

1. EINLEITUNG

Wolfgang Neubauer
unter Mitarbeit von Michael Doneus und Gerhard Trnka

1.1 Steinzeitliche Monumente

In prähistorischer Zeit wurden immer wieder monumentale Bauwerke aus Erde, Holz oder Stein errichtet. Die Beweggründe der Erbauer bleiben dabei meist im Dunkel der Geschichte verborgen. Bereits die ältesten bisher bekannten Monumentalbauten in Göbekli Tepe (SCHMIDT 2006, 2001), die ins 9. Jahrtausend v. Chr. datiert werden, weisen Eigenschaften auf, die diese frühen Monumente generell als abgeschlossene kreisförmige Strukturen beschreiben lassen, die eine klare Trennung eines speziell gestalteten Innenraumes von einem umgebenden Außenbereich erkennen lassen. Der Zugang zum Innenraum ist dabei meistens nur in beschränkter Form möglich. Ähnliches kann auch für das weltweit bekannteste prähistorische Monument, für Stonehenge, beobachtet werden. Ein Ring von monumentalsten Steinblöcken hat sich bis heute erhalten. Dieser Steinring, der das Innere des Monuments umschließt, ist umgeben von einem älteren, kreisförmigen Graben, der durch eine leichte Mulde noch immer sichtbar ist (NEUBAUER und TRNKA 2005a, Abb. 1.1). Die Zeit der Errichtung des Kreisgrabens in Stonehenge kann aufgrund von Radiokarbondaten anhand von Proben der in den Gräben gefundenen Geweihhacken auf den Zeitraum von 3020–2910 v. Chr. eingegrenzt werden. Der Steinring im Inneren wurde erst um ca. 2500–2000 v. Chr. errichtet. Entlang eines zum Kreisgraben führenden und von Gräben begleiteten Weges, der so genannten Avenue, gelangte man über eine Unterbrechung im Graben in das Innere der Anlage. Sehen die einen darin einen Tempel, war Stonehenge für die anderen ein astronomisches Observatorium. Zahlreiche wissenschaftliche oder weniger wissenschaftliche Untersuchungen wurden in Stonehenge vorgenommen, um die vermuteten astronomischen Ausrichtungen des Monuments zu prüfen. Trotz Zweifels an unterschiedlichen Detailergebnissen ist unbestritten, dass Stonehenge astronomische Beobachtungen wie die Sommer- und Wintersonnenwende oder die Tag- und Nachtgleiche und damit eine Festlegung von Zeitpunkten im Jahr ermöglicht. Dies kann jedoch nicht die einzige Funktion dieser unter großem Aufwand errichteten monumentalen Anlage sein.

Dass jedoch bereits 1.800 Jahre vor der Errichtung des Erdwerkes in Stonehenge in Mitteleuropa ähnliche, ebenfalls von kreisförmigen Gräben umgebene monumentale Bauten errichtet wurden, ist erst in jüngster Zeit wieder stärker ins Bewusstsein gerückt worden. Das liegt vor allem daran, dass von diesen frühen Monumenten auf dem Kontinent, den so genannten mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen (TRNKA 1991; PETRASCH 1990), keine oberirdischen Reste erhalten geblieben sind. Es handelt sich bei diesen jungsteinzeitlichen Monumenten, die in der Zeit von 4850/4750–4650/4550 v. Chr. errichtet wurden, um abgeschlossene Areale im Siedlungsverband, die durch kreisförmige tiefe Spitzgräben zur Siedlung hin abgegrenzt sind. Die Gräben umschließen einen durch eine oder mehrere Palisaden abgegrenzten Innenraum. Der zentrale Raum ist meist frei von weiteren heute noch nachweisbaren Strukturen. Die Gräben verlaufen mehr oder weniger konzentrisch zueinander und zu den Palisaden oder auch Ringen aus einzelnen Holzpfosten im Inneren. Der Zugang ins Innere dieser Grabenwerke war nur über wenige ausgesprochen schmale Unterbrechungen in den Gräben möglich (Abb. 1). Die ehemals breiten und tiefen Gräben sind heute vollständig mit Erdmaterial gefüllt und durch die intensive Landwirtschaft aus dem Landschaftsbild verschwunden. Die aufgehenden Strukturen im Inneren der Grabenanlagen waren aus vergänglichem Holz gebaut und haben sich daher nur in Form von Spuren im Boden erhalten.

Entdeckt wurden die meisten dieser Monumentalbauten durch die Luftbildarchäologie, die in Österreich (DONEUS et al. 2005; NIKITSCH 1985) und Bayern (SCHMOTZ 2007; BECKER 1996a, 1996b, 1990; CHRISTLEIN und BRAASCH 1982) schon seit den 1970er Jahren systematisch betrieben wird. Bis vor zehn Jahren sah man das Dichtezentrum ihrer Verbreitung in Niederösterreich mit den angrenzenden südmährischen und westslowakischen Gebieten sowie in Niederbayern (TRNKA 1991). Durch den sukzessiven Aufbau der systematischen Luftbildarchäologie in den ehemaligen Ostblockstaaten und durch großflächige Ausgrabungen im Zuge von Rohstoffabbau, Straßen-



Abb. 1: Rekonstruktion der mittelneolithischen zweifachen Kreisgrabenanlage von Steinabrunn aufgrund der magnetischen Prospektion und der Ausgrabungsergebnisse. Blickrichtung Süden. (Grafik: Imagination & VIAS-Universität Wien)

bau und Industrieansiedlungen in diesen Ländern hat sich dieses Bild mittlerweile beträchtlich geändert (TRNKA 2005A, 246–247). Weitere Häufungen von mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen zeichnen sich in der Südwestslowakei (KUZMA 2005), in Tschechien (KOVÁRNÍK 2003; HAŠEK und KOVÁRNÍK 1999, PAVLŮ 1982) und in Sachsen (STÄUBLE 2007; BARTELS et al. 2003) und Sachsen-Anhalt (BERTEMES und NORTHE 2007, BERTEMES et al. 2004) ab. Auch aus Südpolen und Nordungarn (RACZKY et al. 2005; ZALAI-GÁAL 1990) konnten aus der Luft und durch magnetische Prospektion neue Anlagen entdeckt werden. Bisher sind 135 gesicherte Kreisgrabenanlagen¹ in Mitteleuropa lokalisiert worden. Ein Drittel aller Anlagen liegt in Niederösterreich, das aufgrund des aktuellen Forschungsstands immer noch als das Zentrum der Kreisgrabenanlagen gesehen werden kann.

Monumentale Grabenwerke sind in weiten Gebieten Eurasiens bereits von den ersten Bauerngesellschaften im 6. Jahrtausend v. Chr. errichtet worden, sehr oft in einer Größenordnung, die sich nur in Form einer organisierten gemeinschaftlichen Leistung erklären lässt. In Mitteleuropa wird die früheste Bauernkultur aufgrund der typischen Verzierungsweise auf den

Gefäßen als die Linearbandkeramik (ca. 5700/5500–5000/4900 v. Chr.) oder bandkeramische Kultur bezeichnet. Das Entstehungsgebiet dieser jungneolithischen Kultur liegt im heutigen Mähren, Niederösterreich, Westungarn und in der Westslowakei. Innerhalb kürzester Zeit erfolgte eine rasche Ausbreitung dieser Kultur nach Westen und Norden: nach Süd- und Westdeutschland bis in das Pariser Becken, nach Belgien, Südholland sowie nach Mitteldeutschland. Später gelangt sie bis Polen (Schlesien) und in Richtung Osten verbreitete sich diese frühneolithische Kultur über die ungarische Tiefebene bis Rumänien und sogar bis in die Ukraine. Erstmals werden in diesem Zeitraum in Mitteleuropa Flächen gerodet, dauerhafte Siedlungen und Häuser errichtet und Landwirtschaft betrieben. Es kam zu einer bedeutenden Zunahme der Bevölkerung, deren wirtschaftliche Grundlage auf Ackerbau und Viehzucht beruhte. Im Laufe ihrer jüngeren Entwicklung um ca. 5200 v. Chr. wird die Linearbandkeramik anhand ihrer Gefäßformen und Verzierungsstile archäologisch in einen West- und einen Ostkreis geteilt, deren Grenze im Gebiet von Mähren bis Oberösterreich verläuft. Im Westen ist die Linien- und Stichverzierung, im Osten die Linien- und Punktverzierung (Notenkopf)

¹ Worauf die kürzlich von Bertemes und Northe geäußerte Schätzung von 200 Anlagen beruht, kann nicht nachvollzogen werden (BERTEMES und NORTHE 2007, 138).

kennzeichnend. Gegen Ende der bandkeramischen Kultur zerfällt der bis dahin sehr einheitliche Kulturraum in viele kleinräumige Kulturgruppen. In diesen Zeitraum fallen auch mit Gräben und Palisaden umgrenzte Areale von runder, unregelmäßiger bis annähernd rechteckiger Form; Befestigungs- bzw. Verteidigungseinrichtungen, die einem Schutzbedürfnis der Einwohner zugrunde liegen. Als prominente Beispiele können die beiden großen Grabenwerke aus der jüngeren Phase der Linearbandkeramik von Großrußbach-Weinsteig (DONEUS et al. 2001c; NEUBAUER 2001a, Abb. 189) und Asparn a. d. Zaya/Schletz (NEUBAUER 2001a, Abb. 160; NEUBAUER et al. 1999b) in Niederösterreich angeführt werden, von denen großflächige magnetische Prospektionspläne vorliegen (TRNKA 2005a, Abb. 1.8; NEUBAUER et al. 1999b).

Die Erdwerke umschließen jeweils ein Siedlungsareal und zeichnen sich durch Sohlgräben aus, die mit nahezu senkrechten Grabenwänden in den anstehenden Löss gegraben wurden. Im Falle von Großrußbach umschließt das einfache rechteckige Erdwerk einen Siedlungsraum von 24 ha und weist nur wenige Zugänge in Form von Erdbrücken auf. Durch flächenhafte Bodenabtragung sind bereits 1–2 m des ehemaligen Bodens erodiert worden. Nachweise von einer vermutlichen Wallaufschüttung hinter den Gräben oder Palisaden konnten daher weder durch die magnetische Prospektion noch durch die ersten Ausgrabungen erbracht werden (DONEUS et al. 2001c). Bei der ovalen zweifachen Kreisgrabenanlage von Asparn a. d. Zaya/Schletz konnten im Inneren abschnittsweise die letzten Reste von Palisaden parallel zu den Gräben beobachtet werden. Die jahrelangen Ausgrabungen des Landes Niederösterreich auf dieser Fundstelle brachten unzählige Skelette und Skeletteile in den Gräben zu Tage. Der archäologische Befund und die anthropologischen Untersuchungen belegen, dass die Bewohner dieser linearbandkeramischen Siedlung durch ein kriegerisches Ereignis ums Leben gekommen sind (WINDL 1999, 1996, 1994). Die Ansiedlung wurde überfallen und die Bewohner brutal niedergemetzelt; Frauen und Mädchen scheinen verschleppt worden zu sein. Das Ereignis mit dem diese große Siedlung schlagartig ausgelöscht wurde, fand aufgrund der Radiokarbondatierungen an den Skeletten der Erschlagenen im Zeitraum von 5070–4950 v. Chr. statt (Stadler, pers. Mitt. 2004). Mit dem Ende der Linearbandkeramik bzw. deren späten Gruppen am Beginn des 5. Jahrtausends v. Chr. löst sich diese große frühneolithische kulturelle Einheit auf. In den Gebieten der ehemaligen westlichen Linearbandkeramik entstehen Kulturen, deren Gefäßverzierung auf einer Weiterführung der Einstichverzierung (Stichbandkeramische Kultur, Rössener Kultur, Großgartacher Kultur usw.) basiert.

Das Ende der bandkeramischen Kultur im östlichen Territorium zeichnet sich durch eine kräftige Zäsur aus. Ab dem Zeitraum von 4900/4850 v. Chr. bestimmt die bemaltkerami-

sche Lengyel-Kultur das Bild. Die keramische Hinterlassenschaft dieser frühen Bauernkultur lässt eine hochentwickelte Keramiktechnologie mit polychrom bemalten Gefäßen erkennen. Die aufgebrauchte Bemalung zeigt kompliziert zusammengesetzte Muster und Motive, die in der Frühphase hauptsächlich durch rote und gelbe Farbgebung ausgeführt sind und die nicht aus der bandkeramischen Tradition abgeleitet werden können. In Niederösterreich, welches diesbezüglich den vergleichsweise besten Forschungsstand aufweist, entstehen ab 4850–4800 v. Chr. zahlreiche neue Siedlungen abseits der bandkeramischen Siedlungsplätze. Die meisten dieser Siedlungen zeichnen sich auch durch eine monumentale Kreisgrabenanlage aus (NEUGEBAUER–MARESC 1995), eine neue Form von Erdwerken, die nicht aus der Entwicklung der linearbandkeramischen Grabenwerke erklärt werden kann.

Bei den mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen handelt es sich um Monumente, die in einem kurzen Zeitraum der Jungsteinzeit in weiten Teilen Mitteleuropas von den Trägern unterschiedlicher archäologischer Kulturgruppen errichtet wurden. Die Anlagen wurden aufgrund der bisherigen Forschungsergebnisse nur für einen kurzen Zeitraum von einigen Generationen genutzt. Um die Mitte des fünften Jahrtausends v. Chr. wurden die tiefen Gräben wieder zugeschüttet und verschwanden langsam aus dem Landschaftsbild und dem Bewusstsein der Menschen.

1.2 Die Kreisgrabenanlagen des Mittelneolithikums

Mit der frühen Lengyel-Kultur (4850/4750–4650/4550 v. Chr.) tauchen in der Stufe MOG Ia² in Niederösterreich, in Südmähren und der Südwestslowakei, dem Hauptverbreitungsgebiet dieser Monumentalbauten, die ersten Kreisgrabenanlagen auf (STADLER und RUTTKAY 2007; STADLER et al. 2006). Sie sind in weiten Teilen Mitteleuropas in der ersten Hälfte des 5. Jahrtausends v. Chr. in ähnlicher Form in den verschiedenen gleichzeitigen mittelneolithischen Kulturgruppen zu beobachten (Abb. 2). Die Kreisgrabenanlagen treten zwar in unterschiedlichen Ausformungen auf, es lassen sich jedoch wesentliche architektonische Merkmale herausstellen, die diese Monumente über ihren großen Verbreitungsraum hinweg klar miteinander verbinden und sie daher eindeutig einer zusammengehörigen Gruppe zuweisen lassen (STÄUBLE 2007, 170–172; TRNKA 2005a, 12–14; TRNKA 1991, 11–12).

Ihre Gleichartigkeit in den doch sehr unterschiedlichen Kulturgruppen ist ebenso verblüffend wie die Kurzlebigkeit dieses Phänomens. Die archäologische Forschung spricht daher von einer „Kreisgraben-Idee“, die sich in der ersten Hälfte des 5. Jahrtausends v. Chr. sehr rasch über Mitteleuropa ausgebreitet hat und sich über mehrere archäologisch fassbare Kulturgruppen erstreckte (TRNKA 2005a, Abb. 1.13). Es sind dies die Kulturgruppen der frühen Lengyel-Kultur (Stufe I) in Ost-

² Mährisch-östösterreichische Gruppe der bemaltkeramischen Lengyel-Kultur.

österreich und Südmähren, in der Westslowakei und in Westungarn, der Jüngerer Stichbandkeramik (StbK IVa) in Ostdeutschland und Böhmen, der Frühen Rössener Kultur (Rössen I) in Nordrhein-Westfalen, der Großgartacher Kultur in Mittelfranken und der Oberlauterbacher Gruppe bzw. des Südostbayerischen Mittelneolithikums (SOB II–III) in Niederbayern. Vielleicht kann auch eine insgesamt vier- bis fünffache, wohl mehrphasige Kreisgrabenanlage im ungarischen oberen Theißgebiet von Polgár-Csoszhalom (Theiß-Herpály-Csoszhalom-Kultur) als östlichster Vertreter dieser Monumente betrachtet werden (RAZCKY 2005; RAZCKY und MEIER-ARENDT 2002; RAZCKY et al. 1997). Zurzeit ist nicht absehbar, ob die Freiräume in der Kreisgrabenverbreitung (Abb. 2) nur den derzeitigen Forschungsstand widerspiegeln oder tatsächlich von einander zu unterscheidende „Kreisgrabenterritorien“ darstellen.

Die Kreisgrabenanlagen bestehen aus einem oder mehreren konzentrischen Gräben. Die verbindenden und kennzeichnenden Merkmale sind ein mehr oder weniger konzentrischer Grabenverlauf, die Anordnung und Ausrichtung der Zugänge und ein meist von weiterer Bebauung freier Innenraum der mit Palisaden abgegrenzt war. Die Kreisgrabenanlagen zeigen bei genauerer Betrachtung einen äußerst komplexen Aufbau. Obwohl sie in ihrem generellen Erscheinungsbild viele Gemeinsamkeiten aufweisen, ist doch jede einzelne Anlage von unterschiedlicher und eigener Art. Einige Anlagen weichen nur geringfügig von der Kreisform ab, andere weisen eine sehr unregelmäßige Form auf, die nur noch entfernt an einen Kreis erinnert. Es bestehen beträchtliche Größenunterschiede, die in den meisten Fällen wie unsere neuen Untersuchungen zeigen (s. u.) mit der Anzahl der Gräben in Beziehung zu setzen sind. Die mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen weisen einen bis vier (fünf?) kreisförmige Gräben mit Durchmesser von 40–360 m auf. Die 4–10 m breiten Gräben zeigen einen ausgesprochen steilen v-förmigen Querschnitt. Diese Spitzgräben erreichen heute noch erhaltene Tiefen von 5–6 m. Sie sind heute wieder mit Erdmaterial gefüllt, in dem auch Objekte aus der Zeit der Nutzung und danach eingelagert sind. Die Gräben weisen regelmäßig angelegte Unterbrechungen auf. Der Zugang zum Innenraum war damit beschränkt auf zwei oder mehr, meist regelmäßig angelegte, 1,5 bis 3 m breite Unterbrechungen in den Gräben. Die Gräben enden an diesen Zugängen oder Toranlagen gerundet oder gerade. Häufig biegen die Gräben auch nach außen oder innen um und bilden eine Art Torgasse. Die bislang bekannte Anzahl der Zugänge variiert zwischen einem und fünf, wobei vier und zwei Zugänge am häufigsten sind. Im Inneren folgen ein oder mehrere konzentrisch angelegte hölzerne Palisadenringe, die das Zentrum umschließen. Meistens handelt es sich um Pfosten, die in schmalen Gräben fundamementiert wurden und die meist im Bereich der Grabenunterbrechungen einen engen Durchlass aufweisen. Meistens treten zwei Palisaden auf, wobei der äußere Ring

auch durch einzelne Pfosten gebildet sein kann. Die zentralen Flächen wurden von den blickdicht ausgeführten Palisaden oder entsprechenden Umzäunungen abgegrenzt. Sie können bis zu einem halben Hektar umfassen und sind frei von Spuren, die Aussagen darüber ermöglichen würden, was innerhalb dieser Kreisgrabenanlage geschehen ist. Ein großes Rätsel bleibt der Verbleib des bei der Errichtung der Grabenanlage anfallenden Aushubmaterials. Es konnte bisher bei keiner Anlage, weder außerhalb noch innerhalb, die Aufschüttung eines Walles gesichert nachgewiesen werden. Möglicherweise wurde das Aushubmaterial in Bereiche außerhalb der Anlage abtransportiert (TRNKA 1991, 308).

Die Funktion dieser unter großem Arbeitsaufwand von den neolithischen Dorfgemeinschaften errichteten Anlagen wird in der Wissenschaft immer noch diskutiert. Die Erklärungsmodelle reichen von sozio-kulturellen und sozio-rituellen Versammlungs- und Veranstaltungszentren (NEUBAUER 2007, 222–236; PODBORSKÝ et al. 1999) über Kalenderbauten, astronomischen Beobachtungszentren und „Sonnentempeln“ (BECKER 1996) bis hin zu rein profanen Erklärungsmodellen als Befestigungsanlagen (NĚMEJCOVÁ-PAVÚKOVÁ 1995), Marktplätze (STÄUBLE 2002, 307), im Sinne einer Schutzfunktion für Mensch und Tier (PERTLWIESER 2001) oder als Rückzugsbereiche. Wurden diese Theorien ursprünglich konträr diskutiert, ist derzeit ein Trend zu eher multifunktionalen Erklärungsmodellen zu beobachten (STÄUBLE 2007, 180; NEUBAUER 2007, 217–236; NEUGEBAUER-MARESCH 1995, 87; PETRASCH 2001). Die Kreisgrabenanlagen wurden an keinem der bisher bekannten Fundorte in strategisch günstiger Lage gebaut. Auch die vielen Zugänge zeigen unserer Meinung nach, dass sie sicher nicht zu Verteidigungszwecken gedient haben (TRNKA 1991, 317). Die Kreisgrabenanlagen sind ein wesentlicher, klar abgetrennter Teil der Siedlungen, die bisher zumindest in Niederösterreich im Gegensatz zu Anlagen in Niederbayern (BECKER 1990) als unbefestigt zu sehen sind. Die Abgrenzungen in Form von Gräben und Palisaden trennen das Außen vom Innen und begrenzen und bestimmen den Zutritt in das meist von außen nicht einsehbare Innere. Die Innenräume können nur durch die vorgegebenen sich stark verengenden Eingänge erreicht werden. Dies beinhaltet unmissverständlich ein Element der Zugangskontrolle (GIBSON 2005), das jedoch nicht fortifikatorisch gedeutet werden kann, sondern seine Bedeutung möglicherweise in rituellen Handlungen haben könnte (STÄUBLE 2007; NEUBAUER 2007; GIBSON 2005).

Während ihrer Nutzungszeit wurden die steilen Gräben, die sich sehr rasch mit Oberflächenmaterial verfüllt haben, durch die Gemeinschaften in Stand gehalten. Bei den meisten Grabungen konnten verschiedenen Phasen der Gräben festgestellt werden, die mit dem periodisch notwendigen Ausputzen der Grabensohle verbunden werden können (NEUGEBAUER-MARESCH 1995, TRNKA 1991; PETRASCH 1990).

Aufgrund der meist von archäologischen Strukturen freien Innenräume geben meist nur die in den Füllschichten der Gräben entdeckten Funde Hinweise auf die Vorgänge, die sich im Inneren dieser monumentalen Anlagen abgespielt haben könnten. Die Funde aus den Kreisgrabenanlagen in dem zur Lengyel-Kultur zählenden Hauptverbreitungsgebiet der Monumentalanlagen sind hauptsächlich Keramikscherben von gelb und rot bemalten profilierten Schüsseln mit und ohne Fuß, konische Schüsseln, zum Teil sehr dünnwandig ausgeführte Becher unterschiedlicher Größe, Schultergefäße und so genannte Butten (STADLER und RUTTKAY 2007, 133, Tafel 1–3; NEUGEBAUER–MARESCH 1995, Abb. 24–27). An weiteren keramischen Formen finden sich Tüllenlöffel und konische Gefäßdeckel oft mit zoomorphen Griffen. Daneben finden sich zahlreiche Tierknochen, sehr oft von Rindern und Schädelteile und Gehörn von meist sehr großen Rindern, Auerochsen und Wisente. Vereinzelt kommen Steingeräte in Form von Silices und Fragmenten von Steinbeilen zum Vorschein. In den Füllschichten der Gräben wie auch in zeitgleichen Siedlungsbefunden finden sich immer wieder Fragmente von weiblichen Tonfiguren so genannte Idole. Manchmal finden sich in den Gräben auch menschliche Skeletteile, zumeist vom Schädel oder von den Extremitäten – welche Bewandnis (Reste anthropophager Handlungen, gewaltsame Auseinandersetzungen, Bestrafungen im Zuge von Rechtsprechung oder Hinweise auf Bestattungssitten) es damit auf sich haben könnte, kann aufgrund des spärlichen Fundmaterials noch nicht beantwortet werden. Die zeitliche Einordnung der Kreisgrabenanlagen bzw. ihrer Funde beruht auf Serien von Radiokarbondatierungen, wonach sie im Zeitraum 4850/4750–4650/4550 v. Chr. errichtet und genutzt wurden.

Aus uns bisher unbekanntem Gründen wurden die Gräben noch im Mittelneolithikum wieder zugeschüttet. Die meisten waren aber vermutlich bis in die frühe Bronzezeit, d. h. bis in die Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr., an der Oberfläche als Mulden sichtbar und wurden auch nochmals genutzt, wie zum Beispiel für die Anlagen von Kamegg, Wilhelmsdorf 1 und Friebritz 1 (Abb. 3, 11) durch Ausgrabungen belegt werden konnte. Durch die ab der Bronzezeit zunehmende landwirtschaftliche Nutzung wurden die Gräben bis heute jedoch völlig eingeebnet. Mit dem intensiven Ackerbau, der vor allem in den letzten Jahrhunderten betrieben wurde, war und ist ein massiver Bodenabtrag durch unterschiedliche erosive Prozesse verbunden. Die Oberflächen, auf denen im Mittelneolithikum gelebt wurde, sowie auch die dort abgelagerten Schichten, welche die Spuren der menschlichen Tätigkeiten beinhalten würden, sind heute meist nicht mehr erhalten.

1.3 Luftbildarchäologische Prospektion von Kreisgrabenanlagen

Die meiste Zeit des Jahres sind die Spuren der mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen unsichtbar im Boden verborgen.

Nur wenige der monumentalen Kreisgrabenanlagen wurden zufällig im Rahmen von Baumaßnahmen (STÄUBLE 2007; TALAA 1993a, 1993c, 1993c; WINDL 1981) oder durch Flurbereinigungen (NEUGEBAUER 1986c; NEUGEBAUER und NEUGEBAUER–MARESCH 1997) entdeckt und archäologisch untersucht. Für die Auffindung und Erforschung der mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen hat besonders die archäologische Prospektion in den letzten drei Jahrzehnten eine große Bedeutung erlangt. Die rasante Entwicklung der archäologischen Prospektion hat in den letzten Jahrzehnten effiziente zerstörungsfreie Methoden zur planmäßigen Erfassung monumentaler Grabenwerke zur Verfügung gestellt, die zur Entdeckung und systematischen Erforschung der mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen eingesetzt wurden und werden. Besonders die enge Zusammenarbeit von Luftbildarchäologie und Geophysik führte zu einem beträchtlichen Zuwachs an bekannten Fundstellen und Informationen zu ihrem Aufbau und zur inneren Struktur (NEUBAUER 2007; NEUBAUER und MELICHAR 2005; KUZMA 2005; KOVÁRNÍK 2003; NEUBAUER 2001a; HAŠEK und KOVÁRNÍK 1999; DONEUS und NEUBAUER 1998; KUZMA et al. 1996; BECKER 1996a; BECKER 1990a; BÁLEK et al. 1989). Die Entdeckung der meisten Kreisgrabenanlagen ist in dieser interdisziplinären Zusammenarbeit der Luftbildarchäologie zu verdanken (DONEUS et al. 2005; ZALAI-GAÁL 1994; NIKITSCH 1985, 1990; CHRISTLEIN und BRAASCH 1982). In vielen Bereichen unseres Arbeitsgebietes, dem Wein- und Waldviertel im Osten Österreichs, sind die Böden bereits bis auf das Muttergestein, meist Löss oder Sand, abgetragen. Die obersten Füllschichten der Gräben werden durch das Pflügen ständig weiter zerstört. Die mit dem Wendepflug an die Oberfläche gebrachten dunklen Füllschichten der Gräben zeichnen sich heute auf vielen Fundstellen im geackerten hellen Löss oder Sand deutlich ab, was vor allem aus der Luft bestens sichtbar ist.

Die Sichtbarkeit von Erdwerken aus der Luft hängt von verschiedenen Faktoren ab. So präsentiert sich dieselbe Fundstelle durch die Jahreszeiten und Jahre aufgrund des Wetter- und Klimaverlaufs wie auch durch die unterschiedliche landwirtschaftliche Nutzung der einzelnen Parzellen einer Flur in unterschiedlicher Deutlichkeit. Die Füllschichten in den Gräben können aufgrund ihres höheren Porenvolumens mehr Feuchtigkeit speichern als der umgebende Boden. Nach Regenfällen trocknet der umgebende Boden daher meist schneller ab und die Kreisgrabenanlagen sind anhand der feuchten, dunkel gefärbten Ringe in den un bebauten oder frisch bearbeiteten Feldern in Form so genannter Bodenmerkmale aus der Luft hervorragend erkennbar (Abb. 3, 5). Die Unterschiede im Erdreich bewirken auch deutliche Unterschiede im Wachstum der angebauten Pflanzen, so genannte Feuchtigkeits- und Bewuchsmerkmale (Abb. 4). Im Bereich der gefüllten Gräben haben die Pflanzen durch eine bessere Wasser- und Nährstoffversorgung einen Vorteil und zeigen daher im Normalfall über den Gräben einen höheren Wuchs, eine intensivere Grünfä-



Abb. 3: Luftbild der zweifachen Kreisgrabenanlage Friebritz 1, die sich deutlich als Bodenmerkmal in den frisch bestellten Feldern abzeichnet. (Foto: Luftbildarchiv des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien)

bung und werden im Unterschied zu den Nachbarpflanzen auch später reif. Am Boden lassen sich diese Veränderungen aufgrund des fehlenden Überblicks nur schwer erkennen, aus der Luft jedoch zeichnen sie sich deutlich durch ihre besondere geometrische Form ab.

Ein archäologisch geschulter Pilot oder Mitflieger sucht und erkennt aus dem Flugzeug heraus mit bloßem Auge archäologische Spuren. Mit der Kamera hält er diese Entdeckungen durch das Seitenfenster des Flugzeuges in Form von

Schrägaufnahmen auf Film oder digital auf einem Speichermedium fest. Die geographische Lage der entdeckten Fundstellen wird heute per Knopfdruck im GPS-Empfänger gespeichert und später gemeinsam mit dem aufgenommenen Flugweg in ein geographisches Informationssystem (GIS) eingebunden.

In Österreich besteht eine enge Kooperation der Archäologen des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien mit dem Kommando Luftaufklärung, Langenlebarn, des



Abb. 4: Links: Die zweifache Kreisgrabenanlage Hornsburg 2 zeichnet sich im rechten Teil als Bewuchsmerkmal im bereits bestellten Feld ab, die restlichen zwei Drittel des Monuments sind in dem beackerten Feld als Bodenmerkmal sichtbar. Rechts: Die zweifache Kreisgrabenanlage zeichnet sich als Bewuchsmerkmal im Klee ab. (Fotos: Luftbildarchiv des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien)



Abb. 5: Luftbildaufnahmen mittelneolithischer Kreisgrabenanlagen in Niederösterreich. Oben links: Einfache Kreisgrabenanlage Mühlbach am Manhartsberg. Oben Mitte: Im Vordergrund die einfache Kreisgrabenanlage Kleedorf, im Hintergrund rechts die zweifache Kreisgrabenanlage Puch. Oben rechts: Einfache Kreisgrabenanlage Schletz. Unten links: Zweifache Kreisgrabenanlage Steinabrunn. Unten Mitte: Zweifache Kreisgrabenanlage Stiefern. Unten rechts: Dreifache Kreisgrabenanlage Immendorf. (Fotos: Luftbildarchiv des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien)



Abb. 6: Senkrechtaufnahme der Gemeinde Heldenberg mit der dreifachen Kreisgrabenanlage Glaubendorf 2 in der Mitte des linken oberen Bildviertels. (Foto: Österreichisches Bundesheer, Kommando Luftaufklärung, Langenlebarn)



Abb. 7: Pilatus Porter Hochdecker des Österreichischen Bundesheeres zur Erstellung von Senkrechtaufnahmen. Links: Reihenaufstellung im Bereich des römischen Amphitheaters in Carnuntum. Rechts: Herstellung von Senkrechtaufnahmen. (Fotos: Österreichisches Bundesheer, Kommando Luftaufklärung, Langenlebarn)

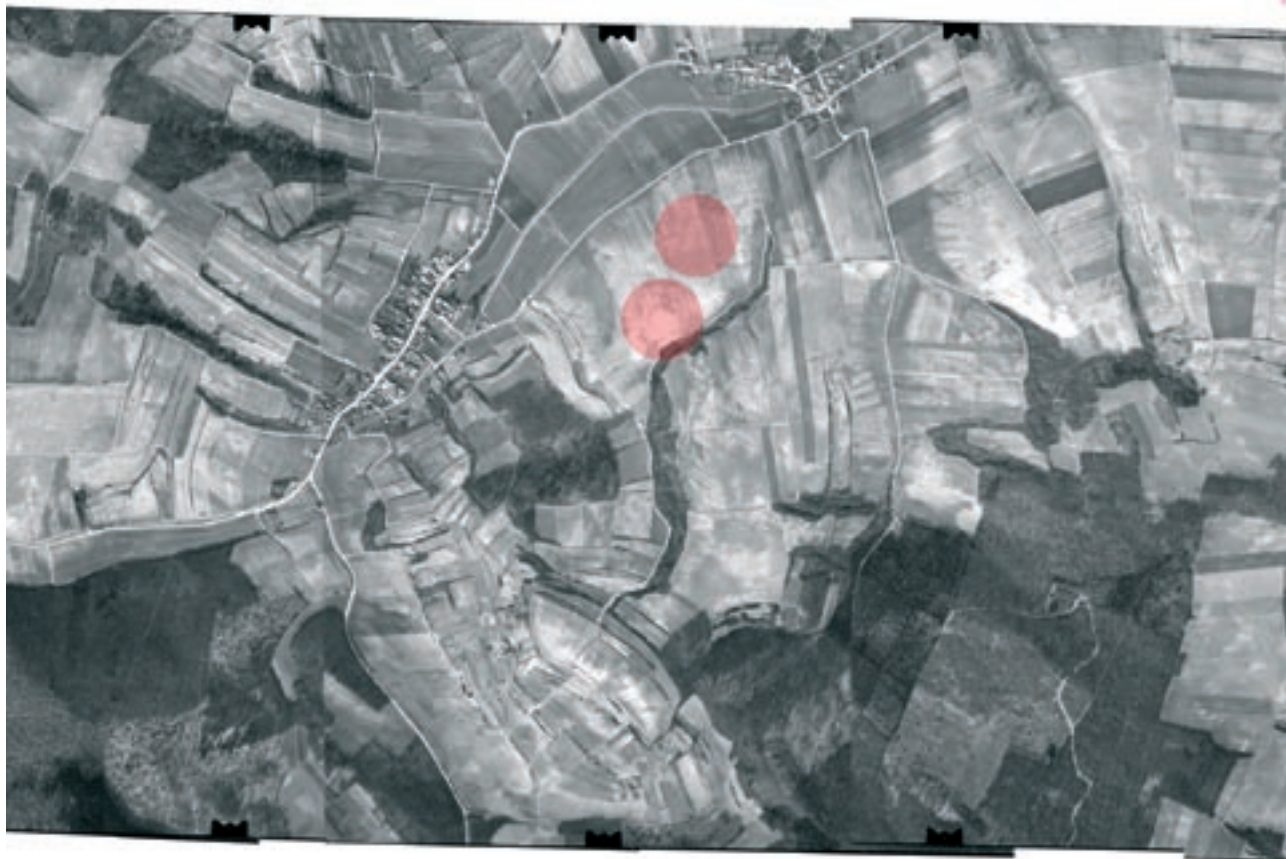


Abb. 8: Fotomosaik aus entzerrten Senkrechtaufnahmen eines Reihenbildfluges im Bereich der Orte Puch und Kleedorf mit einer zweifachen und einer einfachen Kreisgrabenanlage. (Fotos: Österreichisches Bundesheer, Kommando Lufaufklärung, Langenlebar; Bildkombination: W. Neubauer)

Österreichischen Bundesheeres. Das Bundesheer stellt Senkrechtaufnahmen (Abb. 6) mit speziellen militärischen Flugzeugen her, in deren Boden eine hochauflösende Messkamera mit Blickrichtung nach unten montiert ist (Abb. 7). Diese Aufnahmen werden in Reihenbildflügen gemacht (Abb. 8), bei denen das Flugzeug das aufzunehmende Gebiet mäanderförmig abfliegt. Die einzelnen Aufnahmen überlappen sich durchschnittlich zu 60 Prozent, wodurch sie später stereoskopisch betrachtet und dreidimensional ausgewertet werden können.

Der Wert von Senkrechtaufnahmen für die archäologische Prospektion wird oft unterschätzt. Der Grund dafür liegt darin, dass sie in fast allen Fällen nicht spezifisch für den archäologischen Gebrauch und damit meist zu Zeiten erzeugt werden, die für die Luftbildarchäologie ungünstig sind. Kann jedoch der Zeitpunkt vom Archäologen bestimmt werden, so haben Senkrechtaufnahmen ein großes Potenzial. Durch die hohe Auflösung dieser Reihenbildkameras können auch aus 2.000 m Flughöhe archäologische Spuren noch mit Dezimeter Genauigkeit lokalisiert und durch die Überlappung der Bilder dreidimensional ausgewertet werden. Auch wenn bei guten Bedingungen die Luftbilder kleinste Details der Kreisgrabenanlagen zeigen können, lassen sich in den vorhandenen Luft-

bildern die Eingänge jedoch nur selten, die Palisadenringe meist gar nicht erkennen. Aufgrund der Abhängigkeit von Wetter und Klima und der landwirtschaftlichen Nutzung, wodurch die meisten Anlagen nur teilweise und unterschiedlich gut sichtbar sind, kann die Luftbildarchäologie ihr volles Potenzial erst bei systematischen, wiederholten Befliegungen weiter Landstriche ausschöpfen.

Aber nicht nur Herstellung und die Archivierung der Luftbilder ist die Aufgabe des Luftbildarchäologen. Das Wesentliche an seiner Arbeit ist die archäologische Auswertung der verfügbaren Bilder unter Verwendung modernster Technologien. Die archäologische Interpretation der Luftbilder erfolgt meist in Form einer Kartierung in einem geographischen Informationssystem.

Dazu müssen zuerst die geometrischen Verzerrungen korrigiert werden, die unter anderem durch den schrägen Aufnahmewinkel, die Höhenunterschiede am Boden oder die Objektivverzerrung der Kamera entstehen. Diese Entzerrung wird anhand von Passpunkten durchgeführt, die in den Bildern erkennbar sind und am Boden geodätisch eingemessen werden. Digitale photogrammetrische Methoden dienen dazu, aus den sich überlappenden Senkrechtaufnahmen digitale Gelände-

modelle mit hoher Genauigkeit zu messen und daraus Höhen-schichtenpläne zu berechnen (Abb. 9). Die Geländemodelle dienen auch als Grundlage für die digitale Herstellung entzerrter Senkrecht- und Schrägaufnahmen, so genannter „Orthofotos“. Diese werden georeferenziert und haben somit die Eigenschaft einer Karte. Archäologische Interpretationen kön-

nen somit direkt auf dem georeferenzierten Orthofoto digital durchgeführt werden. Die Orthofotos dienen als Grundlage zur Kombination mit den zuvor digitalisierten und georeferenzierten Plänen (Kataster, Grabungen etc.) und Luftbildumzeichnungen unter Zuhilfenahme eines geographischen Informationssystems (GIS).

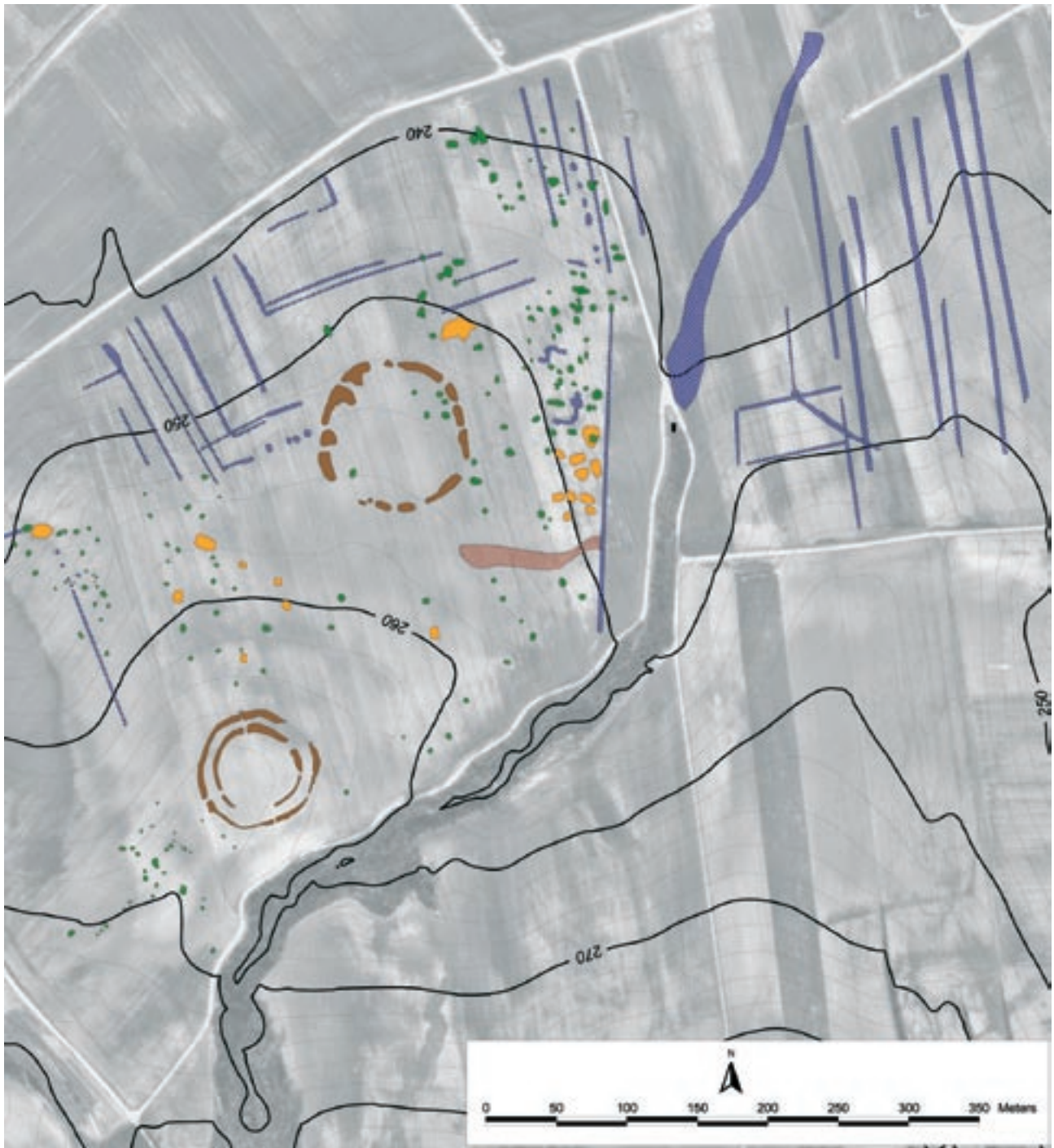


Abb. 9: Archäologische Interpretation der Luftbildaufnahmen der Kreisgrabenanlagen Puch und Kleedorf. (Grafik: M. Doneus und K. Löcker)

1.4 Geophysikalische Prospektion von Kreisgrabenanlagen

Die Füllschichten der Gräben weisen auch Unterschiede in ihren physikalischen Eigenschaften auf, die sich nicht direkt auf ihre oberflächliche Sichtbarkeit auswirken. Solche Kontraste in den magnetischen und elektrischen Eigenschaften zwischen den im Untergrund verborgenen archäologischen Strukturen und den sie umgebenden geologischen Schichten können mit Hilfe spezieller geophysikalischer Messgeräte direkt am Boden erfasst werden. Für die archäologische Prospektion der mittelneolithischen Kreisgrabenanlagen erlangte vor allem die magnetische Prospektion besondere Bedeutung. Die mit Erdmaterial gefüllten Gräben aber auch Gruben sowie die Reste der Palisadenringe verursachen minimale Abweichungen der lokalen Stärke des Erdmagnetfeldes. Durch Messungen von kleinräumigen Veränderungen der Intensität des Erdmagnetfeldes lassen sich mit Hilfe dieser geophysikalischen Methode detailreiche Bilder der Kreisgrabenanlagen erstellen.

Die Gräben der Kreisgrabenanlagen sind heute mit mehreren Schichten von Erdmaterial gefüllt, welche meist einen höheren Anteil an magnetischen Eisenverbindungen aufweisen als der Löss oder Sand, in den die Gräben gegraben wurden (NEUBAUER 2001a; FASSBINDER 1994). Dies liegt daran, dass die oberflächlichen Bodenhorizonte, wie zum Beispiel der Humushorizont, deutlich mehr magnetische Eisenverbindungen aufweisen, als der natürliche ungestörte Mutterboden. Bei der Errichtung der Gräben für die Kreisgrabenanlagen wurde durch das Ausheben von Erdmaterial das lokale Bodenprofil durchschnitten und kleinräumig gestört. In die offenen Gräben hat sich im Laufe der Zeit Material von der Oberfläche eingelagert, wodurch die Füllschichten der Gräben mit magnetischen Mineralien angereichert wurden. Dieses stärker magnetisierbare Material wurde im Laufe der Zeit entweder durch natürliche Einwirkungen in die offenen Gräben einge-

schwemmt oder durch den Menschen eingefüllt. Im Erdmagnetfeld verursachen die magnetischen Kontraste der Grabenfüllungen zu dem meist nur sehr schwach magnetisierten Mutterboden geringe Abweichungen, die jedoch stark genug sind, um sie mit sehr sensiblen Magnetometern (Messauflösung < 1 nT) zu messen (Abb. 10).

Aber auch die Standspuren von an sich unmagnetischen Holzpfosten oder Palisaden lassen sich magnetisch erfassen. Beim Abbau des Holzes sind so genannte magnetotaktische Bakterien beteiligt – Bakterien, die zu ihrer Orientierung das Erdmagnetfeld nutzen (FASSBINDER und STANJEK 1996; FASSBINDER 1994; FASSBINDER et al. 1990). Dazu haben sie in ihrem Inneren kleine Magnetitkristalle eingebaut, die es ihnen ermöglichen, sich wie mit einem Kompass entlang der magnetischen Feldlinien zu orientieren. Nach ihrem Absterben hinterlassen diese Bakterien den stark magnetischen Magnetit im Bereich des ehemaligen Holzpfostens, der sich dadurch mit sehr sensiblen Sensoren (Messauflösung < 0.2 nT) nachweisen lässt. Ein weiteres Phänomen, das für die magnetische Auffindung von archäologischen Strukturen von großer Bedeutung ist, ist der so genannte thermoremanente Magnetismus. Die magnetische Ausrichtung der im ungebrannten Lehm und Ton enthaltenen Eisenverbindungen ist rein zufällig, und daher erscheint dieses Material nach außen unmagnetisch. Wird der Lehm oder Ton bzw. die daraus erstellten Lehmkuppelöfen, Lehmwände und Tongefäße gebrannt, lösen sich ab einer bestimmten Temperatur die Träger des Magnetismus des Materials, die so genannten magnetischen Domänen, aus ihren zufälligen magnetischen Ausrichtungen. Beim Abkühlen richten sich die einzelnen Domänen in Richtung des Erdmagnetfeldes aus, so dass alle einzelnen magnetischen Bezirke nun in die gleiche Richtung zeigen. Die aus Ton oder Lehm hergestellten Objekte oder Strukturen werden auf diese Weise magnetisch, sie erhalten eine bleibende Magnetisierung.

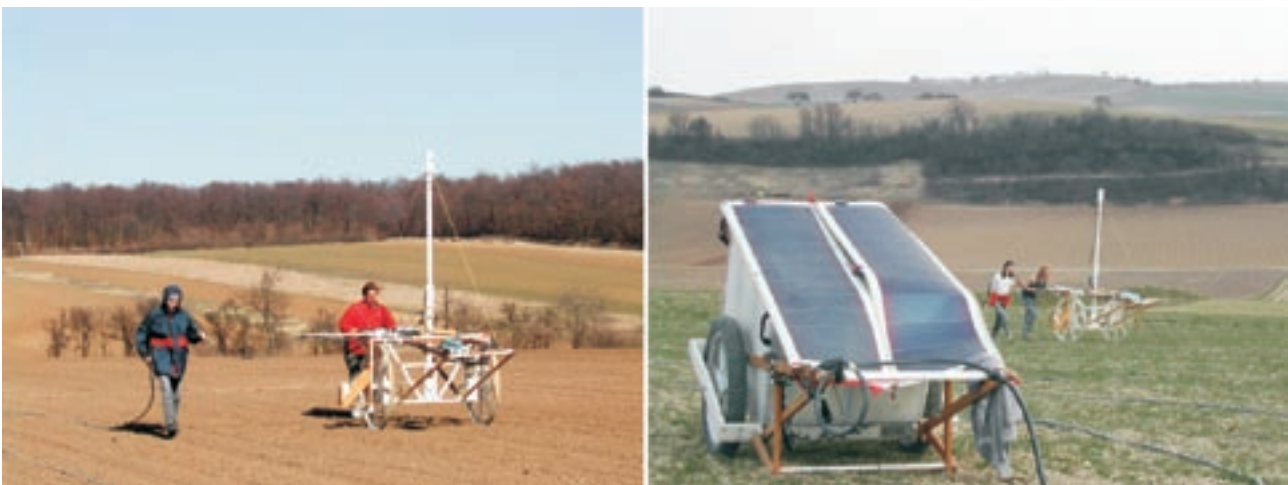


Abb. 10: Links: Archeo Prospections Multisensor Cäsiumgradiometer mit fünf Sensoren während der Messung der dreifachen Kreisgrabenanlage Immendorf. Rechts: Datenaufzeichnungswagen mit Solarpanelen während der Messung in Herzogbirbaum. (Fotos: W. Neubauer)

In einer Siedlung oder in einem von Menschen intensiv genutzten Areal finden ständig natürliche oder vom Menschen beeinflusste Prozesse statt, die schwach magnetische Materialien in stärker magnetische umwandeln oder bei denen magnetotaktische Bakterien beteiligt sind, die ihre magnetischen Spuren hinterlassen. Auch der mit vielerlei magnetischen Bestandteilen oder thermoremanent magnetisierten Objekten wie Scherben, Hüttenlehm etc. angereicherte Schutt bzw. Müll, der in den Boden gelangt, führt zu einer höheren Magnetisierung der archäologischen Ablagerungen. Deren unterschiedlichen Magnetisierungen im Vergleich zum umgebenden Material führen im Erdmagnetfeld zur Ausbildung von lokalen Abweichungen in der Stärke wie auch in der Richtung des Erdmagnetfeldes, die rasterförmig erfasst werden. Diese magnetischen Aufnahmen werden am besten mit hochsensiblen und sehr genauen Magnetometersystemen auf der Grundlage von mehreren Cäsiumsensoren erstellt (NEUBAUER 2001a; FASSBINDER und IRLINGER 1999; BECKER 1996d), die in den letzten Jahrzehnten ständig verbessert wurden. Um auch die Palisadenstrukturen und einzelne Pfostengruben lokalisieren zu können, müssen die Messraster für die magnetischen Pro-

spektionen eine Auflösung von 50 cm und darunter aufweisen.

Aber nicht nur die archäologischen Strukturen, sondern auch zeitliche Schwankungen des Erdmagnetfeldes selbst beeinflussen das Messsystem in Bereichen, die weit über den schwachen Störungen von archäologisch relevanten Gräben, Gruben oder Palisadengrübchen liegen. Aus diesem Grund wird mit übereinander angeordneten Cäsiumsensoren gearbeitet. Die Stärke des Erdmagnetfeldes verringert sich nämlich in Abhängigkeit zur Distanz in der dritten Potenz. Das bedeutet, dass ein Sensor, der doppelt so weit von der Erdoberfläche entfernt ist wie ein anderer, eine achtmal geringere Stärke der Anomalie misst. Die zeitlichen Schwankungen des Erdmagnetfeldes werden jedoch von beiden Sensoren gleich erfasst. Bildet man daher die Differenz der beiden übereinander stehenden Sensoren, indem man die von den beiden Sensoren gemessenen Messwerte voneinander abzieht, sind im Ergebnis keine zeitlichen Schwankungen oder Variationen mehr enthalten. Für die Bildung dieser Differenzmessung wird ein so genannter Referenzsensor in entsprechender Höhe über dem oder den Messsensoren angebracht (NEUBAUER 2001a, 60–62).

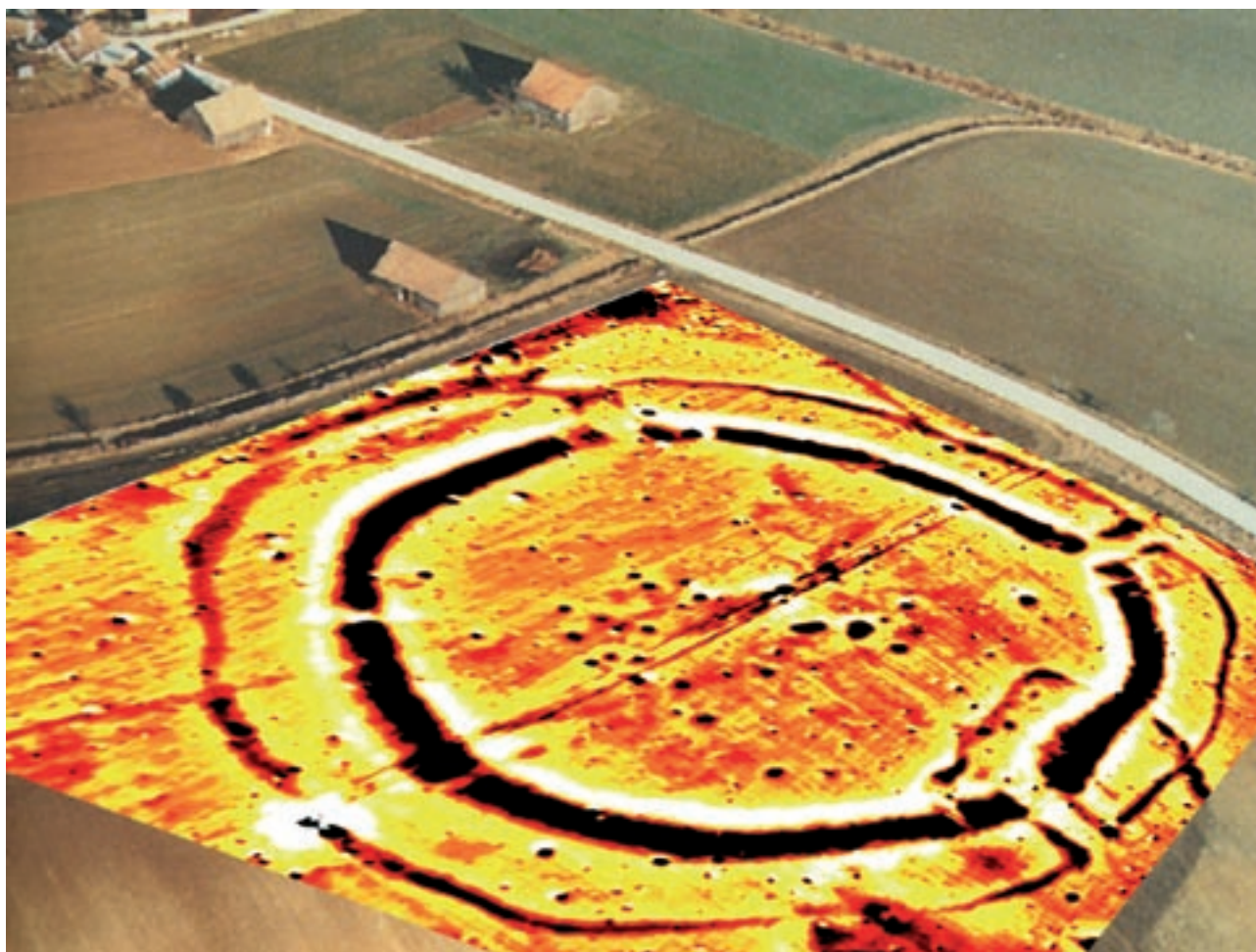


Abb. 11: Magnetogramm der zweifachen mittelneolithischen Kreisgrabenanlage Friebritz 1 kombiniert mit dem Luftbild. (Foto: Luftbildarchiv des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien, Bildkombination: W. Neubauer)

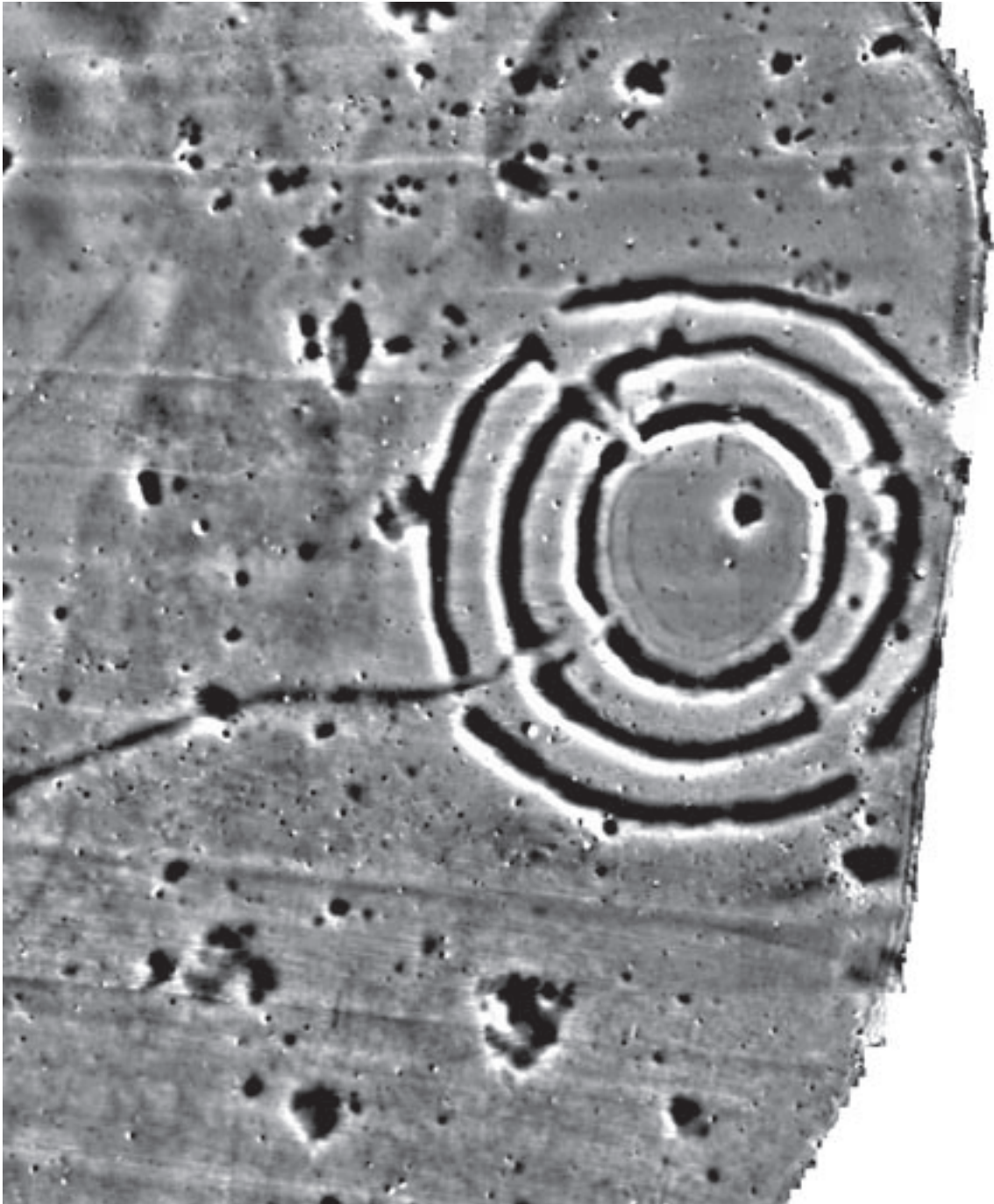


Abb. 12: Magnetogramm der dreifachen Kreisgrabenanlage Immendorf. Der äußere Graben verläuft teilweise in einem Windschutzstreifen entlang einer Geländekante und konnte daher nicht vollständig durch die Messungen erfasst werden. (Grafik: ZAMG Archeo Prospections®)

Man spricht dabei von einer Gradiometeranordnung obwohl es sich genau genommen um eine Differenzmessung in zwei unterschiedlichen Höhen und nicht um den Gradienten einer gleichbleibenden Feldrichtung handelt³. Der oder die Cäsium-

sensoren messen in geringer Höhe (= 50 cm) über dem Boden gleichzeitig mit dem Referenzsensor mit einer Auflösung von 0.001 nT das Erdmagnetfeld (NEUBAUER et al. 2001; BECKER 1996c). Von jedem Messwert der einzelnen Messsensoren wird

³ Die in der Archäologie für die magnetische Prospektion ebenfalls üblichen so genannten Fluxgatesensoren erfassen einen Gradienten der Vertikalkomponente des Feldes mit typischen Sensorabständen von 0.5 oder 0.7 m. Die deutlich teureren so genannten optisch gepumpten Magnetometern mit Cäsiumsensoren weisen eine über hundertfach höhere Auflösung auf und der Abstand der Messsensoren zum Referenzsensor ist frei wählbar.



Abb. 13: Im Bewuchs und durch magnetische Messungen wieder sichtbar gemachte zweifache Kreisgrabenanlage von Puch. (Grafik: ZAMG Archeo Prospections[®], K. Löcker)

dann der am Referenzsensor gemessene Wert abgezogen. Um auch schwache Anomalien zu erfassen, wie sie von den Palisadengrübchen oder einzelnen Pfostengruben verursacht werden, sollte die Differenz der Messsensoren zum Referenzsensor möglichst groß gewählt werden. Die hochauflösenden Sensorarrays werden zur Messung in einem abgesteckten Raster hin- und her bewegt und messen dabei in Abständen von 25 cm und darunter die geringfügigsten Unterschiede in der Stärke des Erdmagnetfeldes (Abb. 10).

Aus diesen rasterförmig erfassten Messdaten lassen sich digitale Bilder (Abb. 11), so genannte Magnetogramme, der Kreisgrabenanlagen erstellen (NEUBAUER 2001a, 100–133). Dazu werden mehrere Millionen einzelner Messwerte prozessiert und anschließend am Computerbildschirm in digitale Graustufenbilder übersetzt. In Bereichen mit positiven Magnetfeldstörungen wird das Bild dunkel, in Bereichen mit geringen Störungen grau und in den Bereichen mit negativen Magnetfeldstörungen hell dargestellt (Abb. 12).⁴

Das Ziel der vollständigen Erfassung aller Kreisgrabenanlagen und der mit ihnen verbundenen Siedlungen war eine wesentliche Motivation für die ständige technische Weiterentwicklung der magnetischen Messsysteme und der Messlogistik. Neben der Weiterentwicklung der Messsysteme war für die erfolgreiche magnetische Erfassung der Kreisgrabenanlagen aber auch die Entwicklung entsprechender Methoden für die Prozessierung der magnetischen Daten und der archäologischen Interpretation der Magnetogramme notwendig (NEUBAUER 2001a, 160–168). Die eindrucksvollen Magnetogramme repräsentieren komplizierte geophysikalische Zusammenhänge und müssen in einen für den Archäologen verständlichen Plan umgewandelt werden (Abb. 34). Dazu werden die magnetischen Anomalieformen mit den aus den Ausgrabungen bekannten Strukturen verglichen, um die archäologisch relevanten Anomalien zu erkennen. Auf der Grundlage der aus den magnetischen Messdaten erstellten und georeferenzierten Magnetogramme können durch thematische archäologische In-

⁴ Das menschliche Auge kann aufgrund seiner Physiologie im Graustufenbereich, besonders im dunklen, feine Unterschiede besser wahrnehmen als zum Beispiel im Farbspektrum.

terpretation in einem geographischen Informationssystem entsprechend detaillierte und vergleichbare Pläne der Monumente erstellt werden.

1.5 Kombinierte Prospektion von Kreisgrabenanlagen

Der erste Schritt, um das Phänomen der Kreisgrabenanlagen zu beleuchten, sind genaue archäologische Pläne, die alle wesentlichen Elemente zur Beurteilung des Monuments beinhalten. Dazu gehören die kreisförmigen Gräben, die Lage und Ausformung der Zugänge, die Palisadenringe, die Strukturen im zentralen Innenraum und die Strukturen in ihrer direkten Umgebung. Zentimetergenaue Pläne der Kreisgrabenanlagen und der umliegenden Siedlungen konnten zerstörungsfrei bereits ab dem Beginn der 1980er Jahre aus den Luftbildern und geophysikalischen Messdaten erstellt werden (BECKER 1990; 1985). Mit diesen Prospektionsmethoden haben Helmut Becker und Jörg Fassbinder als erste in Europa eine systematische kombinierte Prospektion aller Kreisgrabenanlagen in Bayern durchgeführt und auch die Arbeiten in Österreich (MELICHAR

und NEUBAUER 2005; EDER-HINTERLEITNER et al. 2005; NEUBAUER 2001a) und der Kollegen in der Slowakei (KUZMA 2007; TIRPÁK 2007) und Tschechien (HAŠEK und KOVÁRNÍK 1999) maßgeblich beeinflusst. Von besonderer Bedeutung und wegweisend für die weitere Forschung waren die Arbeiten von Helmut Becker, Jörg Fassbinder und Jörg Petrasch zur Erforschung der zweifachen Kreisgrabenanlage in Künzing-Unternberg durch die erstmalige Kombination von Luftbildinterpretation, magnetischer Prospektion und Ausgrabungen in Deutschland (BECKER und PETRASCH 1984).

Die kombinierte Auswertung der Luftbilddaufnahmen und der Magnetogramme wurde Anfang der 1990er Jahre durch die Verwendung von geografischen Informationssystemen (GIS) vereinfacht und standardisiert (NEUBAUER 2001a; 2004; DONEUS und NEUBAUER 1997). Durch diese Technologie wurde es auch möglich, die weiteren zur Beurteilung der Kreisgrabenanlagen notwendigen Informationen, wie Luftbilder, Luftbildinterpretation, Katasterpläne, Karten des Gewässernetzes, digitale Geländemodelle oder Ausgrabungspläne, mit den



Abb. 14: Rekonstruktionsversuch der dreifachen Kreisgrabenanlage Glaubendorf 2 mit den magnetisch nachgewiesenen Häusern, dem Quellbereich und einem abgeholzten Waldbereich im oberen Hangabschnitt, darunter Weide. Hinter der Kreisgrabenanlage wurden auf der untersten Terrasse der Schmida Ackerflächen angedeutet, die zum Horizont hin in Auwald übergehen. (Grafik: Imagination)

Magnetogrammen zu kombinieren und alle Daten gemeinsam auszuwerten (NEUBAUER 2001a, 177–226). Von besonderer Bedeutung für die erfolgreiche Kombination der am Boden erfassten Magnetogramme und der Luftbildaufnahmen war deren konsequente digitale photogrammetrische Auswertung ab dem Beginn der 1990er Jahre. Zu dieser Zeit wurden auch eigene Verfahren entwickelt, um aus diesen magnetischen Messdaten die dreidimensionale Form der Gräben der Kreisgrabenanlagen zu rekonstruieren (EDER-HINTERLEITNER und

NEUBAUER 2001; NEUBAUER 2001a, 134–159; EDER-HINTERLEITNER 1994). Durch Verbindung dieser aus den magnetischen Daten abgeleiteten Grabenmodelle und der archäologischen Interpretation im GIS lassen sich dann virtuelle Computermodelle dieser Monumentalbauten erstellen (Abb. 1). Die Modelle lassen sich mit digitalen Geländedaten verbinden, die aus den Luftbildern gemessen werden, welche die Grundlage für eine virtuelle Rekonstruktion ganzer Landschaften der Steinzeit darstellen (Abb. 14).