

167 St. Benedikt in Sandau. Links: Grundriß und Rekonstruktionsskizze der Klosterkirche um 750. Die Kirche war ein einschiffiger Apsidensaal, den in der Mitte Chorschränken unterteilt. Anbauten im Norden, Westen und Süden dienten wahrscheinlich liturgischen Zwecken. Rechts: Grundriß und Rekonstruktionsskizze der Klosterkirche des 9. Jahrhunderts. Die Kirche war eine Pfeilerbasilika und besaß im Westen vermutlich eine Empore. Auf der Höhe der vorletzten Arkade im Westen fand sich im Mittelschiff die Substruktion einer Taufanlage.

Magnetische Störkörperberechnung zur Abschätzung des Erhaltungszustandes archäologischer Denkmäler

Die magnetische Prospektion ermöglicht mit Hilfe der sogenannten Störkörperberechnung nicht nur die zweidimensionale Kartierung archäologischer Fundstätten, sondern auch Angaben über Form und Tiefe der Strukturen. Man nimmt beispielsweise das Modell eines Grabens mit einer den geologischen Bedingungen entsprechenden Magnetisierung an, berechnet das magnetische Störfeld (Modellfeld) und vergleicht dieses mit dem gemessenen Feld. Geometrie und Magnetisierung des Modells werden schließlich so lange variiert, bis das berechnete Modellfeld mit dem gemessenen Störfeld übereinstimmt. Mit diesem rechnerischen Schritt in die Dreidimensionalität haben wir eine Information gewonnen, für die

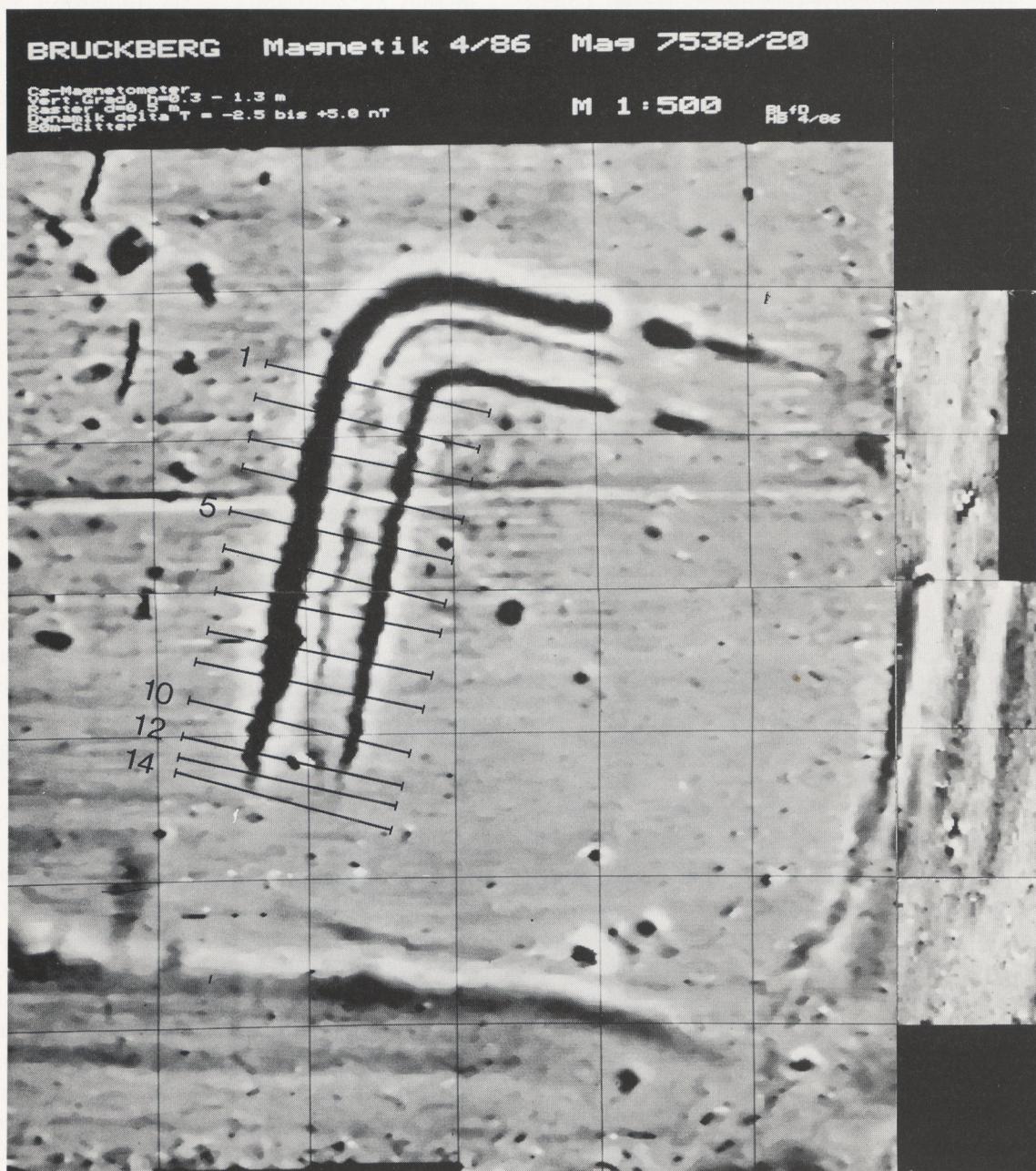
sonst eine kostspielige Grabung erforderlich wäre. Der sinnvolle Einsatz der aufwendigen Störkörperberechnung ist allerdings ohne Computer undenkbar. Glücklicherweise erleichtern die Meßtechnik bei der magnetischen Prospektion mit automatischer Datenaufnahme und digitale Bildverarbeitung die Berechnung der Störkörper ganz erheblich, da die gesamte Auswertung mit einer Computer-Anlage des Bayer. Landesamts für Denkmalpflege durchgeführt werden kann.

Ziel der Störkörperberechnungen sind quantitative Aussagen über das Ausmaß der Erosion und den Erhaltungszustand eines archäologischen Denkmals. Diese Kriterien ermöglichen die Auswahl archäologischer Denkmäler zur

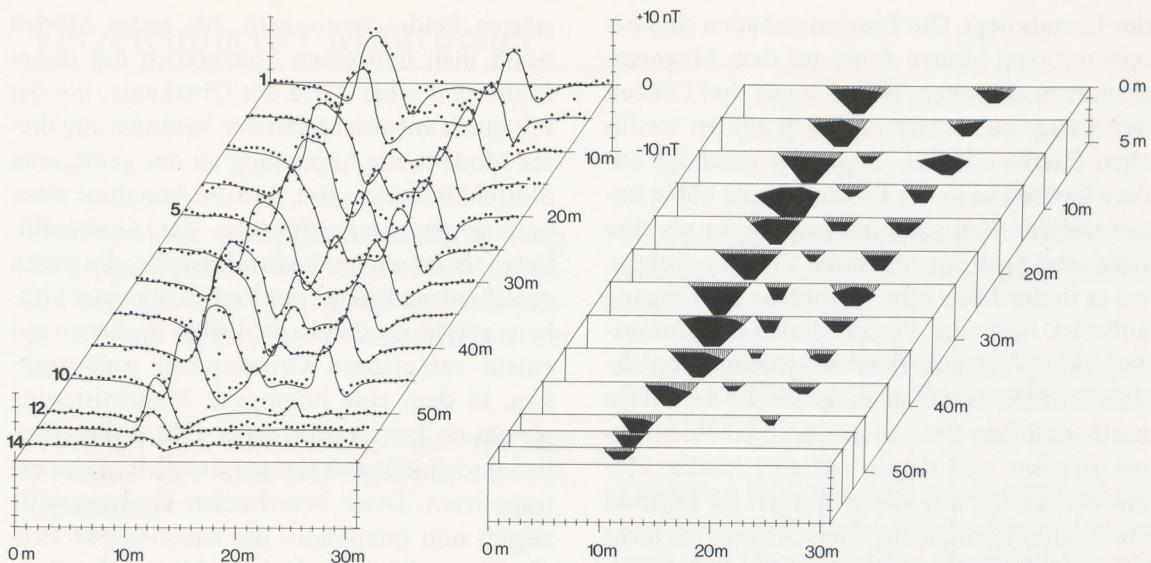
Unterschutzstellung sowie zur Ausweisung geeigneter Flächen für Ausgrabungen. Die sinnvolle Anwendung der Berechnungen beschränkt sich dabei vor allem auf Grabenwerke. Mit Hilfe berechneter Grabenprofile an mehreren Stellen und bei der Annahme von ursprünglich gleichen Grabentiefen lässt sich die unterschiedliche Erosion im Bereich einer archäologischen Stätte bestimmen.

Ursachen für magnetische Störungen, die ar-

chäologische Strukturen gleichsam im Erdmagnetfeld über dem Boden abbilden, sind die komplexen magnetischen Eigenschaften der Böden. Der Kontrast der sogenannten Suszeptibilität – der Magnetisierbarkeit – zwischen ungestörtem Boden und archäologischer Struktur bestimmt dabei im wesentlichen die Stärke der magnetischen Störung. Diese ist verhältnismäßig klein, so daß die Messung eine hohe Meßempfindlichkeit der Magnetometer



168 Bruckberg. Magnetogramm des hallstattzeitlichen Grabenwerks in digitaler Bilddarstellung mit dem Abgriff der Profile Nr. 1-14. Cäsium-Magnetometer, Empfindlichkeit 0,1 Nanotesla (nT), Vertikal-Gradient 0,3 m/1,8 m, Raster 0,5 m, Dynamik – 2,5 (weiß) bis +0,5 nT (schwarz) in 256 Graustufen, 20 m-Gitter, Mag. Nr. 7538/020.



169 Bruckberg. Links: Abgriff der Profile 1–14 der magnetischen Störfelder (punktiert) zur Berechnung der Grabenprofile (s. rechts) mit den berechneten Modelfeldern (durchgezogene Linie). Rechts: Berechnete Modelle der Gräben zur Abschätzung des Ausmaßes der Erosion eines archäologischen Denkmals.

erfordert. Träger der Magnetisierung im Boden sind vor allem Eisenoxide wie Hämatit, Magnetit und Maghämiet, die fast überall in Form submikroskopisch kleiner Körner vorkommen. Die durch diese Partikel gebildete Magnetisierung setzt sich aus sogenannten induzierten, viskosen und remanenten Anteilen zusammen. Magnetisierungsprozesse archäologischer Strukturen im Boden werden derzeit im Rahmen einer Dissertation am Institut für Geophysik der Universität München untersucht. Bereits die Verrottung eines Holzpfostens im Boden genügt, um eine Magnetisierung zu bilden. Die dadurch erzeugte Störung des erdmagnetischen Feldes kann über dem Boden gemessen und so ein Hausgrundriss oder eine Palisadenstruktur prospektiert werden (vgl. S. 36, Abb. 8).

Aus dem gleichen Universitätsinstitut stammen Computer-Programme zur Störkörperberechnung, die im Rahmen einer Diplomarbeit geschrieben wurden. Es konnte dabei auf bekannte Algorithmen und Programme zur Lagerstättenprospektion zurückgegriffen werden. Ungewohnt ist für einen Geophysiker nur der kleinräumliche Maßstab in der archäologischen Prospektion. Andererseits eröffnen erst die hohe Meßempfindlichkeit der sogenannten optisch gepumpten Magnetometer und die große Meßpunktdichte, die beide in der normalen geophysikalischen Prospektion unüblich sind, eine Genauigkeit der Störkörperbe-

rechnung im Dezimeterbereich. Ebenfalls neu für die Geophysik ist der Einsatz der digitalen Bildverarbeitung bei der magnetischen Prospektion, die optimale Möglichkeiten der Datenverarbeitung gestattet. Korrekturen beispielsweise der fehlerhaften Position des Magnetometer-Sensors im Gelände, der unterschiedlichen Meßniveaus verschiedener Flächen und der im Erdfeld induzierten Felder bei mobilen Sensoren werden subjektiv mit dem Auge im Bild kontrolliert. Filterung und Kontraststeigerung verdeutlichen zusätzlich die archäologischen Strukturen.

Nach dieser Vorverarbeitung werden die Meßdaten zur Störkörperberechnung aus dem digitalen Bild des Magnetogramms in Form von Profilen entnommen, die rechtwinklig zum Verlauf des Grabens frei gewählt werden. Hierzu stehen verschiedene Programme zur Verfügung, die eine Projektion der Meßpunkte auf das Profil oder die Addition mehrerer Profile ermöglichen.

Eine Kontrolle der Berechnung und Anpassung der Modelle erfolgt zweckmäßigerweise an einem graphischen Monitor, um eine schnelle Veränderung der Parameter zu ermöglichen. Das gültige Modell wird anschließend über ein automatisches Zeichengerät (Plotter) ausgegeben. Als Beispiel für eine solche Berechnung haben wir hier das hallstattzeitliche Grabenwerk bei Bruckberg (vgl. S. 75, Abb. 44, 3) gewählt, das an der Erosionskante

des Isartals liegt. Die Erosionsschäden sind bereits mit dem bloßen Auge auf dem Magnetogramm zu erkennen. Die ehemals drei Gräben der Anlage haben sich nur noch auf der westlichen Flanke erhalten. Sogar der mächtige äußere Graben ist in der Erosionskante völlig unterbrochen. Man sieht ihn erst wieder als eine schwache Spur im südlichen Teil der Anlage, wo er in der Mitte eine Erdbrücke als Eingang aufweist. Auch das Verschwinden der Humusbedeckung ist aus dem Magnetogramm ersichtlich: Die unruhige magnetische Textur im nordwestlichen Bereich macht sogar Pflugspuren sichtbar und deutet auf eine intakte Humusbedeckung hin, die sich auch im Luftbild als undurchdringliche, tiefschwarze Schicht zeigt. In diesem Bereich liegt die Außensiedlung mit den charakteristischen Schlitzgruben, die wir bereits auf den Magnetogrammen von Mirskofen (S. 75, Abb. 44, 6) und Holzen (S. 79, Abb. 47) gesehen haben. Im nordwestlichen Innenbereich der Anlage haben wir ebenfalls zahlreiche Siedlungsgruben und Pfostenspuren; es handelt sich hier um den Rest des Grabenwerks. In seinem südlichen Teil zeigt die ruhige magnetische Textur, daß bereits der geologische Untergrund in Form von unmagnetischem Löß ansteht.

Die Abnahme der Stärke magnetischer Anomalien zur Erosionskante hin, die sich im digitalen Bild als Veränderung von Tiefschwarz nach Hellgrau beobachten läßt, ist in einer Montage der magnetischen Profile quantitativ klarer faßbar (Abb. 168). Aus diesen Profilen kann man bereits die ungefähre Breite des Grabens als Abstand der steilsten Gradienten der Anomalie auf dem Nullniveau des unge-

störten Feldes bestimmen. Als erstes Modell wählt man nun einen Spitzgraben mit dieser Breite und einer Tiefe der Oberkante, die der Pflugtiefe entspricht. Bei der Veränderung dieses Modells zur Anpassung an das gemessene Störfeld stellt man fest, daß die Annahme einer homogenen Magnetisierung der Grabenfüllung falsch sein muß, eine Tatsache, die durch verschiedene Phasen der Verfüllung eines Grabens erklärt werden kann. Daher muß man mit einem veränderten Grabenprofil weiterrechnen, in dem eine homogene Magnetisierung gleichsam konzentriert wird. Das wahre Grabenmodell läßt sich daraus ziemlich genau extrapoliieren. Diese berechneten Grabenprofile zeigen nun quantitativ die zunehmende Erosion der archäologischen Struktur an der Kante des Isartales (Abb. 169). Während der Außengraben der Anlage im humusbedeckten Bereich mit 5 m Breite und 3 m Tiefe ein mächtiges Erdwerk darstellt, ist er an der Hangkante bereits völlig verschwunden. Unterhalb der Erosionskante hat sich derselbe Graben noch 0,5 bis 1,0 m tief erhalten.

Das hier gewählte Beispiel zeigt, daß man mit erstaunlich großen Erosionsbeträgen von über 3 m in den letzten 2500 Jahren rechnen muß, wobei der Bodenabtrag vor allem durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung der letzten Jahrzehnte verursacht worden sein dürfte. Für die Denkmalpflege bedeutet diese extreme Erosion bereits in naher Zukunft eine Vernichtung einzigartiger archäologischer Denkmäler, falls es nicht gelingt, bestimmte Areale als Schutzzonen auszuweisen.

H. Becker und A. Oehler