

## Überlegungen zu Aufgaben und Aufbau eines archäochemischen Laboratoriums

Ein archäochemisches Laboratorium ist heute an folgenden Stellen denkbar: An einem Museum, an einem Universitätsinstitut oder auch selbständig ohne Anlehnung an Bestehendes. Zugleich stellt sich die Frage, ob es auf kommerzieller Basis arbeiten sollte oder in enger Verbindung mit einer Institution.

Nachfolgende Überlegungen und Darstellungen sollen dazu beitragen, hier den günstigeren Weg zu finden. Daß dies nicht ohne nähere Kenntnis und auch nicht ohne Detailfragen möglich ist, sollte selbstverständlich sein.

Vorrangige Frage ist, welcher Institution ein archäochemisches Labor angeschlossen sein sollte: Museum oder Universität? Dies läßt sich nur unter Berücksichtigung der Aufgaben beider Einrichtungen beantworten. Die vornehmliche Aufgabe der Universität ist Forschung und Lehre, die des Museums Bewahrung und Darstellung. Freilich überschneiden sich die Kompetenzen: während das Museum nicht ohne eigene Forschung auskommen kann oder will, muß das Universitätsinstitut auch bewahren. Während das Museum immer stärker zur Lehre tendiert, besonders was die Breiten- und Öffentlichkeitsarbeit betrifft, drängen die Universitätsinstitute immer mehr zur Darstellung. Trotz dieser Tendenzen kann man aber immer noch mit Recht behaupten, daß die Museen die Institutionen des Bewahrens par excellence sind. Hieraus ergibt sich, daß sich ein chemisches Labor an einem Museum vornehmlich mit Fragen der Konservierung und Restauration befassen muß, in der Regel also mit Fragen der Materialkunde. Heute ist so etwas natürlich nicht ohne entsprechende Grundlagenforschung möglich.

Dennoch scheint es nicht die eigentliche Aufgabe eines Museums zu sein, Grundlagenforschung allgemeiner Art zu betreiben, besonders dann nicht, wenn die Materialbasis nicht mehr im eigenen Museum gegeben ist. Grundlagenforschung ist vielmehr Aufgabe der Universität, die schon von ihrer Konstruktion her raumübergreifend ist. Nach wie vor muß man in ihr die Vermittlerin neuer Ergebnisse sehen. Das verpflichtet zur eigenen Forschung, und zwar zur „zweckfreien“ Grundlagenforschung. Hierbei soll „zweckfrei“ nichts anderes besagen, als daß nicht kommerzielle Notwendigkeit den Antrieb liefert, sondern der in gewissem Sinne als spielhaft zu bezeichnende Wissenstrieb des Menschen. Die Aufgabenstellung erfolgt aus dem inneren Gang der Forschung heraus, und nicht etwa deshalb, weil ein eisernes Fundstück kontinuierlich weiterrostet und in wenigen Jahren völlig zerstört sein wird.

Das Hauptgebiet der Universität, Forschung und Lehre, ist also auch für ein archäochemisches Labor der gegebene Rahmen. Es grenzt sich damit vom konservierend arbeitenden Laboratorium in Aufgabe und Methode ab. Naturgemäß wird es hier Überschneidungen geben müssen, die indes die grundsätzliche Richtung nicht verschleiern dürfen.

Untrennbar ist mit dieser forschungsmäßigen Ausrichtung die Frage nach der Routinearbeit verbunden. Wie ich bereits ausführte, ist insbesondere an einem Museumslabor die Routinearbeit zuhause. Dort sind die vielen Einzelstücke aufbewahrt, die einer Routineuntersuchung in dieser oder jener Hinsicht unterzogen werden können. Dies muß sich besonders im personellen Bestand äußern: Am Museum sollte auf einen Wissenschaftler ein höherer Anteil von Hilfskräften entfallen als an der Universität. Allerdings muß hier sogleich hinzugefügt werden, daß das an Universitäten meist übliche Verhältnis, wo auf einen Wissenschaftler höchstens eine Labor- oder sonstige Hilfskraft kommt, immense Geldverschwendung darstellt – von der sonstigen Zeit einmal abgesehen, die der Wissenschaftler in seinem Leben mit nicht adäquaten Arbeiten verbringt. Dazu später. Das Schwergewicht allgemein archäometrischer **Forschung** muß also im Universitätsbereich liegen.

Die Archäochemie stellt sich nur als eine Unterabteilung der Archäometrie dar. Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, den Sinn archäometrischer Forschung allgemein darzulegen oder abzugrenzen, was unter Archäometrie füglich verstanden werden soll. Die Bemerkung möge genügen, daß da noch lange keine Archäometrie getrieben wird, wo der Besitzer eines Randleistenbeils dessen Analyse erstellen läßt. Schließlich ist Archäometrie auch nicht eine schon eh und je betriebene Forschungsrichtung, sondern aufgrund eines Bewußtseinsbildungseffekts in den letzten zehn Jahren neu entstanden. Was leider noch nicht heißt, diese Bewußtseinsbildung habe alenthalben Platz ergriffen.

Welchen Platz hat nun die Archäochemie innerhalb der Archäometrie? Man könnte versucht sein, ihre Stellung mit der der Chemie in ihrem Verhältnis zur Physik zu erklären: Ein spezieller Ausschnitt eines übergreifenden Ganzen. Doch trifft dies nur in gewissem Grade zu: Die Chemie schneidet einen engeren Bereich heraus, als es die Archäochemie wegen ihrer breit gelagerten Aufgabe darf. Dies gilt besonders, wenn man den einzelnen Forscher betrachtet. Seit über einem Jahrhundert geht beispielsweise die Organische Chemie ihren Weg getrennt von der Anorganischen Chemie. In junger Zeit hat sich erst die Physikalische Chemie abgespalten, noch jünger ist etwa die Festkörperchemie. Der organische Chemiker hat mit dem Anorganiker etwa soviel gemeinsam, wie der Altpaläolithiker mit dem Frühmittelalterforscher: Wenn sie auf ihr eigenes Gebiet zu sprechen kommen, geht ihr gegenseitiges Verständnis gegen null.

Im Gegensatz zu dieser Situation hat aber der Archäochemiker sowohl hinreichend anorganische Chemie zu beherrschen als auch organische Chemie, denn die Natur, resp. die zu erforschende Materie kehrt sich nicht darum, ob der Mensch sie in verschiedene Disziplinen aufgeteilt hat. Darüber hinaus muß der Archäochemiker über ein breites Grundwissen in der Physik und physikali-

schen Chemie verfügen, weil er sonst den vielen Geräten, die er benötigt, hilflos gegenüberstehen würde. Noch mehr: da er kristallisierte Objekte im Boden vorfindet – oder sie doch mindestens zu bearbeiten hat – kann er nicht auf Grundkenntnisse in Mineralogie und Bodenkunde verzichten. Schließlich hat er aus den gleichen Gründen der Geochemie gegenüber ebenso aufgeschlossen zu sein wie der Metallurgie. Diese außerordentlich breite Fächerung von Basiswissen läßt sich natürlich nur erkaufen durch den Verzicht auf Spezialwissen. Wollte man den Archäochemiker einen Spezialisten nennen, dann ganz bestimmt nicht in dem üblichen Sinne, daß jemand von ganz wenig ganz viel weiß.

Wenn bisweilen die Meinung geäußert wird, der Naturwissenschaftler, der mit dem Archäologen zusammenarbeite, müsse in seiner „Mutterwissenschaft“ auch organisatorisch eingebettet bleiben, so verkennt diese Auffassung völlig die Notwendigkeit des Überblicks, der zur Einleitung einer sinnvollen Kombination von Maßnahmen erforderlich ist. Das Resultat einer solchen Fehleinstellung ist die von einem Industrielabor mit ungeheuren, wenn auch nicht berechneten, Kosten erstellte, sehr genaue Analyse, die ohne Bezug, quasi als Garnierung, in der Publikation auftaucht.

Auf einem etwas höheren Niveau erscheint dann in konsequenter Verfolgung dieser Einstellung der Archäologe, der in eigener Regie und nach Gutdünken Proben an alle möglichen Spezialisten verteilt. Er wird darauf sehen, daß er möglichst eine Probe an zwei unter seinem Gesichtswinkel gleiche Forscher verteilt, um deren Resultate „kritisch“ miteinander vergleichen zu können. Von den Ergebnissen schließlich wählt er jene aus, die seine bereits gefaßte Auffassung zu bestätigen in der Lage erscheinen. Dies Vorgehen ist leider ebensowenig singulär wie fachgerecht. Es bedarf nämlich durchaus gründlicher geistiger Anstrengung, um aus einer Untersuchung diejenigen Ergebnisse herauszufiltern, die dem Archäologen eine profunde Information liefern können. Es obliegt vielmehr dem Archäochemiker, quasi die Übersetzung der archäologischen in die naturwissenschaftliche Fragestellung und umgekehrt vorzunehmen. Das besagt nicht, daß er die naturwissenschaftlich formulierte Frage auch zu lösen vermag. Vielmehr wird er sich oft an den Spezialisten eines bestimmten engen Fachgebiets wenden und ihn durch Einführung in die Problematik zur Zusammenarbeit gewinnen und befähigen müssen.

Wenn man an diesem Punkt der Betrachtung wieder die Frage nach der organisatorischen Heimat der Spezialisten stellt, so kann man allerdings sagen, daß diese am besten bei ihren Mutterwissenschaften aufgehoben sind, denn nur dort werden sie am Fortschritt ihrer eigenen Wissenschaft teilhaben. Die Frage, wieviele Wissenschaftler in einem archäometrischen oder archäochemischen Labor zusammenarbeiten sollten, ist damit dann noch nicht gelöst. Von einer Mammutinstitution an einer Universität muß man indessen absehen. Wenn schon ein sehr großes Institut für Archäometrie oder gar Archäochemie gebaut werden soll, dann kann es nur für mehrere Universitäten gemeinsam konzipiert sein. Zwei Gefahren tun sich auf: Die für spezielle Aufgaben dort eingesetzten Wissenschaftler verlieren den Anschluß an die Entwicklung ihrer Wissenschaft. Dies könnte nur durch engsten Kontakt mit einer Universität vermieden werden.

Zum anderen könnte sich kommerzielles Denken breitmachen. Egal, ob dies nun von den Initiatoren oder den Beschäftigten ausginge, es wäre jedenfalls das Ende der Einrichtung.

Kein Direktor eines archäologischen Instituts würde bereit sein, Beträge in der Größenordnung seines Instituts-etats noch einmal für eine „kleine“ naturwissenschaftliche Frage auszugeben, wenn er außerdem noch Jahre auf die Antwort warten muß – so lange dauert eben Chemie – und er zudem noch nicht einmal sicher sein kann, daß sie in seinem Sinne ausfällt. Für den Forscher an einem solchen Institut besteht die Gefahr, daß er um des Überlebens willen seine Resultate den Erwartungen des Auftraggebers anpaßt. Auch dafür existieren bereits langjährige Beispiele. Es ist offensichtlich ein recht langwieriger Prozeß, den archäologischen Forscher von der Auffassung abzubringen, daß er irgendwo erarbeitete naturwissenschaftliche Größen wie Teile eines Bausatzes in sein (geistes)wissenschaftliches Gebäude einsetzen kann. Vielmehr kann es erst im Dialog mit der naturwissenschaftlichen Aussage, die Fragestellung und Antwort zu verschieben in der Lage ist, zu einem fruchtbaren Zusammenwirken kommen.

Die Aufgaben eines kleineren archäochemischen Labors liegen demnach auf zwei Gebieten:

Aktuell: Die laufende Betreuung der Ausgrabungen

Prinzipiell: Grundlagenforschung allgemeiner archäologischer Probleme

Ad 1: Bei einer laufenden Grabung kann man zunächst den Versuch unternehmen, den oder die Begehungs- oder Siedlungshorizonte durch eine Phosphatanreicherung zu erfassen. Gerade bei der Beurteilung der Phosphatanreicherung sind in den letzten Jahren Fortschritte erzielt worden, indem man nicht mehr nur die An- oder Abwesenheit von Phosphat konstatiert, sondern dessen Löslichkeit unter bestimmten Bedingungen mit berücksichtigt. So läßt sich einiges über die Genese der Anreicherung sagen. Unterstützt werden muß diese Phosphatuntersuchung durch die Untersuchung auf Aminosäuren und Fette. Auch die Untersuchung auf Fette ist verbessert worden, indem man durch die gaschromatographische Auftrennung in die verschiedenen Fettsäuren Erdfette und Pflanzenfette von tierischen Fetten zu unterscheiden gelernt hat. Die relativen Mengen der Aminosäuren werden schon seit längerem herangezogen, um wenigstens Hinweise auf verschiedene tierische Spezies zu erhalten. Weiter hat sich durch die Untersuchungen von *Bada* und *Berger*, hier in Deutschland *Protsch*, ein weiterer Weg aufgetan, wenigstens größenordnungsweise zu Altersangaben mittels der Racemisierung von Aminosäuren zu gelangen. Allerdings ist hier noch reichlich Grundlagenforschung zu treiben. Immerhin erscheint es jetzt prinzipiell denkbar, daß durch Extraktion von Aminosäuren aus einer größeren Menge Sediment doch soviel Aminosäuren gewonnen werden können, daß nach einer Reinigung entsprechend dem Verfahren der Anreicherung des  $^{14}\text{C}$  durch die Laser-Methode noch Daten zu erhalten sind. Für jüngere Zeiten seien noch die Methoden der Sichtbarmachung von Pfostenlöchern und Skelettresten nach verschiedenen Verfahren genannt.

Ad 2: Neben diesen aktuellen Aufgaben, die besonders in den Grabungsmonaten anfallen, hat ein archäochemisches Labor prinzipielle Forschungsaufgaben wahrzuneh-

men. Als solche Aufgabe bleibt zum Beispiel die Erforschung des Bernsteins bestehen. Seit ca. 4 Jahren sind keine Arbeiten mehr erschienen, die die Erforschung seiner Struktur vorantrieben hätten. Auch die IR-Reihenuntersuchungen sind weitgehend zum Erliegen gekommen.

Die Erforschung der Patina an Silices ist ebenfalls noch nicht zu Ende geführt. Nach der Aufklärung der Patinierungsprinzipien in den verschiedenen Sedimenten bleibt die Anwendung, besonders bei aurignacienzeitlichen Funden, ein Desiderat. Doch verspricht gerade eine solche Untersuchung weitere Erkenntnisse.

Es bleibt festzuhalten, daß die Genese der Feuersteine weiterhin ungeklärt ist, obwohl gute Ansätze zur Lösung dieses Problems inzwischen erarbeitet sind. So wird denn einseitigen an der Herkunftsidentifizierung von englischen, besonders aber holländischen Arbeitskreisen mit enormem apparativen Aufwand gearbeitet; mit einem Aufwand allerdings, der den Rahmen eines kleinen Universitätsinstituts sprengt.

Seit Jahren arbeitet man in Oxford an der Thermolumineszenz-Datierung von Flint, der im Feuer gelegen hat. Man verwendet statt des üblichen Pulvers kleine Scheibchen, um so die ‚spurious luminescence‘ zu umgehen, die man noch nicht zu beherrschen gelernt hat. Es liegen bereits Daten des Unteren Paläolithikums vor. Tübinger Untersuchungen hatten inzwischen gezeigt, daß oft ein erheblicher Anteil mesolithischer Silices thermisch behandelt worden ist. Eine in Köln durchgeführte Meßreihe hat indessen ergeben, daß beim Hornstein die ‚spurious luminescence‘ nicht auftritt. Für Süddeutschland ist somit eine TL-Datierung mesolithischer Silices grundsätzlich möglich.

Der klimabedingt wechselnde Zersetzungsgrad von Knochen in Kalksedimenten eröffnet die Chance, Schichten der ausgehenden Eiszeit zu datieren. Dies ist bisher erst an einem Beispiel demonstriert worden. Eine breitere Anwendung erscheint wünschenswert. Es wurde schon kurz angedeutet, daß die Racemisierungsmethode noch weiterer Grundlagenforschung bedarf. Der schwache Punkt ist die Abschätzung der Temperaturen, die der Knochen im Laufe der Zeit im Sediment erfahren hat. Die Zersetzungsstudien an Knochen sollten in der Lage sein, hier die nötigen Korrekturfaktoren bereitzustellen. Weiter hat sich gezeigt, daß der Phosphatverlust von Knochen während der Hocheiszeit einem logarithmischen Abfall folgt, i.e. einer Reaktion 1. Ordnung. Daher ist es möglich, durch den  $\log(\text{PO}_4)/(\text{Ca})$  bei Knochen aus Kalksedimenten zu Datierungen zu kommen. Die Kurve ist bis ca. 35 000 Jahre BP durch  $^{14}\text{C}$ -Daten geeicht und setzt sich weiter in die Vergangenheit gesetzmäßig fort.

Ein weiteres Aufgabengebiet eröffnet sich dem archäochemischen Labor durch die Funde keramischer Zeiten. Bei der Keramik selbst geht es immer noch um Fragen des Aufbaus, der Brenntemperatur, der Magerung, des Maukens und der Engoben, von Datierungsfragen einmal ganz abgesehen. Die Frage nach der Herkunft von Keramik allerdings geht über die Möglichkeiten eines kleineren archäochemischen Labors hinaus. Das gilt nicht nur wegen des aufwendigen Spektrographen oder der Aktivierungseinrichtung, sondern auch deswegen, weil sich Elementverteilungsmuster nur statistisch an großen Men-

gen von Analysendaten gewinnen lassen. Zudem hat sich herausgestellt, daß selbst typologisch einheitliche Keramik immer noch in mehrere Materialgruppen zerfällt, so daß meist die Zahl der zu untersuchenden Objekte unerwartet ansteigt oder die statistische Basis zu schmal ist.

Nicht nur das Gefäß des Neolithikers ist von Interesse, sondern auch sein uns eventuell überkommener Inhalt. Es kann zum Schmelzen von Birkenrindenpech benutzt, aber auch damit geklebt worden sein. Weiter im Süden, resp. Südosten benutzt man als Klebstoff dagegen Bitumen. Dazu kommen als Kleber Harze und Knochenleim. Diese Stoffklassen lassen sich gut im Labor unterscheiden. Mit einiger Sicherheit gab es aber auch Aufgüsse von Heil- und Giftpflanzen. Hier fehlt noch jede Forschung. Spätestens aus der Bronzezeit ist gefärbtes Gewebe bekannt. Die Gefäße, in denen das geschah, sind uns nicht bekannt. Am nächstliegenden freilich ist der Nahrungsmittelrest. Hier gibt es schon viele Vorarbeiten, besonders mikroskopische Untersuchungen. Die bisherigen Aufbereitungsmethoden allerdings zerstören alles außer dem Rest an pflanzlichem Gewebe, um den es geht. Endlich müssen schonendere Aufbereitungsmethoden entwickelt werden, wenn man mit der Analyse weiterkommen will. Dies wird derzeit vorangetrieben.

Farben treten uns aber nicht nur unerkannt in Gefäßen entgegen oder sichtbar auf Gewebe, sondern manchmal auch auf Knochen. An das große Feld der zur Bemalung von Keramik benutzten Pigmente sei erinnert.

Die Möglichkeiten der Metalluntersuchungen sind in einem kleineren Labor begrenzt, denn bei Zuordnungsfragen sind größere Analysenserien erforderlich. Mehr noch: Bei Einzelstücken verliert eine diesbezügliche Analyse an Sinn, weil die Abweichungen zwischen den einzelnen Labors einen direkten Vergleich von Spurenelementen nur bei einer großen Zahl von Vergleichsanalysen von Standards gestatten. Allerdings können Fragen der Fälschung erfolgreich angegangen werden. Doch ist das mehr eine Domäne der Museen.

Hilfreich dagegen ist ein kleineres Labor wieder bei der Untersuchung von Böden, nicht nur im Hinblick auf den Bodentyp, sondern auch was seine Beimengungen an Fetten und Proteinen mit Abbaustoffen angeht. Endlich sollte nicht vergessen werden, daß manchmal „kleine“ Fragen auftauchen, die chemisch rasch zu erledigen sind. Als Beispiel sei einmal die Frage nach der Plombe in einem Zahn einer mittelalterlichen Bestattung genannt: Über der – übrigens ersten gefundenen – Blei-Plombe war Blattgold eingehämmert. Oder: Nach dem Citratgehalt läßt sich an den Knochen nicht verbrannter adulter Individuen das Geschlecht ermitteln.

Die Liste ließe sich vermehren.

Welchen Aufbau sollte ein archäochemisches Labor haben?

Zunächst muß Klarheit über die angestrebte Größe des Labors herrschen. Die kleinste sinnvolle Arbeitseinheit sollte aus einem Wissenschaftler, zwei technischen Hilfskräften und einer Schreibkraft bestehen. Letztere ist auch für die Literatur und Dokumentation zuständig. Reduziert man den Personalbestand noch weiter, so müssen Perioden der Forschung durch Perioden der Literaturarbeit und der Dokumentation unterbrochen werden. Ist es schon wenig sinnvoll, die Laboreinrichtung mit ih-

rer hohen Investition brachliegen zu lassen, so ist die Beschäftigung des Laborleiters mit Schreib- und Klebearbeiten geradezu absurd. Andererseits wird die Wichtigkeit der Dokumentation oft unterschätzt.

Es wurde schon erläutert, inwiefern der Laborleiter quasi die Funktion eines Übersetzters hat: Er muß sowohl eine Übersetzung der archäologischen Fragestellung in die naturwissenschaftliche vornehmen können als auch eine Rückübersetzung des naturwissenschaftlichen Ergebnisses in archäologisch relevante Fakten. Diese Funktion kann ein Laborleiter um so besser wahrnehmen, je mehr Hilfskräfte ihm zur Verfügung stehen.

Der nächste sinnvolle Schritt der Erweiterung eines archäochemischen Labors dürfte darin liegen, daß der Laborleiter durch Wissenschaftler eng benachbarter Fächer unterstützt wird. Ist er selbst etwa Anorganiker, so sollte der nächste Wissenschaftler Organiker oder Biochemiker sein, vice versa. Als dritten Wissenschaftler wird man, je nach Arbeitsbedarf, einen Mineralogen oder Physikochemiker oder auch Physiker beiziehen. Drei Wissenschaftlern wird man vernünftigerweise fünf technische Hilfskräfte, eine Spülhilfe und eine Schreibkraft zuordnen. In der Industrie, wo man keinen Pfennig verschenkt, wird so verfahren. Ein noch größeres archäochemisches Labor dürfte über den Bedarf einer Universität hinausgehen.

Neben dem personellen Bedarf steht die erforderliche Ausrüstung. Ein archäochemisches Labor ohne Dünnschichtchromatographie ist heute wohl undenkbar. Wie wäre sonst schneller und ohne großen Materialaufwand eine Auskunft zu erhalten, die zudem noch halbquantitativ gestaltet werden kann? Daneben steht natürlich die Säulenchromatographie zum Vortrennen. Eine Reihe einfacherer Identifizierungsaufgaben, meist wohl erst nach chromatographischer Vortrennung, liefert das Infrarotspektrometer. Bei entsprechender Aufarbeitung ist das Gerät aber auch zu sehr komplizierten analytischen Aufgaben zu verwenden, besonders wenn es eine hohe Auflösung hat.

Wenn diese Ausrüstung vorhanden ist und über die Identität eines Stoffes kein Zweifel mehr besteht, ist im Bereich kleiner und schwer zu trennender Mengen der Gaschromatograph wohl das kostengünstigste Gerät, mit dem – meist im organischen Bereich – quantitative Bestimmungen möglich sind. Im anorganischen Bereich steht ihm das Spektralphotometer adäquat gegenüber. Allerdings benötigt man für die Alkalien und Erdalkalien zusätzlich noch ein Flammphotometer, das hier die besten Ergebnisse liefert. Zwar lassen sich die Erdalkalien titrimetrisch erfassen, doch liegt die quantitative Erfassungsgrenze viel höher und der Zeitaufwand ist vielfach. Gegenüber dem Spektralphotometer lassen sich die Erfassungsgrenzen mit dem allerdings aufwendigeren Gerät für die Atomabsorption senken. Für jedes zu bestimmende Element muß eine besondere Röhre angeschafft werden.

Welches Gerät aber auch für die quantitative Bestimmung herangezogen wird: die Genauigkeit der Bestimmung hängt von der Genauigkeit der Einwaage ab. Daher steht und fällt die Genauigkeit der Bestimmungen eines Labors mit der Genauigkeit der Waage. Besonders verhängnisvoll ist es, wenn eine geringfügige Ungenauigkeit eben wegen ihrer Kleinheit erst nach ein oder zwei

Jahren des Analysierens oder eventuell gar nicht entdeckt wird. Die während des gesamten Zeitraumes erarbeiteten Ergebnisse sind dann gerade so viel wert, daß man sie dem Papierkorb anvertrauen kann. Die Waage ist gewissermaßen der Standard, der erst die Kommunikation mit dem Geschehen außerhalb des Labors ermöglicht. Sie hat in der Archäochemie eine Mikrowaage zu sein, weil prinzipiell möglichst zerstörungs- und verlustfrei gearbeitet werden muß. Oft liegen die absoluten Mengen sogar im Milligrammbereich, i.e. wiegen so viel wie ein Bleistiftstrich.

Die Ausrüstung zur Identifizierung organischer Substanzen wird durch Geräte vervollständigt, mit denen man die physikalischen Konstanten von reinen Stoffen ermitteln kann. Auch hier ist auf möglichst geringen Materialbedarf zu achten. Nötig ist ein Refraktometer, Polarimeter, Schmelzpunktapparat sowie eine Mikrodestille.

Die vorgenannten Geräte dienen der eigentlichen Analyse. Um weitere Informationen zu erhalten, sind ein Polarisationsmikroskop sowie ein Stereomikroskop erforderlich. Bei der Keramikuntersuchung benötigt man ferner ein Dilatometer und zu Vergleichsbränden einen elektrischen Glühofen – den man auch ohnehin beim Analysieren braucht – mit Temperaturanzeige.

Das archäochemische Labor dient aber nicht nur der Analyse, sondern auch der Simulation von Vorgängen unter kontrollierten Bedingungen. Dies erfordert eine Einrichtung für präparativ-organische Arbeiten. Dazu gehören Wasserstrahl- und Hochvakuumpumpen, ein Rotationsverdampfer, Geräte zur Handhabung von verflüssigten Gasen sowie zahlreiche Destillationsapparaturen und sonstige Ausrüstungen mit Laborglas.

Während die genannten Ausrüstungen im Labor vorhanden sein sollten, gibt es eine Reihe von Apparaturen, die einerseits seltener gebraucht werden, andererseits ziemlich aufwendig sind und deshalb kaum angeschafft werden können. Allerdings sollte durch Vereinbarung mit anderen Labors ein Zugang zu diesen Geräten möglich sein. Als erstes ist hier das Massenspektrometer zu nennen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein Gaschromatograph vorgeschaltet ist. Identifizierungsprobleme werden durch ein Kernresonanzgerät wesentlich erleichtert. Normalerweise sind Röntgenrefraktometer in den entsprechenden Labors „dicht“ verteilt, so daß der Zugang problemlos ist. Seltener sind dagegen Rasterelektronenmikroskope anzutreffen, die aber gerade wegen ihrer Schärfentiefe dem Archäochemiker oft wertvolle Hinweise liefern.

Neben dieser Zusammenarbeit im apparativen Bereich muß auch eine Zusammenarbeit in der Literaturerfassung erreicht werden, weil gerade die große Streuung der Materie es dem einzelnen unmöglich macht, die Literatur auch nur einigermaßen zu verfolgen.

Leider wird von der Archäometrie im allgemeinen und der Archäochemie im besonderen der „Große Durchbruch“ erwartet. Man glaubt, diesen Durchbruch mit einem riesigen Gerätepark, enormer *manpower* und großen Geldbeträgen erzwingen zu können. In diesem Punkte bin ich außerordentlich skeptisch. Sowohl die <sup>14</sup>C-Methode als auch die Thermolumineszenz haben fast anderthalb Jahrzehnte gebraucht, bis sie als hinreichend verfeinert gelten konnten und in den Händen von Spezialwissenschaftlern brauchbare Ergebnisse lieferten. Was

im Fachjargon der Chemiker so als *Big Science* apostrophiert wird, läßt sich da praktizieren, wo durch enormen Aufwand ein Synthesziel oder eine Analysenaufgabe zu bewältigen ist. In der Archäochemie liegt das Problem an anderer Stelle: die historische Frage muß in die naturwissenschaftliche so übersetzt werden, daß Naturwissenschaft anwendbar wird. Das ist ein geistiges, kein apparatives Problem, obwohl der naturwissenschaftliche Apparat natürlich zur Verfügung stehen muß. Sehr häufig stellt sich dann heraus, daß man mit relativ einfachen Mitteln und der nötigen Geduld zum Ziele kommt. Ins archäochemische Labor gehört deshalb das Mikroskop, unter dem im Mikromaßstab spezifische Reaktionen angestellt werden können. Dazu gehört ein Arsenal geringer Mengen einer sehr großen Zahl von organischen Reagentien, denn gerade hier gilt: eine Reaktion ist keine Reaktion und ein Wert ist kein Wert. Tüpfelplatte und Korundstab können teure Apparate manchmal überflüssig machen.

Dem Archäologen mag vielleicht die Zeit zu lang werden, bis das Ergebnis des Archäochemikers vorliegt. Vergleicht man die Zeit, die von der Ausgrabung bis zur Publikation vergeht, so dürfte sich beides zumindest die Waage halten. Man muß eben rechtzeitig mit der Chemie anfangen.

Wie steht es nun mit der Kosten-Nutzen-Relation eines archäochemischen Labors? Analysen aus der Industrie sind konkurrenzlos billiger. Und konkurrenzlos aussagearm. Setzt man aber die Kosten der Arbeiten eines kommerziellen Labors gegen die Kosten eines Unilabors, so kommt letzteres vielfach günstiger weg. Gegenüber der freien Wirtschaft bezahlt der Staat seine Mitarbeiter zu gering. In den Universitäten finden sich noch so altertümliche Geräte in Gebrauch, wie sie von der freien Wirtschaft längst verschrottet – oder in Museen gegeben worden sind. Die Neuanschaffung der jeweils modernsten Anlage muß aber auf die Analysenkosten geschlagen werden. In der Regel kann man kommerziell nur Analysen erhalten. Nur wenige Institutionen nehmen Forschungsaufträge entgegen. Finanziell sind sie es gewöhnt, aus dem Vollen zu schöpfen. Die Bezahlung ihrer Mitarbeiter ist wegen des hohen Risikos auch für die freie Wirtschaft überdurchschnittlich. Es ist in gewissem Grade paradox, daß trotz des überdurchschnittlich guten Kosten-Nutzen-Verhältnisses eines archäochemischen Labors keine Aussicht besteht, daß sich ein solches Labor selbst finanziert, weil die absolute Höhe der Kosten die Größenordnung erreicht, mit der ein ganzes geisteswissenschaftlich ausgerichtetes Institut betrieben werden kann, nämlich 100 000,- DM pro Jahr bei den bescheidensten Bedingungen.