

Radioaktivität im Dienste der Kunst

„Trap-Uhren“ für Bauhistoriker und „Elektronenfallen“ für Kunstfälscher: Ein schwacher Lichtschein aus alten Ziegeln gibt uns Einblick in vergangene Jahrhunderte.

Am Lübecker Dom steigt ein Mann mit einem großen Wanddurchbruchbohrer in der Hand auf eine Leiter und bohrt ein kleines, aber tiefes Loch in die Ziegelmauer. Eine Staubwolke steigt auf, und die mittelalterliche Wand gibt ihr Innerstes preis. Um mutwillige Zerstörung historischer Bausubstanz handelt es sich dabei jedoch nicht. Der Mann ist ein Mitarbeiter des Rathgen-Forschungslabors in Berlin¹, das sich seit über hundert Jahren mit der naturwissenschaftlichen Untersuchung von Kunstwerken beschäftigt. Zusammen mit dem Amt für Denkmalpflege in Lübeck arbeiten die Spezialisten aus Berlin daran, die einzelnen Bauphasen der ältesten Gebäude der Hansestadt zeitlich einzuordnen.

Bereits in den Jahren 1983/84 wurden vier Profanbauten in der Lübecker Innenstadt unter die Lupe genommen. Dabei stellte sich unter anderem heraus, daß die am Anfang des 13. Jahrhunderts aufkommende Ziegelbauweise nicht, wie bisher angenommen, zunächst nur bei kirchlichen Bauten angewendet wurde. Man hat die neue Technik sofort auch bei weltlichen Gebäuden eingesetzt. So ist zum Beispiel das Gildehaus in Lübeck 1216 bereits in Ziegelbauweise errichtet worden.

Wegen des großen Erfolges der Nachforschungen entschloß man sich vor zwei Jahren, noch drei weitere Bauwerke, nämlich den Dom, die Petrikirche und das Burgtor, untersuchen zu lassen. Im Juli 1988 setzte man deshalb an sorgfältig ausgesuchten Stellen den Bohrer an. Aus dem Inneren der Mauern wurden kleine Ziegelstaub-Proben entnommen und nach Berlin geschickt, wo man sie zur Zeit einer Thermolumineszenz-Analyse (kurz: TL-Analyse) unterzieht. Da das Verfahren sehr aufwendig ist, sind die Endergebnisse wahrscheinlich nicht vor Mitte 1990 zu erwarten.

Das Thermolumineszenz-Verfahren zur Datierung von Ziegeln oder Keramiken ist nicht neu. Es wurde bereits in den sechziger Jahren entwickelt. Da die TL-Analyse jedoch sehr wenig bekannt ist, hat man sie bisher kaum angewendet, obwohl sie bemerkenswerte Möglichkeiten bietet.

Thermolumineszenz ist ein schon seit langem bekannter physikalischer Effekt: Wenn man Ton sehr hoch erhitzt, sendet er einen schwachen Lichtschein aus, noch bevor das eigentliche Glühen einsetzt. Dafür sind bestimmte, im Ton enthaltene Quarzteilchen verantwortlich, die als Energiespeicher arbeiten.

Wenn radioaktive Strahlung auf ein solches Quarzteilchen trifft, nehmen die Elektronen, die die Kristallatome umgeben, viel Energie auf. Dadurch springen sie aus ihrem festen Platz in der Atomhülle heraus und können sich nun im Quarzkristall frei bewegen. Die meisten von ihnen gliedern sich bald wieder in eine Atomhülle ein und geben die aufgenommene Energie dabei in Form von Licht ab. Einige aber fallen in Elektronenfallen, „trap“ genannt. Das sind in der Regel entweder kleine Hohlräume oder fremde Atome, die nicht in den Kristall hineingehören, und denen manchmal eine negative Ladung fehlt. Dort können die Elektronen über Jahrtausende festgehalten werden, ohne die aufgenommene Energie wieder abzugeben. Erst wenn das Quarzteilchen auf über 500° C erhitzt wird, können die Elektronen wieder in eine Atomhülle zurückspringen und dabei ihre Energie als Licht abgeben. Diesen schwachen Lichtschein kann man beim Erhitzen von Ton beobachten.

Einige Wissenschaftler kamen nun auf die Idee, diesen Vorgang als physikalische Uhr zu verwenden. Wenn nämlich eine Tonprobe einmal auf über 500° C erhitzt worden ist, sind alle Elektronenfallen leer. Wird diese Probe nun der schwachen, überall auf der Erde vorkommenden natürlichen radioaktiven Strahlung ausgesetzt, so fallen mit der Zeit mehr und mehr Elektronen wieder in die traps. Das TL-Analysegerät erhitzt die Probe ein zweites Mal.

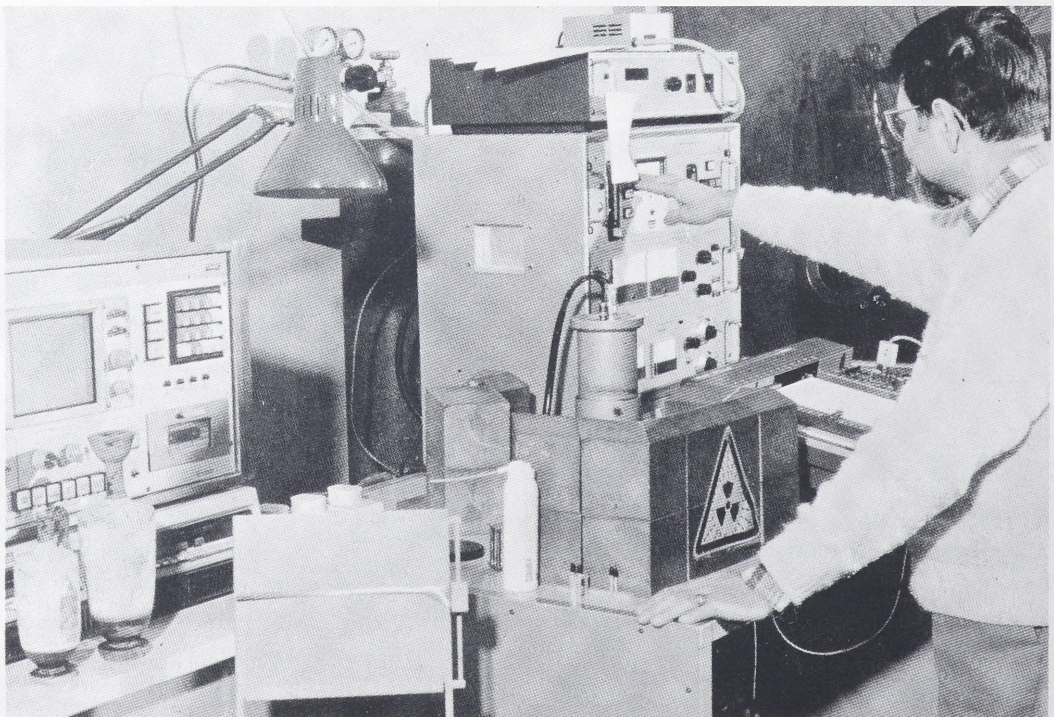


Abb. 1. Thermolumineszenz-Einrichtung (Foto: Rathgen-Forschungslabor, Berlin).

Dabei tritt umso mehr Licht aus, je länger das erste Erhitzen zurückliegt. Die Intensität des austretenden Lichtes wird im Labor sehr genau gemessen. Wenn man auch noch die Stärke der natürlichen radioaktiven Strahlung kennt, der die Probe über die Jahre ausgesetzt war, kann man recht genau berechnen, wann sie das letzte Mal erhitzt worden ist. Beim Brennen der Ziegel, die zum Bau des Lübecker Doms verwendet wurden, hat man also in der Ziegelei die „trap-Uhr“ ungewollt auf Null gestellt und braucht sie heute nur abzulesen, um zu wissen, wann die Ziegel gebrannt wurden.

So einfach, wie es sich anhört, ist die Messung allerdings nicht. Um ein möglichst genaues Datum als Ergebnis zu erhalten, muß man die Dosis der natürlichen radioaktiven Strahlung kennen, der die Tonprobe seit dem Brennen ausgesetzt war.

Diese Strahlung besteht aus drei Komponenten. Zwei davon kommen direkt aus der Tonprobe selbst. Ton enthält nämlich immer Spuren natürlich vorkommender radioaktiver Elemente. Diese Elemente geben eine Strahlung von extrem kurzer Reichweite ab. Man braucht nur zu ermitteln, wieviele dieser Elemente in der Probe enthalten sind, um die Dosis der Strahlung ausreichend genau bestimmen zu können. Die Messung wird durch radioaktive Umweltverschmutzung bisher noch nicht beeinflusst. Wenn sich jedoch Katastrophen wie in Tschernobyl noch mehrmals ereignen sollten, könnte es sein, daß die „trap-Uhren“ in aller Welt auf einmal nachgehen.

Problematischer ist es da schon, die dritte Komponente der Strahlung zu bestimmen. Sie stammt aus der kosmischen Strahlung und muß am Fundort der Probe selbst gemessen werden. Dazu steckt man in jedes Bohrloch ein sogenanntes Dosimeter – eine kleine Kapsel, die eben diese dritte Komponente der radioaktiven Strahlung einfängt. Das Dosimeter muß fast ein Jahr im Bohrloch bleiben und kann dann erst abgelesen werden. Wenn eine solche Messung nicht möglich ist, kann man zwar auch ein Brenndatum berechnen, aber das so zustandgekommene Ergebnis ist entsprechend ungenauer.

Trotzdem bietet die TL-Analyse ungeahnte Möglichkeiten: Nicht nur Ziegel kann man auf diese Weise als Uhren verwenden. Immer, wenn Ton, Sand oder Stein auf über 500° C erhitzt wurde,

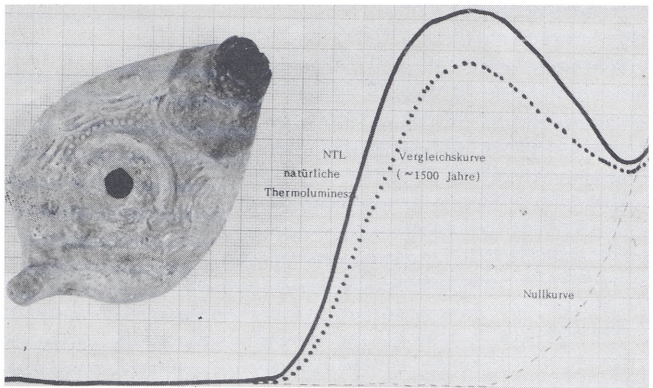


Abb. 2. und 3. Thermolumineszenz-Messung einer antiken und einer gefälschten Öllampe. Die gemessene Kurve ist die schwarz durchgezeichnete. Man sieht, wie deutlich der Unterschied zwischen gemessener Kurve und gepunktet eingezeichnete Vergleichskurve bei der gefälschten Öllampe (unten) hervortritt. (Rathgen-Forschungslabor, Berlin).

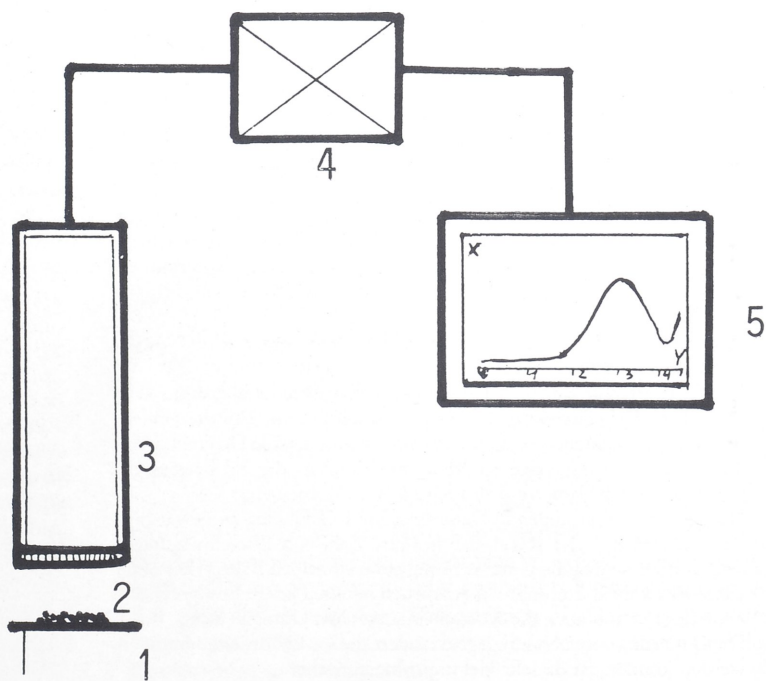
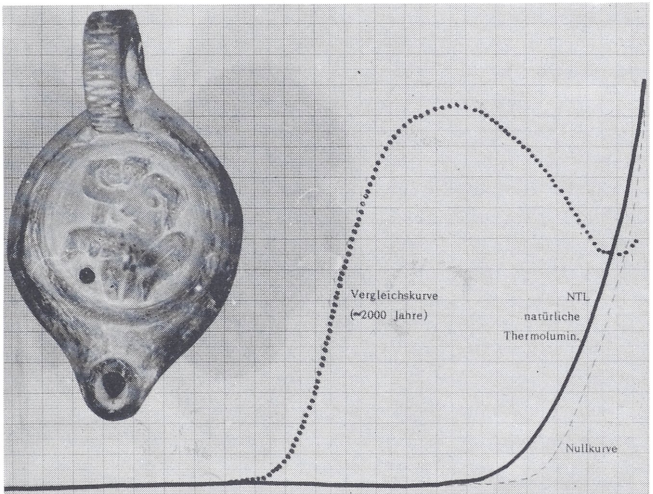


Abb. 4. Thermolumineszenzanalyse: Auf der Heizplatte wird die Keramikprobe erwärmt, wobei Licht freigesetzt wird, das mit einem Photomultiplier gemessen, verstärkt und auf einem Schreiber registriert wird (Rathgen-Forschungslabor, Berlin).

- 1 Heizplatte
- 2 Probe
- 3 Photomultiplier
- 4 Verstärker
- 5 xy-Schreiber

kann man heute den Zeitpunkt bestimmen, an dem das geschehen ist. Man kann mit diesem Verfahren ebenso berechnen, wann über einem alten Kamin oder an einer prähistorischen Feuerstelle zum letzten Mal gekocht wurde, ebenso wie man das Jahr ermitteln kann, in dem eine mittelalterliche Burgruine ausgebrannt ist, oder ähnliches. Selbst Sandablagerungen, die eine Zeitlang der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren, sind dadurch oftmals ausreichend hoch erhitzt worden, um heute datiert werden zu können. Die Analyse solcher Ablagerungen gehört in der Geologie bereits zur Routine. Sie ist aber auch schon erfolgreich zur Datierung eines Bodens, auf dem einmal eine Siedlung gestanden hat, angewendet worden.

Der geologischen Anwendung der Thermolumineszenz sind allerdings Grenzen gesetzt. Wenn ein Quarzteilchen länger als 10 000 Jahre der natürlichen radioaktiven Strahlung ausgesetzt war, ohne erhitzt worden zu sein, sind alle Elektronenfallen besetzt. Die „trap-Uhr“ läuft also nicht mehr mit.

Ein weiteres Hauptanwendungsgebiet der TL-Analyse ist die Untersuchung von Keramik. Fast alle Arten der sogenannten Terrakotten – also aus Ton gebrannter Gegenstände – lassen sich auf diese Weise datieren. Wenn Keramik jedoch beim Brennen auf über 1000° C erhitzt worden ist, kann man die TL-Analyse nicht mehr anwenden, weil dann bereits Glasphasen im Material auftreten. Deshalb können Steingut, Steinzeug, Majolika, Fayence und Porzellan nicht als „trap-Uhren“ verwendet werden. Das trifft glücklicherweise auf fast alle antiken Keramiken nicht zu. Bei den ersten Anwendungen der TL-Analyse in der Kunstforschung ging es fast immer um antike griechische, ägyptische oder südamerikanische Keramiken. Hier ist es oftmals nicht darum zu tun, das absolute Alter einer alt-ägyptischen Vase oder eines römischen Öllämpchens zu bestimmen, sondern man möchte zwischen Original und Fälschung unterscheiden.

Jede noch so gut nachgemachte antike Keramik zeigt auf ihrer „trap-Uhr“ unerbittlich den Zeitpunkt ihrer Entstehung an. Eine TL-Analyse hat bisher bei Echtheitsprüfungen immer ein eindeutiges Ergebnis geliefert. Um auch noch den Stand der „trap-Uhr“ manipulieren zu können, müsste ein Kunstfälscher zunächst einmal die natürliche radioaktive Strahlendosis an dem Ort messen, an dem er seine falsche Töpferware gefunden haben will, und dann müsste er noch sein Produkt künstlich mit genau dieser gemessenen Dosis bestrahlen. Das ist sicherlich für einen herkömmlichen Kunstfälscher ganz unmöglich. Die Elektronenfallen werden auch für ihn zu einer unüberwindlichen Falle.

Die TL-Analyse ist mittlerweile aus dem Entwicklungsstadium heraus. Die Fehlerbreite wird sich kaum noch verringern lassen². Die Spezialisten des Rathgen-Forschungslabors haben schon ein neues Ziel ins Auge gefaßt: Sie wollen es möglich machen, die Entstehung von Kunstwerken aus Metall datieren zu können.

Bis dahin aber warten noch so manche Keramik und so mancher Ziegel darauf, uns ihr Geheimnis preisgeben zu können. Das Forschungsprojekt in Lübeck ist ein hervorragendes Beispiel für die Zusammenarbeit von Geistes- und Naturwissenschaftlern. Wenn die Verständigung zwischen beiden in Zukunft überall so gut gelingen sollte wie in Lübeck, dann wird die Kunstgeschichte sicherlich bald um so manche Erkenntnis reicher sein³.

Nachdem der Mann mit dem Bohrer aus Lübeck wieder verschwunden ist, werden die Keramik-Öfen in Berlin noch lange brennen müssen, bis die alten Ziegel mit ihrem schwachen Lichtschein uns die baugeschichtliche Vergangenheit der Hansestadt erhellt haben. Zwischendurch wird sich vielleicht auch der eine oder andere Kunstfälscher in den Elektronenfallen verfangen. Danach aber werden sich sicherlich noch zahlreiche interdisziplinäre Forschungsvorhaben ergeben, bei denen die Radioaktivität in den Dienst der Kunst treten darf.

Anmerkungen

¹ Staatliche Museen preußischer Kulturbesitz
Rathgen-Forschungslabor
Schloßstraße 1a
D-1000 Berlin 19 (Charlottenburg).

² Wie allen naturwissenschaftlichen Untersuchungsverfahren sind auch der Thermolumineszenzanalyse absolute Grenzen gesetzt, die prinzipiell nicht überschritten werden können.

Bei einer absoluten Altersbestimmung nach diesem Verfahren treten eine Vielzahl von Störfaktoren und Fehlern auf, die berücksichtigt werden müssen. Viele von ihnen, wie etwa die Feuchtigkeit des Bodens, dem die Probe entnommen wurde, lassen sich durch Korrekturfaktoren ausschalten.

In günstigen Fällen erhält man einen Fehler des absoluten Alters von ca. 5%.

³ Der Aufwand für eine Thermolumineszenzanalyse ist allerdings sehr hoch. Eine Einzelmessung dauert etwa einen Monat. Um die Fehlerbreite jedoch so klein wie möglich zu halten, müssen die Dosimeter, die die natürliche radioaktive Strahlung am Fundort der Probe messen, ungefähr ein Jahr lang im Bohrloch vor Ort verbleiben.

Um eine zufriedenstellende Datierung eines Gebäudes zu gewährleisten, ist ferner in der Regel eine größere Zahl von Einzelmessungen erforderlich, so daß die Untersuchung eines einzelnen Bauwerkes ohne weiteres zwei bis drei Jahre in Anspruch nehmen kann. Entsprechend hoch liegen dann auch die Kosten einer solchen Untersuchung.

Die Datierung von Keramikgegenständen, die ins Labor mitgenommen werden können, ist da sehr viel unproblematischer.

Literatur

Speziell zur Thermolumineszenzdatierung:

Aitken, M. J., Thermoluminescence dating. London 1985.

Fleming, St., Thermoluminescence techniques in archaeology. Oxford and New York 1980.

Goedicke, Slusallek, Kubelik, Thermolumineszenzdatierung in der Architekturgeschichte: Dargestellt anhand von Villen in Venetio; Berliner Beiträge zur Archäometrie, Band 6. Berlin 1985.

Vana, N., Thermolumineszenzdatierung Carnuntiner Keramiken; Atominstitut der Österreichischen Universitäten. Wien 1985.

Zur naturwissenschaftlichen Untersuchung von Kunstwerken:

Mundry, Riederer, Zerstörungsfreie Untersuchung an Kunst- und Kulturgütern, in: Amts- u. Mitteilungsblatt der BAM 17 (1987) Nr. 3, S. 514-530.

Mundry, Riederer, Die zerstörungsfreie Untersuchung von Kunstwerken, in: Physik in unserer Zeit (1988) Nr. 5, S. 137-145.

Riederer, J., Archäologie und Chemie – Einblicke in die Vergangenheit; Ausstellung des Rathgen-Forschungslabors SMPK, September 1987 – Januar 1988. Berlin 1987.

Riederer, J., Kunstwerke chemisch betrachtet: Materialien, Analysen, Altersbestimmung. Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 1981.