

STUDIA TROICA  
Monographien 5

2014

# STUDIA TROICA

Monographien 5

Herausgeber

Ernst Pernicka  
Charles Brian Rose  
Peter Jablonka

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



Herausgegeben von  
Ernst Pernicka, Charles Brian Rose  
und Peter Jablonka

# **Troia 1987–2012: Grabungen und Forschungen I**

Forschungsgeschichte, Methoden  
und Landschaft

Teil 2



VERLAG  
DR. RUDOLF HABELT GMBH  
BONN

**Undertaken with the assistance of the  
Institute for Aegean Prehistory (INSTAP) – Philadelphia, USA**

**The research and compilation of the manuscript for this final publication were made possible through a generous grant from The Shelby White – Leon Levy Program for Archaeological Publications**

**Gefördert mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)**

und der

**Daimler AG**

Teil 1: 536 Seiten mit 42 Farb- und 194 Schwarzweißabbildungen

Teil 2: 552 Seiten mit 30 Farb- und 229 Schwarzweißabbildungen

Herausgeber:

Ernst Pernicka

Charles Brian Rose

Peter Jablonka

Lektorat:

Hanswulf Bloedhorn

Donald F. Easton

Dietrich und Erdmute Koppenhöfer

Wissenschaftliche Redaktion:

Stephan W. E. Blum

Peter Jablonka

Mariana Thater

Diane Thumm-Doğrayan

Layout, Satz:

Frank Schweizer, Göppingen

Druck:

Bechtel Druck GmbH & Co. KG, Ebersbach/Fils

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

© 2014 by Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn

ISBN: 978-3-7749-3902-8

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung und die Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.



**Teil 1**

Ernst Pernicka Preface	10
---------------------------	----

**Forschungsgeschichte**

Rüstem Aslan Unterwegs nach Troia. Reisende in der Troas von Ruy González de Clavijo bis Heinrich Schliemann	18
Donald F. Easton The First Excavations at Troy: Brunton, Calvert and Schliemann	32
Diane Thumm-Doğrayan Die Ausgrabungen in Troia unter Wilhelm Dörpfeld und Carl W. Blegen	104
Getzel M. Cohen How Cincinnati returned to Troy	142
Peter Jablonka Bronzezeitliche Archäologie in Troia seit 1987	158
Charles Brian Rose Post-Bronze Age Excavations at Troy, 1988–2005	190

**Methoden und Strategien****Archäologie und Vermessungstechnik**

Peter Jablonka Der Raum: Die Fundstelle und ihre geographische Lage	218
Peter Jablonka Archäologischer Survey im Stadtgebiet von Troia	262
Ralf Becks und Stephan W. E. Blum Methoden der prähistorisch-archäologischen Ausgrabung und stratigraphischen Analyse in Troia	364
Eberhard Messmer Die Vermessungsarbeiten in Troia seit 1987	394
Matthias Cieslack Die Bestimmung einer hochgenauen Höhenbezugsfläche (DFHBF) für Troia	420

**Erhaltung und Präsentation**

Elizabeth H. Riorden Conservation and Presentation of the Site of Troy, 1988–2008	428
Donna Strahan and Simone Korolnik Archaeological Conservation	520

## Teil 2

### Methoden und Strategien

#### Archäologische Untersuchungen am Fundmaterial

Diane Thumm-Doğrayan Fundbearbeitung in Troia	548
Billur Tekkök – John Wallrodt – Sebastian Heath Post-Bronze Age Ceramic Data at Ilion, from In-Field Use to Digital Publication	582
Ivan Gatsov – Petranka Nedelcheva Lithic Industry of Troy I–VII: Objectives and Methods of the Excavations 1987–2006	592

#### Naturwissenschaftliche Methoden

Simone Riehl – Elena Marinova Archäobotanik	602
Henrike Kiesewetter Paläoanthropologische Untersuchungen in Troia	610
Ernst Pernicka, Thorsten Schifer, Cornelia Schubert Keramikanalysen in Troia	642
Norbert Blindow – Christian Hübner – Hans Günter Jansen (†) Geophysikalische Prospektion	666
İlhan Kayan Geoarchaeological Research at Troia and its Environs	694

### Die Troas: Untersuchungen zur Siedlungsgeschichte

#### Landschafts- und Besiedlungsgeschichte

Simone Riehl – Elena Marinova – Hans-Peter Uerpmann Landschaftsgeschichte der Troas. Bioarchäologische Forschungen	732
Stephan W. E. Blum – Mariana Thater – Diane Thumm-Doğrayan Die Besiedlung der Troas vom Neolithikum bis zum Beginn der mittleren Bronzezeit: Chronologische Sequenz und Siedlungsstruktur	770
Peter Pavúk – Cornelia Schubert Die Troas in der Mittel- und Spätbronzezeit	864
Volker Höfeld Die Troas in osmanisch-türkischer Zeit	924

#### Einzelstudien zur Besiedlung der Troas

Utta Gabriel Die Keramik der troadischen Fundorte Kumtepe IA, Beşik-Sivritepe und Çıplak Köyü im Kontext ihrer überregionalen Vergleichsfunde	990
Jan-Krzysztof Bertram – Necmi Karul Anmerkungen zur Stratigraphie des Kumtepe. Die Ergebnisse der Grabungen in den Jahren 1994 und 1995	1058
Adressen der Autoren	1085

## Geophysikalische Prospektion

### Zusammenfassung

Mit dem Beginn der neuen Grabungsserie in Troia 1988 wurde als wichtiges Teilprojekt die genauere Untersuchung des ca. 0,75 km<sup>2</sup> umfassenden Gebiets südlich und östlich des Burgbergs in Angriff genommen, das schon bei den früheren Grabungen durch etliche Sondagen als Siedlungsfläche der Unterstadt von Troia identifiziert worden war. Flankierend zu einigen gezielten Grabungsflächen wurden verschiedene geophysikalische Meßmethoden zur möglichst vollständigen Erfassung der weitgehend unter der Oberfläche verborgenen archäologischen Baureste erprobt. Dabei erwies sich die flächendeckende Messung von lokalen Veränderungen des Erdmagnetfeldes durch menschliche Einwirkung als die effektivste Methode. Zwischen 1989 und 2007 wurde der überwiegende Teil der Siedlungsfläche mit einer Dichte von im Mittel acht Messpunkten pro m<sup>2</sup> durch Teams von vier verschiedenen Institutionen gemessen.

Die Auswertung ergab klare Vorstellungen des orthogonalen hellenistisch/römischen Straßensystems bis hin zu einzelnen Gebäudefundamenten, des Be- und Entwässerungssystems und des Verlaufs der hellenistischen Stadtmauer. Außerdem konnte über ca. 700 m der Verlauf eines in den Fels geschlagenen bis zu 3 m breiten und etwa 1,5 m tiefen Grabens aus der Spätbronzezeit (Troia VI/VII) geortet werden, der als Annäherungshindernis zum Schutz der Untersiedlung interpretiert wird. Die Befunde wurden durch gezielte Grabungs sondagen verifiziert.



Abb. 1  
Vermutetes Ausmaß  
der Untersiedlung von  
Troia (gepunktet).

## Abstract

Planning for the renewal of excavations at Troia in 1988 included as an important project the detailed investigation of the approx. 0.75 km<sup>2</sup> large area to the south and southeast of the citadel mound, which in previous excavations had already been identified as the lower settlement area of Troia. In conjunction with some excavation soundings several geophysical methods were tried for an almost complete registration of the archaeological features mostly buried under the surface. Measurement of the local variations of the magnetic field of the earth as caused by human interaction proved to be the most effective method. Between 1989 and 2007 most of the settlement area was measured with a density of eight measurement points per m<sup>2</sup> by teams from four different institutions.

Evaluation of the measurements resulted in a clear view of the orthogonal Hellenistic/Roman street-system including details of single building structures, parts of the irrigation and sewage system and the main course of the Hellenistic citywall. In addition a rock-cut ditch of up to 3 m width and 1.5 m depth originating in the late Bronze Age could be spotted for a length of approx. 700 m. The ditch is interpreted as a defense ditch around the lower settlement. The identified features were verified by selected excavation soundings.

## Einleitung – Auswahl der Hauptmethode

In der Vorplanung der 1988 wieder aufgenommenen archäologischen Untersuchungen in Troia wurde als ein wichtiges Ziel die Erforschung des Außenbereichs der Burganlage festgelegt, der sich auf dem Plateau im Süden und im Osten der Burg befindet. Durch Suchschnitte der früheren Ausgrabungen, durch einige noch obertägig sichtbare antike Mauerfragmente und durch den Augenschein der zahlreichen Keramikreste auf der Oberfläche ließ sich eine Fläche von annähernd 0,7 km<sup>2</sup> umreißen, auf der mit archäologischen Befunden zu rechnen ist und die heute von einem geschlossenen Feldweg gesäumt wird (Abb. 1). Ein kleiner Geländeteil auf beiden Seiten des Zufahrtweges zur Burgruine war bereits in früheren Jahren als archäologische Schutzzone abgegrenzt worden, der überwiegende Teil aber wurde und wird landwirtschaftlich genutzt (Getreide, Tomaten, Melonen, Baumwolle). Der Zitadellenbereich war, von einigen kleineren Freiflächen abgesehen, nicht durch die geophysikalische Prospektion zu erfassen, da die Schutthügel der früheren Ausgrabungen und die Gebäudereste eine systematische Messung unmöglich machten.

Für den Projektleiter Manfred Korfmann war klar, daß eine möglichst vollständige Oberflächen-Prospektion mittels zerstörungsfreier geophysikalischer Methoden ein wesentliches und wichtiges Hilfsmittel zur systematischen Erfassung der Befundsituation darstellen kann.<sup>1</sup> Bei seinen vorhergehenden Grabungen auf dem Demircihüyük und bei der Erforschung des bronzezeitlichen Friedhofs am Beşik-Tepe hatte er schon positive Erfahrungen mit dem Einsatz eines

<sup>1</sup> Diese Überlegung war 1988 noch kein Allgemeingut. In den seitdem vergangenen zwanzig Jahren hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß kaum eine Großgrabung mehr konzipiert werden kann ohne anfänglichen Einsatz der geophysikalischen Prospektion als ressourcenschonende Planungs-Maßnahme.

Protonen-Magnetometers bzw. eines Cäsium-Absorptions-Magnetometers zur Erfassung von archäologisch bedingten Veränderungen des Erdmagnetfeldes sammeln können.<sup>2</sup>

Für die Erfassung einer großen Fläche sollte eine Methode herangezogen werden, die möglichst ohne zeitraubende Eingriffe in die Oberfläche einen schnellen Meßfortschritt bei einem hinreichend feinen Raster von Meßpunkten gestattet. Glücklicherweise waren 1988 bereits einige Meßgeräte kommerziell verfügbar, die mittels elektronischer Speicherung die Auswertung der in großer Zahl anfallenden Meßdaten erst möglich machte. Aussichtsreiche Kandidaten für den Einsatz in Troia waren Geräte für die Erfassung der elektrischen Leitfähigkeit des Erdreichs, die vorzugsweise für das Aufspüren von Mauerzügen eingesetzt werden, und empfindliche Magnetometer, die örtliche Störungen des Erdmagnetfeldes durch anthropogene Veränderungen etwa durch inzwischen verfüllte Gruben, Gräben, Öfen sowie – abhängig vom verwendeten Material – Mauerzügen registrieren. Im ersten Grabungsjahr 1988 wurden Testmessungen durchgeführt, die die Entscheidung für die aussichtsreichste Meßmethode ermöglichen sollten.

Unter Berücksichtigung der Forderung nach hoher Meßgeschwindigkeit und möglichst geringem Personalaufwand wurden die folgenden Instrumente herangezogen: für die geoelektrische Messung wurde eine »Twinprobe« mit zwei festplazierten Metallsonden und einem mobilen Meßrahmen mit zwei Sonden gewählt.<sup>3</sup> Dieses Arrangement ist eine Variante der üblichen Vierpunktmessung nach Wenner (zwei Sonden zur Stromzuführung, zwei zum Abgreifen des Spannungspotentials) und kann mühelos von einer Person bedient werden, da für jeden Meßpunkt der Meßrahmen nur einmal aufgesetzt werden muß, wenn man nicht ein genaueres Leitfähigkeitsprofil erstellen will.

Für die magnetische Methode wurde ein Fluxgate-Gradiometer ausgesucht, das bei verschiedenen Testeinsätzen an ausgesuchten Fundstellen in Baden-Württemberg<sup>4</sup> akzeptable Empfindlichkeit und hohe Meßgeschwindigkeit bei vertretbaren Anschaffungskosten versprach.<sup>5</sup>

Für den Methodenvergleich wurde im ersten Grabungsjahr ein Flächenbereich in der Umgebung des ersten Grabungsareals I17 im vermuteten Siedlungsbereich ausgesucht, in dem bereits hellenistisch-römische Mauerreste freigelegt worden waren. Es stellte sich schnell heraus, daß die geoelektrische Messung bei der starken sommerlichen Austrocknung der überdies sehr steinigen Oberfläche mit dem gewählten Instrument keine zuverlässigen Aussagen gestattete. Die mit dem bewegten Meßrahmen nur bis zu einer Tiefe von etwa 3 cm eingebrachten Metallsonden hatten teilweise nur schlecht leitenden Kontakt zum Boden, was zu häufigen Fehlmessungen führte. Damit schied diese Methode zur großflächigen Erfassung von unter der Ober-

<sup>2</sup> Diese beiden Untersuchungen wurden von H. Becker (Geophysikalisches Institut Universität München, später Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, BLfD, München) durchgeführt, Becker 1977–78; Becker 1979; Korfmann 1988, 395.

<sup>3</sup> Unter verschiedenen Angeboten wurde hier das Gerät der englischen Firma GEOSCAN RESEARCH mit auf dem Meßrahmen montierten Meßinstrument RM1 (nicht registrierend) bzw. RM15 (registrierend) ausgewählt.

<sup>4</sup> Die Starthilfe durch das Landesdenkmalamt Baden-Württemberg wird dankend erwähnt.

<sup>5</sup> Das Meßverfahren wurde ursprünglich als »Förstersonde« zur Aufspürung von Blindgängern in der Kampfmitelbeseitigung entwickelt. Hier wurde eine »zivile«, auf archäologische Anwendung ausgerichtete Ausführung, das registrierende Gerät FM36 der englischen Firma GEOSCAN, ausgewählt. Bei der Auswahl gab H. Becker wertvolle Hinweise und Hilfestellung.

fläche verborgenen Mauerstrukturen aus. Eine Verlagerung der Messung in die dafür günstigere Frühjahrszeit mit hinreichender Bodenfeuchte kam wegen der Kopplung an die reguläre Grabungsperiode nicht in Betracht.

Erfolgversprechender war der Einsatz des Fluxgate-Magnetometers. Für die Qualität der Messungen ist der Unterschied in der magnetischen Suszeptibilität von Mauerwerk und umgebendem Erdreich maßgebend. Der in Troia für Mauern überwiegend verwendete Kalksandstein hat einen sehr geringen Anteil an Eisenoxiden und damit eine geringe Suszeptibilität, während mehrfache Bodenproben einen hohen Eisenoxidanteil aufwiesen. Damit ist die Voraussetzung für einen gut meßbaren magnetischen Kontrast gegeben. Schon die ersten Messungen zeigten eine gute Übereinstimmung mit den bereits durch Grabung erschlossenen Mauerzügen.<sup>6</sup> In der Folge wurden mit dem verwendeten Instrument große Teile der für die Prospektion vorgesehenen Fläche gemessen, entweder flankierend zu laufenden Grabungen oder zur systematischen Erfassung der Gesamtläche, die Planungshilfen für zukünftige Grabungen ergeben sollte. Dabei wurde die Qualität der Interpretation der Meßergebnisse durch gezielte Grabungs sondagen an markanten Stellen laufend verbessert. Der Meßfortschritt war diktiert durch die unterschiedliche Begehbarkeit der landwirtschaftlich genutzten Parzellen.

Der hauptsächliche Erfolg der Messungen mit dem Fluxgate Gradiometer war die Erschließung des regelmäßigen orthogonalen Straßensystems der römischen Überbauung und eines damit verbundenen Abwassersystems.<sup>7</sup> Bereits 1991 stießen wir an die Grenzen der Empfindlichkeit dieses Instruments, das aufgrund seiner Bauart für die oberflächennahen Bauschichten bestens geeignet war, nicht aber für die Erschließung der tiefer gelegenen bronzezeitlichen Strukturen, für die dann ab dem Jahr 1992 zunehmend verschiedene Ausführungen eines anderen physikalischen Meßprinzips, des Cäsium-Absorptions-Magnetometers zum Einsatz kamen. Über die Teilergebnisse der geophysikalischen Prospektion ist ausführlich in den *Studia Troica* berichtet worden, auf die verwiesen wird.<sup>8</sup> Nachfolgend sollen zusammenfassend einige Aspekte der Messungen dargestellt werden.

*(H. G. Jansen)*

## Vergleich der in Troia verwendeten Magnetometer und der Auswertung

### Fluxgate-Magnetometer GEOSCAN FM-36

Fluxgate-Magnetometer (Saturationskern-Magnetometer, Förstersonden) nutzen die Nichtlinearität der Magnetisierungskurve hochpermeabler Spulenkerns, die durch ein periodisches Wechselfeld bis zur Sättigung magnetisiert werden, zur Messung der Magnetfeldkomponente

<sup>6</sup> Korfmann 1991, 17–24.

<sup>7</sup> Jansen 1992.

<sup>8</sup> Jansen 1992; Becker et al. 1993; Becker – Jansen 1994; Korfmann 1995, 5–9; Jansen et al. 1998; Blindow et al. 2000; Jansen – Blindow 2003; Hübner – Giese 2006.



Abb. 2  
Prospektion mit dem  
Fluxgate-Gradiometer  
Geoscan FM 36  
(H. G. Jansen).

(konstantes Feld) parallel zur Kernachse. Mit einer solchen Sonde mißt man eine Komponente des magnetischen Feldvektors. Um Richtungsunabhängigkeit bei bidirektionalen Messungen zu gewährleisten, ist dies in der Regel die Vertikalkomponente. Es gibt auch tri-axiale Fluxgate-Magnetometer mit drei orthogonalen Sensoren, die aber in der Archäometrie wegen des höheren Aufwandes nicht gebräuchlich sind.

Da die Absolut-Meßwerte von Fluxgate-Magnetometern temperaturabhängig sind, wird meist die Differenz zweier übereinander angeordneter Sonden als Vertikalgradient der Vertikalkomponente des Feldes gemessen. Damit entfällt gleichzeitig der Einfluß von Variationen des Erdmagnetfeldes (Tagesgang des äußeren Magnetfeldes durch Ströme in der Ionosphäre, Einfluß von magnetischen Stürmen durch Veränderungen solarer Teilchenströme), der bei Absolut-Messungen gesondert berücksichtigt werden muß.

Die Auflösung bei der Messung des Feldgradienten beträgt ca. 0,1 nT/m. Eine kontinuierliche Messung mit ca. 10 Meßwerten pro Sekunde ist möglich. Damit ist die Fluxgate-Technik für archäometrische Aufgaben gut geeignet.

Das GEOSCAN FM-36 Fluxgate-Magnetometer ist ein leichtes und preisgünstiges Instrument, welches seit Jahren als Standardwerkzeug für die magnetische Prospektion in der Archäologie eingesetzt und mit Änderungen in der Datenaufzeichnung als FM256 immer noch hergestellt wird. Der Sensor-Abstand beträgt nur 0,5 m, wodurch kleinräumige Anomalien gut abgegrenzt werden, während breite Anomalien (z. B. durch schwach magnetische Störkörper aus mehr als zwei Metern Tiefe) nicht mehr erfaßt werden. Hans Günter Jansen (Universität Tübingen, Troia-Projekt) verwendete dieses Gerät in den Jahren 1988–1998 (Abb. 2). Um eine Reduzierung der Genauigkeit zu vermeiden, erfolgten die Messungen mit dem FM36 durchweg unidirektional.

### Protonen-Magnetometer GEOMETRICS G-856

Protonen-Präzessions-Magnetometer basieren auf der Messung der Präzessionsfrequenz von Protonen im Erdmagnetfeld nach Abschalten eines Polarisationsfeldes. Die Präzessionsfrequenz ist proportional zur absoluten Stärke des erdmagnetischen Totalfeldes.

Ein Meßzyklus dauert etwas 2 bis 4 s, dabei wird eine Auflösung von 0,1 nT bei einer Absolutgenauigkeit von etwa 1 nT erzielt. Durch den langen Meßzyklus eignen sich diese Magnetometer weniger für kontinuierliche Messungen im Gelände. Sie sind aber hervorragend als Basisstationen zur Messung von Variationen des Erdmagnetfeldes geeignet, die in Kombination mit anderen absolut messenden Magnetometern benötigt werden.

Das GEOMETRICS G-856 ist ein Protonen-Magnetometer, welches von der Universität Münster in Troia (1998–2001) als Basis zur Reduktion von Messungen mit einem Absorptionszellen-Magnetometer GEOMETRICS G-858 (s. u.) eingesetzt wurde.

## Absorptionszellen-Magnetometer

Absorptionszellen-Magnetometer beruhen auf dem Zeeman-Effekt, einer Aufspaltung von Spektrallinien im Magnetfeld. Der Frequenzabstand der aufgespaltenen Spektrallinien ist dem Betrag der magnetischen Feldstärke (dem Totalfeld) proportional. Wenn für die Messungen in der Absorptionszelle Cäsiumdampf verwendet wird, nennt man ein solches Magnetometer auch Cäsium(Dampf-)Magnetometer.

Die Empfindlichkeit dieser Magnetometer ist um etwa den Faktor 100 höher als bei Fluxgate- oder Protonen-Magnetometern. Cäsium-Magnetometer liefern bis zu 20 Meßwerte je Sekunde und sind damit für kontinuierliche Messungen geeignet. Zu beachten ist allerdings ein prinzipieller leichter Richtungseffekt von etwa 1 nT, der bei bidirektionalen Messungen korrigiert werden muß. Der große Vorteil der Messung von Totalfeld-Anomalien gegenüber der Messung von Gradienten-Anomalien liegt in einer deutlich größeren Eindringtiefe und der Möglichkeit, flächenhafte Anomalien ungefiltert abzubilden.

### Absorptionszellen-Magnetometer Varian-Scintrex V

Die ersten Untersuchungen mit einem Cäsium-Magnetometer in Troia wurden 1992 und 1993 von Helmut Becker (Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege) mit dem Gerät Varian-Scintrex V in einer Variometer-Anordnung durchgeführt (Abb. 3).

Dies bedeutet, daß die erdmagnetischen Variationen durch Differenzbildung mit einem baugleichen, ortsfesten Cäsiumsensor bereits während der Messung eliminiert werden und nur noch magnetische Totalfeld-Anomalien zuzüglich eines Offsets aufgezeichnet werden. Das Varian-Scintrex V hatte eine Auflösung von 0,05 nT, das Meßfeld wurde in 0,5 m-Intervallen abgetastet. Der Dynamik-Umfang der Feldmessung betrug  $\pm 99.9$  nT in 2000 Schritten. Nach Datenbearbeitung und Definition eines Fensters im Histogramm mit einer Breite von 51.2 nT wurde ein Bild mit 256 Graustufen erzeugt,<sup>9</sup> was einer Reduktion der Auflösung auf 0,2 nT entspricht.

### Absorptionszellen-Magnetometer Scintrex Picodas CS2/MEP720

Nachfolger des Varian-Scintrex V beim BfD war das Scintrex Picodas CS2/MEP720, welches eine Auflösung von 0,001 nT bietet. Diese Spezifikation ist für die Prospektion von Bodendenkmälern

<sup>9</sup> Becker 1993.



Abb. 3  
 Prospektion mit dem  
 Absorptionsmagneto-  
 meter Varian-Scintrex  
 (H. Becker).

auf präparierten Flächen wünschenswert, ist aber in Troia bei unebenem Gelände und hohem archäologischen Rauschen (z. B. durch Tonscherben u. ä.) nicht erforderlich. Die Picodas-Messung in Troia 1994 fügt sich, auf 0,2 nT Auflösung reduziert, in das vorherige Datenmaterial ein.<sup>10</sup>

#### Absorptionszellen-Magnetometer GEOMETRICS G-858

Die Universität Münster beschaffte 1995 ein Cäsium-Magnetometer GEOMETRICS G-858AX mit zwei Sonden. Dieses Gerät ist für flächenhafte Messungen ausgelegt und lässt sich als Gradientometer oder als Zweispur-Magnetometer konfigurieren. Die Auflösung beträgt 0,05 nT bei 10 Meßwerten je Sekunde und zwei Sonden. Interessant ist die Möglichkeit, in Verbindung mit einer Basisstation (Protonen-Magnetometer GEOMETRICS G-856) simultan magnetische Totalfeld-Anomalien in zwei Niveaus *und* den Gradienten zu messen.

Norbert Blindow brachte diese Technik 1998 erstmals in Troia zum Einsatz. Für das einschließlich Akkus etwa 10 kg schwere Gerät wurde ein ergonomisches Tragegestell entwickelt. In den Kampagnen 1998–2001 wurde die Meß- und Positionierungstechnik weiter verfeinert. Je nach Fragestellung kam dabei die Gradienten- oder Zweispurtechnik zum Einsatz.

Ein GEOMETRICS G-858AX mit Basisstation und dem in Münster entwickelten Tragegestell wurde auch nachfolgend 2002–07 von Christian Hübner und Stefan Giese (Firma GGH, Freiburg)<sup>11</sup> in Troia eingesetzt. GGH erweiterte die Konfiguration auf zwei Konsolen mit insgesamt vier Sonden, so daß eine Zweispur-Gradientenanordnung oder eine Vierspur-Anordnung möglich wurde.

<sup>10</sup> Becker 2000.

<sup>11</sup> Firma Giese, Grubert und Hübner GbR, Freiburg.



## Vermessung und Positionierung

Während in der Zeit bis 1999  $20 \times 20$  m große Felder im Dörpfeld-System mit terrestrischen Methoden eingemessen wurden, kamen in den darauffolgenden Kampagnen zunehmend differenzielle GPS-Techniken für die präzise Einmessung von Meßfeld-Ecken zum Einsatz. Die Absteckung orientierte sich nicht mehr am Dörpfeld-System, sondern an den örtlichen Gegebenheiten und an Feldgrenzen, so daß die flächendeckenden Messungen effizienter wurden.

Die Positionierung der Magnetik-Messungen innerhalb eines Meßfeldes erfolgte mit Knopfdruck entlang markierter Laufleinen, die entsprechend von Linie zu Linie verlegt werden oder mit speziellen Weggebern entlang der Meßlinie. Die Technik der Knopfdruck-Markierung erfordert konstante Schrittgeschwindigkeit beim Gehen mit dem Magnetometer sowie geringe Reaktionszeiten. Es ergibt sich bei bidirektionalen Messungen ein systematischer Versatz benachbarter Linien von 0,2 m oder mehr, der durch Korrelations- oder Filtertechniken entfernt werden kann.

Prinzipiell kann eine fast fehlerfreie Positionierung in Linienrichtung mit elektronischen Weggebern erreicht werden, eine absolute Positionierung im cm-Bereich durch einen differentiellen GPS-Empfänger, der mit dem Magnetometer bewegt wird (aber in der Regel ein Störfeld verursacht).

## Auswertung

Ziel der Auswertung von Magnetometermessungen vor der Interpretation ist die Erstellung eines flächenhaften Plans der Meßwerte, dem Magnetogramm. In der Regel wird dieses als sogenannter Graustufenplot erstellt, d. h. die Amplituden der Meßwerte werden innerhalb eines sinnvollen Dynamikbereichs als Grauwerte codiert und in Kartenform zusammengefügt. Abhängig von der verwendeten Konfiguration sind zuvor verschiedene Korrektur-Schritte erforderlich bzw. in verschiedenen Phasen der magnetischen Prospektion in Troia verwendet worden, von denen wiederum einige fakultativ sind:

Abb. 4  
Prospektion mit dem Absorptionsmagnetometer Geometrics G 858; im Hintergrund Basisstation für Totalfeldmessung (N. Blindow).

Abb. 5  
Prospektion mit dem Absorptionsmagnetometer Geometrics G 858 als Zweispurmagnetometer (S. Giese).

### GEOSCAN FM-36

Reduzierung von Gerätedrift durch Abziehen eines linearen Trends, Reduzierung von Positionierungs- und Ausrichtungsfehlern durch spezielle Filter, Begrenzung des Dynamikbereichs. In der Anfangsphase 1988–92 stand noch keine Software und kein geeigneter Drucker für die Darstellung mit vielstufigen Grauwerten zur Verfügung. Deshalb wurden in dieser Zeit die Magnetogramme in der schlechteren Auflösung durch Punktdichteschrift mit Nadeldruckern erstellt.

### Scintrex-Cäsium-Magnetometer in Variometer-Betrieb

Korrektur von Positionierungsfehlern, Begrenzung des Dynamikbereichs und der Auflösung, Kontrastverstärkung durch Histogramm-Normierung und andere Bildfilter, erneute Begrenzung des Dynamikbereichs. Für die Publikation der Magnetogramme stand noch kein geeigneter Drucker zur Verfügung. Deshalb wurden die am Bildschirm hochaufgelösten Magnetogramme mittels Fotografie des Bildschirms reproduziert.

### GEOMETRICS G-858AX mit Basisstation

#### a. Gradiometer-Anordnung

Basiskorrektur der Meßwerte, Korrektur von Positionierungsfehlern, Korrektur von Headingfehlern, Koordinatentransformation vom lokalen Meßraster ins Dörpfeld-System, Trennung von Datensätzen für untere und obere Sonde sowie Gradient, Begrenzung des Dynamikbereichs der einzelnen Datensätze.

#### b. Zweispur-Anordnung

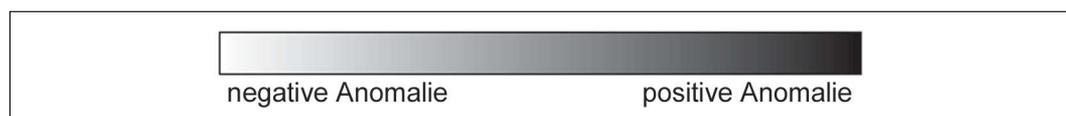
Basiskorrektur der Meßwerte, Umsortieren der beiden Spuren und Koordinatenzuordnung, Korrektur von Positionierungsfehlern, Korrektur von Headingfehlern, Koordinatentransformation vom lokalen Meßraster ins Dörpfeld-System, Begrenzung des Dynamikbereichs des Datensatzes.

#### c. Zweispur-Gradiometer-Anordnung bzw. Vierspur-Anordnung

Basiskorrektur, Umsortieren der Kanäle und weitere Bearbeitung wie bei a. bzw. b.

Als Konvention für die Graustufen-Darstellung der Troia-Magnetogramme wurde die folgende gewählt (Abb. 6):

Abb. 6  
Konvention der  
Graustufendarstellung  
der Anomalien des  
Magnetogramms.



Bei der Kombination von Ergebnissen verschiedener Meßgeräte und Konfigurationen ist folgendes zu beachten:

Magnetogramme von Vertikalgradienten haben geringere Amplituden als Magnetogramme der unteren Einzelsonde.

Gradienten der Vertikalkomponente beim FM-36 werden als Differenzen über 0.5 m Sondenabstand gewonnen, die mit einem Faktor 2 näherungsweise auf das bei Cäsium-Magnetometern übliche Maß von 1 m Sondenabstand hochgerechnet werden müssen. Bei einer Inklination von 57° beträgt der Meßeffect der Vertikalkomponente nur ca. 55 % von der des Totalfeldes, so daß hier ggf. mit weiteren Anpaßfaktoren im Bereich 2 gearbeitet werden muß.

Durch Bildbearbeitung kontrastverstärkte Daten haben keine echte Linearität mehr. Je nach Histogramm (Häufigkeitsverteilung der Amplituden) können Sprünge bei der Kombination mit angrenzenden Magnetogrammen in linearer Darstellung entstehen.

Über die zuvor beschriebenen Schritte der Datenaufbereitung hinaus wurde keine Nachbearbeitung mehr angewendet. Denkbar wären hier Methoden der Potentialtheorie wie Feldfortsetzung, Berechnung vertikaler Feldgradienten aus Daten nur eines Sensors, Reduktion auf den Pol. In Einzelfällen könnte eine Nachbearbeitung von Datensätzen hilfreich sein, jedoch läßt sich die Heterogenität der verschiedenen Epochen damit nicht homogenisieren. Der praktikabelste Weg zur Kombination und vereinheitlichenden Darstellung liegt in der visuellen Anpassung von Grauwerten und Kontrasten.

(N. Blindow)

## Zeitliche Einordnung der Untersuchungen

Bei der geophysikalischen Prospektion der Untersiedlung von Troia waren zwischen 1988 und 2007 verschiedene Teams beteiligt. In den 18 Kampagnen der geomagnetischen Kartierung wurden ca. 68 ha mit etwa 14 Millionen Meßwerten erfaßt. Die sich bisweilen überlagernden Prospektionsareale und der Zeitraum ihrer Untersuchung zeigen Abb. 7–11.

Die Durchführung der geophysikalischen Prospektion in der Unterstadt von Troia begann bereits im Jahr 1988. Ein Team um Hans Günter Jansen von der Universität Tübingen untersuchte 1988–98 systematisch Teile der südlich vorgelagerten Untersiedlung ausgehend von dem Grabungsareal I17.<sup>12</sup> Dabei wurde ein Fluxgate Gradiometer GEOSCAN FM 36 mit einer Genauigkeit von 0,3 nT eingesetzt. Erste Ergebnisse waren 1992 die ansatzweise Erschließung des römischen Straßensystems sowie einzelne Strukturen wie Hausgrundrisse, Wasserleitungen und Öfen (Abb. 7).<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Zum Team gehörten außerdem Jörg Wilhelm und Tobias L. Kienlin, Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Tübingen. Die zeitweise Mithilfe von Marianne Jansen, Erdmute Koppenhöfer und Şerafettin Taşkın sei dankend erwähnt.

<sup>13</sup> Jansen 1992, 61–69; Becker et al. 1993, 117–134; Becker – Jansen 1994, 105–114; Jansen et al. 1998, 275–284; Jansen 2002, 1029–1034; Jansen – Blindow 2003, 325–340; Jansen 2006, 309–316.

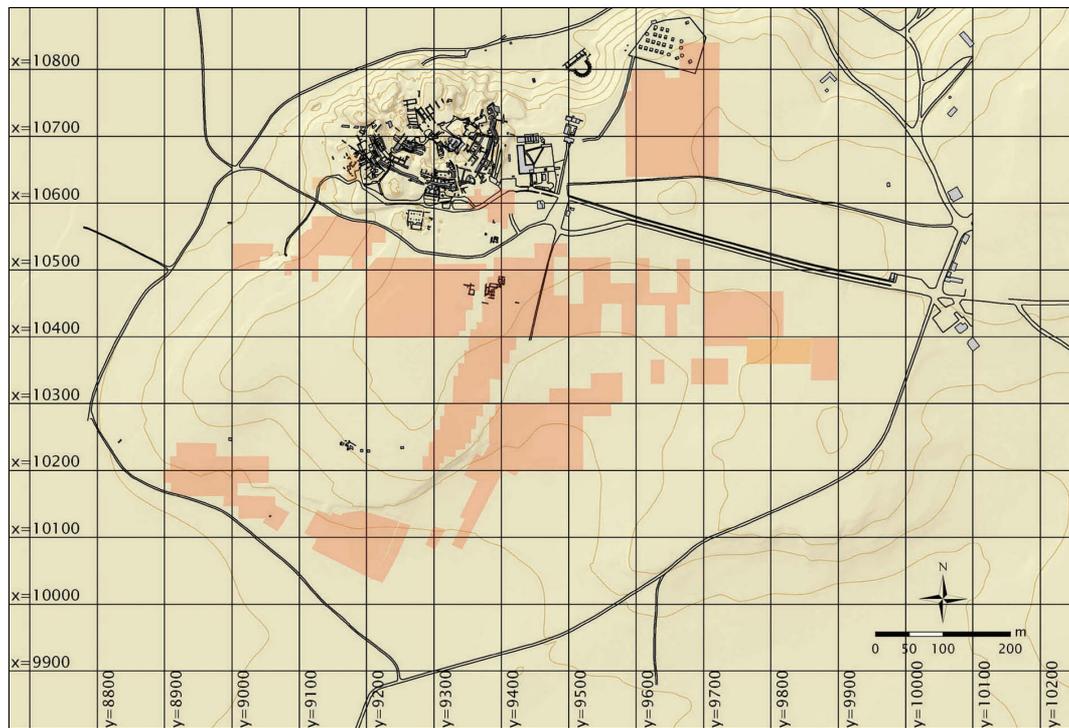


Abb. 7  
Prospektionsfläche mit  
Fluxgate-Gradiometer  
(Tübingen-Team  
1988–98).

Zusätzlich zu den Messungen mit der Fluxgate Technologie unternahmen 1992–94 Helmut Becker und Jörg Fassbinder<sup>14</sup> Messungen mit den hochempfindlichen Caesium-Magnetometern des BLfD. Ihnen gelang unter anderem die Auffindung der zwei spätbronzezeitlichen Felsgräben<sup>15</sup> sowie eines dazu gehörigen Tors im Süden der Unterstadt (Abb. 8).<sup>16</sup> Eine Fortsetzung der mit Hilfe eines Caesium-Magnetometers auf 0,1 nT genauen Kartierung der Außensiedlung stellten die Arbeiten von Norbert Blindow und seines Teams dar.<sup>17</sup> Unter Verwendung eines Geometrics Caesium-Magnetometers G 858 konnten sie in den Kampagnen 1998–2001 den Grabenverlauf im Südosten und Westen detektieren und die hellenistische Stadtmauer im Westen verifizieren (Abb. 9).<sup>18</sup>

Die Komplettierung der letztendlich fast lückenlosen geophysikalischen Untersuchung der Unterstadt erfolgte durch die Geologen Christian Hübner und Stefan Giese.<sup>19</sup> Sie prospektierten 2002–2007 mit einem Caesium-Magnetometer G 858 von Geometrics vor allem Bereiche im Osten der Unterstadt und Einzelflächen im gesamten Siedlungsareal (Abb. 10).<sup>20</sup> Die weitere Erfassung der römischen Siedlungsstruktur ist ihrer Arbeit zu verdanken.

<sup>14</sup> Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (BLfD) in München.

<sup>15</sup> Becker et al. 1993, 117–134; Becker – Jansen 1994, 105–114; Korfmann 1995, 7.

<sup>16</sup> Die Überprüfung durch eine Grabung ist publiziert bei Jablonka et al. 1994, 51–74 und Jablonka 1996, 65–96.

<sup>17</sup> Zum Team gehörten außerdem Maisha Amaru, Jens Balke, Manfred Lange, Sayan Pipatpan, Kathrin Schröder und Sandra Schumacher, alle Institut für Geophysik der Universität Münster.

<sup>18</sup> Blindow et al. 2000, 123–133; Jansen – Blindow 2003, 325–340.

<sup>19</sup> Firma GGH in Freiburg.

<sup>20</sup> Hübner – Giese 2006, 125–129.



Abb. 8  
Prospektionsfläche  
mit Scintrex/Picodas Ab-  
sorptionsmagnetometer  
(München 1992–94).



Abb. 9  
Prospektionsfläche mit  
Cäsium-Magnetometer  
(Münster-Team  
1998–2001).

Aus der Überlagerung der verschiedenen Prospektionsflächen (Abb. 11) geht hervor, daß das Ziel der Prospektion der gesamten potentiellen Fläche der Untersiedlungstadt bis auf einige unzugängliche Bereiche bis 2007 erreicht wurde. Gezielte Doppelmessungen sorgten dafür, daß der



Abb. 10  
 Prospektionsfläche mit  
 Cäsium-Magnetometer  
 (Freiburg-Team  
 2002–07).

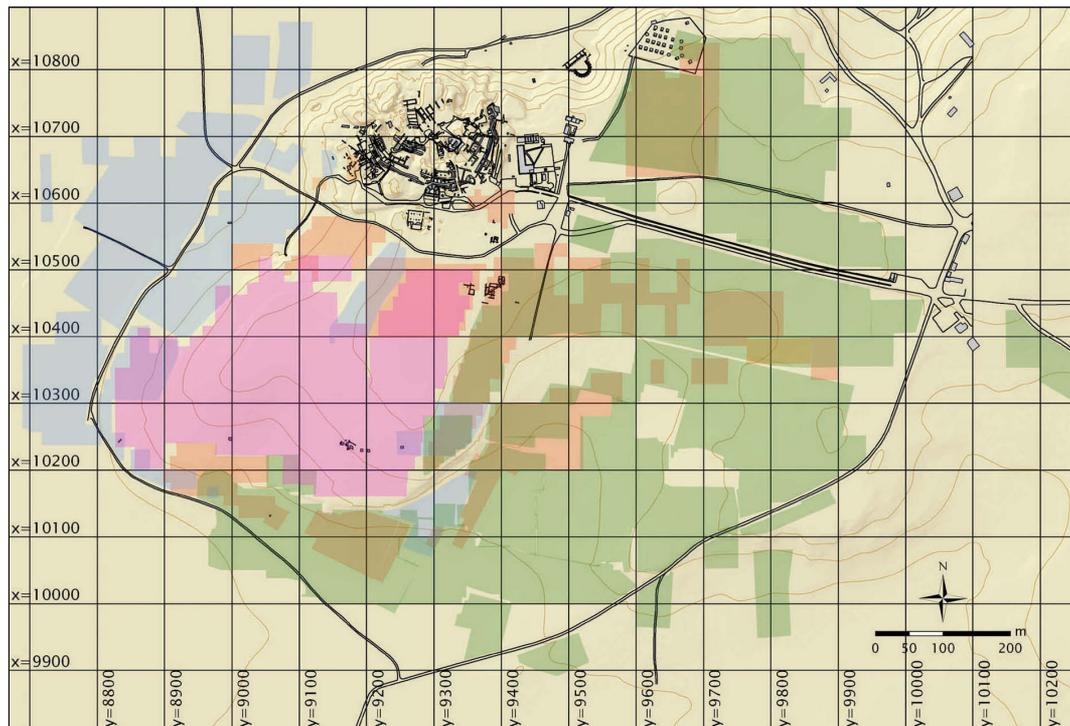


Abb. 11  
 Prospektionsfläche  
 Gesamtdarstellung  
 1988–2007.

überwiegende Teil der geplanten Fläche dabei mit einem der empfindlichen Cäsium-Magnetometer gemessen wurde, teilweise sogar sowohl als Totalfeld als auch in der Gradiometeranordnung. Die Daten wurden in dem Graphischen Informationssystem (GIS) des Projekts zusam-

men kartiert (Abb. 12).<sup>21</sup> In dieser Abbildung werden Qualitätsunterschiede der einzelnen Bereiche deutlich. Das ist dadurch bedingt, daß die Daten in unterschiedlichen Formaten angeliefert wurden.<sup>22</sup> Bei der hier vorgelegten Größe des Magnetogramms ist der Hinweis angebracht, daß hierfür eine starke Datenkompression erfordert wird. Daher ist sie nicht gut geeignet, um sie etwa als Grundlage für Planungen von Sondagen zu nutzen. Für diesen Zweck sollte nach Möglichkeit die detaillierte Datenbasis im GIS herangezogen werden.

(Ch. Hübner)

## Zusammenfassende Interpretation der Magnetogramme

### Vorbemerkung

Bei der Betrachtung der Magnetogramme der Unterstadt von Troia fallen vor allem das gleichförmig orthogonale hellenistisch-römische Straßensystem und andere nachbronzezeitliche Befunde ins Auge. Durch die starken Ausprägungen dieser oberflächennahen jüngeren magnetischen Anomalien werden ältere Befunde überlagert und sind nur erschwert zu detektieren. Die

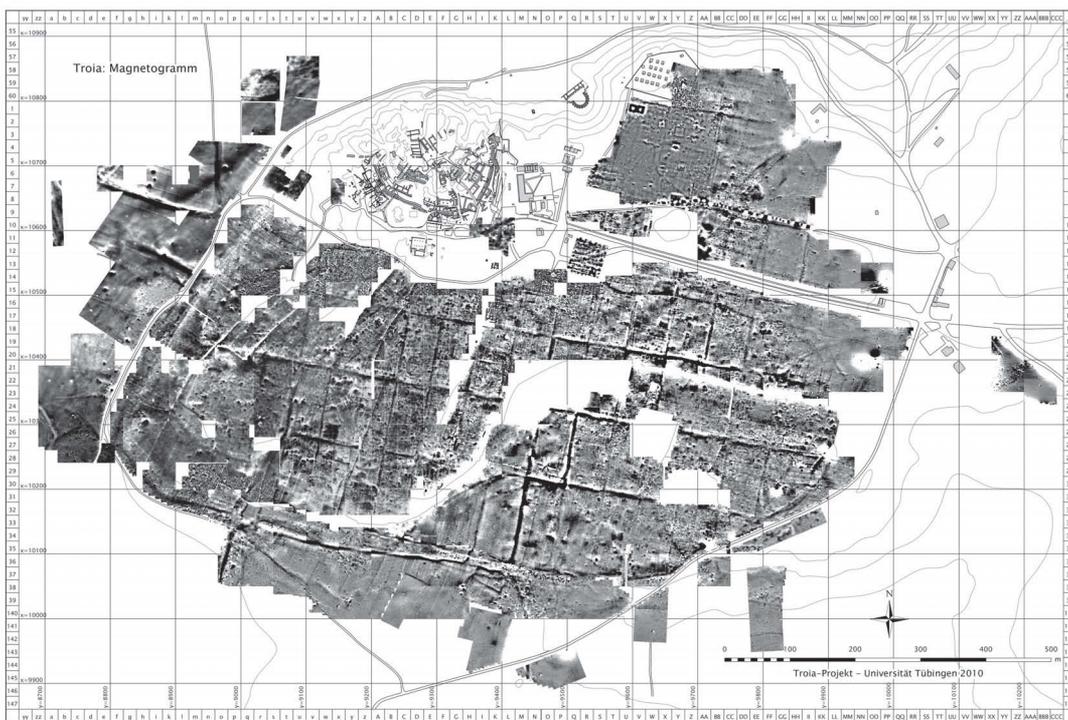


Abb. 12  
Gesamt-  
magnetogramm.

<sup>21</sup> Die Erstellung des Gesamtmagnetogramms (Abb. 11) sowie auch der Interpretationskarte (Abb. 12) aus dem GIS hat dankenswerterweise Peter Jablonka übernommen.

<sup>22</sup> So standen die Magnetogramme des BfD nur als Bildschirmfotos zur Verfügung, die eingescannt werden mußten. Eine Aufarbeitung der Originaldaten ist eingeleitet worden.

wichtigen Strukturen sollen im Folgenden genauer besprochen werden. Eine Übersicht der hauptsächlichlichen Ergebnisse zeigt Abb. 13.

Manche anfängliche Deutungen mußten im Lauf der zwei Jahrzehnte währenden Untersuchungen infolge einer Ausweitung der prospektierten Fläche oder durch die Ergebnisse der klärenden archäologischen Sondagen revidiert werden. Das liegt in der Natur von Vorberichten. Für die Lokalisierung unterschiedlicher Strukturen wird dabei wahlweise das Dörpfeld-System (Unterteilung der Fläche in Areale von 20 m mit zugeordneten Buchstaben bzw. Zahlen) oder auch die laufenden Koordinaten des modernen Vermessungssystems benutzt, eingeführt durch Eberhard Messmer.<sup>23</sup>

Zunächst ist festzuhalten, daß kontrastreiche oder scharfkantig erscheinende Lineamente durch rezente Veränderungen der Oberfläche bedingt sein können. Hierzu zählen Böschungskanten oder Grundstücksgrenzen, die bei der Feldbearbeitung weniger verändert werden als die umgrenzte Fläche. Schließlich spielen auch nur schwach sichtbare Erosionsrinnen eine Rolle. Es empfiehlt sich also, vor Schlüssen auf archäologisch relevante Anomalien die Katasterkarte der Unterstadt und/oder die topographische Karte mit heranzuziehen.<sup>24</sup> Des weiteren sind einige starke ferromagnetisch bedingte Anomalien in der Osthälfte wie Stacheldrahtzäune<sup>25</sup> und Strommasten<sup>26</sup> sowie eine nördlich der Zufahrtstraße zur Ruine verlegte Trinkwasserleitung<sup>27</sup> und im Westen eine Pumpstation<sup>28</sup> besonders bei der Totalfeldmessung für Überstrahlungen der archäologischen Strukturen verantwortlich.

### Hellenistisch-römische Schichten (Troia VIII–IX): Straßen und *insulae*

Die Interpretation der langen linearen und weitgehend orthogonalen Verläufe im Magnetogramm als römisch-hellenistisches Straßensystem kann aufgrund der Anordnung sowie gezielter Nachgrabungen als gesichert gelten. Es muß allerdings betont werden, daß eine genaue archäologische Zuordnung bisher nur im zentralen Bereich von IK18 und K13 in den Anfangsjahren 1988–90 untersucht wurde.

Die römischen Straßen sind wahrscheinlich im Mittel um die 5 m breit. Die West-Ost verlaufende sog. Gökhan-Straße, die inmitten der Arealen IK18 und K18 freigelegt wurde, ist ca. 6 m breit.<sup>29</sup> Die Straßen haben einen Großplattenbelag aus Kalkstein, soweit sie durch Sondagen freigelegt wurden. Parallel zu den Straßen verläuft zumeist ein Abwasser- bzw. Frischwassersystem

<sup>23</sup> Messmer 1992, 71. Hier muß hervorgehoben werden, daß sowohl das Dörpfeld-Raster als auch das dazu angepaßte aktuelle Koordinatensystem um 5,509 Grad gegen geographisch Nord (wGS84) verdreht ist.

<sup>24</sup> Messmer 1998.

<sup>25</sup> Der Verlauf der 1988 vorgefundenen und bis 1998 unveränderten Umzäunung der ursprünglichen archäologischen Schutzzone ist dem topographischen Plan Messmer 1998 zu entnehmen.

<sup>26</sup> Erkennlich als kreisförmige Anomalien mit bis zu 30 m Durchmesser, etwa bei (N 10740, E 9850); (N 10600, E 9890); (N 10530, E 9990); (N 10400, E 9950); (N 10250, E 9890); (N 10200, E 9810).

<sup>27</sup> Die Leitung folgt dem älteren Fußweg von Tevfikiye zur Ruine, siehe topographischer Plan Messmer 1998.

<sup>28</sup> Blindow et al. 2000, Abb. 3 (N 10540, E8930).

<sup>29</sup> Jansen 1992, 63 und Jansen et al. 1998, 280.

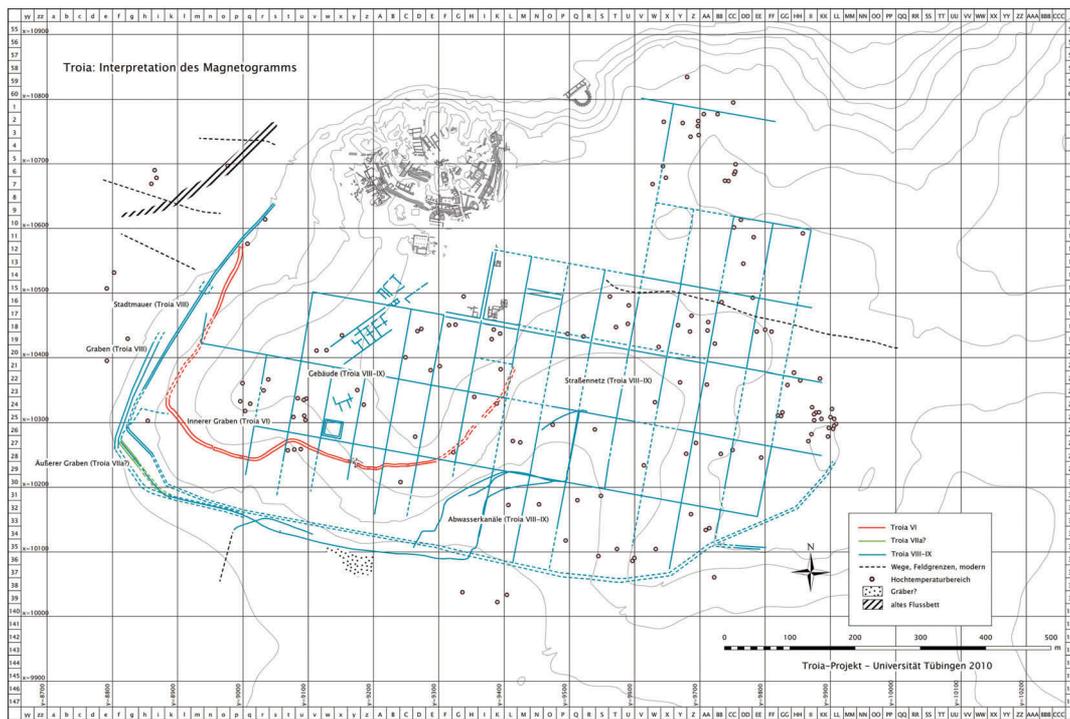


Abb. 13 Interpretation der Hauptstrukturen der Magnetik-Prospektion.

(offene Kanäle<sup>30</sup> bzw. Tonröhren).<sup>31</sup> Letztere verursachen starke, lineare Dipol-Anomalien in den Magnetogrammen.

In den Bereichen, in denen die Signaturen der Straßen weniger deutlich ausgeprägt sind, ist von einem Fehlen des Plattenbelags aufgrund von Steinraub oder einem unvollendeten Zustand auszugehen. Besonders in der östlichen Hälfte des Siedlungsgebiets sind in der Regel lediglich die Lineamente der Wasserversorgung oder der Abwassergräben entlang der Straßenführung zu identifizieren. Letztere werden durch Ablagerung von hoch permeablem Oberflächenboden in den Rinnen als positive Anomalie sichtbar.

Trotz der fast flächigen Sichtbarkeit des Straßensystems im Magnetogramm ist eine Zuordnung der Hauptstraßen als *cardo* oder *decumanus* unsicher. Die West-Ost verlaufende sog. Gökhan-Straße könnte durch ihren Verlauf durch die größte Länge von Ilion sowie ihre um 1–2 m größere Breite als *decumanus* bezeichnet werden.<sup>32</sup> Allerdings ist im Westen kein entsprechendes Tor zu erwarten, da an dieser Stelle die Felsstufe zu steil ist. Die Identifizierung des *cardo* mit der sog. Ayşe-Straße ist etwas eindeutiger.<sup>33</sup> Die Straße führt direkt an der Agora und dem Temenos des Athenatempels entlang und bildete wohl in ihrer Verlängerung den Zugang zum Theater A. Im Süden ist allerdings auch hier im Magnetogramm kein Tor zu erkennen.

<sup>30</sup> Der Kanal der Gökhan-Straße beispielsweise ist 1,5 m tief und in *opus caementitium* gebaut.

<sup>31</sup> Korfmann 1991, 17 Abb. 17–21; bereits von Jansen 1992, 65 wurde vermutet, es könne sich in O19 um einen (Sammel-)Kanal handeln, der parallel der Straße verläuft.

<sup>32</sup> Jansen et al. 1998, 280.

<sup>33</sup> Korfmann 1991, 17 Abb. 23: Sondage in K13.

Bereits im Anfang der Prospektionsarbeiten wurde klar, daß zwar die Länge der *insulae* über einen Großteil der Unterstadt annähernd konstant sei, ihre Breite aber in verschiedenen Bereichen differierte. Die in den verschiedenen Vorberichten vorgeschlagenen Straßenpläne fielen daher unterschiedlich aus.<sup>34</sup> Die Zunahme der prospektierten Fläche, besonders in der Osthälfte 2002–06 erlaubte dann eine zunehmend präzisere Interpretation.<sup>35</sup>

Wenn von einer mittleren Breite der Straßen von 5 m ausgegangen wird, ergeben sich bei den Distanzmessungen im GIS unterschiedliche Breiten der Innenmaße der *insulae*. So messen sie im westlichen Drittel der Unterstadt etwa  $46 \times 107$  m, im zentralen Drittel etwa  $51\text{--}54 \times 107$  m und im östlichen Drittel  $54\text{--}56 \times 107$  m.<sup>36</sup> Dies würde in römischen Fuß (1 pes romanus entspricht 0,2962 m)<sup>37</sup> etwa die Maße (von West nach Ost)  $155 \times 360$  römische Fuß,  $172\text{--}182 \times 360$  römische Fuß und  $182\text{--}189 \times 360$  römische Fuß ergeben. Im nördlichen zentralen Bereich konnte innerhalb zweier *insulae* eine weitere Unterteilung durch einen Weg festgestellt werden.<sup>38</sup> In einer *insula* gibt es einen Anhaltspunkt für eine Unterteilung in  $2 \times 4$  Parzellen oder Gebäudekomplexe.<sup>39</sup>

Die *insulae* werden zwar nach Osten breiter, die Straßen sind aber in allen Bereichen nahezu parallel bzw. rechtwinklig zueinander gebaut. Das Raster ist gegen »Dörpfeld-Nord« um ca. +10 Grad gedreht. Im Bereich südlich der Zitadelle bis etwa zur Gökhan-Straße, der auch die vermutete Agora<sup>40</sup> einschließt, ist allerdings diese Orientierung – auch bei den Gebäudespuen – im Magnetogramm nicht zu identifizieren.<sup>41</sup> Hier weichen besonders die Nord-Süd verlaufenden Strukturen zum Teil in ihrer Orientierung deutlich davon ab. Auffällig ist im Bereich (N 10400–10500, E 9150–9250) eine annähernd 100 m lange Gebäudestruktur, die um etwa 45 Grad gegen die Achsen des hellenistisch-römischen Straßensystems verdreht ist. Hierbei könnte es sich um eine spätrömische oder byzantinische Überbauung handeln. Eine gesicherte Erklärung kann nicht gegeben werden, da es an Kontrollgrabungen fehlt.

An dieser Stelle ist noch auf zwei deutliche negative lineare Anomalien in den Arealen u17 bis q20 bzw. p18 bis h28 hinzuweisen. Sie scheinen auf den ersten Blick ähnlich wie die letztgenannte Orientierung zu verlaufen, doch resultieren sie aus 2–3 m hohen Böschungskanten. Östlich dieser linearen Anomalien läßt sich eine weitere gebogene, lineare Struktur von D15 bis A20

<sup>34</sup> Ältere Angaben in den Vorberichten waren: Jansen et al. 1998, 279–280: im zentralen Siedlungsbereich  $51 \times 110$  m ( $170 \times 370$  röm. Fuß) und östlich der Nord-Süd verlaufenden sog. Ayşe-Straße durchschnittliche Breite 58 m (196 röm. Fuß); Becker – Jansen 1994, 110: übliches Maß  $160 \times 360$  röm. Fuß, die südöstlichen *insulae* östlich der Linie E 9300 weisen eine Bebauungsfläche von  $180 \times 360$  röm. Fuß auf; Becker et al. 1993, 122: angenommener Wechsel auf  $180 \times 360$  röm. Fuß im westlichen Bereich, diese Angaben wurden bereits 1994 korrigiert.

<sup>35</sup> Hübner – Giese 2006, Abb. 4 und Jansen 2006, Abb. 12.

<sup>36</sup> Becker – Jansen 1994, 112 stellten nördlich der Linie N 10400 eine *insula*-Größe von  $180 \times 200$  röm. Fuß fest und postulierten eine generelle Verkürzung der *insulae* nördlich der Gökhan-Straße; diese Angaben sind anhand der neueren Abmessungen im GIS nicht mehr zu bestätigen.

<sup>37</sup> Becker et al. 1993, 120.

<sup>38</sup> Die zwei quasi halbierten *insulae* im Zentralbereich der Unterstadt messen: 1. *insula* in HL19/23: südlicher Teilbereich ca.  $48 \times 54$  m (ca.  $162 \times 182$  röm. Fuß) sowie nördlicher Teilbereich  $54 \times 54$  m (ca.  $182 \times 182$  röm. Fuß); 2. *insula* in MO16/18 (Angabe nur zum südlichen Teilbereich möglich):  $54 \times 54$  m (ca.  $182 \times 182$  röm. Fuß).

<sup>39</sup> Becker – Jansen 1994, 110 und Jansen 2006, 314–315 Abb. 8.

<sup>40</sup> Korfmann 1991, 22 Abb. 21: sie wird südlich des Bouleuterions (Theater B) und des Odeions (Theater C) vermutet.

<sup>41</sup> Jansen 1992, 65; Jansen et al. 1998, 278; Blindow et al. 2000, 130–131 Abb. 11.

verfolgen. Hier liegt ebenfalls eine flache Böschungskante vor, die allerdings auch einen Mauerzug verbergen kann, der aber bis auf eine aufgehende Mauerecke aus *opus reticulatum* in C15 bisher nicht nachgewiesen ist. Die lineare Anomalie von B22 nach x32 ist wiederum deckungsgleich mit dem Verlauf einer Böschungskante.

Die Vorstellung eines einheitlich geplanten, zentral ausgerichteten Straßensystems wird durch die unterschiedlichen Flächenmaße der *insulae*, den unklaren Verlauf der Hauptachsen sowie die abweichende Orientierung im Westen erschwert. Eine denkbare Erklärung für diese Unregelmäßigkeiten ist, daß sich die Straßenverläufe an den vorgefundenen hellenistischen Straßen orientierten<sup>42</sup> und keine rein römische Grundplanung vorliegt.<sup>43</sup>

## Gebäude

Besonders im Zentralbereich der untersuchten Fläche finden sich zahlreiche oberflächennahe lineare Strukturen, die zum großen Teil der durch das Straßenraster vorgegebenen Orientierung folgen und daher als Spuren der Bebauung angesprochen werden können. Dieser Zentralbereich liegt in erster Näherung zwischen N 10200 und 10600 sowie E 9100 und 9500, Außerhalb dieses Bereiches, besonders im Südosten, sind teilweise nur geringe Bebauungsspuren in den *insulae* auszumachen, was vielleicht auf überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen hindeutet, die gleichwohl mit Bewässerungs- und Entwässerungsgräben versehen waren. In den niedriger gelegenen Flächen ist allerdings auch eine stärkere Überdeckung durch Sedimentation zu vermuten.

Man findet im Zentralbereich unzählige lineare Strukturen, die innerhalb der einzelnen *insulae* als Mauerzüge zu erkennen sind. Exemplarisch sind in zwei Vorberichten<sup>44</sup> diese Lineamente in den Auswertungsplänen enthalten, die teilweise durch schwach abweichende Orientierung auf eine Mehrphasigkeit schließen lassen. Sie sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in Abb. 13 nicht wiederholt. Daneben gibt es verschiedentlich Hausgrundrisse, die sich entweder bereits in der Magnetik eindeutig voll abzeichnen oder durch Grabungen ermittelt werden konnten. Auf einzelne soll an dieser Stelle verwiesen werden, eine Gesamtübersicht der Gebäudeinterpretationen harret jedoch einer späteren Bearbeitung.

Ein Gebäude zwischen L15 und M15 dürfte wegen der unterschiedlichen Ausrichtungen der linearen Strukturen (Mauern) als mehrphasig zu interpretieren sein. Die Grundmauern sind deutlich im Magnetogramm zu erkennen.<sup>45</sup> In H16/17 wurde ein bereits im Magnetogramm sichtbares, ca. 15 × 20 m großes Fundament eines Peristylhauses in einer Grabung verifiziert.<sup>46</sup> Ein weiteres, bisher unausgegrabenes Gebäude befindet sich in den Quadranten FG16/17.<sup>47</sup> Ein langrechteckiger Gebäudekomplex liegt in Areal AB21/22, der von Becker und Jansen als Säu-

<sup>42</sup> Jablonka 1996, 77: Überlagerungen konnten in der Grabung 1995 belegt werden.

<sup>43</sup> Jansen et al. 1998, 280 und Becker – Jansen 1994, 112.

<sup>44</sup> Becker et al. 1994, Abb. 4; Hübner et al. 2006, Abb. 5.

<sup>45</sup> Jansen 1992, 65 Abb. 5–6.

<sup>46</sup> Jansen 1992, 66 Abb. 7 und Jansen 2006, 313.

<sup>47</sup> Becker et al. 1993, 122.

lenhalle interpretiert wird.<sup>48</sup> Bei dem Gebäude im Areal yzA30/31 vermutet Becker, daß es sich um einen Apsidenbau (Basilika, Kirche o. ä.) handelt.<sup>49</sup>

Besonders hervorzuheben ist ein quadratischer großer Bau in wx26. Dieses Bauwerk hat eine Außenmauer aus Kalkstein, während im Inneren gebrannte Ziegel verbaut wurden.<sup>50</sup> Letztere dürften die Ursache für die starke positive Anomalie im Magnetogramm sein. Dieser Bau fügt sich mit seiner Grundfläche gut in das oben beschriebene Bild der in  $2 \times 4$  Einheiten unterteilten *insulae*.

Ein deutlich in der Orientierung abweichendes Gebäude fällt bei N 10340, E 9150 auf. Eine Sondage im Quadranten x24 identifizierte eine spätrömische Überbauung,<sup>51</sup> die in etwa die gleiche Drehung um ca. 45 Grad aufweist, wie der weiter oben aufgeführte große Gebäudekomplex.

Ferner wurde im Südwesten des Burghügels in den Planquadraten x7/8 vorbereitend zu einer Grabung die nähere Umgebung des hellenistischen Heiligtums untersucht.<sup>52</sup> westlich des Heiligtums konnte eine lineare Anomalie detektiert werden, die sich bei einer Sondage als eine abgestufte, 1,50 m breite Mauer aus hellenistischer Zeit herausstellte. Sie dürfte ein Teil der Temenosmauer des Heiligtums sein.<sup>53</sup>

## Befestigungsanlagen und Abwassersysteme

Im Westen der Unterstadt konnte die Stadtmauer<sup>54</sup> nachgewiesen werden, die bereits Dörpfeld in diesem Bereich vermutet hatte.<sup>55</sup> Sie orientiert sich allerdings nicht, wie von ihm angenommen und in den Anfangsjahren vom jetzigen Troia-Projekt übernommen, an dem 4–5 m hohen Abfall einer natürlichen Terrasse, sondern verläuft zwischen 50 bis 100 m weiter westlich in der Ebene. Insofern ist auch die von Becker postulierte Lage eines Westtores zu revidieren.<sup>56</sup> Die Position der Mauer kann auf einer Länge von nahezu 400 m als eine negative lineare Anomalie erkannt werden, die auf einen Mauerzug im Untergrund hinweist, denn sie erstreckt sich über alle Feldgrenzen hinweg. Dies bestätigte auch die Kontrollgrabung in Areal p12 westlich der Quelhöhle.<sup>57</sup> Es handelt sich um eine doppelschalige, etwa 2,5–3 m breite hellenistische Mauer, die in eine Abarbeitung im Felsen eingebettet ist.<sup>58</sup> Vorgelagert ist dieser Mauer ein U-förmig in den

<sup>48</sup> Becker – Jansen 1994, 110; Anmerkung dazu: die hier erkannte Fortsetzung der Struktur in z21/22 konnte bei einer erneuten Betrachtung nicht bestätigt werden, allerdings liegen von diesen Messungen nur Bildschirmfotos vor.

<sup>49</sup> Becker et al. 1993, 123.

<sup>50</sup> Becker – Jansen 1994, 110.

<sup>51</sup> Jablonka 2006, 17–21.

<sup>52</sup> Blindow et al. 2000, 130 Abb. 10.

<sup>53</sup> Korfmann 2000, 1 Abb. 18.

<sup>54</sup> Zum hellenistischem Befestigungssystem siehe Aylward – Wallrodt 2003, 89–112.

<sup>55</sup> Dörpfeld 1902, Taf. II.

<sup>56</sup> Becker et al. 1993, 122 Abb. 4.

<sup>57</sup> Korfmann 2001, 27–29 Abb. 27 und Jansen 2002, 1029.

<sup>58</sup> Jansen 2006, 315 Abb. 10; Korfmann 2001, 32 Abb. 27; zu Datierungsvorschlägen siehe Korfmann 2001, 33 (3. Jh. v. Chr.) und Aylward – Wallrodt 2003, 92, 101–105 (verschiedene pergamenische Herrscher).

Fels gehauener Graben, der in f26 verifiziert wurde.<sup>59</sup> Er dürfte als Verteidigungsgraben in hellenistischer Zeit gedient haben und in frühromischer Zeit aufgefüllt worden sein.<sup>60</sup> Eine nahezu quadratische Verbreiterung der Mauer auf ca. 12 × 12 m bei mn15 (N 10500, E 8950) könnte die Spur eines Turms sein.

Im Süden der Unterstadt wurde der weitere Verlauf der hellenistischen Stadtmauer auf etwa 850 m kartiert. Vor dieser Struktur enden die antiken Wege. Spuren von Befestigungstürmen wurden im Magnetogramm nicht erkannt.<sup>61</sup> Im westlichen Abschnitt ist die Stadtmauer auf etwa 20 m unterbrochen. Hier könnte eine Torsituation vorliegen.<sup>62</sup> Die Unterbrechung der Stadtmauer im östlichen Abschnitt (Abb. 13) resultiert aus einer Hangkante, in deren Bereich keine Messungen durchzuführen waren.

Der Ostabschnitt der Stadtmauer konnte in den Magnetogrammen nicht vollständig erkannt werden. Nahe dem Südabschnitt scheint sich die Mauer zu teilen. Zumindest sind hier zwei lineare Anomalien kartiert worden, die beide aus der Stadtmauer resultieren können. Eine Entscheidung über den tatsächlichen Verlauf muß einer Grabung vorbehalten bleiben. Es wurden weiterhin vereinzelt lineare Strukturen im Osten gefunden, die aber aufgrund der breiten Unterbrechungen nicht sicher in Zusammenhang mit der Stadtmauer zu setzen sind. Denkbar ist aber ein Verlauf außerhalb der Meßflächen. Im Nordabschnitt kann nur eine kurze lineare Signatur der Stadtmauer zugeordnet werden. Ihr Verlauf zwischen NO-Bastion, Theater A und weiter in Richtung Osten ist aber relativ wahrscheinlich.

Vorgelagert sind der südlichen und westlichen Befestigungsanlage römische bzw. hellenistische Gräben, die als Wassergräben durch Sondagen (u. a. in g28<sup>63</sup>; s34<sup>64</sup>; w35; F36<sup>65</sup>) bestätigt sind.<sup>66</sup> Die Grabenkante liegt unter etwa 2 m tiefen Sedimenten.<sup>67</sup> Der Verlauf ist etwa West-Ost. In Quadrat H36 biegt einer der Gräben nach Norden ab und durchstößt die Stadtmauer bergauf und scheint im weiteren Verlauf deckungsgleich mit einer der Straßen zu sein. Diese mündet im weiten Bogen in eine West-Ost verlaufende Straße.<sup>68</sup>

Weitere Gräben sind außerhalb der südlichen Stadtmauer nachzuvollziehen, und ein Rückhaltebecken ist laut Jablonka eventuell in der Nähe des 1995 gezogenen Baggerschnittes s34 in den benachbarten Quadraten zu erwarten.<sup>69</sup> Die Ableitung des Wassers dürfte in die westliche Ebene

<sup>59</sup> Korfmann 2001, 29–36 Abb. 28.

<sup>60</sup> Korfmann 2001, 36.

<sup>61</sup> Siehe noch die Vermutungen bei Aylward – Wallrodt 2003, 99, 105 Abb. 11.

<sup>62</sup> Hübner – Giese 2006, 128.

<sup>63</sup> Jablonka 1996, 78–84 und Jansen et al. 1998, 276: ein Spitzgraben, der durch i30 weiter verläuft.

<sup>64</sup> Jablonka 1996, 84–86 Abb. 12: Verfüllung am Ende der hellenistischen Zeit; bis zu 9 m breit in dieser Sondage; ebd. 87–90: der hellenistische (Verteidigungs-?) Graben in s34 wurde in römischer Zeit als Sammelkanal für die aus der Stadt führenden Kanäle nachgenutzt.

<sup>65</sup> Becker et al. 1993, 127–129 Abb. 9; F36 eine ehemals wasserführende, nach oben offene, U-förmige Leitung, etwa 0,7 m breit und 0,3 m tief; in w35 konnte nur eine hartgesinterte Schicht mit überlagertem Sand-Keramik-Gemisch in 2,5 m Tiefe ausgemacht werden, ein mit F36 vergleichbarer Baubefund fehlt, der Abfluß von Wasser an dieser Stelle ist aber nachweisbar: Jablonka 1996, 84–85 Abb. 14.

<sup>66</sup> Jansen et al. 1998, 275–276 Abb. 2 und Becker et al. 1993, 127 Abb. 8.

<sup>67</sup> Jansen et al. 1998, 276.

<sup>68</sup> Becker et al. 1993, 127.

<sup>69</sup> Jansen et al. 1998, 276 verweist auf Jablonka 1996, 84–85.

erfolgt sein.<sup>70</sup> Möglicherweise sind einige Lineamente in der Ebene römischen Gräben zuzuordnen.<sup>71</sup> Denkbar ist aber auch eine Ableitung des Wassers aus der Stadt in südlicher Richtung, markant ist hier beispielsweise eine lineare Struktur von p34 nach o38, die in dieser Richtung verläuft. Ein Gefälle konnte in den Sondagen nicht ermittelt werden.<sup>72</sup>

Auch in die Verfüllung des zweiten spätbronzezeitlichen Grabens Troias wurde – so der Befund in der Sondage g28 – in römischer Zeit ein wohl Wasser führender Spitzgraben eingetieft.<sup>73</sup>

### Hochtemperaturbereiche

Insgesamt wurden im Unterstadtgebiet weit über 100 starke Nord-Süd orientierte Dipol-Anomalien in den Magnetogrammen detektiert (Abb. 12–13), die auf Hochtemperaturbereiche hinweisen.<sup>74</sup> Sie befinden sich im gesamten Siedlungsbereich und außerhalb der Stadtmauer. Eine Konzentration ist im südöstlichen Randbereich zu erkennen, wo auch während der Geländebegleitung vermehrt Lesefunde von Schlacken gemacht wurden.<sup>75</sup> Hier sind Schmelzöfen zu erwarten. Eine sichere Datierung ist aus diesen Informationen nicht abzuleiten, aber aus der räumlichen Verteilung außerhalb der Kernsiedlungszone liegt die Folgerung nahe, diese größtenteils in die römisch-hellenistische Zeit zu datieren.

Die Hochtemperaturbereiche können nur durch Kontrollgrabungen als Töpfer-/Schmelz- und andere Öfen bzw. Brandstellen genauer angesprochen werden. Eine der Überprüfungen erfolgte 1991 anhand der Sondage eines Hochtemperaturbereichs in Areal Y59 innerhalb des heutigen Grabungsdorfes. Es wurden Reste eines Keramikbrennofens freigelegt, der wohl in die frühe römische Kaiserzeit zu datieren ist.<sup>76</sup> Ein weiterer Ofen wurde 1990 prospektiert und 1997 in Areal X2 freigelegt und als Töpferofen verifiziert.<sup>77</sup>

### Spätbronzezeitliche Schichten (Troia VI/VII) – die Felsgräben

Schon bald nach dem Beginn der magnetischen Prospektion der Unterstadt wurde klar, daß die Empfindlichkeit des zunächst eingesetzten Fluxgate-Gradiometers nicht ausreichen würde, um unter den oberflächennahen römischen Befunden die durch die größere Tiefe (im allgemeinen zwischen 2 und 3 m) bedingten schwächeren Anomalien von bronzezeitlichen Strukturen zu registrieren. Schon der erste Einsatz eines empfindlichen Cäsiumabsorptions-Magnetometers er-

<sup>70</sup> Jansen – Blindow 2003, 332.

<sup>71</sup> Jansen – Blindow 2003, 336.

<sup>72</sup> Jablonka 1996, 87.

<sup>73</sup> Jablonka 1996, 68. 82–83.

<sup>74</sup> Zur weiteren Erläuterung der Dipol-Anomalien, die von Hochtemperaturbereichen ausgehen siehe Jansen 2002, 1030–1033 Abb. 4.

<sup>75</sup> Hübner – Giese 2006, 128 Abb. 4.

<sup>76</sup> Jansen 1992, 66 Abb. 8 und Rose 1998, 99.

<sup>77</sup> Jansen 2002, 1032–1033 Abb. 2–3; Jansen 2006, 315 Abb. 11; Rose 1998, 99–100 Abb. 25–26.

wies sich als richtungsweisend. Neben den deutlich verifizierten orthogonalen hellenistisch-römischen Straßen- und Gebäudespuren wurde im Bereich N 10230, E 9170 bis E 9270, also über eine Länge von 100 m, eine unregelmäßig verlaufende und etwas diffuse positive Anomalie sichtbar, die nach einer ersten Modellrechnung als die Spur einer Lehmziegelmauer auf dem Felsuntergrund interpretiert wurde.<sup>78</sup> Die hierbei angenommene Tiefe des gewachsenen Felsens von 3 m sollte sich bei der darauf folgenden Sondage in den Quadraten z29 und A29 als falsch erweisen: in dem erschlossenen Bereich stand der Fels infolge massiver Erosion bereits in einer Tiefe von 0,5 bis 1 m an. Die gemessene positive Anomalie wurde nicht durch eine Mauerstruktur, sondern vielmehr durch einen in den Kalksandsteinfels eingetieften Graben von etwa 3 m Breite und bis zu 2 m Tiefe verursacht, der im weiteren Verlauf dann durch spätbronzezeitlichen Oberflächenboden hoher magnetischer Suszeptibilität infolge Erosion aufgefüllt wurde.<sup>79</sup> Dieser Befund führt zu einem ähnlichen magnetischen Kontrast, wie die zunächst angenommene Lehmziegelmauer. Der Felsgraben konnte in der Folge über eine Länge von 340 m in west-östlicher Richtung prospektiert werden.<sup>80</sup>

Auf die Diskussion der nicht einhellig akzeptierten archäologischen Interpretation als Verteidigungsgraben oder Annäherungshindernis für spätbronzezeitliche Streitwagen soll hier nicht eingegangen werden. Offen muß bei dieser Diskussion auch bleiben, ob in der Nähe der dem Burgberg zugewandten Seite des Grabens noch Reste eines Walles oder gar einer Mauer zu finden sind. Zwei rechteckig erscheinende Rasterstrukturen, die irrtümlich als Fundamente einer dem Graben folgenden Steinkastenmauer interpretiert wurden,<sup>81</sup> konnten in der nachfolgenden Sondage nicht als solche verifiziert werden. Sie erwiesen sich als byzantinische Abarbeitungen im Fels.<sup>82</sup>

An zwei Stellen ist die Anomalie über eine Länge von einigen Metern unterbrochen.<sup>83</sup> Durch Grabung an einer dieser Stellen (Quadrat y 28/29) wurde eine Unterbrechung des Grabens nachgewiesen, hinter der sich die Pfostenlöcher von Palisadenstrukturen fanden. Dieser Befund wird als Tordurchlaß interpretiert.<sup>84</sup> Im Westen biegt der Graben in Quadrat n28 nach Nordwesten um. Nach etwa 120 m ist in Quadrat i25 undeutlich eine Richtungsänderung nach Nordosten auszumachen, die zum Burgberg weist.<sup>85</sup>

Nach Wiederaufnahme der Prospektion mit einem Cäsium-Magnetometer im Jahr 1998 galt das Hauptinteresse dem Nachweis des weiteren Grabenverlaufes der Fortführung des Grabens auf der westlichen Seite der Untersiedlung. Zunächst läßt sich neben der deutlich ausgeprägten, langgezogenen negativen linearen Spur der hellenistischen Stadtmauer (*supra*) kein deutliches positives Lineament des Grabens in Richtung nach Norden finden. Erst ab (N 10510, E 8980) zieht sich eine sehr schwache positive lineare Anomalie in einem schwachen Bogen nach Norden. Im

<sup>78</sup> Becker et al. 1993, 122 Abb. 3. 5–6.

<sup>79</sup> Jablonka et al. 1994, 53–66 Abb. 1–2. Die Verfüllung konnte eindeutig als Troia VI-zeitlich identifiziert werden.

<sup>80</sup> Becker – Jansen 1994, 106–107 Abb. 2–3.

<sup>81</sup> Becker – Jansen 1994, 109 Abb. 4.

<sup>82</sup> Jablonka 1995, 41. Hierzu wurden Schnitte in p28 und w28 angelegt.

<sup>83</sup> Becker – Jansen 1994, Abb. 4. Die Unterbrechungen liegen in den Quadraten y29 und n28.

<sup>84</sup> Jablonka 1996, 68 Abb. 2.

<sup>85</sup> Dies war der Stand nach der dritten Meßkampagne 1994 mit dem Cäsium-Magnetometer des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege, siehe Korfmann 1995, 5–7 mit dem Vorbericht von H. Becker.

Quadrat p12 schneidet sie die negative Anomalie der hellenistischen Stadtmauer.<sup>86</sup> An dieser Stelle wurde eine Sondage angelegt. Dabei wurde der Befund eines spätbronzezeitlich verfüllten Felsgrabens (Troia VI) auch hier bestätigt.<sup>87</sup> Im Bereich dazwischen ist der genaue Verlauf dieses Grabens nicht einwandfrei belegt, da mehrere positive Lineamente nebeneinander auftauchen. Dennoch erscheint die Annahme plausibel, daß der Graben im späten Troia VI die äußere Begrenzung der bronzezeitlichen Siedlungsfläche markierte.

1994 wurde im Südwesten außerhalb dieser Fläche bei g28 noch eine weitere Grabenanomalie prospektiert.<sup>88</sup> Bei der nachfolgenden Sondage wurde wieder eine in den Fels eingetiefte U-förmige Grabenstruktur gefunden, die durch die Verfüllung als Troia VII-zeitlich, also jünger als der bisher bekannte »innere« Graben, identifiziert wurde. Diese Struktur wurde dann in der römischen Zeit durch einen V-förmigen Graben überlagert. Dieser Doppelbefund macht es schwierig, aus der Fortsetzung der mehrfachen positiven Anomalien auf die zeitliche Zuordnung der Grabenstrukturen zu schließen.<sup>89</sup> Es erscheint jedoch nicht abwegig, hier eine Erweiterung der Grabenstruktur bei zunehmendem Wachstum der Siedlungsfläche in Troia VII anzunehmen.

Die Vielfalt von positiven Grabenanomalien aus verschiedenen Zeithorizonten erschwert eine eindeutige Zuordnung zu Richtungsänderungen eines bestimmten Grabentyps. So wurde zunächst eine Verbindung des »inneren« bronzezeitlichen Grabens mit dem jüngeren »äußeren« Grabensystem im Bereich N 10320 E 8900 angenommen, die auch bei der zusammenfassenden Interpretation beim Heidelberger Symposium 2001 vorgetragen wurde.<sup>90</sup> Diese Darstellung wurde auch im weiteren in der öffentlichen Diskussion argumentativ benutzt.<sup>91</sup> Eine nachfolgende detaillierte Analyse der Anomalien im angeführten Bereich führte dann zu einer Neubewertung des »inneren« Grabenverlaufs mit einem Abbiegen nach Norden, die seitdem in den Veröffentlichungen des Troia-Projekts benutzt wird.

An unüberwindliche Grenzen stieß die magnetische Prospektion beim Versuch, im Osten den weiteren Verlauf des inneren Felsgrabens in östlicher oder nördlicher Richtung über den noch eindeutigen Befund in Quadrat F28 hinaus zu bestimmen, da hier die magnetischen Störungen der oberflächennäheren hellenistisch-römischen Fundamentreste die schwachen bronzezeitlichen Störungen restlos überdecken.<sup>92</sup>

Auch der Einsatz von zusätzlichen geophysikalischen Meßprinzipien wie Geoelektrik, elektromagnetische Messungen und Georadar zur Grabenortung hier wie auch im Westen scheiterte an den Eigenschaften des anstehenden Kalksteinfelsens, der eine stark wasserführende horizontale Schichtung aufweist.<sup>93</sup> Die anschließenden Ortungsversuche des Grabens in nordöstlicher Richtung, der für das Verständnis der spätbronzezeitlichen Untersiedlung von großer Bedeu-

<sup>86</sup> Blindow et al. 2000, Abb. 3. Die magnetischen Kontraste in dieser Abbildung sind abgeschwächt, da die Gradiometer-Darstellung gewählt wurde. In späteren Publikationen wurde die kontrastreichere Totalfeldmessung dargestellt: Jansen – Blindow 2003, Abb. 15 und Jansen 2006, Abb. 2.

<sup>87</sup> Korfmann 2001, 27 Abb. 24.

<sup>88</sup> Korfmann 1995, 7.

<sup>89</sup> Jablonka 1996, 78 Abb. 8.

<sup>90</sup> Jansen – Blindow 2003, Abb. 16.

<sup>91</sup> So etwa Kolb 2003, Abb. 1.

<sup>92</sup> Blindow et al. 2000, 129 Abb. 8.

<sup>93</sup> S. hierzu Abschnitt 5.1.

tung ist, waren und sind daher weitgehend auf konventionelle Methoden angewiesen, wie etwa ein engmaschiges Netz von Bohrungen zur Bestimmung des Felsprofils gepaart mit klärenden Sondagen.<sup>94</sup>

Außer den vorstehend erläuterten Grabenstrukturen ergab das Magnetogramm an keiner Stelle einen Hinweis auf eindeutig bronzezeitliche Strukturen wie Gebäudefundamente. Das ist vielleicht auch dadurch begründet, daß die bronzezeitlichen Siedlungsbauten mit Ausnahme der zitadellennahen Steinhäuser aus vergänglichem Baumaterial errichtet wurden, das keine magnetischen Spuren hinterließ. Auch auf die viel diskutierte Frage nach der möglichen Lage von Gräberfeldern, die man in erster Linie außerhalb des die Siedlung begrenzenden Grabens erwarten sollte, vermag die magnetische Prospektion keine zuverlässige Antwort zu geben. Lediglich südlich des von Blegen untersuchten spätbronzezeitlichen Gräberfeldes deuten im Bereich (N 10060–10100, E 9150–9200) wolkige Anomalien im ansonsten befundfreien Sediment auf mögliche Grabstrukturen hin. Diese Vermutung harret noch der archäologischen Untersuchung.

*(Ch. Hübner – H. G. Jansen)*

## **Geophysikalische Untersuchungen für Ortungs- und Spezialaufgaben mit Geoelektrik, Elektromagnetik und Magnetik**

Wie im ersten Abschnitt ausgeführt, wurde für die flächendeckende Erfassung der Untersiedlungsfläche nach einigen Vergleichsmessungen mit der Geoelektrik die Magnetometrie aus Gründen der Meßgeschwindigkeit und Aussagekraft bevorzugt. Für einige Spezialuntersuchungen wurden jedoch auch alternative geophysikalische Methoden herangezogen.

### **Geoelektrische Tiefensondierungen**

Geoelektrische Tiefensondierungen sind ein wichtiges Werkzeug der angewandten Geophysik, um den spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho$  (Einheit  $\Omega\text{m}$ ) als Funktion der Tiefe zu bestimmen. Elektrische Sondierungen werden in der Regel mit Vierpunkt-Anordnungen durchgeführt, bei denen über zwei Elektroden ein niederfrequenter Wechselstrom in den Untergrund eingespeist wird und über zwei weitere Elektroden eine dadurch verursachte Potentialdifferenz am Boden gemessen wird. Mit zunehmendem Abstand der Stromelektroden beeinflussen auch tiefere Bodenschichten die gemessenen Potentialdifferenzen, so daß man die vertikale Widerstandsverteilung berechnen kann.

In Troia wurden geoelektrische Tiefensondierungen in den Jahren 1999–2001 und 2008 durchgeführt. Die Ergebnisse des Jahres 1999 bei der Untersuchung einer steilen Felskante in der Ebene westlich vor der Quelhöhle sind bereits publiziert.<sup>95</sup> Die wesentliche Aussage betrifft

<sup>94</sup> Jablonka – Pernicka 2007, 10–16 und Jablonka – Pernicka 2009, 7–9, 19–27.

<sup>95</sup> Blindow et al. 2000, Abb. 5.

den Parameter  $\rho$  für verschiedene Materialien im untersuchten Bereich: demnach weist der hier angetroffene tonige Kalkstein wohl aufgrund seiner hohen Feuchte einen spezifischen Widerstand von nur etwa 20  $\Omega\text{m}$  auf, der darüber liegende feuchte Boden hat typisch 50  $\Omega\text{m}$  und trockener Boden etwa 100  $\Omega\text{m}$  oder etwas mehr.

Im Jahr 2008 nahmen Giese und Hübner elf Tiefensondierungen im Bereich nördlich von G27 beim Versuch vor, die Fortsetzung des bronzezeitlichen Felsgrabens nach Nordost zu finden.<sup>96</sup> Hier wurde eine ähnliche Schichtung mit einem niedrigen spezifischen Widerstand im feuchten Felsbereich gegenüber den Werten im überdeckenden trockenen Boden gefunden. Die Fortsetzung des Grabens konnte mit dieser Methode jedoch nicht zuverlässig bestimmt werden.

### Georadar

Mit den spezifischen Widerständen aus den Tiefensondagen läßt sich auch die Eindringtiefe des Georadar abschätzen.<sup>97</sup> Mit den oben geschilderten Verhältnissen ergibt sich für die Anwendung des Georadar im feuchten Kalkstein ein frequenzabhängiger Absorptionskoeffizient von fast 40 dB/m und damit eine maximale Eindringtiefe von einigen Dezimetern, während sie im trockenen Boden im Meterbereich liegen kann. Bei diesem Sachverhalt wird es klar, daß auch mit Georadar (Messungen mit 200 und 400 MHz-Antennen) der bronzezeitliche Graben nicht gefunden werden konnte, da die Signale von dem Grabenmaterial komplett absorbiert werden und so keine Reflexion stattfindet. Das ergaben auch die entsprechenden Versuche in den Jahren 1997<sup>98</sup> und 2004–06.<sup>99</sup>

### Ortung von Felskanten und des Troia VI-Grabens mit Elektromagnetik

In der Kampagne 1999 kam in Troia erstmalig ein induktiv ankoppelndes elektromagnetisches Gerät (Geonics EM-31) zum Einsatz, mit dem eine Felsbearbeitung im Westen der Quelhöhle gesucht und lokalisiert wurde.<sup>100</sup> Im Jahr 2000 konnten die EM-31-Messungen in einem Teil des Quadrats G27 weitergeführt werden, diesmal auf der Suche nach dem bronzezeitlichen Troia VI-Graben. Tatsächlich ergab sich eine vielversprechende Indikation, die ohne Bestätigung durch Grabung bereits publiziert wurde.<sup>101</sup> Die Grabung 2006 knapp nördlich der gemessenen und interpretierten Leitfähigkeitsanomalie erbrachte den Nachweis, daß dort tatsächlich der gesuchte Graben zu finden war.<sup>102</sup>

<sup>96</sup> Jablonka – Pernicka 2009, 6–7; Giese – Hübner 2008. Geoelektrische 2D-Tomografie in Troia 2008, unveröffentlichter Projektbericht.

<sup>97</sup> Z. B. Blindow 2006.

<sup>98</sup> Jansen et al. 1998, 280.

<sup>99</sup> Jablonka – Pernicka 2009, 5.

<sup>100</sup> Blindow et al. 2000, 126.

<sup>101</sup> Jansen – Blindow 2003, 333–335.

<sup>102</sup> Jablonka – Pernicka 2007, 10–16.

## Untersuchungen in der Skamander-Ebene westlich der Unterstadt mit Elektromagnetik als Ergänzung zur magnetischen Prospektion

Die magnetische Prospektion im Schwemmland des Skamander (westlich des Feldwegs, der das Siedlungsgebiet abgrenzt) ergab wenige kleinflächige Anomalien, dafür aber einige stark ausgeprägte ausgedehnte Lineamente. Um diese eventuell besser interpretieren zu können, wurden im Jahr 2001 ergänzend zur magnetischen Prospektion ausgedehnte elektromagnetische Messungen mit dem EM-31 durchgeführt. Diese ergaben im Vergleich zur Magnetik zunächst ein sehr unscharfes Anomalienbild, das aber durch eine flächenhafte Hochpaßfilterung verbessert werden konnte, so daß sich eine Korrelation zwischen magnetischer Suszeptibilität und elektrischer Leitfähigkeit ablesen läßt. Die linienhaften starken Anomalien des Magnetogramms lassen sich so als elektrisch schlecht leitfähig ansprechen, was eine Interpretation als Unterbau von befestigten Wegen im Schwemmland nahe legt. In der Tat befanden sich bei N 10750 und 10650 auch in moderner Zeit noch Wege. Das Lineament bei N 10550 führt auf einen vermuteten Tordurchlaß der hellenistischen Stadtmauer zu und kann ebenfalls als – möglicherweise antike – Straße interpretiert werden. Allerdings muß hier aber auch auf den Einfluß der Katastergrenzen im Schwemmland geachtet werden, die mehrfach geändert wurden.

## Ortung von römischen Schächten mit Magnetik

Eine anspruchsvolle und ungewöhnliche Aufgabe im Jahr 2001 bestand in der Ortung von zwei vertikalen Schächten der Quellschächte (Schacht 3 und 4), die bis zu 16 m hoch mit Schutt verfüllt waren. Diese Schächte waren in der damals brusthoch mit Wasser gefüllten Quellschächte erkennbar und sollten von oben aufgegraben werden. Durch die komplizierten Verhältnisse war eine markscheiderische Aufmessung und Vermarkung der Durchstoß-Punkte an der Oberfläche nicht möglich, so daß mit Hilfe der Geophysik indirekte Ortungsverfahren angewendet werden mußten. Bei Auswahl geeigneter Ortungsverfahren konnte das Georadar von vornherein ausgeschlossen werden, da wegen der geringen spezifischen Widerstände des Gesteins im Bereich der Quellschächte die Eindringtiefe nicht ausreichen würde (s. o.). Als betriebssicher wurde schließlich die Magnetik mit der Ortung eines sehr starken und speziell ausgerichteten Magneten direkt unterhalb des jeweiligen Schachts eingesetzt.<sup>103</sup> Ein Stapel von Scheibenmagneten aus Neodym besitzt ein starkes remanentes Dipolmoment, welche auch in einer Entfernung von 16 m noch eine meßbare magnetische Anomalie hervorruft. Um anthropogene Störungen zu unterdrücken, wurden die Meßfelder je zweimal flächenhaft abgerastert, wobei für den zweiten Lauf das Dipolmoment durch Drehung des Magneten invertiert wurde. Durch Subtraktion beider Felder wird nun die künstliche Anomalie verdoppelt, während archäologische Anomalien herausfallen. Die Ergeb-

<sup>103</sup> Zur Kontrolle erfolgte noch geoelektrisch die Ortung einer Stromelektrode direkt unterhalb des jeweiligen Schachts durch Abtasten des an der Oberfläche erzeugten Potentialfeldes.

nisse der Schachtsuche wurden durch die anschließende erfolgreiche Aufgrabung hervorragend bestätigt, die Abweichung der Schachtmitte von der vorhergesagten Position betrug nur 0,5 m.<sup>104</sup>

(N. Blindow)

## Bibliographie

- Aylward – Wallrodt 2003 W. Aylward – J. Wallrodt, The Other Walls of Troia. A Revised Trace for Ilion's Hellenistic Fortifications. *Studia Troica* 13, 2003, 89–112.
- Becker 1977–78 H. Becker, Vorläufiger Bericht über eine magnetische Prospektion des Demircihüyük (Nordwestanatolien). *Istanbuler Mitteilungen* 27–28, 1977–78, 32–44.
- Becker 1979 H. Becker, Magnetische Prospektion des Demircihüyük. *Istanbuler Mitteilungen* 29, 1979, 48–52.
- Becker 2000 H. Becker, Hochauflösende Magnetometrie in der archäologischen Prospektion. In: *Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Sonderband 1 (2000)* 37–46.
- Becker – Jansen 1994 H. Becker – H. G. Jansen, Magnetische Prospektion 1993 der Unterstadt von Troia und Ilion. *Studia Troica* 4, 1994, 105–114.
- Becker et al. 1993 H. Becker – J. Fassbinder – H. G. Jansen, Magnetische Prospektion in der Untersiedlung von Troia 1992. *Studia Troica* 3, 1993, 117–134.
- Blindow 2006 N. Blindow, Ground Penetrating Radar. In: R. Kirsch (Hrsg.), *Groundwater Geophysics (Berlin 2006)* 227–252.
- Blindow et al. 2000 N. Blindow – H. G. Jansen – K. Schröer, Geophysikalische Prospektion 1998/99 in der Unterstadt von Troia. *Studia Troica* 10, 2000, 123–133.
- Dörpfeld 1902 W. Dörpfeld, Troja und Ilion. Ergebnisse der Ausgrabungen in den vorhistorischen und historischen Schichten von Ilion 1870–1894. Unter Mitwirkung von Alfred Brueckner, Hans von Fritze, Alfred Götze, Hubert Schmidt, Wilhelm Wilberg, Hermann Winnefeld (Athen 1902).
- Hübner – Giese 2006 Ch. Hübner – S. Giese, Geomagnetische Prospektion 2002 bis 2005 in der Unterstadt von Troia. *Studia Troica* 16, 2006, 125–129.
- Jablonka 1996 P. Jablonka, Ausgrabungen im Süden der Unterstadt von Troia. Grabungsbericht 1995. *Studia Troica* 6, 1996, 65–96.
- Jablonka 2006 P. Jablonka, Vorbericht zu den Arbeiten in Troia 2005 – Preliminary Report on Work at Troia 2005. *Studia Troica* 16, 2006, 3–26.
- Jablonka – Pernicka 2007 P. Jablonka – E. Pernicka, Vorbericht zu den Arbeiten in Troia 2006 – Preliminary Report on Work at Troia 2006. *Studia Troica* 17, 2007, 3–24.

<sup>104</sup> Korfmann 2002, 20.

- Jablonka – Pernicka 2009 P. Jablonka – E. Pernicka, Vorbericht zu den Arbeiten in Troia 2007 und 2008 – Preliminary Report on Work at Troia 2007 and 2008. *Studia Troica* 18, 2009, 3–32.
- Jablonka et al. 1994 P. Jablonka – H. Koenig – S. Riehl, Ein Verteidigungsgraben in der Unterstadt von Troia VI. Grabungsbericht 1993. *Studia Troica* 4, 1994, 51–73.
- Jansen 1992 H. G. Jansen, Geomagnetische Prospektion in der Untersiedlung von Troia. *Studia Troica* 2, 1992, 61–69.
- Jansen 2002 H. G. Jansen, Öfen in der Unterstadt von Troia. Ein kleines Beispiel zur Aussagekraft der magnetischen Prospektion. In: R. Aslan – S. Blum – G. Kastl – F. Schweizer – D. Thumm (Hrsg.), *Mauerschau. Festschrift für Manfred Korfmann III (Remshalden-Grunbach 2002)* 1029–1034.
- Jansen 2006 H. G. Jansen, Das unsichtbare Troia sichtbar gemacht. Chancen und Ergebnisse der Anwendung neuer Prospektionsmethoden. In: M. O. Korfmann (Hrsg.), *Troia. Archäologie eines Siedlungshügels und seiner Landschaft (Mainz 2006)* 309–316.
- Jansen – Blindow 2003 H. G. Jansen – N. Blindow, The Geophysical Mapping of the Lower City of Troia/Ilion. In: G. A. Wagner – E. Pernicka – H.-P. Uerpman (Hrsg.), *Troia and the Troad. Scientific Approaches (Berlin 2003)* 325–340.
- Jansen et al. 1998 H. G. Jansen – T. L. Kienlin – A. E. Patzelt – M. Waldhör – Jörg Wilhelm, Geophysikalische Prospektion 1996/97 in der Unterstadt von Troia. *Studia Troica* 8, 1998, 275–284.
- Kolb 2003 F. Kolb, War Troia eine Stadt? In: Ch. Ulf (Hrsg.), *Der neue Streit um Troia. Eine Bilanz (München 2003)* 120–145.
- Korfmann 1988 M. Korfmann, Beşik-Tepe. Vorbericht über die Ergebnisse der Grabungen von 1985 und 1986. *Archäologischer Anzeiger* 1988, 391–404.
- Korfmann 1991 M. Korfmann, Troia. Reinigungs- und Dokumentationsarbeiten 1987, Ausgrabungen 1988 und 1989. *Studia Troica* 1, 1991, 1–34.
- Korfmann 1995 M. Korfmann, Troia. Ausgrabungen 1994. *Studia Troica* 5, 1995, 1–38.
- Korfmann 2000 M. Korfmann, Troia. Ausgrabungen 1999 – 1999 Excavations. *Studia Troica* 10, 2000, 1–52.
- Korfmann 2001 M. Korfmann, Troia/Wilusa. Ausgrabungen 2000 – 2000 Excavations. *Studia Troica* 11, 2001, 1–50.
- Messmer 1992 E. Messmer, Grundlagenvermessung als Basis für ein archäologisches Informationssystem in Troia. *Studia Troica* 2, 1992, 71–82.
- Messmer 1998 E. Messmer, Troia. Topographische Karte. *Studia Troica* 8, 1998, Kartenbeilage.
- Rose 1992 Ch. B. Rose, The 1991 Post-Bronze Age Excavations at Troia. *Studia Troica* 2, 1992, 43–60.
- Rose 1993 Ch. B. Rose, The 1992 Post-Bronze Age Excavations at Troia. *Studia Troica* 3, 1993, 97–116.
- Rose 1998 Ch. B. Rose, The 1997 Post-Bronze Age Excavations at Troia. *Studia Troica* 8, 1998, 71–113.