

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

Keramikanalysen in Troia

Zusammenfassung

Mit dem Fortschritt in der Entwicklung und Optimierung von naturwissenschaftlichen Analysemethoden konnte der Frage nach Herkunft und Herstellung von Keramik immer besser nachgegangen werden. Seit den ersten Untersuchungen von Felts 1942 an troianischer Keramik mit dem Lichtmikroskop ist die Analysemethodik weiter verfeinert worden. Auch heute ist die Mikroskopie ein wichtiger Teil der Keramikuntersuchung vor allem bei Keramik mit hohem Magerungsanteil (Grobkeramik).

Für eine größere Probenanzahl, vor allem aber um Analysen verschiedener Labore miteinander vergleichen zu können, hat sich die instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse (INAA) durchgesetzt. Ein Schlagwort in der modernen Keramikanalyse ist der sogenannte »chemische Fingerabdruck«.

In den vergangenen Jahren gab es verschiedene Ansätze und Methoden die Frage nach Herstellungstechnik lokaler Keramik und Herkunft fremder Ware in Troia zu beantworten. Im Folgenden wird ein Überblick über die bisherigen veröffentlichten Arbeiten gegeben sowie über den Stand aktueller Arbeiten an troianischer Keramik und Sedimenten.

Abstract

Due to the technological advance and progress of analytical methods over the last decades, the question of provenance and manufacturing of pottery can now be answered sufficiently. Since the first studies with optical microscopy of Felts 1942 on Trojan pottery new methods and ideas entered the field of ceramic research for routine applications. Today, optical microscopy is still an important part of pottery analysis (e. g. for the investigation of coarse wares) but other methods like instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) became widespread. The main advantage is a high sample throughput and the good inter-laboratory comparability. A keyword in modern pottery analysis is the so-called »chemical fingerprint«.

During the last years different approaches in analyzing trojan pottery were made. Key questions of these studies have been: How did the trojan potters produce their products and which clay/clay recipe did they use? How is it possible to distinguish local and non-local pottery and from where was the non-local pottery imported from?

On the forthcoming pages an overview of the published work from the past years is given as well as an overview of current projects and research on trojan pottery and sediments.

Überblick über bisherige naturwissenschaftliche Arbeiten an troianischer Keramik

Felts 1942

Die erste Arbeit zu naturwissenschaftlichen Untersuchungen an troianischer Keramik veröffentlichte W. M. Felts im Jahr 1942. Er mikroskopierte ausgewählte Keramikscherben der Grabungen Ble-

gens 1932 bis 1938.¹ Die Scherben stammen aus den Schichten Troia I–II, III, VI, VIII und IX sowie aus byzantinischer Zeit. Felts erkannte in der zeitlichen Abfolge der lokalen Funde die Tendenz zu höheren Brenntemperaturen, einer feinkörnigeren Magerung sowie zu einer geringeren Porosität und leitete dies vom Gebrauch der Töpferscheibe (ab Troia II) ab. Anhand grobkörniger Einschlüsse in der Keramikmatrix machte er charakteristische »Magerungsparagenesen« fest.² Bei einigen Scherben aus den Schichten Troia VI und IX schloss er anhand untypischer, nach seinem Wissensstand nicht in der Troas vorkommender, Gesteine auf Importe, ohne jedoch die Herkunftsgebiete dieser »Importe« näher zu benennen. Als generelles Merkmal einer lokalen troianischen Herkunft der Keramik sah Felts Quarz an, aber auch Orthoklas, verschiedene Formen von Plagioklas, Muskovit sowie verschiedene Mineralien, die in »detrital silty clay« zu erwarten sind, aber auch einige untypische Gesteinsarten. Besonders wird von ihm eine bestimmte Form des Quarzits hervorgehoben, den er für Keramik aus Troia I belegt, die aber auch bei Scherben der anderen Zeitstufen erkennbar ist. Weiter macht er auf Grüne Hornblende als Kennzeichen troianischer Scherben aufmerksam, die er vor allem in Scherben der Phase Troia I aber auch VI Früh sowie in einigen Exemplaren aus anderen Schichten fand.³ Leider ist es nachträglich nicht mehr rekonstruierbar, welchen Keramikwaren das von Felts untersuchte Material zuzuordnen ist, da in Blegens Veröffentlichungen kein Bezug auf die Ergebnisse genommen wurde.⁴

Jones 1986

Chemische Untersuchungen mittels Optischer Emissions Spektralanalyse (OES) wurden am Research Laboratory for Archaeology and the History of Arts (RLAHA) an der Oxford University im Rahmen einer Studie zur bronzezeitlichen Keramik in der Ägäis an 25 Scherben troianischer Keramik der Stufen Troia I–VII aus den Blegen-Grabungen durchgeführt. Anhand der Gruppierung der Konzentrationen Al, Ca, Mg, Fe, Ti, Na, Mn, Cr und Ni konnten zwei lokale chemische Gruppen (A und B) erarbeitet werden, die eine ähnliche chemische Zusammensetzung aufwiesen.⁵ Eine dritte Gruppe ist durch eine höhere Konzentration der Mg-, Cr- und Ni-Gehalte gekennzeichnet und wird der südlich von Troia gelegene Zone mit serpentinierten, ultrabasischen Gesteinen zugeordnet.⁶ Des Weiteren waren vier als frühhelladisch (FH II) angesprochene Fragmente von so genannten *sauceboats* chemisch nicht vom lokal angesehenen Material

¹ Felts 1942.

² Felts 1942, 240.

³ Felts 1942, 238: »strongly pleochroic green hornblende phenocrysts of trachyte porphyry«, Auch Kroll et al. machen auf Vorkommen grüner Hornblende in ihren Referenztonen sowie in den untersuchten Scherben, wo sie häufig am Rand bräunlich zoniert ist, aufmerksam: Kroll et al. 1997, 59.

⁴ Knacke-Loy et al. 1995, 149.

⁵ »Since the composition of A appears to be ›diluted‹ form of B for all elements except Na, it seems reasonable to suggest that the groups represent similar clays. Either A is somewhat coarser than B containing more inert inclusions (probably quartz), or B represents a levigated form of A.« Jones 1986, 304.

⁶ Jones 1986, 303.

zu unterscheiden. Ein vermuteter Import aus Kreta, welcher nach SM IIIA datiert, zeigt gegenüber dem troianischen Material deutlich höhere Gehalte an Mg, Cr und Ca.⁷

Allen 1991

Für ihre Dissertation sammelte Allen⁸ fast alle damals verfügbaren Anatolischen Grauware (AGW-) und Tan Ware-Scherben aus Grabungen in der Levante und auf Zypern für eine eventuelle Herkunftsbestimmung mittels Neutronenaktivierungsanalyse. Zusammen mit Scherben der AGW aus Troia in der Studiensammlung der British School of Athens am Fitch Laboratory sowie AGW-Scherben troianischen Ursprungs aus der archäologischen Sammlung des Manchester Museums wurden die von Allen gesammelten Scherben im Chemistry Department of the Manchester University von Brayn, Hoffmann und Robinson mittels NAA untersucht. Die Ergebnisse wurden in einer Online-Datenbank veröffentlicht.⁹ Eine Veröffentlichung der Auswertung der Ergebnisse erfolgte erst 2007 durch Mommsen und Pavúk¹⁰. In der Arbeit von Allen nahm Vaughan eine kurze petrographische Betrachtung an einer Auswahl von Proben vor und stellte fest, dass eine Verglasung in der Matrix kaum bzw. nicht erkennbar ist. Fünf der untersuchten Proben zeigten einen hohen Anteil an Calcit und etwas Kalkstein, teilweise rekristallisiert. Des Weiteren besaß eine dieser fünf Proben fossiles Carbonat, was nach Vaughans Meinung wichtig sein könnte, um das Troia VI Material zu unterscheiden. Insgesamt schließt sich Vaughan der Arbeit von Felts in Bezug auf die Herkunft des Rohstoffes der Keramik aus den Tonseimenten des Karamenderes an.¹¹

Knacke-Loy 1994

Mitte der Neunziger veröffentlichte Knacke-Loy die Ergebnisse seiner Dissertation. Er untersuchte mittels geochemischer und petrographischer Methoden 117 Scherben troianische Keramik aller Siedlungsphasen sowie 70 Proben der Sedimente aus der Troas, v. a. die der Flüsse Dümrek und Skamander. Hinzu kamen weitere acht Proben aus Mykene, Tiryns (mykenische Keramik), vom Demircihüyük (lokale Keramik) und aus Kamid el-Loz (zypriotische Keramik). Ziel seiner Arbeit war die allgemeine Erstellung eines chemischen und petrographischen Profils der lokalen Keramik sowie ihre Unterscheidung zu Keramikwaren anderer Regionen. Für die Untersuchungen nutzte er verschiedene Verfahren: Dünnschliffanalysen, Wellenlängendispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (WDRFA), NAA und Isotopenanalysen (Pb, Sr, Nd). Anhand der Dünnschliffuntersuchungen mittels eines Polarisationsmikroskops unterschied er 10 Mages-

⁷ Jones 1986, 304.

⁸ Allen 1991.

⁹ <http://archaeometry.missouri.edu/datasets/uman/index.html>.

¹⁰ Mommsen – Pavúk 2007.

¹¹ Vaughan in Allen 1991, 207–208.

rungstypen (Magerungstyp I mit drei Untergruppen a-c) in 89 ausgewählten Keramikproben. Er kam zu dem Ergebnis, dass zwar eine Unterteilung der Keramik in einzelne Magerungstypen möglich sei, die Geologie der Biga-Halbinsel jedoch so komplex ist, dass alle identifizierten Gesteinsfragmente in der Region um Troia zu finden seien. Dies gilt auch für die Bestandteile der untersuchten Scherben von vermuteter importierter Keramik. Besonders ungeeignet sei es als Hilfsmittel für die Herkunftsbestimmung von Feinkeramik.¹² Anhand von Vergleichen ausgewählter Elementpaare (Cr/Ni, Mg/Cr und Ti/Fe) aus den Ergebnissen der WDRFA konnte eine Trennung der verschiedenen Materialgruppen (Keramik und Sedimente) erzielt werden

Durch NAA-Untersuchungen an 64 Keramikproben aus Troia und 7 Keramikproben von anderen Fundplätzen ergaben sich vier keramische Hauptgruppen (Troia A bis D) sowie zwei weitere Gruppen (Grobkeramik, Troia I und Lehmziegel des Megaron IIA). Zusätzlich zu diesen vier Keramikgruppen untersuchte er ausgewählte Proben der Tonsedimente der Flüsse Dümrek und Karamenderes, aus Duman, aus Akköy sowie archäologisches Referenzmaterial in Form von Lehmziegeln aus dem Megaron IIA und Baukeramik aus Troia IX in Troia. Die statistische Auswertung brachte folgende Ergebnisse: Guppe *Troia A*, bestehend aus Scherben der Troia II–V Plain Ware, Scherben der Troia II–V Red Coated Ware sowie einer Scherbe der Troia VI Plain Ware, weist starke Ähnlichkeiten zum Elementmuster der Sedimente des Dümrek auf. Innerhalb dieser Gruppe verzeichnet Knacke-Loy hohe prozentuale Standardabweichungen (Ce 3,8 % bis As 42,7 %). Als Ursachen dieser hohen Streuungen nennt er die natürliche Inhomogenität des Tones (besonders bei den Elementen Na, As, Ba) bzw. die geringe Präzision der Konzentrationsbestimmung v. a. bei Nd.¹³ Die Gruppe *Troia B* beinhaltet vor allem frühbronzezeitliche Plain Ware, Mattrote und Red Coated Ware. Zur Gruppe *Troia A* unterscheidet sich diese vor allem durch einen geringeren Cr-Gehalt sowie höhere Gehalte bei allen anderen gemessenen Spurenelementen.¹⁴ Die dritte Gruppe, *Troia C*, beinhaltet Waren aus Troia I (Feine Schwarze Ware), Troia II–V (Mattrote und Red Coated Ware) sowie den größten Teil seiner ausgewählten Troia VI Scherben (AGW I und AGW II, Red Washed Ware, Plain Ware und Tan Ware). Diese Gruppe ist die den Elementen der Sedimente des Karamenderes am ähnlichsten, womit diese als Rohstoffquelle auch in Bezug auf die Troia VI Keramik in Betracht gezogen werden können. Des Weiteren sieht er die *Gruppen B* und *C* als mögliche Untergruppen einer größeren, aus den Sedimenten des Karamenderes hergestellten Keramikgruppe.¹⁵ Der vierten Gruppe konnte ein in einem vermutlich römerzeitlichen Brennofen gefundenes Säulenfragment aus gebranntem Lehm sowie zwei Scherben der AGW II zugeordnet werden. Gruppe *Troia D* besitzt des Weiteren eine ähnliche Zusammensetzung wie Gruppe *Troia A*. Unterschiede zeigen sich in den Elementkonzentrationen von Cr, Cs, La, Yb und Th.¹⁶ Trotz der petrographischen Inhomogenität grobkeramischen Materials, welche zu einer großen Variabilität der Spurenelementkonzentrationen führt, gibt es vereinzelt Gruppen die sich chemisch sehr ähnlich zusammensetzen, z. B.

¹² Knacke-Loy 1994, 140.

¹³ Knacke-Loy 1994, 100.

¹⁴ Knacke-Loy 1994, 100.

¹⁵ Knacke-Loy 1994, 103.

¹⁶ Knacke-Loy 1994, 140.

auf Grund einer strikt befolgten Rezeptur bei der Herstellung. Für die Schwarze Polierte Ware aus Troia I trifft dies zu. Die zwei untersuchten Scherben (Grobkeramik Troia I) sind den feinkörnigen Sedimenten der Karamenderes Schwemmebene (Sedimentgruppe Karamenderes 2) sehr ähnlich. Damit kann davon ausgegangen werden, dass für die Herstellung der lokalen Troia I-Keramik die Lehme am Fuße des Burgberges von Troia genutzt wurden. Die Gruppe Lehmziegel Megaron IIA ähnelt in ihrer Elementzusammensetzung der Sedimentgruppe Karamenderes 2 sowie der Keramikgruppe Grobkeramik Troia I. Des Weiteren gelang Knacke-Loy der Nachweis, dass eine beprobte Scherbe mykenischer Keramik ein lokales troianisches Produkt ist, sowie insgesamt sechs weitere echte Importe aus dem Töpfereizentrum Mykene/Berbatı selbst bzw. aus der Umgebung von Mykene. Auch für eine vermutete zypriotische White Slip II Keramik konnte eine eindeutige zypriotische Herkunft nachgewiesen werden.¹⁷

Des Weiteren nutzte er Isotopenanalysen an ausgewählter Keramik und Tonproben und konnte durch die Kombination der radiogenen Isotopenverhältnisse von Nd, Sr und Pb eine eindeutige Zuordnung der Keramik zum geologischen Ursprungsmaterial erarbeiten.¹⁸

Schachner 1994/95

In seinem Aufsatz zur chronologischen Stellung der AGW in Westanatolien unternimmt Schachner einen kleinen »Exkurs zur Herstellungstechnik der grau-minyschen Keramik in Troia«.¹⁹ Hierfür wurden 15 Scherben aus der Schliemann-Sammlung von den Grabungen in Troia und am Hanay Tepe petrographisch mit Hilfe von Dünnschliffen untersucht. Da die Scherben eine sehr einheitliche Zusammensetzung zeigten, wurden wiederum zwei Scherben für Röntgendiffraktometrie (XRD) sowie CO₂/H₂O (Pyrolyse – Infrarotdetektion) Untersuchungen ausgewählt. Bei beiden untersuchten Scherben konnte ein erhöhter Kohlenstoffgehalt, der gleichmäßig im Scherben verteilt war, festgestellt werden. Bei der Frage nach der Herkunft dieses Kohlenstoffs schloss er die Rauchungstechnik beim Brennverfahren sowie im Scherben enthaltenes Karbonat und Magerung mit organischen Stoffen (Häcksel) aus.²⁰ Er kommt zu dem Ergebnis das der Kohlenstoff im Ausgangston vorhanden gewesen sein muss, auch wenn im Dünnschliff kein kristalliner Graphit erkennbar war. Was jedoch im Dünnschliff erkennbar war, ist Magnetit, welcher teilweise mit Ilmenitlamellen zusammen vorkam. Durch den noch guten Erhaltungsgrad der Tonminerale in den Scherben schloss Schachner auf eine Brenntemperatur von ca. 800°C.²¹ Bei weiteren Untersuchungen an grauen Scherben aus Geländebegehungen von Özdoğan im Gebiet südlich des Marmara Meeres sowie an einigen Scherben vom Liman Tepe bei Izmir stellte sich heraus, dass auch diese einen erhöhten Kohlenstoffgehalt besaßen, jedoch die Ursachen unterschiedlich seien und zum Teil mit der Magerung zusammen hingen. Bei weiteren Scherben an Grauer Ware aus diesen Gebieten war kein erhöhter Kohlenstoffgehalt zu verzeichnen.²²

¹⁷ Knacke-Loy 1994, 141.

¹⁸ Knacke-Loy 1994, 135.

¹⁹ Schachner 1994/95 .

²⁰ Gem. Schachner in den XRD und Dünnschliffuntersuchungen nicht nachgewiesen: Schachner 1994/1995, 104.

²¹ Schachner 1994/1995, 105.

Kroll, Müller, Pentinghaus 1997

Kroll, Müller und Pentinghaus legten 1997 den Abschlussbericht über ihre Arbeit an Troianischen Keramiken vor.²³ Das Hauptaugenmerk ihrer Untersuchungen lag in der Beobachtung der beim Brand auftretenden Phasenneubildungen unter reduzierenden Bedingungen. Hierfür nutzten sie Tone aus der unmittelbaren Umgebung von Troia und verglichen sie nach Probebränden unter reduzierenden Bedingungen bei definierten Temperaturen von 740°C, 840°C und 940°C, mittels RFA- und XRD-Untersuchung mit Keramik der Stufe Troia VI, besonders mit AGW. Da in der Originalkeramik der grobe Mineralbestand die röntgenographische Erfassung der Mineralphasenneubildung erschwerte, wurden zusätzliche Untersuchungen mittels eines Transmissionselektronenmikroskops (TEM) und Rasterelektronenmikroskop (REM) durchgeführt. Der in den untersuchten Tönen der Troas identifizierte Mineralbestand ist in den untersuchten troianischen Keramiken als Magerungsbestandteil vertreten. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um die Glimmer, Biotit und Muskovit, um Calcit (z. B. Muschelfragmente), Plagioklas (polysynthetisch verzwillingt), Orthoklas und Mikrolin (perthitisch entmischt). Weiter finden sich teilweise polykristalline und sehr feinkörnige Vulkanpartikel unbekannter Paragenese. Auch fand sich in allen Proben Quarz, zum Teil als Gesteinsbruchstücke in polykristallinen Aggregaten. Als bemerkenswert verzeichneten Kroll et al., dass grüne Hornblenden häufig am Rand bräunlich zониert waren und anscheinend die Oxidation zur braunen Hornblende (Oxyhornblende) während des Brandes begonnen hatte. Da die braune Hornblende im Ausgangston nicht beobachtet wurde, muss sie das Resultat des Brennvorgangs sein. Die REM-Aufnahmen der AGW zeigen in den Zwickeln der Magerungsminerale Gefüge mit Schmelzbildung, das mit dem Gefüge des Referenztones identisch ist. Durch den Nachweis von Pyroxen in der AGW ist mindestens eine Brenntemperatur von ca. 840°C belegt. Der mittlere Grad der Porosität zeigt, dass diese Temperatur nicht wesentlich überschritten worden sein dürfte. Die Untersuchungen ergaben weiter, dass der Rohnton der Troas als kalk- und smectitreicher, illitischer Ton mit Kaolinit-, Talk- und Chloritkomponenten zu bezeichnen ist. Die Auswertung der Röntgenfluoreszenzanalysen ergaben für die ungeschlammten Ausgangsminerale des Schwemmland ca. 10 Gew.% an Fe_2O_3 . Neben CaO und K_2O bedingen ein hoher Eisenoxidgehalt sowie die reduzierende Brennweise die Bildung eutektischer Schmelzen schon bei relativ niedrigen Temperaturen. Die Heterogenität des Tones und der hohe Gehalt an schmelzflussfördernden Komponenten begünstigen das Reaktionsgeschehen beim Brand, somit ergeben sich relativ niedrige Schmelzbildungstemperaturen sowie der zusätzliche Nebeneffekt eines niedrigen Brennstoffbedarfs.²⁴

²² Pavúk 2005, 195.

²³ Kroll et al. 1997.

²⁴ Kroll et al. 1997, 122 ff.

Mommsen, Hertel, Mountjoy 2001

Mommsen et al. war es 2001 möglich Proben in Troia gefundener mykenischer Keramik aus der Schliemann-Sammlung Berlin zu untersuchen. Dabei lag das Ziel der Arbeit darin, die schon von Blegen beobachteten verschiedenen Gruppen mykenischer Keramik, 1.) Importe aus der Argolis, 2.) Importe von einem anderen Ort in Griechenland und 3.) lokal troianisch hergestellte mykenische Keramik, in Troia chemisch zu charakterisieren und mit Daten der Gruppe Mykene/Berbati zu vergleichen. Als ein Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen lokal an der anatolischen Westküste hergestellter mykenischer Keramik sehen Mommsen et al. den Goldglimmer (Biotit) in der Keramik, der es ihrer Meinung nach unwahrscheinlich macht, dass diese Keramik aus dem südlichen oder zentralen Griechenland stammt, da dort kein Goldglimmer in Tonsedimenten bzw. der dortigen mykenischen Keramik vorkommt.²⁵ Mountjoy charakterisiert die originale mykenische Keramik aus Mykene und Tiryns als: »a clear buff; unlike the Trojan pottery [...] hard fired clay [...] free of impurities«. ²⁶ Die Analysen wurden mittels NAA durchgeführt und mit der in Bonn entwickelten Filtermethode gruppiert. Dabei ergaben sich acht chemische Gruppen sowie mehrere chemische Paare und Singles, die keiner Gruppe zugeordnet werden konnten. Die Gruppe *A-Troy* ist bis auf deutliche Unterschiede in den Elementkonzentrationen von As und Sb der Gruppe Mykene/Berbati (*MYBE*) am ähnlichsten, wurde aber dennoch als troianisch, lokale Tonmischung eingestuft, da sie sich auch durch acht weitere Elemente (Ca, Co, Cs, Fe, La, Sc, Sm und Yb) von *MYBE* trennen lässt. Auch die Gruppe *D-Troy* kommt dem Elementmuster von *MYBE* recht nahe, obwohl Mommsen et al. 2001 weiter feststellten, dass die Tonmischung aus der die Gruppe *D-Troy* besteht, typisch für die Bronzezeit bis zum Ende der archaischen Periode für die lokale Produktion in Troia sei und somit keine Importe aus der Argolis in Frage kommen.²⁷ Die Gruppe *B-Troy* beinhaltet die meisten AGW Scherben. Sie wird als eindeutig lokale Tonrezeptur angesehen.²⁸

In Troia scheinen mehrere Tonmischungen/-rezepte in verschiedenen Zeiten in Gebrauch gewesen zu sein, die sich in Anlehnung an bedeutende Ereignisse in Troia änderten.

Pintér 2005

Die Dissertation von F. Pintér hatte das Ziel, die Frage nach der Herkunft der Buckelkeramik der Frühen Eisenzeit (Troia VIIb2) in Troia zu klären.²⁹ Hierfür wurden Proben aus Troia selbst sowie von weiteren Fundorten in nordtürkisch Thrakien sowie Bulgarien genommen. Die Proben stammten sowohl aus Grabungen wie auch aus Begehungen. Zum Vergleich untersuchte er geologische Proben wie auch lokale Keramik. Die Methode seiner Wahl war die petrografische

²⁵ Mommsen et al. 2001, 169.

²⁶ Mountjoy 1997, 263.

²⁷ Mommsen et al. 2001, 202f.

²⁸ ebd.

²⁹ Pintér 2005, <http://tobias-lib.uni-tuebingen.de/volltexte/2005/1988/>.

Analyse mittels Lichtmikroskopie. Des Weiteren nutze er wellenlängendispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (WDRFA) sowie für ausgewählte Proben Kathodoluminiszenzuntersuchungen, Isotopenanalytik sowie die Elektronenmikrosonde. Die Ergebnisse der Untersuchungen sowie der Vergleich zu lokalen Waren wie auch Tonproben brachten Pintér zu dem Ergebnis, dass die Buckelkeramik nicht nach Troia importiert worden sein kann. Zudem schloss er auf Ähnlichkeiten in den untersuchten Regionen bezüglich der petrografischen, chemischen und isotopischen Ergebnisse.³⁰

Mountjoy, Mommsen 2006

Weitere Untersuchungen an mykenischer Keramik aus den Grabungen 1988–2003 in Troia wurden von Mountjoy und Mommsen 2006 veröffentlicht,³¹ da es als unwahrscheinlich anzusehen ist, dass überhaupt keine Importe vom griechischen Festland nach Troia gelangten. Für einige Mitglieder der Gruppe *A-Troy* von 2001 wurde trotz der Schwierigkeiten beim Nachweis von As eine Herkunft aus der Argolis als möglich angesehen. Für die neuen Untersuchungen wurden weitere 192 Keramikproben aus den Grabungen der Jahre 1988 bis 2003 unter Korfmann, sowie fünf Tonproben aus grauen Tonschichten an der Straße nahe İntepe südlich von Çanakkale genommen. Von den 192 untersuchten Proben konnten 51 der Gruppe *A-Troy* zugeordnet werden, die nun eine sehr gute Übereinstimmung zu den Elementkonzentrationen von Mykene/Berhati (*MYBE*) zeigt. Dieses Tonrezept war in Troia in Gebrauch in der Zeit von SH IIA bis SH IIIB und wurde zur Herstellung Mykenischer Keramik mit glänzender Bemalung genutzt. Zur Gruppe *MYBE* lässt sich Gruppe *A-Troy* nur anhand durchgehend erhöhter Werte in den As- und Sb-Elementkonzentrationen unterscheiden. Auf Grund der Tatsache, dass diese erhöhten Konzentrationen bei As und Sb ebenfalls in den Gruppen *B-Troy*, *D-Troy* wie auch in zwei der fünf Tonproben auftreten sowie das zu *B-Troy* auch lokal gefertigte, nicht bemalte Keramik wie Tan Ware und AGW gehören, kann immer noch nicht endgültig geklärt werden, ob es sich bei allen *A-Troy* Mitgliedern tatsächlich um Importe aus der Argolis handelt oder ob sie lokal in Troia hergestellt wurden. Für einige Mitglieder dieser Gruppe ist es auch aus archäologischer Sicht fraglich, ob es Importe sind.³² Die Gruppe *D-Troy* unterscheidet sich nur in den Konzentrationen von Rb, Cs und Hf von *A-Troy*. Ebenfalls zeigt die Tonprobe T3 nach der Verdünnungskorrektur eine sehr gute Übereinstimmung zu *D-Troy* außer bei einer geringen Abweichung bei den Elementen U, Th und W. Daraus schließen Mountjoy und Mommsen, dass *D-Troy* eine lokale Produktion ist und da sie sich chemisch nicht stark von *A-Troy* unterscheidet, die Tone, die für *A-Troy* genutzt wurden, ähnlich den Tönen der Gruppe *D-Troy* sein müssen. Zudem zeigt *D-Troy* ebenfalls Ähnlichkeiten zu einer weiteren Gruppe auf dem nordwestlichen Peloponnes. Das Elementmuster der Gruppe *B-Troy* ist zu dem der Gruppen *A-* und *D-Troy* sehr unterschiedlich. Es sind zum Beispiel

³⁰ Pintér 2005, 177.

³¹ Mountjoy – Mommsen 2006 .

³² Mountjoy – Mommsen 2006, 100.

die Konzentrationen von Th, Hf, As und Sb höher als bei *A-* und *D-Troy* und die Konzentrationen von Co, Fe und Sc sind bei *B-Troy* niedriger. Die mit den Tonen der Gruppe *B-Troy* produzierte Keramik umfasst die größte Zeitspanne (Troia V–Troia VIIb₂). Auch zeigt die Gruppe *B-Troy* Ähnlichkeiten zur Tonprobe T2.³³ Da auch die früheste mykenische Keramik in Troia in den Gruppen *A-* und *D-Troy* vertreten ist, kann davon ausgegangen werden, dass schon in der frühesten Phase des Erscheinens der mykenischen Keramik in Troia Imitationen dieser existierten. Zudem ist auffällig, dass ein Großteil der SH IIIA2 Keramik ebenfalls in Gruppe *A-Troy* zu finden ist. Da SH IIIA2 die Phase der größten mykenischen Expansion ist, sind in dieser Phase Importe zu erwarten. Während SH IIIB (~ Troia VIIa) wird nach den Erkenntnissen von Mountjoy und Mommsen für die Herstellung von Mykenischer Keramik der Ton der für *A-Troy* genutzt wurde, langsam durch den Ton, der für *B-Troy* genutzt wird abgelöst. Dies geschah zur gleichen Zeit als auch die Mattbemalung der mykenischen Keramik die glänzende Bemalung in Troia ablöst.³⁴

Die Ähnlichkeiten zwischen den Gruppen *A-Troy*, *D-Troy* zu *MYBE* wie auch zu lokalen troianischen Gruppen ließen Mountjoy – Mommsen zu dem Schluss kommen, dass es sich möglicherweise um den seltenen Fall handeln könnte, das zwei geografisch entfernte Regionen ähnliche Tonzusammensetzung für ihre Keramik besitzen, die chemisch nicht eindeutig unterschieden werden können.³⁵

Mommsen, Pavúk 2007

Die von Allen gesammelten und in Manchester analysierten AGW- und Tan Ware-Stücke aus dem Östlichen Mittelmeergebiet wurden von Mommsen und Pavúk 2007 ausgewertet und veröffentlicht.³⁶ Es handelt sich um 142 Proben, die sich wie folgt zusammensetzen: 70 Stücke von AGW und Tan Ware aus dem östlichen Mittelmeergebiet, 2 Scherben handgemachter, polierter Ware aus Tell Abu Hawam, 70 Scherben aus den Schliemann- und Blegen-Grabungen welche nicht nur AGW und Tan Ware beinhalten sondern auch Red Coated Ware (RCW), Nubbly Ware, Gritty Ware, Quarzgemagerte Ware, handgemachte polierte Ware sowie eine Mykenische Scherbe. Bei den Fundorten im östlichen Mittelmeergebiet handelt es sich um Lachish, Ras Shamra/Ugarit, Tell Abu Hawam, Tell Kazel, Tell Keisan und Tell Migne/Ekron in der Levante sowie um die zypriotischen Fundorte Enkomi, Hala Sultan Tekke, Kition, Kition–Bamboula, Maa Paleokastro, Pyla–Kokkinokremmos und Pyla Verghi (Abb. 18).³⁷ Da Allen nur Scherben sammelte, die in die Zeitstellung ihrer Arbeit (Troia VI, VIIa und VIIb) passten, wurden für die Analysen von French und Prag weitere Scherben aus den Sammlungen der Grabungen von Blegen und Schliemann eindeutig troianischer Herkunft, der Phasen Troia I bis V wie auch grobe Waren, hinzugefügt (siehe oben). Die Auswertung der Manchester-Analysen erfolgte nach dem Bonner

³³ Mountjoy – Mommsen 2006, 101.

³⁴ Mountjoy – Mommsen 2006, 120f.

³⁵ Mountjoy – Mommsen 2006, 100.

³⁶ Mommsen – Pavúk 2007.

³⁷ Allen 1990, 143–185, 324–362, fig. 57–67.

Verfahren unter Einbezug aller gemessenen Elemente außer Ca und Na auf Grund ihrer hohen Variabilität in Keramik. Es ergaben sich vier Gruppen und mehr als 30 Singles. Die Gruppe *GW-A* beinhaltet 101 der 142 Proben. Diese große Gruppe besitzt hohe Streuungen bei den Elementen Co, Cr, Cs, Hf, K und U, was auf mögliche Untergruppen hinweisen könnte, jedoch wurden keine gefunden. Diese Streuungen können des Weiteren Hinweise auf geringe Änderungen in der Zusammensetzung des Ausgangstons sein.³⁸ Für die Gruppe *GW-A* wurde ein Herkunftsgebiet postuliert, bei dem es sich um Troia bzw. die Troas handelt, da sich in dieser Gruppe für Troia typische AGW und Tan Ware befinden. Ebenfalls wurden gute Übereinstimmung zur Gruppe *B-Troy* festgestellt.³⁹ Einige weitere Proben bilden eine eigene Gruppe, *GW-I*, zu der in der Bonner Datenbank keine gute Übereinstimmung gefunden werden konnte, es aber Ähnlichkeiten zu analysierten Scherben aus der östlichen Ägäis gibt, könnte dort eine mögliche Herkunft gesucht werden. Bei den Mitgliedern der Gruppe *GW-I* handelt es sich um Gritty Ware und ihre ge-glättete Variante die Nubby Ware. Vom archäologischen Standpunkt her sind es lokale troianische Waren. Sie sind handgemacht und gehören zu den groben Waren in Troia.⁴⁰ Von den vier vermuteten Tan Ware-Scherben aus Enkomi, finden sich drei in einer Gruppe, *GW-E* wieder, die jedoch große Ähnlichkeiten zu zwei zypriotischen Gruppen in der Bonner Datenbank aufweist. Nur für eine Scherbe kann eine troianische Herkunft angenommen werden.⁴¹ Die letzte Gruppe, *GW-H*, ist ein chemisches Paar mit zwei Scherben von geografisch unterschiedlichen Fundorten, zum einen Hala Sultan Tekke auf Zypern und zum anderen Ras Shamra/Ugarit. Zusammen mit den vielen chemischen Singles, konnte auch für die Gruppe *GW-H* keine Übereinstimmung in der Bonner Datenbank gefunden werden.⁴²

Unveröffentlichte Studien- bzw. Abschlussarbeiten

Schubert, M. 2001

Für die Studienarbeit standen ihm 16 Proben aus Ofenmaterial zweier römischer Öfen aus den Arealen Y59 und X2 in Troia zur Verfügung.⁴³ Es sollte als Referenzmaterial für mögliche Keramikanalysen dienen, da bei diesen Proben, davon auszugehen ist, dass es sich um lokalen, ungemischten Ton handelt. Die erwartete chemische Einheitlichkeit des Tons der für den Ofenbau genutzt wurde, konnte durch die Auswertung der erhaltenen Daten nicht bestätigt werden. Es ergab sich eine Gruppierung (insgesamt drei Gruppen) mit einer deutlichen Unterscheidung des zum Bau des Ofens genutzten Materials sowie der Abstandhalter. Im Vergleich zu den Daten von Knacke-Loy zeigten sich nur Ähnlichkeiten zur Gruppe Troia D, welche M. Schubert damit erklärt, dass diese Gruppe ebenfalls Material der römischen Periode in Troia enthält.

³⁸ Mommsen – Pavúk 2007, 27f.

³⁹ Mommsen – Pavúk 2007, 28, Fig. 1.

⁴⁰ Mommsen – Pavúk 2007, 28.

⁴¹ Mommsen – Pavúk 2007, 28.

⁴² Mommsen – Pavúk 2007, 28.

⁴³ Archäologische Beschreibung in Rose, 1998.

Lockhoff, N. 2006

In ihrer Diplomarbeit an der TU Bergakademie Freiberg untersuchte Lockhoff einen großen Teil (71 der 90 Proben) von Pintér 2005 mittels instrumenteller Neutronenaktivierungsanalyse (INAA). Die Frage nach der Herkunft der Buckelkeramik in Troia sollte erneut bearbeitet werden. Erst der Vergleich zu bereits veröffentlichten Daten von Knacke-Loy erbrachte Ergebnisse. Es konnten Ähnlichkeiten zu den Gruppen Troia A, Karamenderes I sowie Grobkeramik Troia I herausgearbeitet werden, sodass die in Troia gefundene Buckelkeramik eindeutig auch in Troia produziert wurde. Des Weiteren konnte sie durch ihre Arbeit die Schwierigkeiten bei der Analyse an Grobkeramik aufzeigen.

Keramikanalyse – Vorgehensweise und Auswertung

Tonige Rohstoffe besitzen in ihrer natürlichen Form eine systematische Variationsbreite eines spezifischen chemischen Elementmusters. Innerhalb eines keramischen Scherbens treten zusätzlich unsymmetrische Schwankungen vor allem durch wechselnde Quarzanteile auf. Der Quarz ist in der Regel frei von Spurenelementen wirkt jedoch geochemisch als Verdünnung.⁴⁴ Setzt man eine Verwendung unvermischter Tone voraus, enthält das Referenzmaterial das beim Brand im Scherben fixierte rohstoffspezifische Elementmuster. Eine örtliche Zuweisung von Keramik ist nur unter der Voraussetzung lokal eng begrenzter und bezüglich des Elementmusters charakteristischer toniger Rohstoffe möglich.⁴⁵

Im Normalfall besitzen Magerungsbestandteile eine weit geringere Spurenelementkonzentration als der Ton, aus dem der Scherben geformt ist. Somit werden die Ergebnisse der chemischen Keramikanalysen hauptsächlich durch den bei der Produktion genutzten Ton und dessen Elementzusammensetzung bestimmt.⁴⁶ Dies gilt vor allem für Feinkeramik. Im Falle stark gemagerter Grobkeramik trifft dies nicht mehr zu.

Der chemische Fingerabdruck des genutzten Tons muss nicht zwingend dem der Keramik entsprechen. Er kann durch Aufarbeitung (z. B. Schlämmen der groben Fraktion) und durch zugesetzte Magerung ein anderes Elementmuster aufweisen. Geschieht dies in immer der gleichen Weise, im gleichen Produktionsprozess, kann man von einem werkstattspezifischen »Tonrezept« sprechen, wodurch die Werkstatt charakterisiert wird. Für eine wesentlich sicherere Identifizierung einer Werkstatt/Herkunft eignen sich keramische Fehlbrände, die in der Nähe von Töpferöfen gefunden werden. Da es sich hierbei um »Produktionsabfall« handelt, wird angenommen, dass der Ton die gleiche Behandlung erfuhr wie der Ton der »gelungenen« Stücke. Allgemein sollten bei der Herkunftsbestimmung von Keramik mindestens vier Voraussetzungen erfüllt sein:

⁴⁴ Verschiedene Datenbehandlung bei der Auswertung werden für dieses Problem vorgeschlagen, wie z. B. ein errechneter Verdünnungsfaktor (z. B. Mommsen et al. 2001), die logarithmische Darstellung der Elemente bei der Auswertung (z. B. Knacke-Loy 1994; Glascock et al. 2004) sowie die Normierung aller gemessenen Elemente auf Sc (Schifer 2003).

⁴⁵ Scholz 2002, 62.

⁴⁶ Mommsen et al. 2001, 80.

- 1) Der Ton und die Magerung kommen von Lagerstätten mit weitgehend homogener Elementverteilung. Dadurch besitzt die daraus gefertigte Keramik den gleichen chemischen Fingerabdruck.
- 2) Der Ton anderer Lagerstätten besitzt eine andere, gut unterscheidbare (chemische) Zusammensetzung.
- 3) Das Elementmuster wird in seiner Eindeutigkeit nicht durch die Produktion beeinflusst.
- 4) Nach dem Brand der Keramik ändert sich das fixierte Elementmuster nicht mehr durch äußere Einflüsse, wie z. B. Bodenlagerung.⁴⁷

Eine weitere Schwierigkeit in der Zuordnung der Herkunft ergibt sich durch das Mischen verschiedener Tone für die Keramikherstellung, wie z. B. Knacke-Loy für die rezente Keramikproduktion im Töpferdorf Akköy in der Troas feststellte.⁴⁸

Eine Verhandlung des Rohtons ist ebenfalls eine Möglichkeit, wodurch die Frage nach der Herkunft der Keramik erschwert wird. Dies ist jedoch für Troia, auf Grund der guten Tonvorkommen in unmittelbarer Nähe, kaum anzunehmen.

Wie im Überblick über die bisherigen Analysen an troianischer Keramik erkennbar ist, gibt es unterschiedliche Herangehensweisen bei der Frage nach der Herkunft der Keramik sowie der Behandlung der Daten zur Gruppenbildung.

Nicht alle gemessenen Elemente eignen sich zur Gruppenbildung. Dies kann verschiedene Ursachen/Gründe haben. Im Allgemeinen sollten die für die Gruppierung genutzten Elemente folgende Eigenschaften besitzen. Die Elemente sollten verifizierbar sowie gut voneinander separierbar, untereinander nicht korreliert und in allen Proben homogen verteilt sein. Sie sollten zuverlässig sein in Bezug auf Messfehler und Kontamination sowie eine geringe Übereinstimmung zwischen verschiedenen Herkunftsgebieten aufzeigen.⁴⁹ In der Literatur werden mindestens 10 bis maximal 25 Elemente vorgeschlagen, die für die Gruppierung genutzt werden müssen damit eine signifikante Gruppierung gewährleistet ist. Im Idealfall sind dies 17–20 Elemente.⁵⁰ Bei den bisherigen Untersuchungen zur Postulierung bestimmter »diskriminierender« Elemente, die sich für die Trennung verschiedener Gruppen eignen ist bisher immer nur von konkreten Beispielen ausgegangen worden.⁵¹ Es gibt somit keine standardisierte Vorgehensweise.

Die zugrunde liegenden Elemente für die Gruppierung in der zurzeit laufenden Arbeit von C. Schubert setzen sich wie folgt zusammen: Co, Cr, Cs, Hf, Rb, Sc, Ta, Th, U, ΣSEE, Sm/Eu, La/Lu. Auf Grund der zu großen Messfehler wurden von vornherein die Elemente Ba, K, Ni, Nd, Zn und Zr ausgeschlossen. Die ungenügenden Werte für Ni, Nd und Zr leiten sich durch die schlechte Nachweisbarkeit dieser Elemente im genutzten Standard (TONY HD 4) her, wodurch

⁴⁷ Beier 1993, 10.

⁴⁸ Knacke-Loy 1994, 80.

⁴⁹ Topping – McKenzie 1988, 97.

⁵⁰ Kuleff – Djingova 1990; Kuleff 1996; Mommsen 2004 .

⁵¹ Z. B. Kuleff – Djingova 1990; Kuleff 1996; Knacke-Loy 1994.

die Konzentrationswerte in der Probe in Frage gestellt werden.⁵² Die Werte von K unterliegen zum einen großen Schwankungen und sind zum anderen sehr fehlerhaft, so dass sie ebenfalls weggelassen wurden. Durch die inhomogene Verteilung im Ton und auch durch Bodenlagerung variieren die Ba-Werte ebenfalls sehr stark. Na und As wurden ebenfalls auf Grund ihrer Variabilität in der Magerung (Na) zum anderen durch das flüchtige Verhalten beim Brand (As) vernachlässigt.⁵³ Auch durch die inhomogene Verteilung der Elemente As, Ba und Na im Ton kommt es ebenfalls zu hohen Streuungen dieser Elemente in Keramik.⁵⁴ Trotz akzeptabler Messfehler wurde Sb ebenfalls nicht für die Auswertung herangezogen, da dieses Element z. T. schon beim Trocknen des Tones eine gewisse Mobilität zeigt.⁵⁵

Damit mehr als zwei Elemente bei der Gruppenbildung genutzt werden können, wurde auf multivariate statistische Verfahren zurückgegriffen. Als »erster« Schritt zur Gruppenbildung erfolgt ein Clusterverfahren. Clusterverfahren sind im Allgemeinen Methoden, bei denen ein Datensatz zu größeren Gruppen (Cluster) zusammengefasst wird. Die Grundidee der Clusterverfahren bildet die Definition einer »Unähnlichkeit« oder eines Abstandes zwischen den verschiedenen Datenpunkten.⁵⁶ Die Darstellung erfolgt gewöhnlich in Dendrogrammen. Es werden hierarchische und partitionierende Clusterverfahren unterschieden. Das hierarchische Clusterverfahren besitzt in der praktischen Anwendung die größte Verbreitung und wurde auch in der vorliegenden Arbeit genutzt.

Allgemein lassen sich drei grundlegende Ablaufschritte unterscheiden:

- 1) Bestimmung der Ähnlichkeiten
- 2) Auswahl des Fusionierungsalgorithmus
- 3) Bestimmung der Clusterzahl⁵⁷

Die Prüfung der Gruppen erfolgt durch die Diskriminanzanalyse. Es handelt sich um ein dimensionsreduzierendes Verfahren, da bereits Gruppen von Datenpunkten gegeben sein müssen.⁵⁸ Das Ziel der Diskriminanzanalyse ist es, die einzelnen Gruppen möglichst gut voneinander zu trennen. Dies geschieht durch die Kombination von Variablen, wobei die Datensätze mit den passenden Gruppenzugehörigkeiten im mehrdimensionalen Raum aufgespannt werden. Die Verteilung der Gruppen erfolgt in Form von Punktwolken um einen Mittelpunkt wobei versucht wird, die Abstände innerhalb der Gruppe (Innergruppenvarianz) möglichst klein sowie die Abstände zwischen den einzelnen Gruppen (Zwischengruppenvarianz) möglichst groß zu halten. Durch die Diskriminanzfunktionen, welche unterschiedliche Anteile an der gesamten Zwi-

⁵² Knacke-Loy 1991, 22.

⁵³ Behrendt 2007, 69.

⁵⁴ Knacke-Loy 1994, 80.

⁵⁵ Schwedt – Mommsen 2007, 500.

⁵⁶ Beier 1993, 22.

⁵⁷ Backhaus et al. 2006, 492.

⁵⁸ Beier 1993, 35.

schengruppenvarianz besitzen, werden die Dimensionen dargestellt. Um eine bestmögliche Unterscheidbarkeit sinnvoll darstellen zu können werden nur die Dimensionen mit den größten Anteilen herangezogen.⁵⁹ Für eine Überprüfung der Gruppen mit Hilfe der Diskriminanzanalyse ist es notwendig, mehrere Diskriminanzfunktionen zu nutzen. Dabei gilt immer eine Diskriminanzfunktion weniger als Gruppen vorhanden sind. Im Normalfall trennen die ersten 3 Diskriminanzfunktionen am besten, wobei der ersten die größte Trennkraft zufällt. Ebenfalls lässt sich mit der Diskriminanzanalyse der Einfluss der einzelnen Elemente für die Unterscheidung der Gruppen bestimmen. So liefern die Elemente, die in allen Gruppen sehr wenig streuen, nur einen geringen Beitrag zur Gruppenbildung wohingegen die Elemente, die sehr stark in den Gruppen streuen einen großen Beitrag zur Gruppenbildung beisteuern. Des Weiteren lässt sich mittels der Diskriminanzfunktionen nachweisen, ob die Gruppentrennung signifikant oder ob sie durch zufällige Schwankungen der Koeffizienten der Diskriminanzfunktionen entstanden ist. Um dies zu prüfen, wird als Parameter Wilks Lambda eingesetzt, das Verhältnis der Innergruppenstreuung zur Gesamtstreuung. Voneinander deutlich getrennte Gruppen haben eine sehr geringe Innergruppenstreuung und eine hohe Gesamtstreuung. Es wird für jede Diskriminanzfunktion ein Wert berechnet. Je kleiner dieser Wert ist, desto signifikanter ist die Trennkraft der Funktion. Auf der Basis von Wilks Lambda wird weiter eine Variable gebildet die Chi Quadrat verteilt ist. Über diese Variable kann berechnet werden mit welcher Irrtumswahrscheinlichkeit jede Diskriminanzfunktion signifikant trennt.⁶⁰

Auf Grund der steigenden Datenmengen und der Übersichtlichkeit werden vor allem beim Vergleich zu bereits veröffentlichten Daten die Gruppenmittelwerte herangezogen. Diese können dann zunächst wieder mittels Clusteranalyse miteinander verglichen werden. Anschließend bietet sich ein direkter Gruppenvergleich und Elementvergleich nach Beier an.⁶¹ Beier stellte in seiner Dissertation eine Möglichkeit vor, die Gruppenzugehörigkeit einzelner Proben zu überprüfen.⁶² Dabei sind die Abweichung des Konzentrationswertes der Einzelprobe (bzw. der zu vergleichenden Gruppe) vom Gruppenmittelwert aufgetragen. Die Abweichungsbalken sollten im Diagramm nicht länger als 2 bzw. -2 sein, um eine Gruppenzugehörigkeit der geprüften Probe sicher zu stellen.⁶³

$$(1) (x_{\text{Probe}} - MW_{\text{Gruppe}}) / \sigma_{\text{Gruppe}}$$

Handelt es sich um mehrere Daten, die bestehenden Gruppen zugeordnet werden sollen, kann auch die Diskriminanzanalyse herangezogen werden, um einen schnellen Überblick über eine mögliche Gruppenzugehörigkeit zu erhalten.

⁵⁹ Schifer 2003, 73.

⁶⁰ Behrendt 2007, 66.

⁶¹ Beier 1993.

⁶² Beier 1993, 45.

⁶³ In Ausnahmefällen können vereinzelte Überschreitungen dieser Grenzen akzeptiert werden.

Aktuelle Beispiele zeigen die Anwendung der Vorgehensweise. In der zurzeit laufenden Dissertation von C. Schubert wurde vor allem spätbronzezeitliche Keramik aus Troia und der Troas mittels INAA untersucht. Nach der Gruppenbildung und -prüfung konnten die Ergebnisse mit bereits veröffentlichten Gruppen verglichen werden. Dies erfolgte zum einen anhand der Mittelwerte mittels Clusteranalyse sowie zum anderen im direkten Elementvergleich nach Beier 1993. Für die nachfolgenden Vergleiche wurden nicht alle Gruppen genutzt.

1. Schritt: Vergleich der Mittelwerte mittels Clusteranalyse

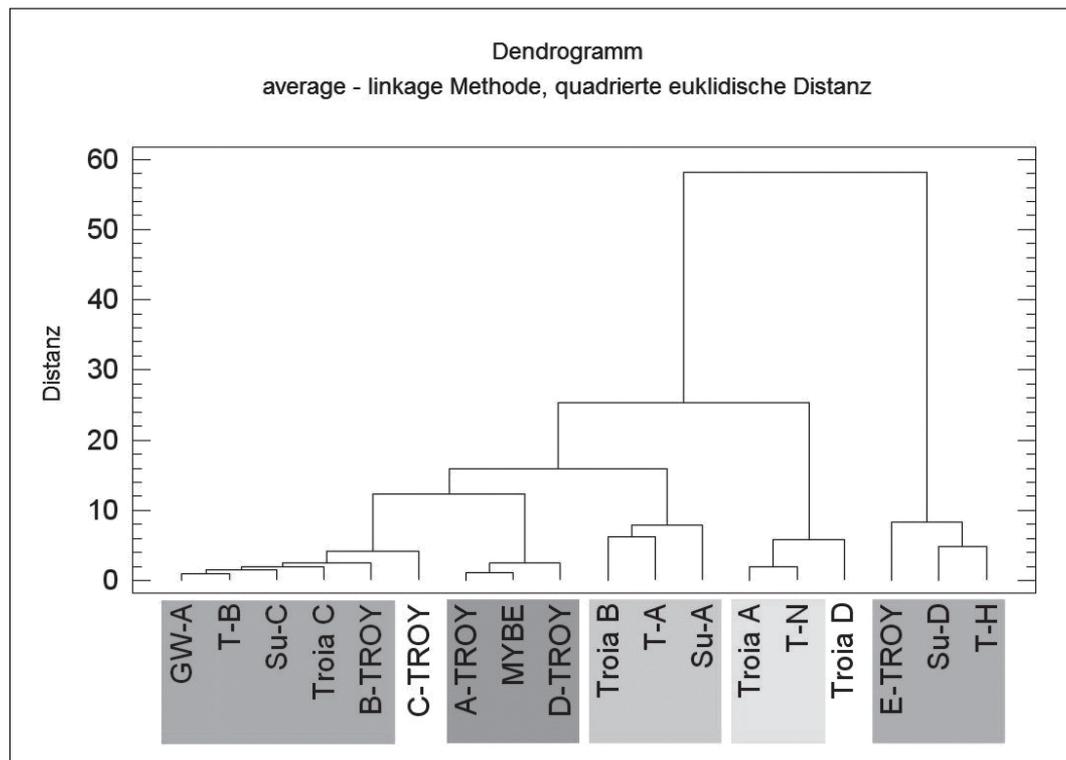


Abb. 1
Vergleich der Mittelwerte einiger Gruppen der aktuellen Arbeit von C. Schubert (T-A, T-B, T-H, T-N; Su-A, Su-C, Su-D) zu bisher veröffentlichten Gruppen von Knacke-Loy 1994 (Troia A-D), Mommsen et al. 2001, Mountjoy – Mommsen 2006, Mommsen – Pavúk 2007 (A-TROY – D-TROY, E-TROY, MYBE, GW-A) Markierte Bereiche zeigen Ähnlichkeiten zu anderen Gruppen und können im direkten Gruppenvergleich überprüft werden. genutzte Elemente: Ce, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Lu, Rb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb.

2. Schritt: Direkter Gruppen- und Elementvergleich (Beispielhaft sollen hier nur einige Gruppen miteinander verglichen werden).

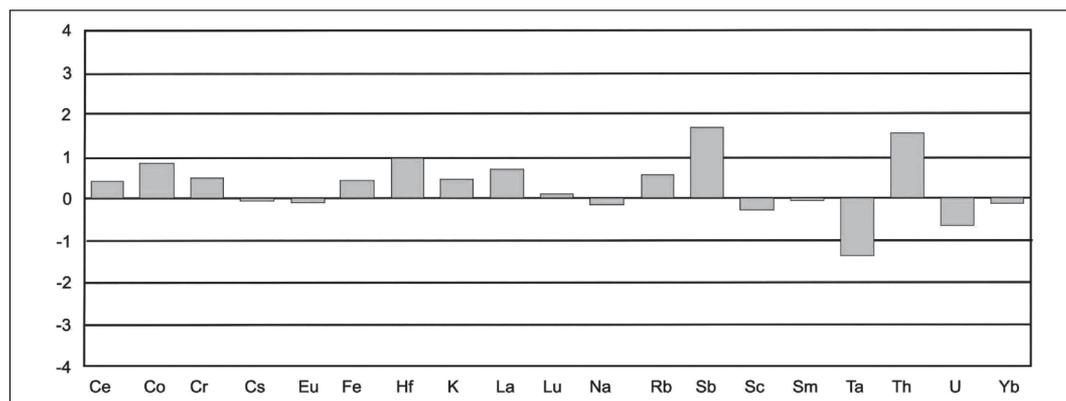


Abb. 2
Vergleich der Gruppe T-B (C. Schubert) mit der Gruppe GW-A (Mommsen – Pavúk 2007).

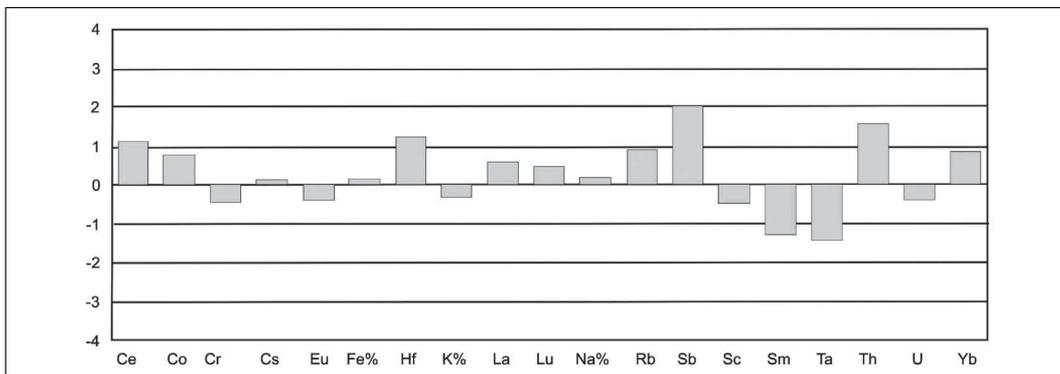


Abb. 3
Vergleich T-B (C. Schubert) und B-TROY (Mountjoy – Mommsen 2001, Mountjoy – Mommsen 2006, Mommsen – Pavúk 2007) B-TROY beinhaltet neben vorrangig Mykenischer Keramik aus Troia auch spätbronzezeitliche Keramik wie Anatolische Grauware und Tan Ware.

Wie in den Abbildungen zu erkennen ist, befinden sich alle Balken innerhalb der 2/-2 Grenzen nach Beier 1993. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Gruppen die gleiche Herkunft besitzen, oder besser formuliert, die Keramik der Gruppen wurde aus dem gleichen Ausgangsmaterial gefertigt. Die Gruppe T-B beinhaltet vor allem spätbronzezeitliche Feinkeramik (Anatolische Grauware, Tan Ware und Ware mit braunem Überzug) aus Troia. Sie ist eindeutig als lokal troianisch anzusehen. Die Gruppe GW-A wurde von Mommsen und Pavúk durch den Vergleich zu Mommsens Gruppe B-TROY, Troia selbst zugewiesen bzw. als aus der Troas stammend definiert. Sie beinhaltet den Großteil an Anatolischer Grauware die von Allen im Gebiet des östlichen Mittelmeers gesammelt wurde.

Mountjoy und Mommsen 2006 verwiesen darauf, dass es sich bei der Tonmischung, die für die Keramik der Gruppe B-TROY genutzt wurde, um ein lokal troianisches Rezept handle.⁶⁴

Die Daten der Gruppen GW-A und B-TROY wurden mit dem von Mommsen entwickelten Verdünnungsfaktor behandelt. Die sehr guten Übereinstimmungen der Gruppen GW-A und B-TROY mit der Gruppe T-B widerlegen die lang geltende Meinung, dass Daten, die mit Verdünnungsfaktor korrigiert wurden nicht mit anderen Daten (ohne Verdünnungsfaktor) direkt vergleichbar sind.⁶⁵

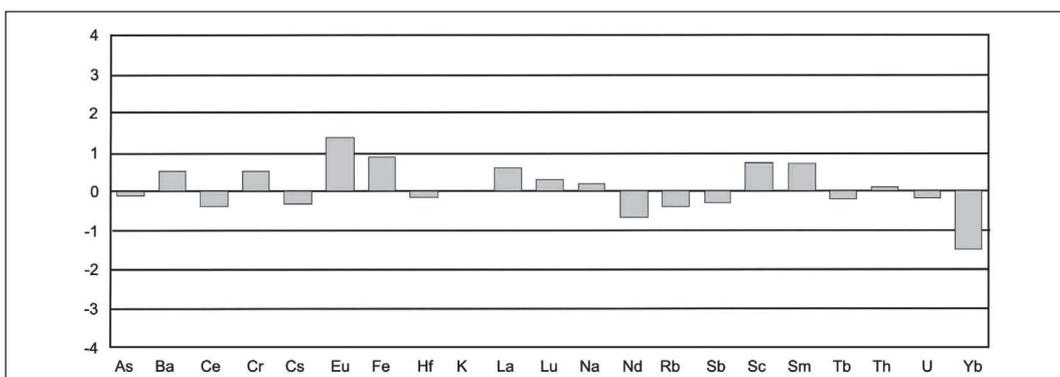


Abb. 4
Vergleich der Gruppe Su-A (C. Schubert) und der Gruppe Troia B (Knacke-Loy 1994).

⁶⁴ Mountjoy – Mommsen 2006, 101.

⁶⁵ Mountjoy – Mommsen 2006, 99.

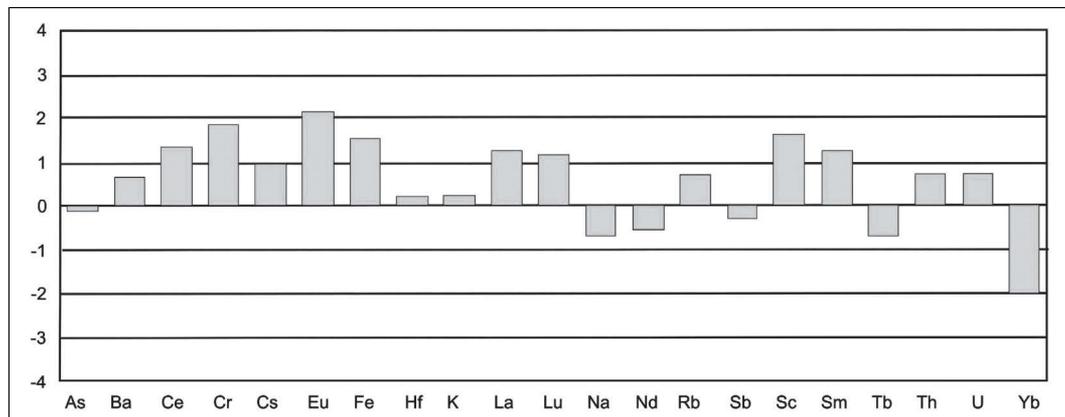


Abb. 5
Vergleich der Gruppe T-A (C. Schubert) mit der Gruppe Troia B (Knacke-Loy 1994).

Auch zu den Gruppen von Knacke-Loy bestehen Übereinstimmungen. Ein Vergleich der Surveygruppe Su-A und der Troia Gruppe T-A zu Knacke-Loy's Gruppe Troia B ist hier als Beispiel gegeben. Durch die sehr gute Übereinstimmung kann für Su-A eine troianische Herkunft bestätigt werden. Die Gruppe Su-A beinhaltet vor allem AGW aus Fundorten der nördlichen und nordöstlichen Troas. In Gruppe T-A sind vor allem die frühen spätbronzezeitlichen Waren wie AGW I zu finden. Bei den Mitgliedern von Troia B handelt es sich vor allem um frühbronzezeitliche Waren aus Troia.

Zurzeit laufen weitere Projekte und Arbeiten, die mittels INAA Keramik und Sedimente aus Troia und der Troas untersuchen.⁶⁶ Ein Vergleich zu ersten, noch unveröffentlichten Daten des Anatolian Iron Age Ceramics Projektes zeigt gute Übereinstimmungen vor allem zu den Keramikproben, die auch in der Spätbronzezeit in Troia in Gebrauch waren (Anatolische Grauware und Tan Ware). Beispielhaft am Vergleich T-B und Probe AIA 1096 (late Tan Ware?) dargestellt.

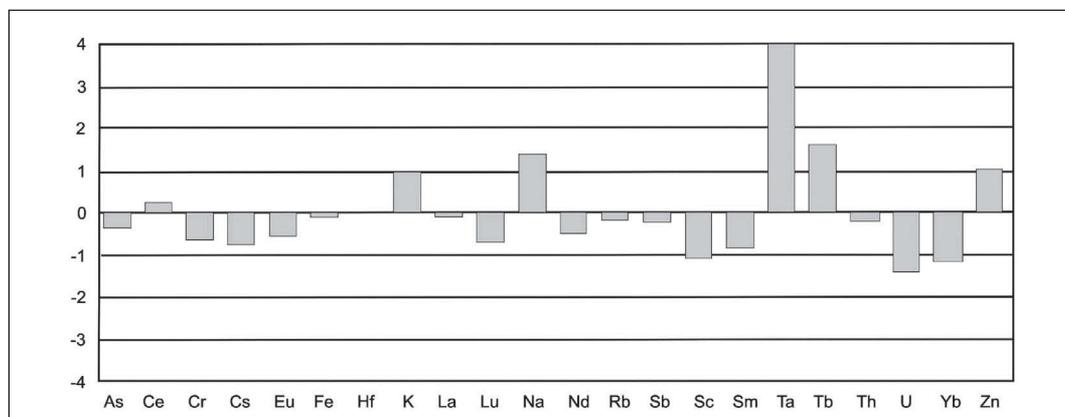


Abb. 6
Vergleich der Probe AIA 1096 (Grave – Kealhofer) (late Tan Ware?) zu Gruppe T-B (C. Schubert).

⁶⁶ Anatolian Iron Age Ceramics Project (P. Grave und L. Kealhofer); Dissertation C. Morales-Merino zu Analysen von Sedimenten aus der näheren Umgebung von Troia, Dissertation C. Schubert zur Herkunft von spätbronzezeitlicher Keramik aus Troia und der Troas.

Auch wenn die Ta-Konzentration außerhalb der Grenze liegt, kann die Probe AIA 1096 der Gruppe T-B zugeordnet werden und somit einer troianischen Herkunft.⁶⁷

Es wurden zudem zahlreiche Proben an spätbronzezeitlicher Keramik genommen, von denen leider noch keine Ergebnisse vorliegen.

Durch die umfangreiche Beprobung der Sedimente in der unmittelbaren Umgebung von Troia durch Kayan und der Analyse ausgewählter Bohrkerne von Morales-Merino besteht die Hoffnung einer besseren geologischen Zuordnung der Ausgangsstoffe der Keramikproduktion in Troia. Erste Ergebnisse von Morales-Merino zeigen die Aufteilung der

Sedimentproben in zwei Gruppen und bestätigen Knacke-Loys Ergebnisse. In Troia ist die Situation gegeben, dass sich die Sedimente der Flüsse Karamenderes und Dümrek signifikant chemisch unterscheiden. Dies basiert auf der Gegebenheit, dass sich im Einzugsgebiet des Dümrek sich vor allem basische Gesteine befinden, wohingegen im Einzugsgebiet des Karamenderes vor allem saure bis intermediäre Gesteine vorherrschen. Zum Beispiel zeichnen deutlich höhere Cr- und Ni-Gehalte die Sedimente des Dümrek aus.

Durch einen Vergleich zu den Sedimentgruppen von Knacke-Loy können die Gruppen von Morales-Merino den Flüssen Karamenderes (Sedimentgruppe 1) und Dümrek (Sedimentgruppe 2) zugewiesen werden.⁶⁸ Bei Sedimentgruppe 1 handelt es sich um Bohrproben, die sehr gut zu Knacke-Loys Karamenderes-Gruppen passen. Bei Sedimentgruppe 2 ist die Übereinstimmung zu Knacke-Loys Dümrek-Probe gegeben. Es zeigen sich Ähnlichkeiten von Sedimentgruppe 1 zu den Gruppen T-A und T-B. Durch Vergleiche zu den Keramik- und Sedimentgruppen von Knacke-Loy 1994 konnte für diese beiden Gruppen eine lokal troianische Herkunft nachgewiesen werden. Für die Fertigung der Keramik in den Gruppen T-A und T-B konnten die Tonsedimente des Karamenderes identifiziert werden. Die Gruppe T-N zeigt Ähnlichkeiten zu den Sedimenten des Dümrek. Bei Gruppe T-H handelt es sich um eine Importgruppe.

Bisher lag das Hauptaugenmerk auf der spätbronzezeitlichen Keramik und früheisenzeitlichen Keramik in Troia. Durch die große Anzahl an untersuchter Keramik mittels NAA kann ein sicherer »chemischer Fingerabdruck« für diese Perioden in Troia herausgearbeitet werden, so-

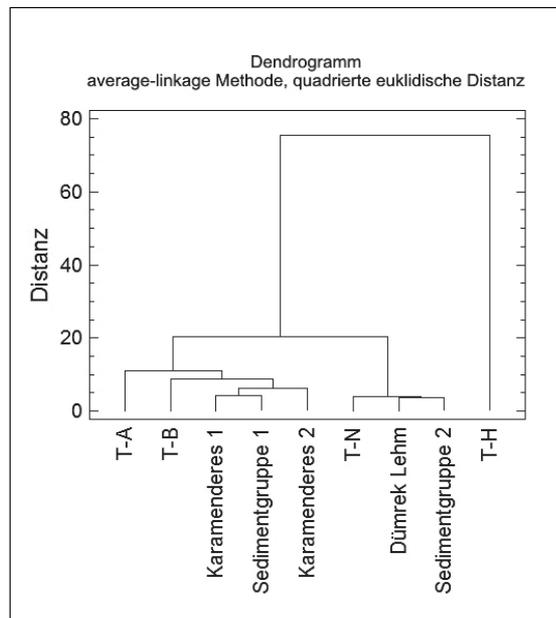


Abb. 7 Clusteranalyse der Mittelwerte ausgewählter Gruppen aus der Arbeit von Schubert, C. (T-A, T-B, T-H, T-N) zusammen mit einer der Mittelwerte der Sedimentgruppen von Morales Merino (Sedimentgruppe 1 und 2) sowie den Mittelwerten der Sedimentgruppen von Knacke-Loy 1994 (Karamenderes 1 und 2, Dümrek) genutzte Elemente: Ce, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Lu, Rb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb.

⁶⁷ Dank geht an P. Grave und L. Kealhofer vom AIA Ceramics Project.

⁶⁸ Dank geht an Carlos Morales-Merino für die zur Verfügung gestellten Daten seiner Arbeit.

wohl für Troia allgemein wie auch für die Tonnutzung aus den Sedimenten des Dümrek und Karamenderes. Durch die bisherigen Vergleiche der Keramikgruppen zu den Sedimentgruppen konnte die Bevorzugung der Tone aus den Sedimenten des Karamenderes für die troianische Keramikproduktion nachgewiesen werden. Vereinzelt wurde auch auf die Tonsedimente des Dümrek zurückgegriffen.

Trotz allem sollte dabei nicht vergessen werden, dass Mischungen von Tonen sowie spezielle Aufbereitungen des Töpfertons die Zuordnung zu den Tonsedimenten der Flüsse Karamenders und Dümrek immer wieder erschweren können, bzw. diese nicht eindeutig erscheinen lassen.

Durch die bisherigen Ergebnisse der Vergleiche kann eine Zuordnung zu den Flusssedimenten wie folgt gegeben werden.

Karamenderes-Gruppe	Dümrek-Gruppe
Troia C (Knacke-Loy 1994)	Troia A (Knacke-Loy 1994)
Troia B (Knacke-Loy 1994)	T-N (C. Schubert)
B-TROY (Mommsen et al. 2001; Mountjoy – Mommsen 2006; Mommsen – Pavúk 2007)	
GW-A (Mommsen – Pavúk 2007)	
T-A (C. Schubert)	
T-B (C. Schubert)	
Su-A (C. Schubert)	
Su-C (C. Schubert)	

Des Weiteren zeichnet sich bei der Karamenderes-Gruppe ab, dass es sich um mehrere Untergruppen handelt. Die eine Untergruppe beinhaltet die Gruppen Troia C, T-B, Su-C, B-TROY und GW-A, die andere Untergruppe Troia-B, T-A und Su-A.⁶⁹ C-TROY weist Ähnlichkeiten zur Karamenderes-Gruppe auf. Die Ähnlichkeiten zwischen Troia A und Troia D wurden schon von Knacke-Loy 1994 besprochen.⁷⁰ Somit kann die Gruppe Troia D unter Vorbehalt ebenfalls den Sedimenten des Dümrek zugewiesen werden.

⁶⁹ Knacke-Loy hatte dies schon für seine Gruppen Troia B und Troia C vorgeschlagen: Knacke-Loy 1994, 103.

⁷⁰ Knacke-Loy 1994, 140.

	Karamenderes-Gruppe											C-TROY
	Troia C	B-TROY	GW-A	Su-C	T-B	Troia B	Su-A	T-A	Karamenderes 1	Karamenderes 2	Sedimentgruppe 1	
As	27			24,36	29,1	33,5	36,57	34,63	26,5	24,5	27,18	60,2
Ba	802			608,76	718,63	826	601,32	740,56	631	695	501,58	1098,5
Ce	69,6	69	63,5	80,74	60,13	87	118,13	79,91	71	61,1	64,32	60,1
Co		20,9	21,1	20,64	19,4		25,39	24,98		14,7	19,53	16,9
Cr	241	168	190	207,36	178,06	247	229,68	208,37	167	97	144,45	170
Cs	9	8,85	8,76	8,8	8,74	12	15,26	10,82	7,5	8,43	9,01	5,6
Eu	1,46	1,21	1,24	1,26	1,25	1,76	1,62	1,56	1,46	1,22	1,26	1,17
Fe	4,13	4,19	4,29	4,29	4,15	5,04	4,78	4,5	3,95	2,8	3,64	3,44
Hf	4,65	4,84	4,72	4,33	4,19	5,28	5,38	5,17	5,8	5,13	4,74	4,92
K	2,69	2,68	3	2,52	2,8	2,7	2,71	2,61	2,19	1,99	2,47	2,62
La	35,9	33,1	33,5	30,81	31,28	44,2	41,71	40,78	36,1	30,7	33,43	29,7
Lu	0,37	0,38	0,36	0,37	0,36	0,43	0,41	0,38	0,37	0,4	0,33	0,38
Na	1,04	0,96	0,87	0,93	0,91	1,07	1,01	1,18	1,43	0,71	0,84	0,76
Nd	32,1			33,98	32,23	32,1	41,33	36,53	32,1	26,5	26,39	23,15
Ni				93,96	74,61		106,74	114,01			27,9	141
Rb	100	126	120	107,05	112,32	115	120,2	109,1	91	87	90,09	106
Sb	1,45	1,89	1,78	1,04	1,27	1,97	3,42	2,15	1,7	1,6	2,09	1,27
Sc	16	16,4	16,7	17,82	17,12	20	18,87	17,5	14,5	10,5	14,06	14,75
Sm	6,02	4,86	5,39	5,49	5,43	7,48	6,98	6,79	5,7	5,15	5,49	4,52
Ta		0,84	0,85	1,03	1		1,29	1,27		0,94	1,02	0,8
Tb	0,69			0,72	0,71	0,87	0,98	0,92	0,68	0,64	0,69	0,67
Th	16	15,5	15,5	12,69	13,29	20,2	19,63	18,94	17,2	12,8	15,08	13,15
U	3,47	3,29	3,18	3,07	3,47	4,13	4,26	3,98	4,05	2,86	3,29	2,71
Yb	2,28	2,53	2,28	2,41	2,31	2,26	2,79	2,75	2,26	2,4	2,25	2,65
Zn				83,24	85,71		92,5	90,61			66,31	112,4
Zr				303,07	136,07		390,41	173,28			193,66	172,5

Tabelle 1:
Mittelwerte der Elementkonzentrationen der Gruppen die den Sedimenten des Karamenderes zugordnet werden können.

	Dümrek-Gruppe				Troia D
	Troia A	T-N	Dümrek Lehm	Sediment- gruppe 2	
As	36,6	45,01	17,9	20,78	21,3
Ba	570	1680,43	311	372,18	719
Ce	51,7	51,91	45,3	48,65	55,5
Co		37,66	29	33,65	
Cr	458	498,81	494	450,17	334
Cs	4,4	3,97	4,33	6,34	7
Eu	1,11	1,22	1,07	1,05	1,19
Fe	4,06	4,39	3,44	4,05	3,78
Hf	3,54	3,97	4,32	5,05	3,86
K	1,83	1,95	1,32	3,05	2,17
La	24,5	25,42	21,8	29,13	27,8
Lu	0,3	0,31	0,31	0,27	0,31
Na	0,82	1,59	0,85	0,62	1,04
Nd	24,5	23,07	23,7	15,74	32,1
Ni		216,24		24,89	
Rb	62	56,61	49	65,71	80
Sb	0,87	1,14	0,85	1,2	1
Sc	15,1	16,35	13,1	15,23	13,5
Sm	4,54	4,85	4,21	4,43	4,82
Ta		0,91	0,9	0,84	
Tb	0,6	0,6	0,55	0,5	0,6
Th	8	8,53	6,6	8,47	11,2
U	1,93	2,36	1,6	1,91	2,34
Yb	1,92	2,2	1,96	1,99	2,4
Zn		73,27		66	
Zr		125,74		150,94	

Tabelle 2:
Mittelwerte der
Elementkonzentrationen
der Gruppen die
den Sedimenten des
Dümrek zugeordnet
werden können.

Bibliographie

- Allen 1990 S. Heuck Allen, Northwest Anatolian Grey Wares in the Late Bronze Age: Analysis and Distribution in the Eastern Mediterranean. Unpublished Ph.D. Dissertation, Brown University. UMI 9101726 (Ann Arbor 1990).
- Allen 1991 S. Heuck Allen, Late Bronze Age Grey Wares in Cyprus, in: Barlow, J. A., D. L. Bolger, B. Kling (Hg.). *Cypriot Ceramics. Reading the Prehistoric Record* (Philadelphia 1991) 150–167.
- Backhaus et al. 2006 K. Backhaus – B. Erichson – W. Plinke – R. Weiber, *Multivariate Analysemethoden – Eine anwendungsorientierte Einführung* (Berlin – Heidelberg 2006).
- Behrendt 2007 S. Behrendt, *Archäometrische Untersuchungen zur Herkunft phönizischer Keramik in Südspanien und Marokko*. Unpublizierte Diplomarbeit (Freiberg 2007).
- Beier 1993 Th. Beier, *Mathematische Filter bei der Herkunftsbestimmung archäologischer Keramik durch Multielementanalysen unter besonderer Berücksichtigung von Verdünnungseffekten* (Dissertation Universität Bonn 1993).
- Felts 1942 W. M. Felts, A Petrographic Examination of Potsherds from ancient Troy, *American Journal of Archaeology* 46, 1942, 237–244.
- Glascocock et al. 2004 M. D. Glascock – H. Neff – K. J. Vaughn, Instrumental Neutron Activation Analysis and Multivariate Statistics for Pottery Provenance. *Hyperfine Interactions* 154, 2004, 95–105.
- Jones 1986 R. E. Jones, *Greek and Cypriot Pottery*. The British School at Athens, Fitch Laboratory Occasional Paper 1 (Athens 1986).
- Knacke-Loy 1994 O. Knacke-Loy, *Isotopengeochemische, chemische und petrographische Untersuchungen zur Herkunftsbestimmung der bronzezeitlichen Keramik von Troia*. Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen 77 (Heidelberg 1994).
- Knacke-Loy et al. 1995 O. Knacke-Loy – M. Satır – E. Pernicka, Zur Herkunftsbestimmung der bronzezeitlichen Keramik von Troia: chemische und isotopenchemische (Nd, Sr, Pb) Untersuchungen, *Studia Troica* 5, 1995, 144–175.
- Kroll et al. 1997 H. Kroll – W. F. Müller – H. Pentinghaus, *Troianische Keramiken*. Unpublizierter Abschlußbericht des DFG-Projektes Kr768/11
- Kuleff 1996 I. Kuleff, Provenance study of pottery: choice of elements to be determined. *Revue d'Archéométrie* 20, 1996, 57–67.
- Kuleff – Djingova 1990 I. Kuleff – R. Djingova, Activation Analysis in Archaeology. In: Alfassi, Z. B. (Hrsg.), *Activation Analysis-Volume II* (Bocta Raton 1990) 427–489.

- Lockhoff 2006 N. Lockhoff, Archäometrische Untersuchungen zur Provenienz troianischer Buckelkeramik mittels Neutronenaktivierungsanalyse (Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Freiberg 2006).
- Mommsen 2004 H. Mommsen, Short note: Provenancing of pottery – the need for an integrated approach? *Archaeometry* 46/2, 2004, 267–271.
- Mommsen et al. 2001 H. Mommsen – W. Gauss – St. Hiller – D. Ittameier – J. Maran, Charakterisierung Bronzezeitlicher Keramik von Ägina durch Neutronenaktivierungsanalyse. In: Pohl, E., U. Recker, C. Theuner (Hg.). *Archäologisches Zellenwerk, Beiträge zur Kulturgeschichte in Europa und Asien. Internationale Archäologie – Studia Honoraria* 16, Festschrift Helmut Roth (Raden/Westfalen 2001) 79–96.
- Mommsen et al. 2001 H. Mommsen – D. Hertel – P. A. Mountjoy, Neutron activation Analysis of the Pottery from Troy in the Berlin Schliemann Collection. *Archäologischer Anzeiger* 2001, 169–211.
- Mommsen – Pavúk 2007 H. Mommsen – P. Pavúk, Provenance of the Grey and Tan Ware from Troia, Cyprus, and the Levant. *Studia Troica* 17, 2007, 25–42.
- Mountjoy 1997 P. A. Mountjoy, Local Mycenaean Pottery at Troia. *Studia Troica* 7, 1997, 259–268.
- Mountjoy – Mommsen 2006 P. A. Mountjoy – H. Mommsen, Neutron Activation Analysis of Mycenaean pottery from Troy (1988–2003 excavations). *Studia Troica* 16, 2006, 97–123.
- Pavúk 2014 P. Pavúk, Troia VI-Früh und Mitte. Keramik, Stratigraphie, Chronologie. *Studia Troica Monographien* 3 (Bonn 2014) im Druck.
- Pintér 2005 F. Pintér, Provenance study of the Early Iron Age Knobbed ware in Troia, NW Turkey and the Balkans. Petrographic and geochemical evidence (Dissertation Universität Tübingen 2005) <http://tobias-lib.uni-tuebingen.de/volltexte/2005/1988/>
- Rose 1997 Ch. B. Rose, The 1997 Post-Bronze Age Excavations at Troia. *Studia Troica* 8, 1997, 71–114.
- Schachner 1994/95 A. Schachner, Untersuchungen zur chronologischen Stellung der grau-minyschen Keramik in Westanatolien unter Berücksichtigung der Schliemann-Sammlung im Berliner Museum für Vor- und Frühgeschichte. *Acta praehistorica et archaeologica* 26/27, 1994/95, 90–115.
- Schifer 2003 Th. Schifer, Archäometrische Untersuchungen an Waldenburger Steinzeug (Dissertation Universität Freiberg 2003) <https://fridolin.tu-freiberg.de/archiv/pdf/GeowissenschaftenSchiferThors-ten916276.pdf>
- Scholz 2002 P. Scholz, Archäometrische Untersuchungen an Keramik des 9.–17. Jahrhunderts der Stadtgrabung Braunschweig (Würzburg 2002) <http://www.mittelalterarchaeologie.de/scholz/scholz.pdf>

- Schubert 2001 M. Schubert, Untersuchungen an römischen Proben von Troia zur Erstellung eines Referenzmaterials (Unveröffentlichte Studienarbeit Universität Freiberg 2001).
- Schwedt – Mommsen 2007 A. Schwedt – H. Mommsen, On the Influence of Drying and Firing of Clay on the Formation of Trace Element Concentration Profiles within Pottery. *Archaeometry* 49/3, 2007, 495–509.
- Topping – MacKenzie 1988 G. Topping – A. B. MacKenzie, A Test of the Use of Neutron Activation Analysis for Clay Source Characterization. *Archaeometry* 30/1, 1988, 92–101.