

## X. Archäomagnetische Datierung eines römischen Ofens aus Haltern

(Taf. 1,2 und 85,3)

*Jan Reinders und Ulrich Hambach*

Die Archäomagnetik ist eine physikalische Methode mit der stark erhitzte, anorganische Materialien sehr genau datiert werden können. Die Datierung erfolgt hier durch die Bestimmung der remanenten Magnetisierung (RM) eines Artefakts und den Vergleich dieser RM mit einer "Eichkurve", welche die zeitabhängigen Variationen des Erdmagnetfeldes (EMF) dokumentiert. Theoretisch sind archäomagnetische Datierungen mit einem Fehler zwischen 5 und 30 Jahren behaftet.

Die Archäomagnetik nutzt aus, daß die magnetischen Momente von Eisenionen im Kristallgitter magnetischer Minerale (z.B. Magnetit, Hämatit) sich oberhalb einer mineralspezifischen Temperatur parallel zum herrschenden Magnetfeld ausrichten. Wenn die Minerale abkühlen, bleibt diese Orientierung erhalten und die Richtung des äußeren Magnetfeldes wird als sogenannte thermoremanente Magnetisierung (TRM) gespeichert. Die TRM ist über geologische Zeiträume stabil. Die Archäomagnetik datiert im allgemeinen nur den letzten Heizvorgang, da ältere Magnetisierungen mit jeder vollständigen Aufheizung wieder gelöscht werden.

Wäre das EMF ein echtes Dipolfeld - wie z.B. das Magnetfeld eines Permanentmagneten - könnte eine TRM nicht zur Datierung genutzt werden. Das EMF ist aber variabel und die zeitlich veränderlichen Abweichungen von der Dipolkonfiguration - die "Säkularvariation" des EMF'es werden zur Datierung verwendet. In einer Eichkurve, die wesentlich auf den Arbeiten von THELLIER (1981) und BUCUR (1994) beruht, sind die Variationen des EMF'es der letzten 2100 Jahre gesammelt. Dort ist die Deklination (Abweichung von geographisch Nord) gegen die Inklination (Neigung der Magnetfeldlinien gegen die Erdoberfläche) mit fortschreitender Zeit aufgetragen (Abb. 2).

Bevor eine Datierung erfolgen kann muß die RM sorgfältig analysiert werden, da im Laufe der Zeit sekundäre Remanenzen "wachsen" können. Zusammen mit der gesuchten, primären paläofeldparallelen "Datierungsremanenz" addieren sich die sekundären RM'en zur sogenannten natürlichen remanenten Magnetisierung (NRM). Um sekundäre RM'en - in unserem Sinne Fehlerquellen - erkennen und eliminieren zu können, werden die Proben mit kontrollierten, sukzessive höheren Temperaturen aufgeheizt und in einem magnetfeldfreien Raum abgekühlt (quasi die Umkehr des Remanenzzerwerbs). Diese Methode der schrittweisen Entmagnetisierung ist zeitaufwendig, da ein Heiz- / Abkühlzyklus inklusive der Bestimmung der Restmagnetisierung ein bis zwei Stunden pro Probe dauert. Deshalb werden vor diesen Messungen gesteinsphysikalische Größen bestimmt, die zusammen mit der NRM die Identifikation derjenigen Proben erlauben, die eine TRM erworben haben.

Die Wand des von uns untersuchten Ofens war aus Sandsteinen aufgebaut, die in den Halterner Sanden zu finden sind. Insgesamt haben wir 12 sorgfältig orientierte Handstücke entnommen, aus denen 97 Einzelproben gewonnen wurden.

Die oben angesprochenen gesteinsphysikalischen Messungen umfassen vor allem die Messung der magnetischen Suszeptibilität (1), die näherungsweise den magnetischen Mineralgehalt beschreibt. In den Halterner Proben beträgt sie zwischen  $20 \mu\text{S1}$  und  $12000 \mu\text{S1}$  - was einem Magnetitgehalt von 0.01 bis 0.1 Vol-% entspricht. Die Stärke der NRM variiert zwischen 0.001 und  $6 \text{ Am}^{-1}$ . Vergleicht man NRM und  $\kappa$  so erhält man

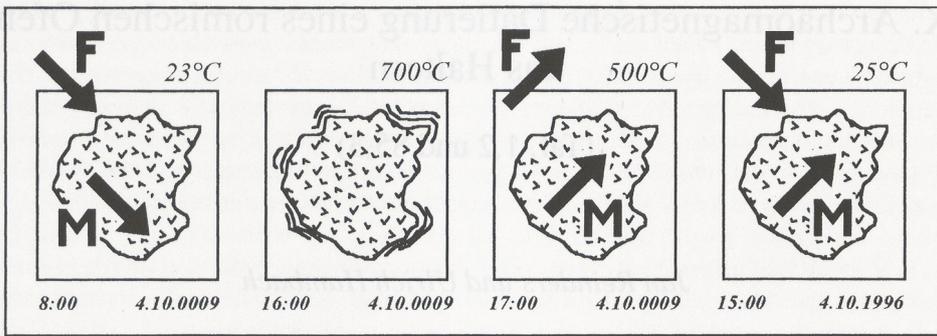


Abb. 1 Erwerb einer sogenannten thermoremanenten Magnetisierung nach COX & HART (1987): F bezeichnet die Richtung des EMF'es. M steht für die Magnetisierung des magnetischen Minerals.

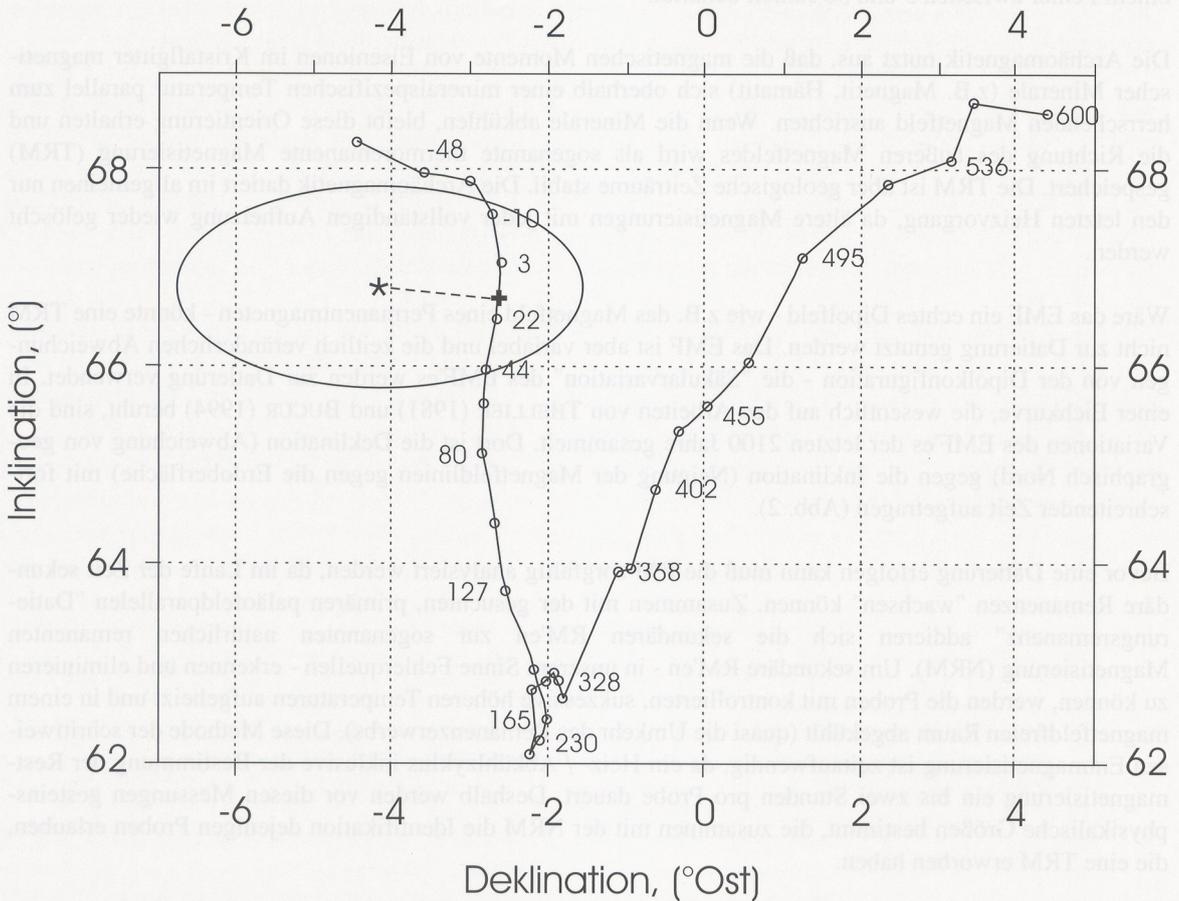


Abb. 2 Verlauf der Säkularvariation des Erdmagnetfeldes im Zeitraum von 49 vor bis 600 nach der Zeitenwende. Der Stern markiert die mittlere paläofeldparallele Magnetisierung der Ofenwand. Die Ellipse gibt das Werteintervall an, in dem diese Richtung mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit liegt. Der für das Alter des Ofens maßgebende Punkt der Kurve ist durch ein Kreuz gekennzeichnet. Er wird durch das Fällen eines Lotes auf die Kurve bestimmt (gestrichelte Verbindungslinie).

ein Maß für die Effektivität des Remanenzerserbs:  $Q = \text{NRM} / \kappa \cdot H$  [NRM = erworbene M H = Stärke des EMF 50  $\mu\text{T}$  und  $\kappa$  = Fähigkeit eine RM zu erwerben].

Die Halterner Proben weisen Q-Werte zwischen 0.4 und 40 auf. Da TRM'en durch Q-Werte  $> 1$  charakterisiert sind, konnten wir drei Handstücke von der Magnetisierungsanalyse nach der oben beschriebenen Methode ausschließen. Diese Proben sind nicht so heiß geworden, daß eine TRM entstehen konnte. Weitere gesteinsphysikalische Untersuchungen belegen, daß die RM von Einbereichsmagnetit getragen wird, der als Träger der archäomagnetischen Information besonders gut geeignet ist.

Die thermische Analyse der übrigen Proben zeitigt ein überraschendes Ergebnis. Die Magnetisierung von vier Handstücken setzt sich aus jeweils zwei TRM'en zusammen. Diese Handstücke können nicht bei einem singulären Heizereignis magnetisiert worden sein. Die wahrscheinlichste Erklärung für die beobachteten, chaotisch verteilten Richtungen ist wohl die Wiederverwendung der Konkretionen. Entweder stammen sie ursprünglich aus einem anderen Ofen, oder der untersuchte Ofen wurde ab- und wieder aufgebaut. Bei der letzten Verwendung der Konkretionen in der Ofenwand ist eine ältere Magnetisierung nicht vollständig gelöscht worden, weil die Proben nicht heiß genug wurden. Diese Handstücke konnten wir nicht zur Ermittlung der Datierungsremanenz einsetzen.

Die Magnetisierung der letzten fünf Handstücke kann zur Datierung verwendet werden. Ihre RM wird von einer einzigen Magnetisierungskomponente aufgebaut. Die mittleren Magnetisierungsrichtungen der Handstücke stimmen überein und der Mittelwert der Handstückmagnetisierungen stellt die von uns gesuchte "Datierungsremanenz" dar: Deklination =  $-4.19^\circ\text{E}$ , Inklination =  $66.82^\circ$ . Die statistischen Parameter  $95 = 1.02^\circ$  und  $k = 5641$  belegen die hohe Präzision mit der die paläofeldparallele remanente Magnetisierung des Halterner Ofens bestimmt werden konnte.

Der Vergleich der Datierungsremanenz mit einem Ausschnitt der Eichkurve ist in Abbildung 2 dargestellt. Der Abschnitt der Eichkurve, welcher die Ellipse um die mittlere paläofeldparallele Magnetisierung schneidet, definiert den Zeitraum in dem die letzte Aufheizung des Ofens mit 95%iger Wahrscheinlichkeit stattfand: dies ist das Intervall zwischen den Jahren 10 vor und 44 nach der Zeitenwende. Die Datierungsremanenz läßt auf eine letzte Nutzung im Jahr 15 AD schließen.

## Literatur

- BUCUR, I.: Phys. Earth Planet. Interiors 87, 95-109 (1994)  
 THELLIER, E.: Phys. Earth Planet. Interiors 24, 89-132 (1981)  
 COX, A. und HAFT, R.B.: Plate Tectonics - How it works Blackwell Sci. Publ. (1986)