archäologie kundig machen will, sind die drei teuren Bände eine Notwendigkeit, viele Ergebnisse sind nur hier zu finden oder sie sind so weit in der naturwissenschaftlichen und historischen Literatur gestreut, daß er sie sonst kaum erreichen wird. Die Beschränkung auf amerikanische Autoren ist verständlich – die fast ausschließliche Kenntnis der Autoren nur der anglo-amerikanischen Literatur ist frappant.

Die Rezension von 55 Aufsätzen muß immer ungerecht bleiben, da Höhen und (Un)tiefen entweder allzusehr auffallen oder im mittleren Niveau mit eingeebnet werden: Zunächst zu den Übersichten zu einzelnen Methoden: Sofern sie für die entsprechende Zeit Neues

aufzeigen (z. B. Mössbauer-Spektroskopie I/186 ff.; kernmagnetische Resonanzspektroskopie I/226 ff.;  $C^{14}$ -Datierung mit kleinsten Probenmengen III/333), sind sie verdienstvoll; wenn sie aber ein weiteres Mal Einzelergebnisse unter großem Titel verstecken („Chemie und Archäologie“ II/1 ff., Chemische Aspekte der Restaurierung II/25 ff., Radiokarbon-Datierung II/33 ff., Röntgengrobstruktur in der Archäologie II/79 usw.), so könnte man darauf verzichten.

Die Aufsätze haben dann ihre größten Stärken, wenn sie die genaue Kenntnis und Fortentwicklung von Methoden vermitteln. Dies soll an einem Paradebeispiel vorgeführt werden: Mit der Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) arbeiten mehrere Autoren an türkischem, persischem und armenischem Obsidian. Blackman (III/19 ff.) untersucht von sieben Lagerstätten 45 Proben und teilt sie nach dem Gehalt an 19 Elementen in 14 Cluster auf (wobei 7 dieser Cluster nur 1–2 Analysen umfassen). Der Vergleich mit den Elementgehalten anderer Arbeiten ist in sechs Fällen nicht möglich, während acht andere Publikationen die Cluster von Blackman bestätigen bzw. ergänzen (jetzt: 19 Lagerstätten-Cluster). Eine Analyse von 59 persischen Obsidianartefakten des 3. Jahrtausends v. Chr., deren Rohstoff-Herkunft geklärt werden soll, führt zu 8 Artefakt-Clustern. Eine Gegenüberstellung der beiden Cluster-Arten führt dann dazu, daß zwar nur 3 Artefakt-Clustern relativ sicher 3 Lagerstätten-Cluster zugeordnet werden können – aber das sind immerhin 32 Artefakte, deren Rohmaterialquelle man nun kennt. Perlman (III/117 ff.), der allgemein zur Methode der Neutronenaktivierungsanalyse berichtet, wobei er auch den Bezug zur Methodik der Provenienzbestimmung aufzeigt, schildert am Beispiel des Obsidians, wie beispielsweise 46 israelische Obsidianartefakte 60 Lagerstättenproben nur aus einem Bereich in der Türkei gleichen, einer Lagerstätte, die schon seit dem frühesten Neolithikum Obsidian liefert. Er teilt daneben auch mit, daß er bei anderen Analysen mit fünf Rohstoff-Fundorten in Anatolien Zusammenhänge fand, während sechs Artefakt-Cluster noch nicht zuzuordnen waren. In ähnlicher Weise beweist Perlman mit der NAA auch die Aufspaltung der „Östlichen Terra sigillata“ aus dem hellenistischen Israel in zwei Gruppen, für deren eine (77%) die Herkunft aus Zypern gesichert ist, während die andere (23%) wahrscheinlich aus der Türkei kommt. Die zugrundeliegende Datenbank umfaßt etwa 8000 Analysen!

Die NAA wird ebenfalls angewandt bei der ähnlichen Problematik von Steatitartefakten der Indianer und Eskimos und ihrer Provenienz; sie führt erstaunlicherweise durch die Lanthanoidenkonzentrationen zu offenbar gesicherten Zuweisungen (II/230 und III/3).

Sonst dient die NAA im wesentlichen noch der Zuweisung von mittelalterlichen Kirchenfenstern (I/100), während Gläser sonst immer mehr atomabsorptionsspektroskopisch (AAS) untersucht werden (II/189 – ägyptische Gläser, wenn auch ohne jede Berücksichtigung der nicht englisch schreibenden Autoren und III/133 – mittelalterliche, schottische Gläser). Mit den verschiedensten Methoden werden lateinamerikanische Majolica und Terrakotten auf lokale oder spanische Provenienz geprüft (I/81, II/200 und III/151).

Aus dem Vorderen Orient wird perserzeitliche Keramik in Israel auf ihre Herkunft untersucht (I/48). Weiterhin gilt das Interesse der Forscher alchinesischer Bronze, deren Kategorisierung aufgrund der Elementaranalyse sowohl chronologisch als auch regional überzeugt (II/293) und prähistorischen Kupferartefakten und ihren Rohstoffen aus den USA (II/335), wobei mathematisch-statistische Überlegungen nach rund 1000 Analysen die Oberhand gewinnen gegenüber dem ursprünglichen Zweck der Zuordnung Lagerstätte-Artefakt (III/273) – wie es ja allzu häufig in archäometrischen Kreisen vorkommt, daß die Naturwissenschaften den archäologischen Zweck ihrer Untersuchungen nach und nach vergessen; am deutlichsten wird dies bei dem wohl mit Erstaunen hier anzutreffenden Computer-FORTRAN-Programm zum Schreiben von ternären Diagrammen der Gehalte an Kupfer, Zinn und Blei in chinesischen Bronzen (II/293) (die dann auch nur noch mit einer Lupe zu sehen sind!).

Die Zusammensetzung der Spurenelemente römischer Bronzemünzen, deren Zeitstellung exakt festliegt, wird mit der Röntgenfluoreszenz bestimmt. Sie führt bei 245 augusteischen Quadranten zu feinchronologischen Schlüssen und beweist die Identität von Münzpaaren (II/347). Bei 99 claudischen Quadranten wird eine Unterteilung für das Jahr 41 n. Chr. nachgewiesen und Ähnlichkeiten zu früheren und späteren Münzen aufgezeigt (III/311).

Die Bestimmung der relativen Einheitlichkeit der Blei-Isotopenverhältnisse für die Erze von Laurion (I/1) und der Nachweis, daß sich die Isotopenverhältnisse während verschiedener Fabrikationsprozesse – aber auch bei der Korrosion von Gläsern – nicht verändern (II/273), sind die Grundlage für Untersuchungen zur Herkunft von Bronzen und Silber nach dieser Methode. So werden auch zu den mutmaßlichen Materialquellen der Beninbronzen Blei-Isotopenforschungen vorgelegt, die zwar viele Herkunftsgebiete ausschließen, aber immerhin noch Zentralafrika, Nordafrika, die Türkei und Mitteleuropa als möglich erscheinen lassen (II/278).

Untersuchungen zu Silber aus dem Vorderen und Mittleren Orient unter Verwendung verschiedenster Verfahren (I/11) zeigen die Abhängigkeit der ermittelten Konzentrationen von der Korrosion (v. a. bei dem leichter korrodierenden Kupferanteil). Es wird erwogen, daß nur die Elemente Gold und Iridium zu einer eventuellen Trennung der sassanidischen Silber-Rohstoffquellen dienlich sein könnten (II/22). Weitere Informationen v. a. zu sassanidischem und omayyadischem Silber erhält man durch die NAA von etwa 400 Proben aus 25 Münzstätten; die Goldkonzentrationen können gute Hinweise zur Herkunft geben. Bei etwa 1300 sassanidischen Proben konnten so 15 Fälschungen ausgeschieden werden (I/124).

Eine erstaunliche Bandbreite von Bronze-Analysergebnissen bei einem Ringversuch in 21 Laboratorien sei all jenen zur Kenntnisnahme empfohlen, die allzu gläubig naturwissenschaftliche Resultate als gegeben und sicher hinnehmen (I/148, hier besonders 172f.): So wird z. B. eine Bronze mit einem durchschnittlichen Bleiwert von 0,9% von 18 Labors mit einer durchschnittlichen Abweichung von nur  $\pm 0,34\%$  (also von 0,56% bis 1,24%) bestimmt; im Einzelfall wird aber von 0,1% bis 1,52% analysiert. Selbst die ermittelten Zinnkonzentrationen reichen (bei einem Mittel von 14,72%) von 12% bis 20%, wobei „Ausreißer“ mit 5,7% und 32,85% nicht berücksichtigt sind!

Aus dem Bereich der Bodenuntersuchungen stammt die Auffindung von Besiedlungsplätzen in den USA durch Analysen auf Calcium, Phosphor, Kalium, Stickstoff und organischen Kohlenstoff (III/67); die Untersuchung von japanischen Böden in Parallele zur archäologischen Schichtung zeigt interessante stratigraphische Ergebnisse, die v. a. über die Lanthanoiden gewonnen werden können (III/51 und 79).

Schließlich wird deutlich, daß die Analyse organischer Produkte immer mehr an Bedeutung gewinnt: Wird im Band I Elfenbein auf Stickstoff und Asche untersucht und dadurch modernes von antikem Elfenbein unterschieden (I/236) und Tinte chinesischer Graphiken über die Korngrößenverteilung versuchsweise spezifiziert (I/207), so wird im Band II eine ähnliche Tinte chemisch auf Fluor und Stickstoff analysiert, wobei die Ergebnisse eher entmutigend sind (II/139). Die Charakterisierung von Tierknochenmaterial aus archäologischen Befunden in den USA über die Morphologie und das Strontium/Bariumverhältnis zeigt jedoch interessante Perspektiven (II/99). IR-spektroskopische Farbstoffuntersuchungen bei peruanischen Teppichen können mit den entsprechenden natürlichen Farbstoffen korreliert werden (II/172).

70 Asphalt- bzw. Bitumenproben archäologischen Interesses aus Irak und Iran werden mit möglichen Rohstoffquellen verglichen, wobei im wesentlichen die Flüssigkeits-Chromatographie und Röntgenbeugung (der Mineralien) sowie die Bestimmung der Nickel- bzw. Vanadiumanteile angewandt werden. Sie erlauben zwar noch keine Zuordnungen; erste Hinweise sind jedoch möglich (II/150). Die Untersuchungen der Aminosäuren des Knochen-

collagens und ihre Beeinflussung der C<sup>14</sup>-Untersuchung (II-109), die Datierung mit der Geschwindigkeit der Aminosäuren-Razemisierung bei Knochen, Zähnen usw. (II/117) und die Gas-, Flüssigkeits- und Dünnschicht-Chromatographie von Pflanzen-Kautschukarten, die im Kunsthandwerk und in der Ethnographie häufig verwendet werden (hier besonders verdienstvoll eine Zusammenstellung von etwa 300 Pflanzen, die Pflanzenkautschuke bilden [III/357]), weisen auf die wachsende Bedeutung der organischen Analyse in der Archäometrie hin. Dies wird unterstrichen durch Forschungen zum Lackrohstoff „urushi“, die mit den verschiedensten Methoden durchgeführt werden, anscheinend aber noch nicht sehr fortgeschritten sind (III/395). Eine deutliche Verbesserung scheint jedoch die – allerdings aufwendige – Auger-Mikroskopie zu sein, mit der die an den Tintenrändern zu beobachtende sekundäre Eisen-Ionenwanderung untersucht wird und die zu einer Datierung von Schriften zurück bis etwa 1000 n. Chr. führen soll.

Schließlich wird wieder zweimal die Entstehung des „Bildes“ des Leichentuches von Turin untersucht, wobei in einem Falle (III/447) durch Faserüberprüfungen eine künstlerische Einwirkung ausgeschlossen wird, während im anderen Falle (II/425) die Entstehung des bildlichen Eindruckes durch eine nicht zu erklärende Röntgenstrahlung begründet wird.

Endlich seien noch Pigmentuntersuchungen an Ägyptisch-Blau (III/215), die mit einer Rekonstruktion der Fabrikationstechnik abschließen, sowie die Bestimmung armenischer Buchmalerei-Pigmente v. a. aus dem 13.–14. Jahrhundert genannt.

Eine überzeugende Studie des Herausgebers des Bandes III – J. P. Lambert –, die den Austausch von chemischen Elementen aus Knochen in den umgebenden Boden untersucht, sei noch erwähnt: Sie zeigt, daß die Knochen dort zwar Calcium verlieren, aber Eisen, Aluminium und Kalium aufnehmen, während Strontium und Zink nicht ausgetauscht werden (so daß dadurch Hinweise auf die Ernährung des begrabenen Individuums möglich wären [III/97]).

Aus der relativ gestrafften und damit wohl auch oft zu sehr vereinfachenden Darstellung des Inhalts mag der Leser entnehmen, daß die drei Bände in all jene Bibliotheken gehören, die auch die Zusammenarbeit von Naturwissenschaftlern und Archäologen ermöglichen wollen. Geisteswissenschaftliche Büchereien mit beschränktem Etat werden jedoch verzichten müssen, da die Amerikanische Gesellschaft für Chemie zwar die Symposien zur Archäometrie fördert, die Preise der Bücher jedoch dem Marktgeschehen überläßt.

D-6500 Mainz  
Ernst-Ludwig-Platz 2

Dietrich Ankner  
Römisch-Germanisches Zentralmuseum

**Cornelia Becker, Kastanas. Ausgrabungen in einem Siedlungshügel der Bronze- und Eisenzeit Makedoniens 1975–1979. Die Tierknochenfunde.** Prähistorische Archäologie in Südosteuropa, Band 5. Wissenschaftsverlag Volker Spiess, Berlin 1986. ISBN 3-89166-022-7. 365 Seiten, 121 Tabellen, 107 Abbildungen und 30 Tabellen im Anhang.

Der Wohnhügel Kastanas in Zentralmakedonien, Nord-Griechenland, wurde von der Frühbronzezeit bis in die späte Eisenzeit mehr als 2000 Jahre lang fast kontinuierlich besiedelt (etwa 2400–200 v. Chr.). Er war während der Besiedlungszeit ufernahe Insel in einer Meeresbucht und stellte eine natürlich befestigte Siedlungsfläche dar. Die Ausgrabungen 1975–1979 erbrachten fast 70000 Säugetierknochen, relativ wenige Vogel-, Fisch- und Schildkrötenreste sowie annähernd 20000 Molluskenschalen. Es handelt sich fast ausschließlich um Schlacht- und Speiseabfälle, und dementsprechend groß ist der Fragmentierungsgrad. Unter den Säugerknochen können 52,2% der Fundstücke bestimmt werden. Nur ein geringer Materialteil ist gewerblicher Knochen- und Geweihabfall.