

Archäometallurgische und bergbauarchäologische Untersuchungen im Gebiet von Fenan, Wadi Arabah (Jordanien)

Der Grabenbruch des Wadi Arabah zwischen dem Toten Meer und dem Roten Meer trennt eine geologisch und genetisch zusammengehörende Kupfererzprovinz, die im Westen am Rande der Wüste Negev, im Osten am Fuße des jordanischen Hochlandes aufgeschlossen ist (Abb. 1). In beiden Regionen wurden seit prähistorischer Zeit Erze abgebaut.

Das westlich der Arabah gelegene Gebiet von Timna im Süden Israels ist in jahrzehntelanger Forschungsarbeit gründlich und beispielhaft untersucht worden. Unter der Leitung von Beno Rothenberg entwickelte sich das Timna-Projekt zu einem bekannten und wichtigen Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der Archäometallurgie¹. So ist Timna mit seinen zahllosen, gut erhaltenen Gruben und den Schmelzplätzen das heute bekannteste Kupferrevier der frühen Zeit. Es lassen sich die Anfänge der Kupfergewinnung bis ins 5./4. Jahrtausend zurückverfolgen. Ein Schwerpunkt der Aktivitäten ist in der Zeit der XIX. Dynastie (Neues Ägyptisches Reich, 13./12. Jahrhundert v. Chr.) nachweisbar, als ägyptische Bergbau-Expeditionen zusammen mit den Midianitern die Lagerstätte abbauten². Ein Nachklang der Metallgewinnung fällt während der Zeit der römischen Besetzung in das 2. Jahrhundert n. Chr.

Der östlich des Wadi Arabah gelegene Teil der Erzprovinz im heutigen SüdJordanien mit Schwerpunkt in den Gebieten von Fenan und Petra ist bislang vor allem von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und der jordanischen National Resources Authority unter Gesichtspunkten moderner wirtschaftlicher Nutzung untersucht worden. Welche Rolle die Kupferlagerstätten jedoch in vor- und frühgeschichtlichen Zeiten gespielt haben, war bislang unentdeckt geblieben.

Dies ist vermutlich auch der Grund, warum die Geschichte der Kupfermetallurgie nicht nur Palästinas, sondern weiterer Teile des Nahen Ostens sich in ihren Kernfragen immer wieder auf die eine Lagerstätte Timna oder auf die Vorkommen im südlichen Sinai konzentriert hat. Jedoch kann die archäologisch-historische und wirtschaftsgeschichtliche Beurteilung der Kupfergewinnung in dieser Region nur

dann eine realistische Basis erlangen, wenn über die heutigen politischen Grenzen hinweg die gesamte Kupfererzprovinz erfaßt und auch der östliche Teil der Arabah im heutigen Jordanien in die Diskussion mit einbezogen werden.

Aus diesem Grund arbeitet das Deutsche Bergbau-Museum an einem archäometrischen Forschungsprojekt, in dem der frühen Kupfergewinnung auf der Ostseite der Arabah nachgegangen wird. Mehrere Surveys wurden bereits 1982 und 1983 durchgeführt³. 1984 begannen umfangreiche Feldarbeiten in den Gebieten von Fenan, Khirbet en-Nahas und Wadi el-Jariye (Abb. 2), während das frühe Berg- und Hüttenrevier bei Petra aufgrund der Fundmengen bei Fenan zunächst noch ausgeklammert werden mußte. Diese Gebiete sind archäologisch nicht unbekannt: Wie Timna waren auch diese Fundstätten vorher bereits von mehreren Forschungsreisenden aufgesucht worden⁴. Doch entweder erkannten sie ihre Bedeutung als Rohstofflieferanten nicht, oder sie konnten den chronologischen Differenzierungen nicht gerecht werden. Vor zwanzig Jahren befaßte sich vor allem der Geologe Hans Dieter Kind mit der frühen Kupfergewinnung auf der Ostseite der Arabah. Seine Ergebnisse sind in einer ausgezeichneten Arbeit publiziert⁵.

Der jüngste Survey hat nun sehr schnell gezeigt, daß in dem untersuchten Gebiet um Fenan Kupfer in einer Menge produziert worden ist, die – soweit bisher bekannt – im südöstlichen Mittelmeerraum bis auf die Insel Zypern keine Parallelen hat: Bei den Verhüttungsaktivitäten im weiteren Bereich um Fenan blieben etwa 150 000–200 000 t Schlacke zurück⁶. Das ist wesentlich mehr, als beispielsweise bei dem nächstbedeutenden Platz bei Bir Nasib im Sinai liegen⁷.

Die folgenden Ausführungen behandeln die Ergebnisse der Expedition 1984 und die ersten Daten der noch laufenden Arbeiten im Labor. Im Text wird dabei eine vereinfachte Schreibweise der arabischen Namen verwendet, lediglich im ersten Abschnitt über die Herkunft des Namens Fenan sind diakritische Zeichen eingesetzt.

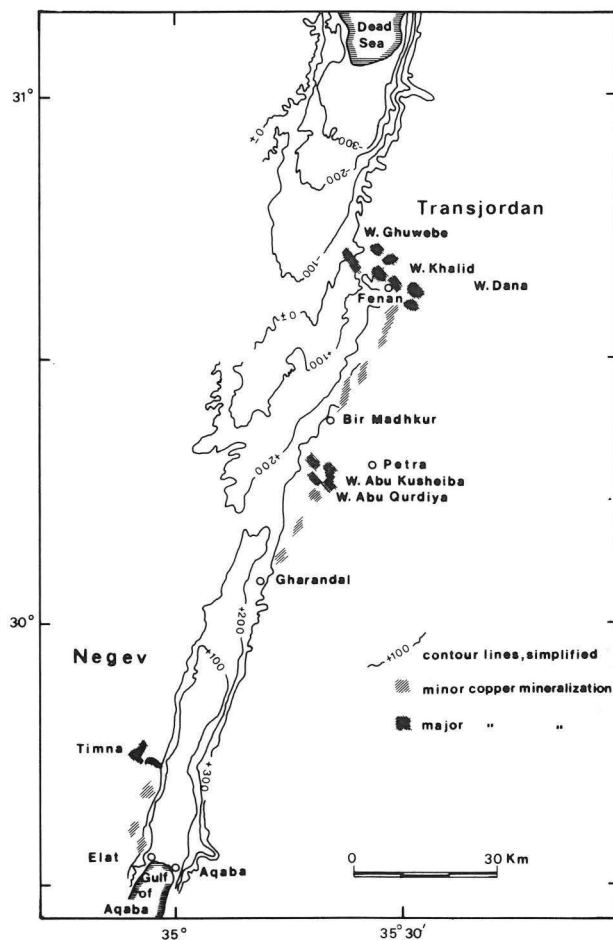


Abb. 1: Kupfervererzungen im Wadi Arabah (nach Bender)

Der Name Fēnān in altorientalischen Texten

Nach einer ansprechenden Vermutung von M. Görg kommt Fēnān bereits in einer Ortsnamensliste von Ramses II. (1279–1213 v. Chr.) als „Nomadenland Pwnw“ vor (Amarah West Nr. 45). Die Ägypter könnten von diesem Bergbauggebiet, das sicher nicht ihrer direkten Kontrolle unterlag, durch seiritische Gruppen erfahren haben, die sowohl in Fēnān als auch in Timna tätig gewesen sein mögen⁸. Der archäologische Befund erlaubt jedenfalls diese Deutung, da nach den jüngsten Untersuchungen Keramik aus der Späten Bronzezeit und der Eisenzeit I aus Fēnān vorliegt. Außerdem könnte Pwnw Distriktnamen gewesen sein und die früheisenzeitlichen Verhüttungsplätze Khirbet en-Nahās, Khirbet el-Jāriye und Khirbet el-Ghuwēbe mit abgedeckt haben.

Mit der ägyptischen Namensform sollte man aber nicht das hebräische Pūnōn vergleichen, da es sich dabei gewiß um einen Schreibfehler für Pīnōn handelt⁹. In den Qumran-Texten sind beispielsweise y und w oft nicht zu unterscheiden. Nach der griechischen Form Phainō und der arabischen Fēnān und Fainān wird die ursprüngliche Namensform Painā(n) bzw. Painō(n) gewesen sein. Die Ortsnamensendungen konnten offenbar wechseln, so daß am

fehlenden -n des ägyptischen Beleges kein Anstoß zu nehmen ist. Hierfür spricht auch, daß eine Wurzel *PWN im Semitischen nicht nachweisbar ist. PYN kommt hingegen auch im qatabanischen Personennamen FYNT vor, und fainān bedeutet im Arabischen „schönes, langes Haar“ bzw. einen Mann mit solchem Haar. So könnte dieses arabische Wort das Etymon des Ortsnamens sein, der aus einer spezifischen Landschaftsform mit ihrer Vegetation hervorgegangen ist. Die alte Bezeichnung des Gebirgsabfalles von der jordanischen Hochebene zum Wadi Arabah, zu dessen Füßen Fēnān liegt, lautet ebenfalls „der Haarige“ oder „der Behaarte“, denn das bedeutet Seir¹⁰.

Pīnōn (Konsonantenbestand: pynn) taucht sodann in der Liste der „Häuptlinge“ oder besser „Bezirksvorsteher“ Edoms auf (Gen. 36, 40–43). M. Weippert hat überzeugend nachgewiesen, daß diese Liste zum einen der sogenannten Priesterschrift angehört und die jüngste der in Gen. 36 zusammengestellten Listen ist¹¹. Edomitische Präsenz im Gebiet von Fēnān ist durch die große Menge aufgefundener Keramik aus der Eisenzeit II C erwiesen. Ob das Pīnōn dieser Liste noch ein Landschafts- oder Stammesname ist oder schon der Name des Vorortes dieser Landschaft (= Khirbe von Fenan), wissen wir nicht.

Die Bezeichnung Phūnōn kommt schließlich in Num. 33, 42 f. vor, einem Stationsverzeichnis, das den Weg der Israeliten unter der Führung des Moses vom Sinai ins Gelobte Land beschreiben will. Hier handelt es sich aber um einen Schreibfehler für Phīnōn¹². Nun ist diese Wanderung als Ganzes lediglich eine überlieferungsgeschichtliche Fiktion¹³. Bei Num. 33 handelt es sich konkret um einen Zusatz zum Pentateuch, der die in den älteren Erzählungen von „Israel in der Wüste“ enthaltenen Ortsnamen exzerpiert und um eine ganze Reihe von Namen erweitert hat¹⁴. Zu diesen Namen gehört auch Phīnōn. Wahrscheinlich beschreibt der Verfasser in Vers 36–49, wie man zu seiner Zeit, also wohl im 5. Jahrhundert v. Chr., vom Golf von Aqaba durch das Wadi Arabah nach Moab und schließlich nach Jericho reisen konnte¹⁵. Damit ist Fēnān als Stadt für das 5. Jahrhundert v. Chr. bezeugt. Das deckt sich mit der Annahme, daß die typische edomitische Keramik der Eisenzeit II C bis in die erste Hälfte der Perserzeit, also etwa bis 400 v. Chr., produziert worden ist.

Geologie und Mineralogie der Kupfererzvorkommen

Die Kupferlagerstätten im Gebiet von Fenan, Khirbet en-Nahas und Wadi el-Jariye stellen die massivsten Metallkonzentrationen des auf der Ostseite der Arabah gelegenen Kupfererzergürtels dar. Weitere Lagerstätten lassen sich nach Süden bis nach Aqaba verfolgen; ein weiterer Schwerpunkt der Vererzungen tritt etwa 20 km südwestlich von Petra auf.

Die Vererzungen haben sich ebenso wie die von Timna auf der Westseite des Wadi Arabah in einem marinen Milieu syngenetisch mit den marinen Sandsteinen des Unteren

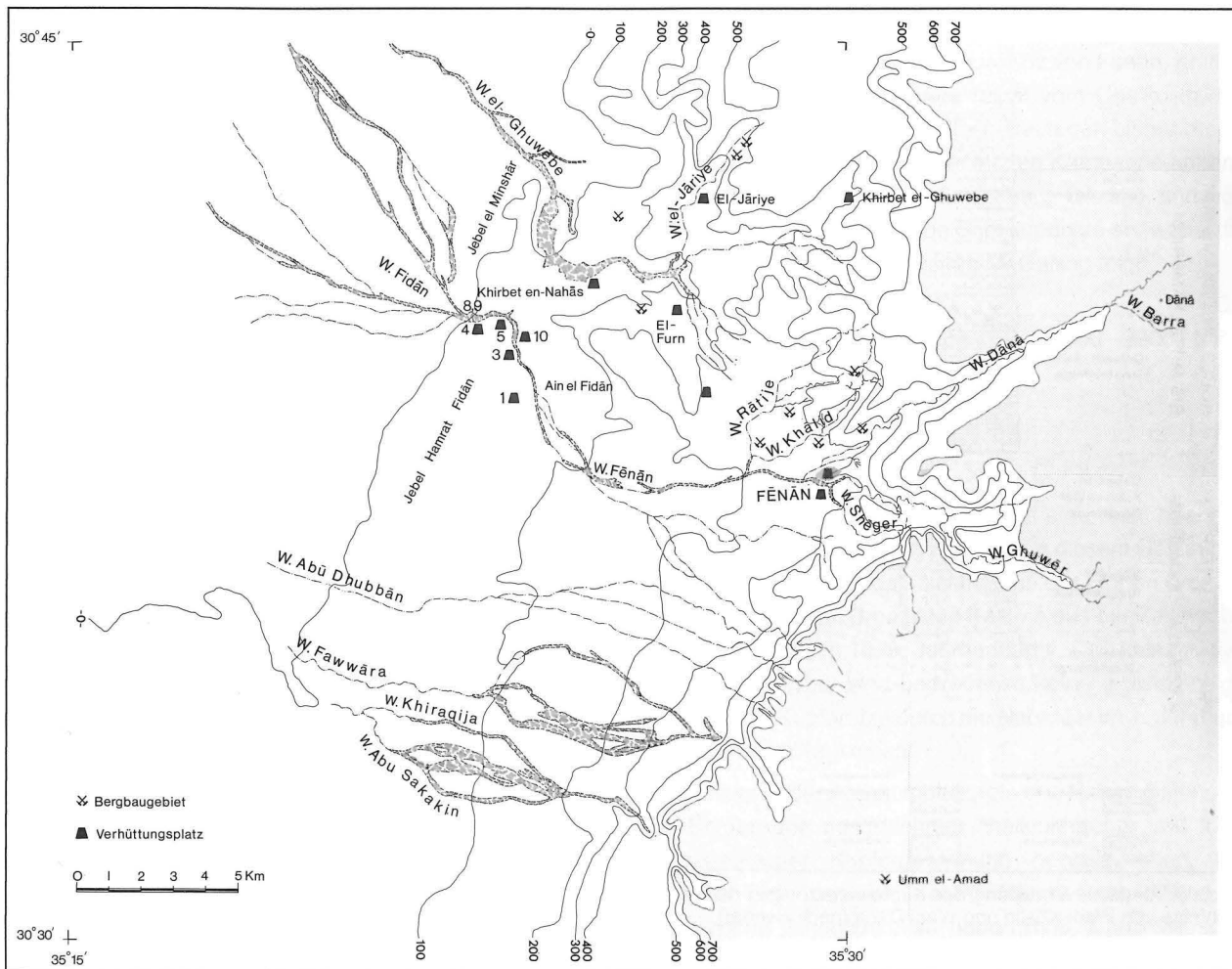


Abb. 2: Übersichtskarte über das Projektgebiet von Fenan – Wadi Ghuwebe – Wadi el Jariye und Umgebung

bis Mittleren Kambriums gebildet. Die Metallzufuhr erfolgte syngenetisch und wird auf einen nachweislich kontemporären Quarzporphyrvulkanismus zurückgeführt¹⁶.

Das Untersuchungsgebiet liegt am Fuße des Steilanstieges vom Wadi Arabah zur süd-jordanischen Hochebene. Das Gebiet ist durch ausgedehnte Massiva von Kalkalkali- und Aplitgraniten gekennzeichnet, die von einer großen Zahl andesitischer bis rhyolitischer Ganggesteine durchsetzt werden. Kupferführend sind hier vor allem die Quarzporphyre¹⁷. Diese vulkanische Aktivität kann auf eine präkambrische Subduktion mit Bildung eines Inselbogens bezogen werden¹⁸. Die Kristallingesteine werden nach Osten hin zunehmend von mächtigen Serien von Sandsteinen des Unteren bis Mittleren Kambriums überlagert, in die Dolomite, Konglomerate, Arkosen und Tonsteine eingelagert sind. Das gesamte Gebiet ist tektonisch durch die unmittelbare Nähe des Grabenbruches im Wadi Arabah stark gestört.

Unter den in verschiedenen Gesteinen auftretenden Vererzungen sind in diesem Gebiet für den frühen Bergbau vor allem folgende von Bedeutung gewesen (Abb. 3):

1. Kupfervererzungen in den feinkörnigen weißen Sandsteinen des Unteren bis Mittleren Kambriums.

2. Kupfer-Manganvererzungen in einer zeitgleichen Sequenz von z. T. sandigen Dolomiten, Kalken und Tonsteinen mit direkt im Hangenden anstehenden grobkörnigen Sandsteinen und Arkosen¹⁹.

Die sehr extensiv verteilten und niedrigprozentigen sekundären Erze der Kupfermineralisationen von Typ 1 liegen in Form von diffusen, unregelmäßigen Imprägnationen, als „Knotten“, linsen- und tapetenartige Kluffbestege, vor oder bilden bis faustgroße Schwarten. Sie sind in feinkörnige Sandsteine eingebettet, die streckenweise durch eine karbonatische Matrix hohe Festigkeit erreichen können. Hier steigt auch der CaO-Gehalt deutlich an (vgl. die chemische Zusammensetzung von JD-10/1,2 in Tab. 1). Die Erzminerale bestehen hauptsächlich aus Malachit ($\text{Cu}_2[(\text{OH})_2/\text{CO}_3]$) mit wenig Brochantit ($\text{Cu}_4[(\text{OH})_6/\text{SO}_4]$). In massiven Stücken treten vereinzelt Kerne mit Kupferglanz (Cu_2S) und Bornit (Cu_5FeS_4) auf. Diese Vererzungen sind relativ arm. Kupfergehalte von 15–25 % oder darüber sind nur in mühsam ausgelesenen, nußgroßen Stücken erreichbar (Tab. 2). Schlitzproben aus den Vererzungshorizonten ergaben dagegen nur 0,56–1,43 % CuO (Tab. 1, 2)²⁰.

Hiermit liegen Kupfergehalte vor, die nur ausnahmsweise die Reichhaltigkeit der Erze der antik genutzten Lagerstät-

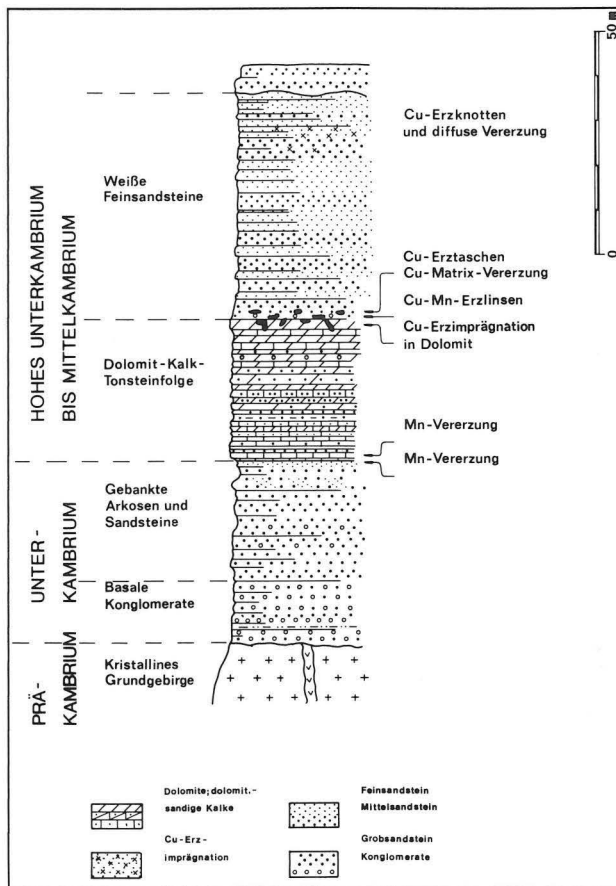


Abb. 3: Vertikale Verteilung der Kupervererzung in der Schichtfolge von Wadi Khalid und Wadi Dana (nach Bender)

te in Timna erreichen²¹. Ferner sind die Erze hier nicht an Pflanzenreste gebunden und enthalten nur geringe Mangangehalte (0,02–0,77 % MnO), dagegen stark schwankende Mengen an Fe_2O_3 (0,18–21,7 %).

Vererzungen dieses Typs wurden vor allem im Wadi Ratiye, etwa 2 km nordwestlich von Fenan, und bei der Grube Umm el-Amad südlich von Fenan beobachtet. Diese Vererzungen treten vor allem wieder im Gebiet von Wadi Abu Khusheiba südwestlich von Petra auf²².

Die Vererzungen in der Dolomit-Kalk-Tonstein-Sequenz (2) konzentrieren sich auf eine 1–3 m mächtige, ausgesprochen brüchige und lockere Schichtfolge (Abb. 4). Sie ist im Wadi Khalid durch eine massive, harte Bank von feinkiesigen Grobsandsteinen, die ebenfalls mit Kupfermineralen durchsetzt ist („Matrixvererzung“), von den hangenden weißen Sandsteinen scharf abgegrenzt. Im Liegenden geht die Schichtfolge allmählich in immer massivere Kalk- und Dolomitbänke über. Hier treten Kluftvererzungen, Taschen und Nester von überwiegend silikatischen Kupfermineralen wie Chrysokoll ($\text{CuSiO}_3 + \text{aq.}$) und Planchet ($\text{Cu}_8[(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{11}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sowie Malachit auf. Die Kupferminerale sind deutlich an etwa 0,2–0,5 m mächtige Linsen aus Pyrolusit (MnO_2) und Limonit (FeOOH) sowie

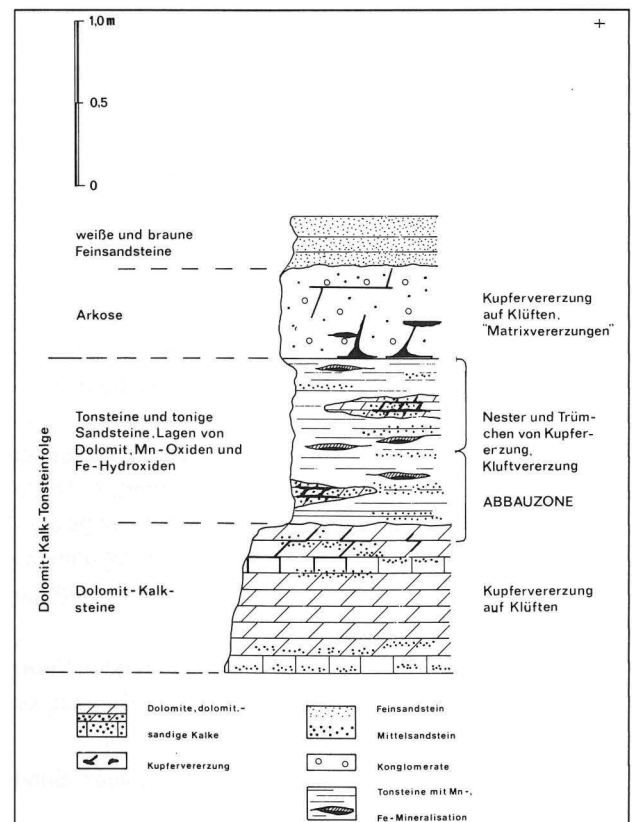
an (dolomitische) Kalkbänke gebunden. Sie werden als deszendente Vererzung gedeutet²³. Die chemische Analyse einer kupfervererzten Dolomitbank vom Wadi el-Jariye ist in Tab. 1 (BE-1) wiedergegeben, ebenso die eines vererzten Tonsteins aus der beschriebenen Schichtfolge (JD-3/4).

Die Kupfer-Manganerzverwachsungen in diesem Horizont sind außerordentlich charakteristisch, sie wurden vor allem in den frühen Perioden des Bergbaus abgebaut. Im Gegensatz zu den Mineralisationen im weißen Sandstein treten hier die Erze in wesentlich massiveren Partien auf, wodurch das Ausbringen entscheidend höher gelegen haben muß. Messungen mit dem tragbaren Röntgenfluoreszenzgerät im Gelände haben immer wieder ergeben, daß hier die Kupfererze nach einer einfachen Handauslese sehr schnell Gehalte von bis über 35 % Kupfer erreichen (Tab. 2).

Die Kupfer-Manganvererzungen konzentrieren sich vor allem im Wadi Khalid, bei Khirbet en-Nahas und im Wadi el-Jariye (Abb. 2). Nach Osten zu, in Richtung zum Wadi Dana, nimmt der Mangangehalt erheblich auf Kosten der Kupfergehalte zu²⁴.

Abgesehen von den Fe- und Mn-Gehalten sind die vorliegenden Kupfererze sehr rein. Bisher gemessene Begleitelemente (Zink, Zinn, Nickel, Kobalt, Blei) liegen mit einzel-

Abb. 4: Die frühe Abbauzone (Chalkolithikum bis Eisenzeit II C) von Kupfer-Mangan-Erzen in der Dolomit-Kalk-Tonsteinsfolge des Unteren bis Mittleren Kambriums



Probe	JD-10/1	JD-10/2	JD-12/2	BE-1	JD-3/4
SiO ₂	75,4	73,9	71,6	5,19	60,2
TiO ₂	0,43	0,12	0,23	0,01	0,61
Al ₂ O ₃	4,39	3,14	1,46	0,13	15,9
Fe ₂ O ₃	0,18	0,52	21,7	0,52	5,42
MnO	0,02	0,74	0,07	0,72	0,70
MgO	0,18	0,18	0,06	19,5	2,02
CaO	0,32	7,08	0,14	29,1	0,35
BaO	0,43	0,08	0,01	n. b.	0,13
K ₂ O	2,58	1,88	0,02	n. b.	6,48
Na ₂ O	1,10	0,08	0,02	n. b.	0,41
P ₂ O ₅	0,07	0,05	0,14	n. b.	0,17
S	0,03	0,02	0,01	n. b.	n. d.
CuO	1,40	0,56	1,43	0,51	1,66
Zn	0,02	0,04	0,04	0,05	0,08
Pb	n. d.	0,02	0,02	0,05	0,06
(Ni)	(0,002)	(0,007)	(0,002)	(0,005)	(0,009)
GV	3,80	6,74	2,46	44,7	6,23
ΣGew.-%	90,35	95,12	99,41	100,48	100,42

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung verschiedener Nebengesteine der Kupfervererzungen im Umkreis von Fenan (GV = Glühverlust, n. b. = nicht bestimmt, n. d. = nicht nachweisbar).

JD-10/1	= Kupfererzführender Sandstein, Schlitzprobe vom Mundloch der Grube Umm el-Amad
JD-10/2	= Manganführender Sandstein mit karbonatischer Matrix, dto.
JD-12/2	= Kupfererzführender Sandstein, Wadi Ratiye
BE-1	= Kupferführender Dolomit, Schlitzprobe 450 m östlich von Khirbet el-Jariye – Analyse nach Bender (1968), S. 145
JD-3/4	= Kupferführender Tonstein, Schlitzprobe aus der Dolomit-Kalk-Tonsteinfole am Talausgang des Wadi Khalid

nen Ausnahmen der Pb-Gehalte (0,002–2,818 %) unter 1 % bzw. im ppm-Bereich (Tab. 2). Auch die Schwefelgehalte liegen sämtlich unter 0,5 %.

Zeitliche Perioden der Kupfergewinnung

Die Kupfergewinnung in der Erzprovinz von Fenan, Khirbet en-Nahas und Wadi el-Jariye reicht vom Chalkolithikum bis in das 13. Jahrhundert n. Chr. Nach den bisher möglichen Datierungen während der letzten Kampagne anhand von Keramikfunden, bergmännischem Gezähe und von Münzen deuten sich folgende Schwerpunkte an, wobei die Bezeichnung der Kulturepochen M. Galling folgt²⁵:

Chalkolithikum (4500–3100)	CH
Frühe und Mittlere Bronzezeit (FB I, 3100–2900, MB I, 2100–1900)	
Eisenzeit I (1200–1000)	E I
Eisenzeit II C (800–400)	E II
Römische Zeit (1.–4. Jahrhundert n. Chr.)	

Diese bisherigen Befunde deuten auf eine recht beachtliche Kontinuität der Kupfergewinnung in diesem Gebiet hin. Es fällt aber z. B. auf, daß bislang aus der Frühen Bronzezeit II, der Mittleren Bronzezeit II sowie aus der Zeit der biblischen Könige im 10./9. Jahrhundert v. Chr. keine Aktivitäten nachweisbar sind und ebenso keine eigenständige Nutzung der Kupfererze durch die Nabatäer im 1. Jahrhundert v. und n. Chr. vorliegt.

Als Novum in der Archäometallurgie des Nahen Ostens ist die Entdeckung ausgedehnter chalkolithischer und frühbronzezeitlicher Kupfergewinnung hervorzuheben, die nach den Befunden weit über den Rahmen des lokalen Eigenbedarfes hinausgereicht haben muß. Chalkolithische Fundplätze aus dem Gebiet von Fenan wurden bereits von Tom Raikes beschrieben und anhand von Keramik- und Flintfunden in diese Epochen datiert²⁶. Bei den jüngsten Geländearbeiten konnten an diesen und an mehreren neuen Fundplätzen im Wadi Fidan (Wadi Fidan 1, 4, 5), bei Ras en-Naqab, bei Fenan selbst und Khirbet en-Nahas sowohl Spuren der Kupferverhüttung als auch der Metallverarbeitung festgestellt werden.

Gew.-%	Cu	Fe	Mn	Pb	Sn	Zn	Ni	Co	S
JD-1/20	16,15	0,49	0,14	0,113	0,059	0,041	0,005	<0,001	0,37
JD-2/19	24,03	0,30	0,77	0,114	0,144	1,32	0,006	0,003	0,17
JD-12/1	40,68	8,99	0,02	0,037	0,115	0,021	n. b.	n. b.	n. b.
JD-3/3a	35,71	0,33	10,59	0,570	0,167	0,110	0,014	0,016	0,08
JD-3/5	35,08	0,99	4,10	0,760	0,165	0,090	0,011	0,008	0,01
JD-3/13	3,69	2,40	8,43	2,818	0,008	0,045	n. b.	n. b.	n. b.
JD-6/1	2,65	31,90	9,78	0,280	0,048	0,381	0,022	0,019	0,02

Tab. 2: Chemische Zusammensetzung ausgewählter Erze aus dem Umkreis von Fenan und Khirbet en-Nahas.

JD-1/20	= Erzlesefund, römische Schlackenhalde von Fenan (Typ 1)
JD-2/19	= Erzlesefund, eisenzeitliche (?) Schlackenhalde, Khirbet en-Nahas (Typ 1)
JD-12/1	= Kupfererzführender Sandstein, Wadi Ratiye; Erzkonzentrat; handlich ausgelesen
JD-3/3a	= Manganführender Dolomit mit Kupfervererzung, Wadi Khalid (Typ 2); handlich ausgelesen
JD-3/5	= Manganführender Tonstein mit Kupfervererzung, Wadi Khalid (Typ 2); handlich ausgelesen
JD-3/13	= Kalkhaltiges Manganerz mit Kupfervererzung, Wadi Khalid (Typ 2); handlich ausgelesen
JD-6/1	= Erzlesefund, mamlukisch-türkische Schlackenhalde von El-Furn (Typ 2)

Der erste, mehr als nur sporadische Gebrauch von Kupfer im Chalkolithikum dieser Region (4500–3100 v. Chr.), gut belegt von Arad, Tell Abu Matar bei Beersheba²⁷, Tell Ghassul²⁸ nördlich des Toten Meeres und Maghas²⁹ bei Aqaba, ließ aber die Fragen nach der Besiedlung der Region und der Herkunft des Metalls immer brennender werden. Letztere bekam nach der Entdeckung des Schatzfundes von Nahal Mishmar am Toten Meer mit seinen 415 Kupfergegenständen im Gesamtgewicht von 140,2 kg dramatische Dringlichkeit³⁰.

Es wurde vermutet³¹, daß im Chalkolithikum wie auch vor allem in der Frühen Bronzezeit das Kupfer in saisonalen Unternehmungen von Arad ausgehend im südlichen Sinai gewonnen worden ist. Diese Hypothese mußte vermutlich aufgestellt werden, weil zu dieser Zeit über das Kupfererzrevier auf der Ostseite der Arabah, das die regional nächstliegende Vererzung zur Arad bzw. dem Toten Meer darstellt, zu wenig bekannt war, um überhaupt in die Überlegungen miteinbezogen zu werden. Die von B. Rothenberg³² wiederholt postulierte und naheliegende Nutzung der Lagerstätte Timna (= Wadi Meneiyeh)³³ und Verhüttung der Erze bereits im Chalkolithikum wird neuerdings ernsthaft in ihrer Argumentation bestritten³⁴. Allerdings können Aktivitäten im Timna-Tal im Chalkolithikum als gesichert gelten, für die vielen anderen erwähnten Plätze im Wadi Arabah wurde bislang aber kein Beleg gezeigt³⁵. Die Kupferervorkommen im Sinai sind dagegen vermutlich alle von geringer rohstoffpolitischer Bedeutung, da es sich – abgesehen von Bir Nasib – um sehr begrenzte Mineralisationen handelt.

Jedoch ist es in den letzten Jahren gelungen, im Wadi Arabah und dem benachbarten Sinai immer neue chalkolithische Siedlungsspuren anzutreffen. Genannt werden sollen hier für das Wadi Arabah die von Ain el-Hoferah³⁶ und für den Sinai die von Serabit el-Khadim³⁷. Dabei handelt es sich um durchweg kleine, vermutlich temporäre Siedlungen, in denen sich von einer möglichen Metallverwendung keine Spuren erhalten haben. Immerhin wurde aber in Serabit el-Khadim das Kupfer-Aluminium-Phosphat Türkis abgebaut und verarbeitet, allerdings nicht, wie immer wieder fälschlicherweise in der Literatur aufgeführt, als Rohstoff für die Metallherstellung, sondern als Schmuckstein. Überhaupt sollte der bergmännische Untertagebau im Chalkolithikum in Palästina nicht verwundern: Wie das Beispiel von Tell Abu Matar zeigt, waren seine Bewohner diese Arbeit gewohnt, hatten sie doch ihre durch Schächte zugänglichen Wohnhöhlen und Silos selbst gegraben.

Die ins Chalkolithikum datierte Kupfergewinnung im Gebiet von Fenan (Abb. 26, 27) setzte sich offenbar ohne drastischen technologischen Einschnitt bis in die Mittlere Bronzezeit I fort. Dies deutet sich aus dem Fundzusammenhang chalkolithischer und bronzezeitlicher Keramik (Abb. 28) sowie aus verschiedenen archäometallurgischen Funden an, die sich phänomenologisch kaum unterscheiden.

In der Eisenzeit setzte ein dramatischer technologischer Fortschritt ein, und die Gewinnung des Kupfers nahm industrielle Ausmaße an. Die wohl augenscheinlichsten Zeugnisse hierfür sind die Schlackenhalde der beiden größten Schmelzplätze, Fenan und Khirbet en-Nahas (Abb. 5, 6). Nach der Menge der Keramikfunde (Abb. 29) ist vermutlich der größte Teil der rd. 100 000 t Schlacke in der Eisenzeit II C produziert worden. Es gibt allerdings auch Keramikfunde von mehreren Fundstellen (Khirbet el-Jariye, Khirbet en-Nahas, Khirbet Ghuwebe und Wadi Dana), die in die Eisenzeit I und II zu datieren sind (Abb. 29). Hierbei ist jedoch anzumerken, daß die Eisenzeit II C in Edom vermutlich noch die erste Hälfte der Perserzeit umfaßte, also von etwa 800 bis 400 v. Chr. reichte.

Es ist interessant, daß sowohl der Chemismus und die äußere Typologie der Schlacken als auch die Düsen und die Relikte von Schmelzöfen von eisenzeitlichen Schlackenhalde in Fenan und Khirbet en-Nahas ganz verblüffend denen ähneln, die B. Rothenberg von Site 30 in Timna, Stratum I, beschrieben hat³⁸. Die hieraus abzuleitenden sehr ähnlichen Verfahrensprozesse bei der Kupferverhüttung belegen klar einen technologischen Transfer zwischen beiden Lokalitäten zu dieser Zeit. Stratum I wird in die Zeit der XXII. Dynastie Ägyptens (945–715 v. Chr.), möglicherweise zeitlich sogar mit den politischen Aktivitäten Schoschenqs um 920 in Palästina gleichgesetzt³⁹.

Nach der überwiegenden Menge der während des Surveys gesammelten Keramik aus der Eisenzeit II C würde sich unter diesen Voraussetzungen andeuten, daß im weiteren Gebiet von Fenan zu dieser Zeit eine hüttenmännische Technik praktiziert worden ist, die in Timna bereits rd. 150 Jahre vorher etabliert war und dann vermutlich auch von dort transferiert wurde. Diese Hypothese sollte jedoch bei der Betrachtung sowohl der lagerstättenkundlichen Verhältnisse als auch der Produktionszahlen an beiden Lokalitäten sorgfältig geprüft werden: In Fenan fielen bei der Verhüttung aufgrund der natürlichen Verwachsung von Kupfer- und Manganerzen bereits seit dem Chalkolithikum relativ reine Mangansilikatschlacken an. Solche Schlacken hatten also in der Eisenzeit II C bereits eine lange „Tradition“, sie wurden nun in der Größenordnung von mehreren 10 000 t produziert. In Timna treten aber erst in der XXII. Dynastie Mangansilikatschlacken auf – maximal etwa 1 000 t –, die nachweislich auf einem zusätzlichen Bergbau auf die räumlich getrennten Manganerze beruhen. Schlacken dieser Zusammensetzung sind vorher nicht in Timna produziert worden.

Aus diesen Gründen ist ein Technologietransfer von Fenan nach Timna wahrscheinlicher, obwohl dieser erst nach entsprechenden Funden von Keramik der Eisenzeit I belegbar sein wird.

Inwieweit diese Parallelen auch eine politische Präsenz der Ägypter in Fenan bedeuten könnten, was historisch durchaus möglich ist, wird durch zukünftige Forschungen noch zu klären sein.



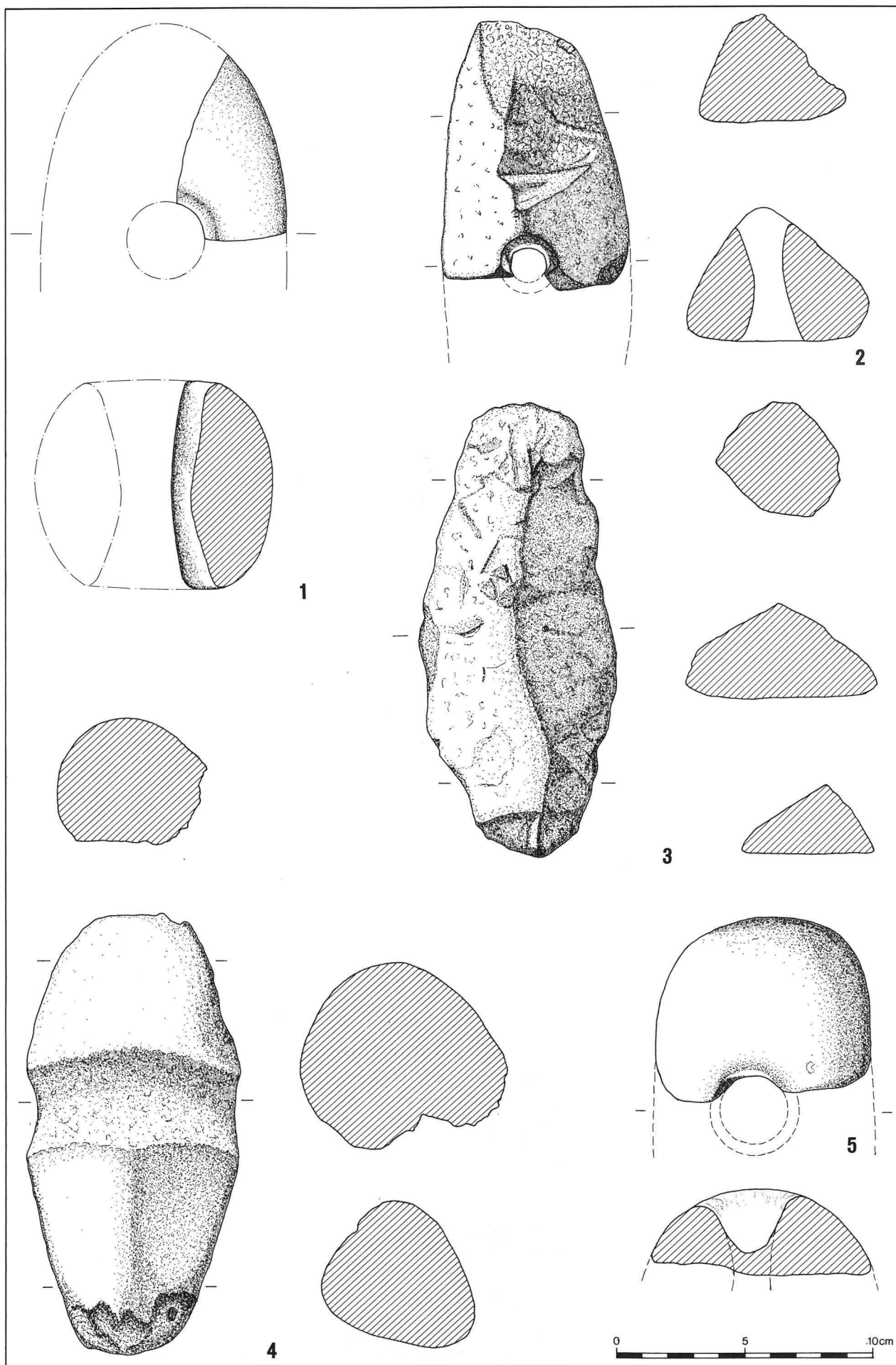
Abb. 5: Khirbet en-Nahas, die „Ruinen des Kupfers“. Auf diesem etwa 6 km nordwestlich von Fenan gelegenen Schmelzplatz liegen ca. 50 000–60 000 t überwiegend eisenzeitlicher Verhüttungsschlacken. Sie bezeugen die Produktion von Kupfer in „industriellem“ Maßstab

Kupferbergbau und -verhüttung unter römischer Besatzung konnten bis jetzt nur in der direkten Umgebung von Fenan (Wadi Ratiye, Wadi Khalid) und etwa 5 km südlich (Umm el-Amad) festgestellt werden. Sie sind in die Zeit vom 1.–4. Jahrhundert n. Chr. zu datieren. Direkt südlich des Ruinenhügels Fenan liegen ca. 40 000 t Schlacke. Offensichtlich wurden an diesem Hüttenplatz die Erze aus allen römischen Bergwerken zentral verhüttet.

Die Datierung der römischen Schlackenhalde bildet mit Funden von Keramik und einzelnen Münzen aus dem ausgehenden 1. Jahrhundert n. Chr. den chronologischen Anschluß an die römischen Aktivitäten in Beer Ora/Timna⁴⁰. Dennoch ist der größte Teil der Keramik von den Schlackenhalde ebenso wie aus den Bergwerken in das 2./3. Jahrhundert n. Chr. zu datieren (Abb. 30). Diese „spät-nabatäischen“ Produkte werden hier als „römisch“ zusammen-

Abb. 6: Die eisenzeitlichen Schlackenhalde von Fenan (Vordergrund) direkt östlich der frühbyzantinischen Kloster- und Kirchenruinen. Die Menge der Schlacken beträgt hier weit über 50 000 t. Im Hintergrund links ca. 40 000 t römische Kupferschlacken





mengefaßt. Aus SüdJordanien ist für diese Epoche noch zu wenig stratifizierte Ware veröffentlicht, als daß es einen Sinn hätte, zum gegenwärtigen Zeitpunkt genauer differenzieren zu wollen.

Über die bergmännischen Arbeiten in Fenan und über den Einsatz nicht nur von christlichen Märtyrern und Verbrechern, sondern auch von Anhängern abweichender christlicher Glaubensüberzeugung vor allem im 4. Jahrhundert finden sich erschreckende Berichte bei verschiedenen Kirchenvätern, wie z. B. Eusebius⁴¹.

Nach diesen Perioden blühender Kupfergewinnung kamen Berg- und Hüttenwesen zum Erliegen. Lediglich zur Zeit der Mamluken (1260–1516) lebten sie noch einmal kurzzeitig auf. So wurde neben einigen kleinen Schlackenhalden vor allem in El-Furn, etwa 1 km südöstlich von Khirbet en-Nahas, ein Verhüttungsplatz aus der Zeit nach dem 13. Jahrhundert gefunden, der an eine Siedlung angeschlossen war. Umfangreiche Funde von Rohkupfer in einer Gebäuderuine mit weiten Mauerdurchbrüchen (möglicherweise handelt es sich hier um eine Gießerei) legen die Vermutung nahe, daß hier das Metall auch an Ort und Stelle weiterverarbeitet worden sein könnte.

Die mamlukisch-türkische Keramik ist sehr unterschiedlich ausgebildet. Zum Teil macht sie auf den ersten Blick einen „chalkolithischen“ Eindruck (Abb. 31.5), da sie ohne Töpferscheibe hergestellt worden ist. Die spärliche Bemalung der Scherben von El-Furn legt nahe, daß die Keramik eher in die zweite Hälfte der türkischen Okkupation einzuordnen ist. Dagegen erweckt eine Scherbe (Abb. 31.4) „byzantinische“ Assoziationen. Doch haben wir uns hier zu vergegenwärtigen, daß die „Industriesiedlungen“ im Gebiet von Fenan schon aus Gründen der Versorgung mit Brennstoff vermutlich nur sehr kurze Zeit, vielleicht nur eine Siedlungsperiode lang, bestanden haben. Der Kontext dieses Keramikfundes enthält neben der handgemachten „Dorfkeramik“ mit ihrer langen Laufzeit zwei glasierte Scherben der sog. Raqqa-Ware, die in Syrien im 13. Jahrhundert produziert worden ist (Abb. 31.2; 3). Damit dürften unter diesem Gesichtspunkt der Fundplatz und seine ganze Keramik in das 13. Jahrhundert zu datieren sein. So haben wir hier wohl ein Stück „importierter“ Keramik vor uns, das in einem städtischen Produktionsbetrieb zu der Zeit hergestellt worden ist, als die lokale Bevölkerung im Wadi Arabah ihre „pseudo-chalkolithische“, handgemachte Keramik fertigte.

Der Bergbau

Chalkolithischer und bronzezeitlicher Bergbau konzentrieren sich im Gebiet von Fenan vor allem im Wadi Khalid (Abb. 2). Eine zeitliche Differenzierung ist dabei allerdings kaum aufgrund unterschiedlicher bergmännischer Abbauverfahren oder anhand von bergmännischen Gezähen allein möglich. Sie ergibt sich zum Teil aus Keramikfunden, hauptsächlich aber aufgrund folgender Beobachtungen: Durch unseren Survey konnten Kupferverwendung und -herstellung für den Platz Wadi Fidan 4 nachgewiesen werden. Schlacke und Erz fanden sich auf der Höhe der Terrasse, in der von Raikes bezeichneten „Township“⁴². Ihr chalkolithisches Alter wird durch die grobe Keramik (Abb. 26, 27), ein Fragment eines Basaltgefäßes, das Flintmaterial und doppelkonisch gebohrte Steinhämmer (Abb. 7.1) bzw. Keulenköpfe bestätigt.

Unmittelbar am Fuße des „Stadtberges“ liegt eine Schlackenhalde von ca. 15 t der gleichen Schlacke, wie sie vereinzelt im Bereich der „Township“ aufgesammelt werden konnte. In der Schlackenhalde konnten Fragmente konischer Tonstäbe festgestellt werden, wie sie an weiteren Plätzen im Wadi Fidan (W. Fidan 1), Wadi Fenan und von Fenan selbst (Plätze 8–10, 13, 15) in großen Mengen zusammen mit Schlacke an der Oberfläche lagen (Abb. 8). Sie dienten offenbar als Werkzeuge beim Schmelzen der Kupfererze zur Entfernung von Schlackenansätzen im Ofen oder zum Durchstich verschlackter Düsen. Den Zusammenhang zwischen „Township“ und Schlackenhalde als zusammengehörig und gleichzeitig vorausgesetzt, ergibt sich unter Hinzunahme der genannten Plätze eine intensive Ausbeutung der Lagerstätten um Fenan im Chalkolithikum. Diese Beobachtung wird durch die zahlreichen doppelkonisch gebohrten Steinhämmer bei den Bergwerken gestützt. Dort kommen außerdem in großer Zahl Rillenschlägel und Kerbschlägel vor (Abb. 7.3,4), die während des Chalkolithikums und der Frühen Bronzezeit benutzt wurden. Da das Alter der Steinschlägel im Bergbau manchmal strittig sein könnte, soll hier darauf hingewiesen werden, daß sie in Fenan niemals auf einer Halde entdeckt wurden, welche durch Keramik der Mittleren Bronzezeit oder der Eisenzeit zugeordnet werden mußte. In diesem Zusammenhang soll hier noch ein Typ bergmännischer Steinpicke gezeigt werden, wie er bislang noch nicht beschrieben worden ist (Abb. 7.2,5): Längliche Quarzporphyrgerölle wurden dreieckig prismatisch zurechtgeschliffen, angespitzt und doppelkonisch durchbohrt.

Vermutlich chalkolithische Bergwerke zwischen Wadi Khalid und Wadi Ratiye konnten 1984 noch nicht näher untersucht werden. Die Datierung von Gruben in die Frühe und Mittlere Bronzezeit konnte anhand von Keramik erfolgen, die im Versatz gefunden wurde. Es handelt sich um rotpolierte Ware und um solche mit typischem Kammstrich. In einem Fall wurde eine Scherbe der letztgenannten Ware als Lampe benutzt, wie die Rußspuren an den Ecken be-

Abb. 7: Bergmännisches Gezähe aus dem Gebiet von Fenan und Khirbet en-Nahas, hergestellt aus natürlichem Gestein – vgl. Katalog

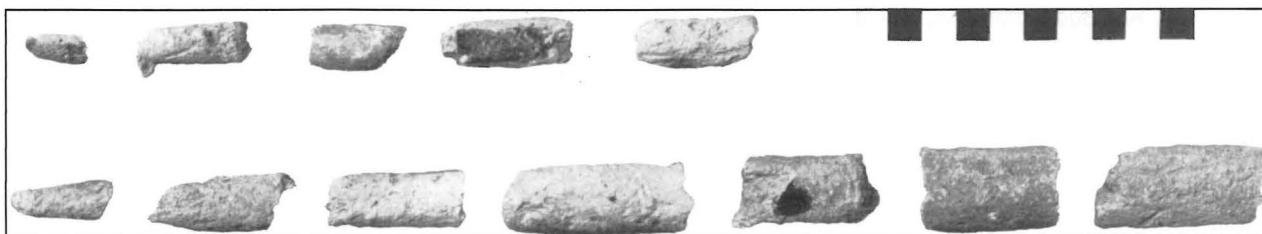


Abb. 8: Fragmente von Tonstäben mit Schlackenbesatz, die vermutlich als Werkzeuge beim Schmelzen der Kupfererze im Chalkolithikum und in der Frühen Bronzezeit verwendet wurden

weisen (Abb. 9.1). Sie steckte 22 m von der heutigen Wadikante entfernt im Versatz der Grube Nr. 43. Die Grube selbst konnte 55 m in den Berg verfolgt werden.

Abgebaut wurden in diesen frühen Perioden wohl überwiegend reichhaltige und relativ massive Kupferminerale (Kupfersilikate, Malachit) aus der schichtgebundenen Kupfer-Manganvererzung der Dolomit-Tonsteinfohle. Entsprechend der flözartigen Ausbildung der Vererzung wurden die Gruben nach dem Kammerpfeilerbau angelegt. Sie hatten eine Höhe von 1–1,5 m und eine laterale Ausdehnung von mindestens 30 × 50 m! Die Gruben wurden z. T. durch künstlich eingesetzte Pfeiler aus schweren Wadigerollen abgestützt. Sie folgten dem flach einfallenden Erzhorizont bis in eine Teufe von etwa 15–20 m. Überraschend ist, daß sämtliche Gruben aus dieser Zeit nach dem Abbau sorgfältig wieder mit Versatz gefüllt worden sind (Abb. 10), möglicherweise aus religiösen Gründen. Hierdurch wurden an den Mundlöchern der Gruben nur sehr kleine Halden aufgeworfen, wodurch die wahren Dimensionen des Bergbaus lange Zeit verborgen blieben und auch tatsächlich von allen bisherigen Forschungsreisenden und Geologen falsch eingeschätzt worden sind.

In der Eisenzeit wurden ebenfalls noch überwiegend die reichhaltigen Kupfer-Manganerze im Wadi Khalid und bei Khirbet en-Nahas abgebaut. Wegen günstiger geologisch-bergmännischer Aufschlüsse wie auch aus logistischen Gründen konzentrierten sich die Feldarbeiten der Verfasser auf die Gruben im Wadi Khalid, hier wurden insgesamt fast 50 Gruben aufgenommen und dokumentiert. Durch den Bergbau der frühen Perioden war man dort in der Eisenzeit gezwungen, die noch nicht ausgeerzten Partien der Lagerstätte durch Schachtbau an den steil ansteigenden Talflanken zu erschließen. Zu den interessantesten keramischen Funden der Eisenzeit II C gehören zwei Lampen, die auf den Halden der Gruben 4 und 10 gefunden wurden (Abb. 9.2,3). Bei den bergmännischen Steingeräten dieser Zeit handelt es sich immer um handliche, mittelschwere Klopffeste aus zähen Quarzporphyren und feinkörnigen Graniten, die zwar Nutzungsspuren aufweisen, aber niemals bearbeitet worden waren, um ihnen eine bestimmte Form zu geben.

Von allen Überresten des Bergbaus aus dieser Zeit, die meist nur in Form von Halden erkennbar sind, sei hier die

Konstruktion einer Schachanlage besonders hervorgehoben, die bereits im Vorbericht von 1984 kurz beschrieben wurde⁴³. Es handelt sich um drei direkt nebeneinander abgeteuft Schächte („Tripelschacht“, Abb. 11, 13). Sie wurden von dem Bergingenieur Kasim Omari von der National Resources Authority, Amman, freigelegt. Zwei dieser Schächte sind nach den Keramikfunden in den Halden vermutlich in der Eisenzeit II C abgeteuft worden und erreichten den Erzhorizont nach 18 m⁴⁴. Die Schächte sind sehr unregelmäßig angelegt und stark ausgewittert. In unregelmäßigen Abständen sind Trittlöcher erkennbar. Die Schächte sind nach einigen Metern durch einen tektonisch bedingten Einbruch miteinander durchschlägig und möglicherweise aus diesem Grund schon relativ kurz nach ihrer Konstruktion nicht mehr befahrbar gewesen. Der dritte Schacht sticht in seiner exakten und ebenmäßigen Ausführung dagegen von den anderen beiden ab, erreichte aber nicht den Erzhorizont. Er war von einer erweiterten und befestigten Plattform aus abgeteuft worden, die ihrerseits wieder durch mehrere sauber in das Gestein gehauene Stufen zu erreichen war. Zwei Eisenmeißel, die in der Halde geborgen werden konnten, waren offensichtlich bei der Anlage von Schacht, Plattform und Stufen eingesetzt gewesen (Abb. 12). Dieser dritte Schacht ist durch den Fund einer römischen Münze in das 1. Jahrhundert n. Chr. zu datieren. Vermutlich handelt es sich hier um einen kurzen Prospektionsschacht. Diese Schachanlage, in der Geschichte des Bergbaus ohne Parallele, wurde als ein technisches Denkmal von besonderer Bedeutung auch mit photogrammetrischen Verfahren vermessen (Abb. 13).

Im Gegensatz zu den besprochenen frühen Perioden der Kupfergewinnung wurden in römischer Zeit bevorzugt manganfreie Kupfervererzungen im Sandstein (Typ 1) abgebaut, da offensichtlich die reichhaltigen Kupfer-Manganerze in der Dolomit-Tonsteinfohle weitgehend ausgeerzt waren und eine Fortsetzung des Bergbaus in diesen Bereichen aus technischen Gründen ungünstig erschien. Dies geht aus der Lage der zahlreichen Gruben im Wadi Ratiye wie auch aus der Grube Umm el-Amad, 5 km südlich von Fenan, hervor, die stratigraphisch gesehen etwa 40–60 m über den Vererzungen in der Dolomit-Kalk-Tonsteinfohle liegen (Abb. 3). Die Gruben wurden sämtlich im 2./3. Jahrhundert n. Chr. betrieben.

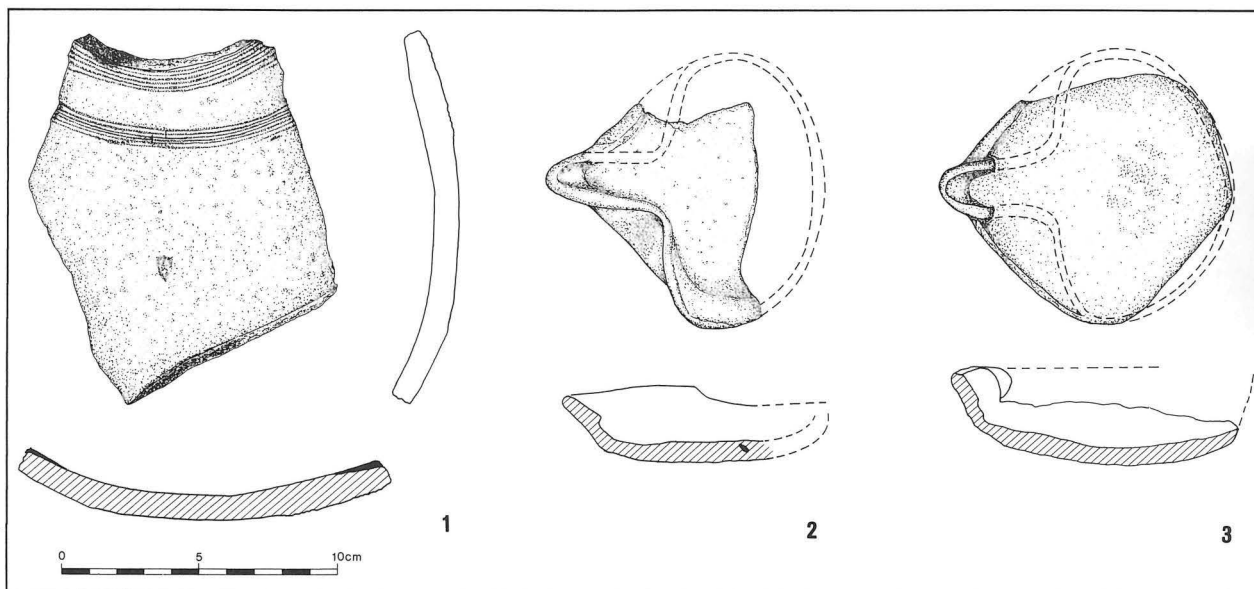


Abb. 9: Bergmännisches Geleucht aus der Mittleren Bronzezeit (1) und aus der Eisenzeit II (2, 3) – vgl. Katalog

Im Wadi Ratiye wurden bislang fast 30 Gruben und Schürflöcher gefunden. Sie sind in einem tektonisch außerordentlich intensiv beanspruchten Gelände angelegt worden, das von drei nahezu orthogonal aufeinanderstehenden Störungszonen durchzogen ist. Diese Störungen verlaufen im Meterabstand und führen zu einer entsprechenden Kästelung des Gesteins über große Distanzen hinweg. Die abgebauten Vererzungen hatten aufgrund der extensiven Verteilung der Kupferminerale nur sehr niedrige Metallgehalte (Tab. 2). Die Erze mußten durch relativ großräumige Abbaue hereingewonnen und in umfangreichen Aufbereitungsverfahren konzentriert werden. Allem Anschein nach wurde der Vortrieb in den Gruben allein durch die systematisch auftretenden vererzten Störungszonen gesteuert. Die bergmännischen Abbauverfahren konnten jedoch im einzelnen nicht erfaßt werden, da alle diese Gruben äußerst stark verstürzt sind. Gerade an dieser Stelle sei nochmals auf die Berichte der Kirchenväter hingewiesen, die den Verurteilten kaum noch Überlebenschancen bei der Bergarbeit einräumten.

Eines der eindrucksvollsten bergmännischen Zeugnisse dieser Zeit ist die Grube Umm el-Amad, die nahezu unerreichbar etwa 5 km südlich von Fenan in einem der steilen Wadis an der Bruchkante zum Wadi Arabah liegt. Im Gegensatz zu den Bergwerken im Wadi Ratiye ist diese Grube noch bemerkenswert gut erhalten. Sie wurde vermutlich größtenteils im 2./3. Jahrhundert n. Chr. betrieben. Das für römische Bergtechnik gänzlich atypische Mundloch (Abb. 14) spricht jedoch dafür, daß die Grube in ihren Anfängen in wesentlich frühere Perioden, möglicherweise in die Bronzezeit oder noch früher, zurückreicht. In unmittelbarer Nachbarschaft aufgelesene sehr grobe Keramikscherben deuten in diese Richtung.

Die Grube wurde im Kammerpfeilerbau nahezu horizontal in einen mit Knottenerzen und Imprägnationen sekundärer Kupferminerale besetzten Horizont im weißen Sandstein in den Berg gehauen (Abb. 15). Direkt im Liegenden stehen schwache Manganvererzungen an, die jedoch, soweit bisher erkennbar, nicht vom Abbau berührt wurden. Schlitzproben von der kupferführenden Schicht nahe des Mundloches ergaben einen durchschnittlichen Cu-Gehalt von nur 1,12 %⁴⁵ und zeigen deutlich, daß diese Vererzung wesentlich niedrigprozentiger ist als die in früheren Perioden abgebauten Kupfer-Manganvererzungen im Wadi Khalid.

Entgegen allen früheren Berichten⁴⁶, in denen vor allem die ungeheuren Mengen an rezentem Ziegenmist hervorgehoben wurden, ist diese Grube mit einer lateralen Ausdehnung von 55 × 120 m und einer Höhe von bis zu 2,5 m mehr als sechsmal größer als bisher beschrieben! Die

Abb. 10: Wadi Khalid. Mittelbronzezeitliche Grube 43, durch einen modernen Projektionsstollen freigelegt. Neben dem Hammer ein alter Stützpfeiler



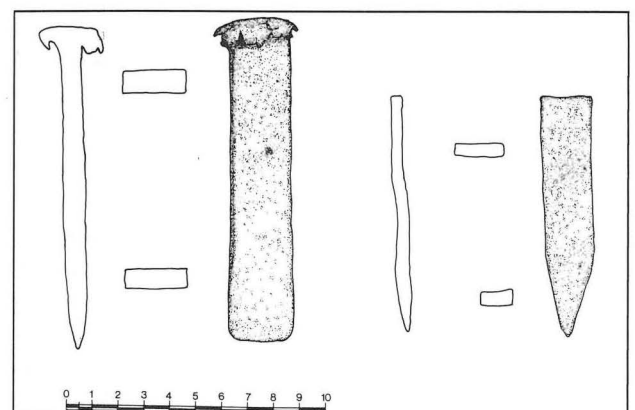


Abb. 11: Die Anlage des „Tripelschachtes“ im Wadi Khalid ist ein in der Geschichte des Bergbaus wohl einmaliges technisches Denkmal. Zwei Schächte (1, 2) wurden in der Eisenzeit abgeteuft, Schacht 3 stammt ebenso wie die obere Plattform aus römischer Zeit. Aufnahme ca. 6 m senkrecht über der oberen Kante der Anlage als Grundlage für die photogrammetrische Vermessung – vgl. Abb. 13

Pfeiler sind exakt herausgehauen, regelmäßig angeordnet und von bestechender Form. Sie zeigen ebenso wie die Firste ausgesprochen saubere und noch vollkommen frische Meißelspuren, die überraschenderweise an den Pfeilern nicht schräg nach unten, sondern in horizontaler Richtung verlaufen (Abb. 15).

In Umm el-Amad liegt somit ganz ähnlich wie beim sog. Tripelschacht im Wadi Khalid eine Grube vor, die nach ihrer technischen Ausführung, dem Erhaltungszustand und in ihrer überschaubaren Form und Abgeschlossenheit als ein technisches Denkmal ersten Ranges aus der Römerzeit bezeichnet werden muß.

Abb. 12: Wadi Khalid. Römische Eisenmeißel aus den Halden des „Tripelschachtes“ (Grube 2)



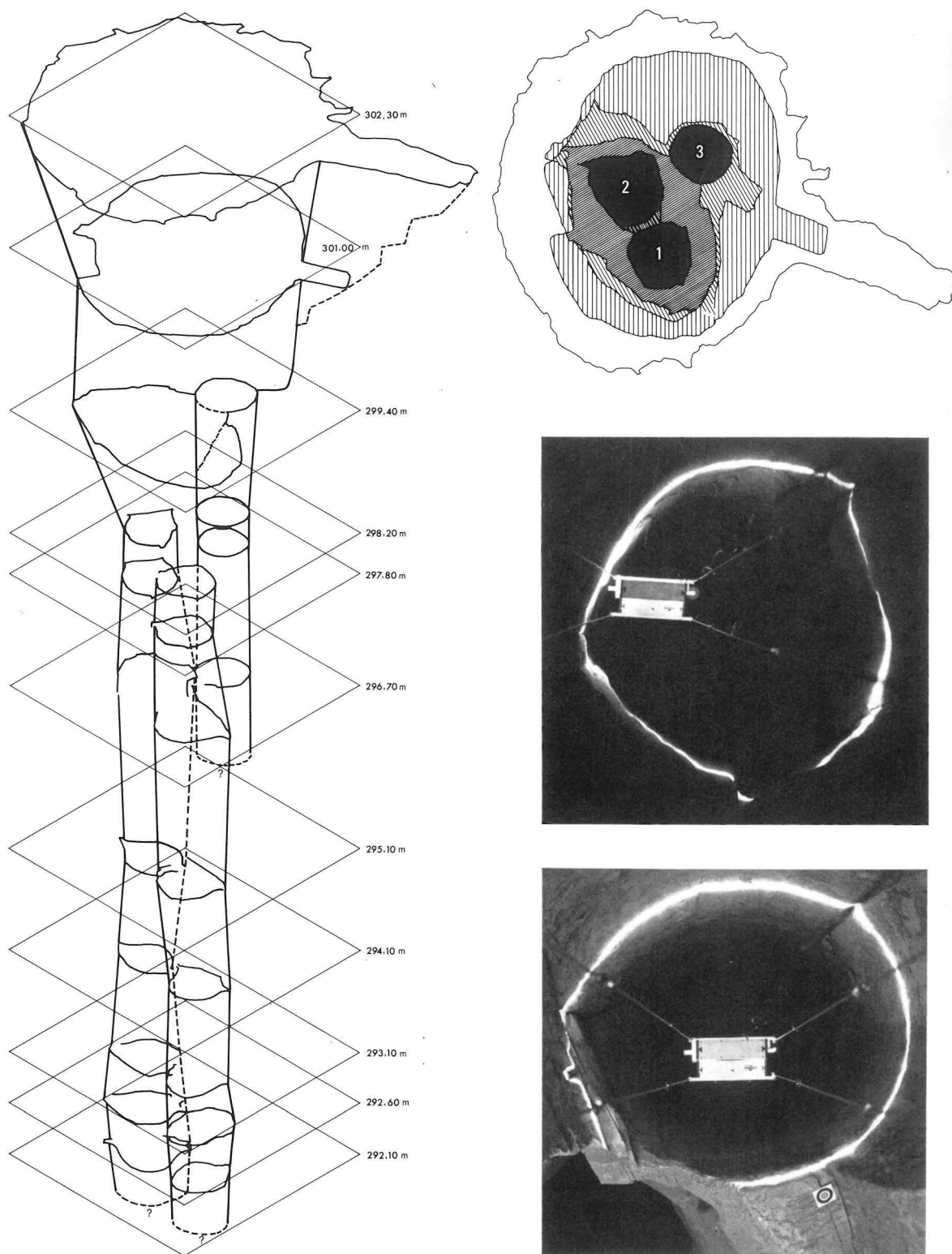


Abb. 13: Isometrische Darstellung des „Tripelschachtes“ nach der photogrammetrischen Vermessung, 2fach überhöht. Abgebildet sind weiterhin zur Anschauung zwei durch Ringblitze aufgenommene Schachtquerschnitte



Abb. 14: Umm el-Amad. Mundloch der römischen Grube. Die Form ist gänzlich atypisch für die römische Bergtechnik und deutet darauf hin, daß die Grube bereits in sehr frühen Perioden betrieben worden sein könnte

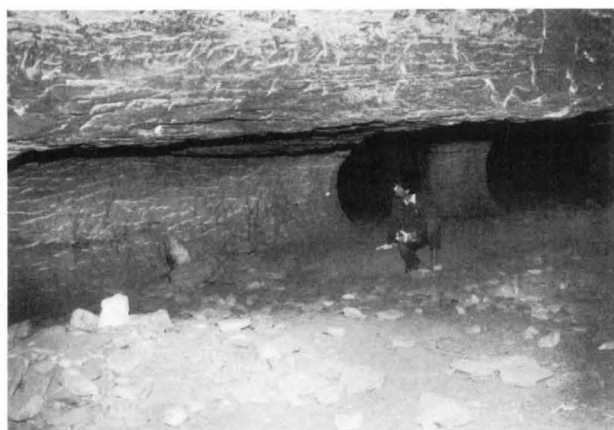


Abb. 15: Umm el-Amad. Römische Grube, die „Mutter der Säulen“. Die Grube wurde nach der Technik des Kammerpfeilerbaus im Nubischen Sandstein aufgeföhren. Sie ist 55 x 120 m groß und bis 2,5 m hoch

Die Situation der Bergwerke um Fenan und ihr geologisch-lagerstättenkundlicher Bezug spiegeln deutlich die Entwicklung des Bergbaus und ihre Einwirkung auf die Entwicklung der Metallurgie wider.

Während im Chalkolithikum und in der Bronzezeit sehr reichhaltige oberflächennahe Vererzungen im Wadi Khalid gewonnen werden konnten, mußte im Laufe der Zeit immer mehr Energie aufgewendet werden, um diese Vererzungen noch zu erreichen. Die Lage der eisenzeitlichen Gruben im Wadi Khalid zeigt, daß dies durch die Anlage von immer tieferen Schächten erfolgte. Zu Beginn der römischen Aktivitäten war in diesen Gruben bzw. Vererzungen ein weiterer Abbau nicht mehr möglich. Man war gezwungen, niedrigprozentige Erze abzubauen, wobei ein wesentlich höherer bergmännischer Einsatz und umfangreichere Aufbereitungsverfahren notwendig wurden. Auch die Erzzusammensetzung wechselte: Während in früheren Perioden die Kupfererze mit den als Flußmittel wirkenden Manganerzen natürlich verwachsen waren, standen in den römischen Gruben nur manganfreie Erze zur Verfügung. Dies hatte zur Folge, daß man in der Verhüttung weitere Zuschlagstoffe zusetzen mußte. So war es der zunehmend notwendige Abbau immer ärmerer Vererzungen, der im Gebiet von Fenan als Motor der Entwicklung des Berg- und Hüttenwesens wirkte. Diese Feststellung hat auch für die heutige Zeit mit den knapper werdenden Rohstoffen Gültigkeit.

Insgesamt gesehen sind alle im Gebiet von Fenan gefundenen Gruben zwar zahlenmäßig denen von Timna unterlegen; in ihren räumlichen Dimensionen übertreffen sie jene jedoch erheblich⁴⁷. Dies und die zumindest in früheren Perioden zur Verfügung stehenden reichhaltigen Vererzungen belegen im Endeffekt eine wesentlich umfangreichere Nutzung des Rohstoffes auf der Ostseite der Arabah. Sie wurde durch die in den Wäldern des südjordani-schen Hochplateaus und an den Abhängen zum Wadi Arabah zur Verfügung stehenden Holzmengen sehr begünstigt.

Eisenzeitlicher Bergbau in der Bibel: Ein Exkurs über das Buch Hiob, Kap. 28, Vers 1–12

Das Buch Hiob enthält eine Schilderung eisenzeitlichen Bergbaus, welche die archäologischen Befunde im Gebiet von Fenan ebenso zu verstehen hilft, wie umgekehrt hierdurch auch der Text erhellt wird⁴⁸.

Das Buch Hiob ist nicht einheitlich, sondern möglicherweise in mehreren Stufen entstanden. Das „Lied auf die Weisheit“ in Kap. 28 unterbricht den Zusammenhang der Reden. Es kann offengelassen werden, ob hier der Dichter selbst das Wort ergriff, oder ob ein anderer das Lied später eingefügt hat⁴⁹. Wesentlich für unseren Zusammenhang ist, daß der Stoff des Buches dem 6. und 5. Jahrhundert entstammt und keine Kenntnis von Verhältnissen nach 400 v. Chr. verrät⁵⁰. Das wird auch für das Kap. 28 gelten, wobei der Verfasser wohl kaum ein Bergbauggebiet selbst aufgesucht und nach eigener Anschauung beschrieben hat, sondern sich darauf beschränkt haben wird, Informationen über den Bergbau zu sammeln. Der Text lautet:

1. Zwar hat das Silber einen Ursprungsort,
das Gold hat einen Ort, da man es läutert;
2. das Eisen wird aus Erdenstaub gewonnen,
und Steine gießt (der Mensch) zu Kupfer um;
3. er setzt der Dunkel-Finsternis ein Ende,
er forscht in ihr, bis es nicht weitergeht;
... Stein, Dunkel und Grauen ...
4. ein Volk, das hier zu Gast ist, spaltet Schächte;
Vergessene, ihr Fuß hat keinen Halt,
baumeln, fern von Menschen schwanken sie;
5. der Erde, die das Brot hervorgehn läßt,
Unterstes wird umgestülpt mit Feuer;
6. der Fundort des Saphirs ist ihr Gestein,
vom Gold sind Stäubchen ebenfalls darin;
7. diesen Pfad erkennt der Geier nicht,
nicht erspät des Habichts Auge ihn;

8. das Edewild hat ihn noch nicht betreten,
der Junglew ging noch nicht darüber hin;
9. ans Quarzgestein gar legt er seine Hand,
durchwühlt die Berge von den Wurzeln her;
10. er spaltet in den Fels die Stollen ein,
schaut mit dem Auge jede Kostbarkeit;
11. der Ströme Quellort unterbindet er,
was sie verbargen — er bringt es ans Licht:
12. die Weisheit aber, wo wird sie gefunden,
der Fundort aber, wo ist er, der Einsicht?

Zu diesen Versen ist inhaltlich folgendes zu bemerken: Die in Vers 3 angesprochene Finsternis unter Tage beeindruckte offenbar schon den antiken „Zuschauer“. Hier sei auf die verschiedenen Lampenfragmente hingewiesen, die im Wadi Khalid gefunden wurden (Abb. 9). Vers 4 nennt zwei Personengruppen, aus denen sich in der Eisenzeit die Belegschaft der Gruben zusammengesetzt haben könnte: angeheuerte „Gastarbeiter“, die als Bergbauspezialisten angeworben wurden (gemeint ist ein Personenkreis, der an seinem Aufenthaltsort kein „Bürgerrecht“ besaß; die Übersetzung „fremdes Volk“ ist eigentlich zu schwach, denn natürlich waren für einen Jerusalemer alle Edomiter „Fremde“; schon im Mittleren Reich holten sich die Ägypter Fachleute aus Südpalästina in ihr Türkisabaugebiet um Serabit el-Khadim auf der Sinaihalbinsel, und wenn auch die Römer dort Bergbau betrieben, dann mit Hilfe von Fachleuten aus Nordwestarabien). Mit „Vergessenen“ sind wohl Verbrecher oder Kriegsgefangene gemeint, die zur Schwerarbeit in die Bergwerke deportiert wurden. „Hängen“ oder „Schweben“ läßt hier durchaus an eine Schachtbefahrung mittels eines Seiles denken. Spuren einer hölzernen Bühne als Einrichtung zur Befahrung und/oder Förderung zeigen die in das anstehende Gestein eingetieften Kerben am Mundloch des sog. Tripelschachtes in Abb. 11. Aus Vers 5 geht möglicherweise hervor, daß bereits in der Eisenzeit das Feuersetzen eine schon bekannte und angewendete Methode im Bergbau gewesen ist. In Vers 11 könnte eventuell Grundwasser angesprochen sein oder angeschnittene Wasseradern, was aber nach der Lage der Gruben im Trockengebiet des Wadi Arabah eigentlich verwundert. Vers 7 läßt z. B. an die Gruben Nr. 36 und 37 im Wadi Khalid denken, die nach dem Scherbenbefund in der Mittleren Bronzezeit I und in der Eisenzeit II C betrieben worden sind. Freilich enthalten die Worte des Dichters einige leichte, als poetische Lizenz zu entschuldigende Übertreibungen.

Die Verhüttung der Kupfererze

Feldbefunde

Die Kupfererze wurden im Gebiet von Fenan an über 20 Schmelzplätzen verhüttet, die z. T. sehr klar einer einzelnen kulturellen Epoche zugeordnet werden können, oft je-

doch sich im Laufe der Jahrtausende bis zu den Aktivitäten der Römer durch die Akkumulation von Schlacken gebildet haben.

Aus der bisherigen Datierung dieser Plätze zeichnet sich folgendes Bild ab: Im Chalkolithikum und in der Bronzezeit wurde an zahlreichen, im Gelände verstreuten und z. T. kilometerweit von der Lagerstätte entfernten Siedlungsplätzen Kupfer verhüttet (Wadi Fidan, Wadi Fenan, Fenan, Ras en-Naqab u. a.). Die äußere Typologie der Schlacken hat sich bis in die ausgehende Bronzezeit so gut wie nicht verändert: Es liegen kleinstückige Schlacken mit Fließstrukturen und reichlichen Holzkohleeinschlüssen vor, die aber meist sehr eindeutig durch Verwitterungsprozesse zersprungen sind und nicht durch bewußtes Zerschlagen zur Bergung von Metalleinschlüssen entstanden sind, wie dies z. B. für Timna vorgeschlagen wird⁵¹. Stellenweise sind noch bis kopfgroße, sehr blasenreiche und holzkohleführende Schlackenkuchen zu finden, aus denen die ursprüngliche Größe ersichtlich ist. Auf den Halden dieser Perioden finden sich häufig Fragmente von Düsenkappen und keramischer Ofenwandung, die auf niedrige, etwa topfgroße Schmelzöfen hinweisen (Abb. 16).

Diese Öfen wurden stets in Batterien von mehreren Exemplaren z. T. dicht nebeneinander gesetzt. So wurden in Ras en-Naqab die Reste von zwölf aus Sandsteinplatten gefertigten Schmelzöfen direkt am Steilabfall zum Wadi Ghuwebe gezählt. In Fenan 8–11 wurden über 20 Öfen gefunden, deren Boden und Seitenteile aus cm-dicken Tonschichten gefertigt waren. Der Standort der Öfen befand sich ebenfalls immer an einem Hang. Die Schlackenruben direkt unterhalb der Öfen waren durch markante Steinsetzungen gekennzeichnet (Abb. 16).

Erst in der Eisenzeit II C ist mit dem Auftreten von großen Fließschlacken (40–60 kg) ein deutlicher Einschnitt zu verzeichnen. Die Erze aus den umliegenden Bergwerken wurden jetzt an zwei Plätzen zentral verhüttet: Fenan und Khirbet en-Nahas. Aus der Eisenzeit II C ist erst ein bewußtes Zerschlagen von Schlacken vermutlich zur Gewinnung von Metalleinschlüssen, aber auch zur Verwendung von Retourschlacken in riesigem Umfang nachweisbar. Die in dieser Zeit verwendeten Schmelzöfen sind vermutlich bis ins Detail mit den von Beno Rothenberg und Hans Gert Bachmann beschriebenen eisenzeitlichen Öfen von Timna identisch (Abb. 17, 18). Aus der Größe der Düsen geht aber hervor, daß die „jordanischen“ Öfen mit zwei, maximal aber drei Düsen betrieben worden sind. Die Düsen hatten einen Durchmesser von 15–18 cm und waren überraschenderweise aus zwei Teilen gefertigt⁵². Der innere Teil der Düse war ebenso wie die gesamte Ofenwandung aus grobem schlackengemagertem Ton hergestellt. Darüber wurde eine hochfeuerfeste Kappe gesetzt, welche die vor den Düsen auftretenden sehr hohen Temperaturen im Schmelzofen aufzufangen hatten. Sie waren aus stark SiO₂-gemagertem Ton gefertigt. Noch problematisch ist das im Vergleich zu den Schlackenkuchen vermutlich zu

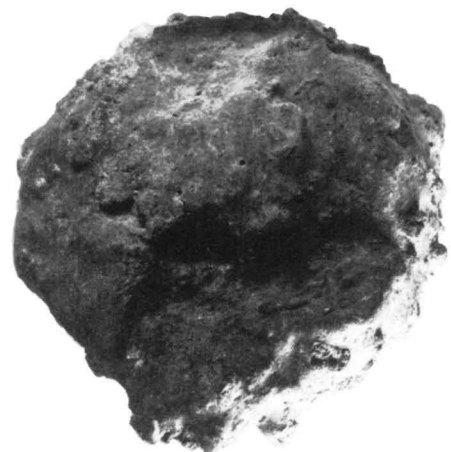
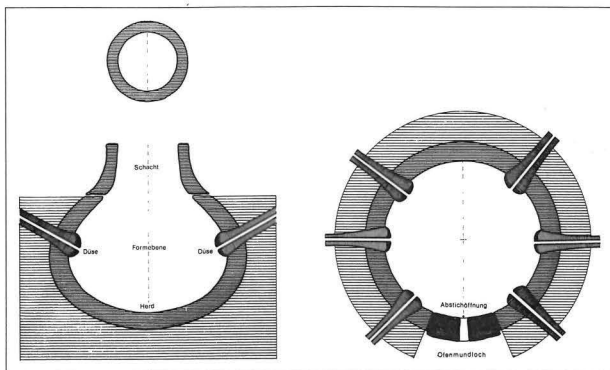


Abb. 16: Fenan 9. Chalkolithisch/frühbronzezeitliche Schmelzofenanlagen, die rechte in ausgegrabenem Zustand (Aufsicht). Gut erkennbar sind Pakete von einzelnen Tonschichten, die vermutlich die Rückseite der immer wieder erneuerten Öfen darstellen

Abb. 17: Timna, Site 30, Stratum I. Eisenzeitlicher Schmelzofen (nach einem Rekonstruktionsvorschlag von Bachmann/Rothenberg). Nach den Funden von Ofenfragmenten und Düsenmündstücken ist in der Eisenzeit II C im Gebiet von Fenan derselbe Ofentyp verwendet worden, jedoch mit höchstens zwei oder drei Düsen

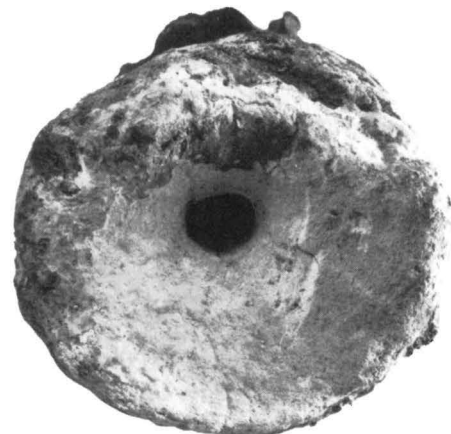


Abb. 18: Khirbet en-Nahas. Ansicht einer angeschmolzenen Düsenkappe aus der Eisenzeit II C. Form und Größe sind identisch mit den in Timna, Site 30, gefundenen Düsen aus Stratum I. A = Ofeninnenseite, B = Außenseite

kleine Volumen der Öfen, das Hinweise auf eine längere Prozeßführung mit mehrmaligem Abstich geben könnte, wie dies auch für Timna postuliert wird und experimentell nachvollzogen wurde⁵³. Diese Vermutung wird durch die Beobachtung unterstützt, daß die eisenzeitlichen Schlacken Kuchen meist aus mehreren einzelnen, in sich abgekühlten Schichten aufgebaut sind (Abb. 19). Die in römische Zeit datierten Schlacken sind zum größten Teil wiederum durch Verwitterung zersprungen, so daß die ursprüngliche Größe nicht mehr faßbar ist. Auffallend sind ferner ganze Halden von inhomogenen, unvollständig reagierten und zähflüssig erstarrten Schlacken mit großen Erzeinschlüssen, die sich vermutlich als Ansatzkrusten im Ofen gebildet haben. Über Form und Größe der Schmelzöfen haben wir bis jetzt außer einigen fragmentarischen Steinsetzungen von Ofenböden keine Hinweise. Nach R. F. Tylecote können wir aber davon ausgehen, daß römische Öfen durchaus eine Höhe von über 1,5–2 m erreicht haben können⁵⁴.

Untersuchung von Schlacken

Nach der mineralogischen und chemischen Analyse der im Gebiet von Fenan anstehenden Erze kann davon ausgegangen werden, daß sie in einem einstufigen Reduktionsprozeß ohne vorhergehende Röstung verhüttet worden sind. Die metallurgischen Prinzipien hierfür dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. Damit ist die Darstellung der Hüttenprozesse jedoch keineswegs erschöpfend behandelt. Bei den in den verschiedenen Perioden sehr unterschiedlich konstruierten Schmelzöfen sind angewandte hüttenmännische Verfahren und handwerkliche Techniken – die Basis möglicher chronologisch-technologischer Entwicklungen – nur dann zu erfassen, wenn anhand archäologischer und metallurgischer Funde auch chemisch-physikalische Parameter rekonstruiert werden können. Diese theoretisch ermittelten Werte sollten schließlich mit dem Schmelzexperiment verknüpft werden und so die Brücke zur praktischen Anwendung finden.

Von den reichhaltigen archäometallurgischen Funden, die auf den Schmelzplätzen geborgen werden konnten (neben Schlacken zahlreiche Tuyères, Rohkupfer, Ofenfragmente und Ofenreste), wurden bis jetzt vor allem die Schlacken auf ihre chemische und mineralogische Zusammensetzung untersucht. Sie können nun – als regelmäßig anfallende Abfallprodukte – als Werkzeuge herangezogen werden, um Schmelzverfahren zu rekonstruieren und Hinweise über die Bedingungen zu erfahren, die in den frühen Schmelzöfen geherrscht haben.

Chemismus und Mineralogie der Schlacken

Entsprechend den lagerstättenkundlichen Voraussetzungen liegen im Untersuchungsgebiet mit wenigen Ausnahmen (mamlukisch-türkische Zeit) Mangansilikatschlacken vor⁵⁵, die in der frühen Metallurgie nur in Ausnahmefällen auftreten. Ähnliche Schlacken sind lediglich von Zypern⁵⁶



Abb. 19: Fenan 5. Kupferschlacke der Eisenzeit II C. Die nur partiell kristallisierte, überwiegend glasig erstarrte Schlacke zeigt mehrere übereinandergeflossene Lagen, die jeweils Abkühlungsränder aufweisen (Pfeile). Dies deutet auf einen Abstich der Schlacke in mehreren Etappen. Probe JD-1/4, Größe der abgebildeten Schlacke: 2,5 cm

und aus Oman bekannt⁵⁷, wurden aber interessanterweise auch von Timna aus dem 10. Jahrhundert v. Chr. beschrieben⁵⁸.

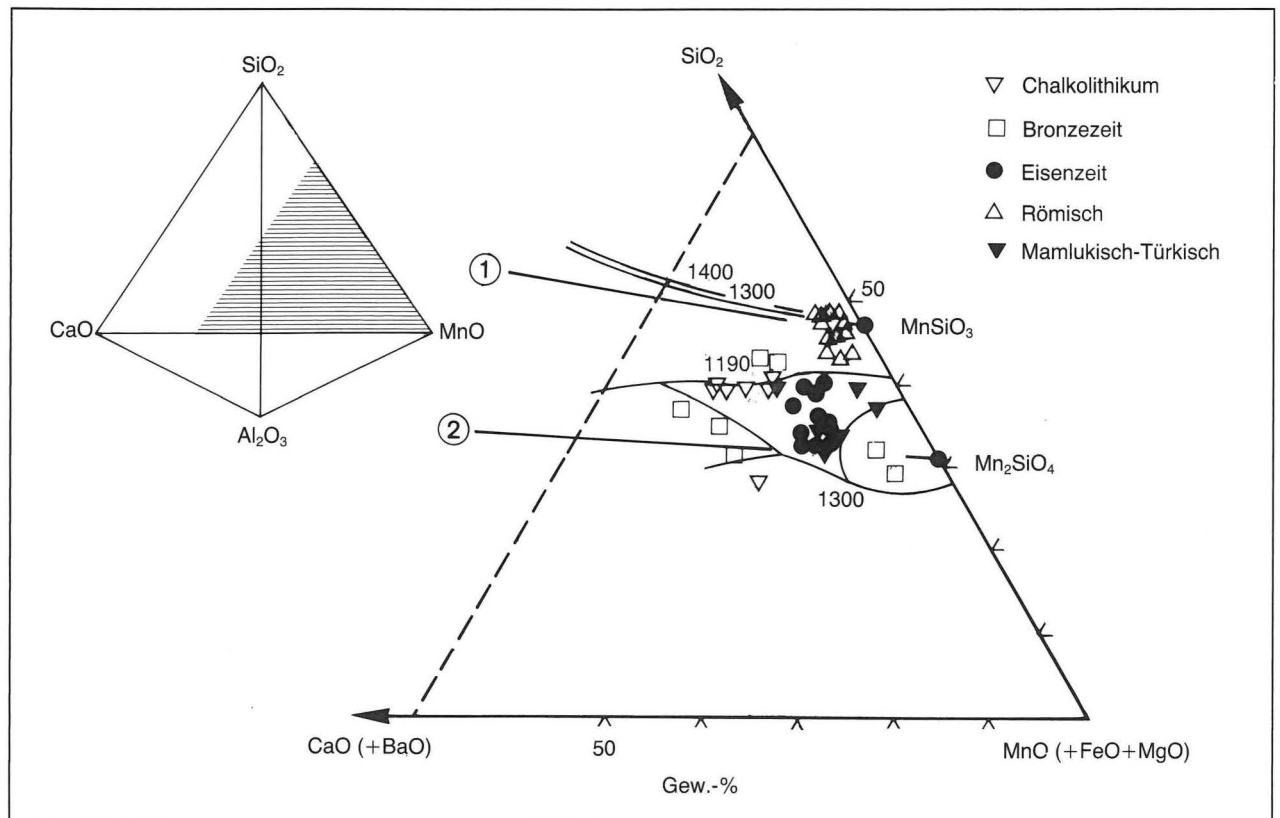
Die chemische Analyse mittels Röntgenfluoreszenz und naßchemischen Verfahren⁵⁹ ergab, daß die manganreichen jordanischen Schlacken 25–42 Gew.-% MnO, 28–48 % SiO₂, 1–13 % CaO, 1–5 % FeO, 0,5–4 % MgO und bis 6 % Al₂O₃ enthalten (Tab. 3). Sie haben ortho- bis metasilikatische Zusammensetzung (Abb. 20). Röntgenographisch (Guinier-Technik, Cu-K α -Strahlung) und mit der Mikrosonde (hier nicht aufgeführt) wurden folgende mineralogische Phasen in den Schlacken identifiziert: Als Hauptgemengteile treten Ca-haltiger Tephroit ((Mn, Ca)₂ SiO₄, Abb. 21) und die relativ seltene Schlackenphase Bustamit ((Mn, Ca)₃ Si₃O₉, Abb. 22) auf, bei Schlacken mit hohem Oxidationsgrad auch Hausmannit (Mn₃O₄), der z. T. einen vermutlichen Cu-Mn-Spinell entmischt. Die Phasen neigen zur Bildung von Kristallskeletten und die für extrem schnelle Abkühlung typischen Spinifexgefüge (Abb. 23), meist zeigen die Schlacken jedoch eine ausgeprägte Tendenz zu glasiger Erstarrung. Sie sind dann von Schwärmen μ - bis mm-großer Gasblasen durchsetzt. Diese Schlackengläser sind durch Cu₂-Silikate gelegentlich rot gefärbt. Die mamlukisch-türkischen Schlacken enthalten dagegen 17–20 % FeO und ebensoviel MnO. Hier liegen Knebelite vor ((Mn, Fe)₂SiO₄) sowie Mn-, Fe-haltige Pyroxene. Im Gegensatz zu den Mangansilikatschlacken sind sie deutlich vollständiger kristallisiert.

Aus der Projektion der chemischen Zusammensetzung im Konzentrationsdreieck CaO (+BaO) – MnO (+FeO+MgO) – SiO₂ (Abb. 20) und im Diagramm MnO/CaO (+FeO) (Abb. 24) ergibt sich, daß die Schlacken einen relativ geringen Variationsbereich aufweisen. Dies entspricht

Probe JD...	Chalk./Bronzezeit			Eisenzeit				Römisch			Mamlukisch	
	1/7 B	1/7 C	7/2 B	1/4	2/2 A	2/2 B	2/5 A	1/10	1/11	1/23 A	1/2 A	6/2 A
SiO ₂	32,9	27,5	27,9	32,6	29,8	32,1	32,7	36,2	47,8	42,6	35,5	34,0
TiO ₂	0,24	0,26	0,21	0,20	0,23	0,20	0,20	0,25	0,22	0,30	0,32	0,22
Al ₂ O ₃	5,62	5,63	4,56	4,89	5,05	4,60	4,27	2,90	2,63	4,86	6,52	5,16
FeO*	3,47	3,07	0,05	3,52	3,32	3,61	3,90	2,51	2,35	5,26	20,0	38,4
MnO	26,4	28,2	42,4	36,7	41,2	37,5	40,7	40,4	29,8	32,90	17,3	14,3
MgO	3,94	3,60	0,57	1,33	1,38	1,28	1,60	0,83	1,22	0,49	1,44	0,47
CaO	13,0	13,3	7,35	7,92	7,55	9,18	7,63	1,14	6,03	2,29	10,6	2,48
BaO	6,85	2,71	1,02	0,65	0,56	0,48	0,36	0,60	0,53	0,65	2,79	0,61
K ₂ O	1,76	2,80	2,96	3,26	2,75	2,19	2,45	1,84	2,63	1,32	1,79	1,01
Na ₂ O	0,56	0,31	0,66	0,72	0,50	1,03	0,55	0,11	0,40	0,42	0,55	0,28
P ₂ O ₅	1,80	5,35	3,43	2,25	2,71	2,10	2,45	0,13	0,04	0,13	2,54	0,47
S	0,07	0,10	0,54	0,82	0,76	1,80	0,56	0,36	1,63	0,16	0,31	0,19
Ni	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07
Cu	2,47	2,90	0,52	0,61	0,36	0,40	0,37	1,97	0,51	0,56	0,33	1,03
Zn	0,12	0,11	0,05	0,06	0,04	0,02	0,03	0,02	—	0,02	0,04	0,07
Pb	0,69	0,69	0,27	0,27	0,02	0,02	0,03	—	—	0,01	0,03	0,06
GV	—	1,47	2,41	1,69	2,35	1,63	1,97	3,22	0,38	1,94	—	—
Σ (Gew.-%)	99,96	98,07	94,96	97,56	98,45	98,22	99,94	92,55	96,24	93,98	100,14	98,82
Phasen- bestand	Teph Glas	Teph Glas	Teph Glas	Teph Glas	Teph Glas	Teph Glas	Teph Glas	Bust Teph Glas	Bust Teph Glas	Bust Teph Glas	Kneb Px Glas	Kneb Px Glas
Viskosität ln η bei 1200 °C	1,43	1,09	—	0,87	0,57	0,92	0,68	0,92	5,66	—	1,49	—

Tab. 3: Chemische Zusammensetzung, Phasenbestand und Viskositätswerte ausgewählter jordanischer Kupferschlacken
 (* = Gesamteisengehalt als FeO berechnet, Teph = Tephroit, Bus = Bustamit, Px = Pyroxen, Kneb = Knebelit, GV = Glühverlust)
 JD-1/7 B, 1/7 C = Fenan 11; 7/2 B = Wadi Fidan 1; 1/4 = Fenan 5; 2/2 A, 2/2 B, 2/5 A = Khirbet en-Nahas; 1/10, 1/11, 1/23 A = Fenan 1;
 1/2 A = Fenan 2; 6/2 A = El-Furn

Abb. 20: Chemismus und Liquidustemperaturen jordanischer Kupferschlacken, dargestellt im System CaO-(+BaO)-SiO₂-MnO (+FeO+MgO) – nach Daten von Glasser. 1 = Orthosilikate, 2 = Metasilikate



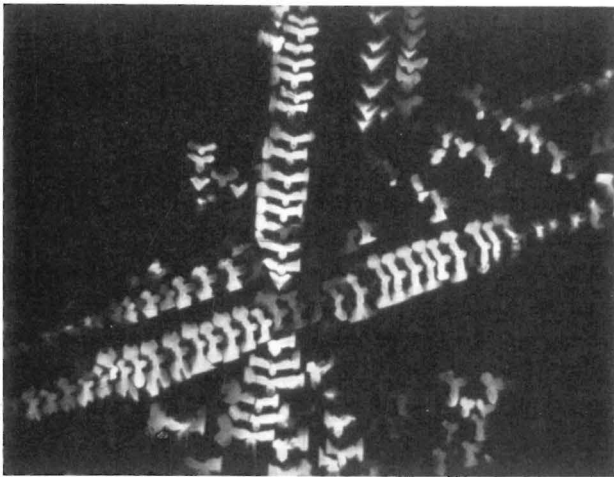


Abb. 21: Wadi Fidan 1. Skelettartig ausgebildete Tephroitkristalle in glasiger Matrix einer chalkolithischen Kupferschlacke. Probe-Nr. JD-7/2. Vergr.: 200 ×, Durchlicht

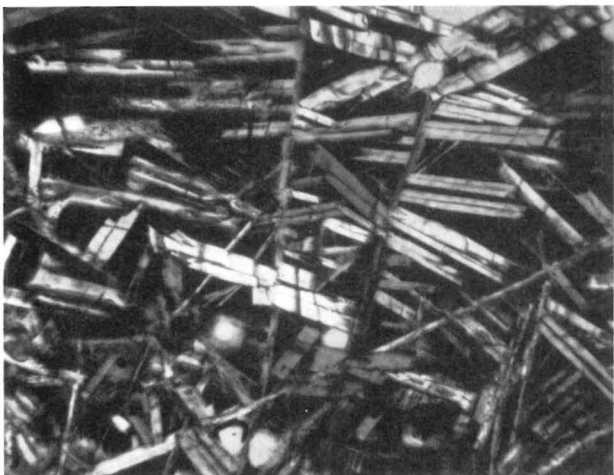


Abb. 22: Fenan. Bustamitkristalle (langsäuliger Habitus, hellgrau) auf Tephroitnadeln aus einer römischen Kupferschlacke. Dazwischen Glas. Probe-Nr. JD-1/24. Vergr.: 200 ×, Durchlicht, Nicols etwas gekreuzt

Abb. 23: Fenan. Spinifex-Gefüge einer Kupferschlacke aus der Eisenzeit II C. Hauptgemengteile ist nadelig ausgebildeter Tephroit (Mn_2SiO_4) mit interstitiellem Glas. Probe-Nr. JD-1/7. Vergr.: 200 ×, Durchlicht, Nicols etwas gekreuzt

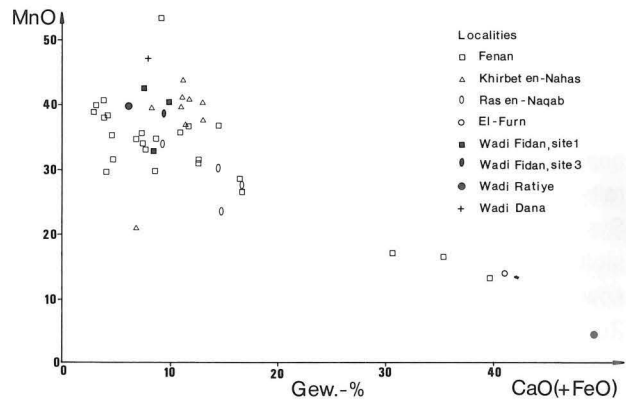
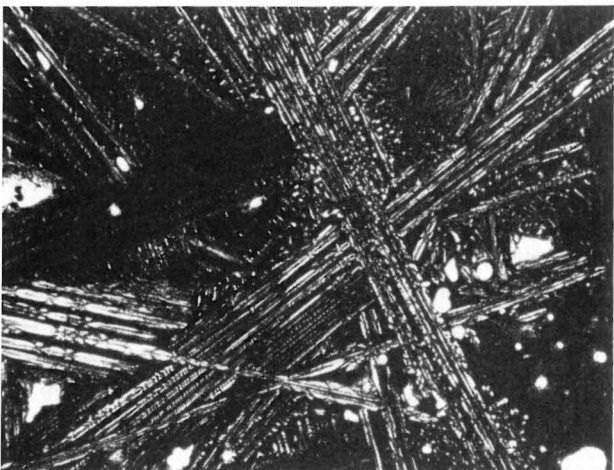


Abb. 24: MnO-/CaO(+FeO)-Gehalte jordanischer Kupferschlacken. Die Werte zeigen eine deutliche Abgrenzung der Schlacken aus Fenan von denen aus Khirbet en-Nahas

in erster Linie der bei den vorgegebenen Betriebsstoffen angestrebten hüttenmännischen Normzusammensetzung, die sich aus den chemisch-physikalischen Eigenschaften von Silikatschmelzen ergibt. Dennoch sind bereits anhand der Hauptbestandteile Differenzierungen möglich, die für regionale und chronologische Zuordnungen abgebauter Lagerstättenbereiche relevant sind. So zeigt Abb. 24 deutliche Unterschiede zwischen den Schlacken von Fenan und Khirbet en-Nahas, wobei die ersteren bei zunehmenden CaO(+FeO)-Gehalten weniger MnO aufweisen als die des zweiten Reviers. Hieraus deuten sich mögliche Herkunftszuordnungen für die oft weitab der Lagerstätten gelegenen chalkolithisch/frühbronzezeitlichen Schlackenplätze an.

Abb. 20 zeigt, daß Schlacken aus den frühen Perioden (Chalkolithikum, Bronzezeit) einen größeren Variationsbereich aufweisen als die der Eisenzeit und der römischen Schlacken. Offensichtlich wurde in diesen Epochen noch weiträumig innerhalb der Dolomit-Kalk-Tonsteinsfolge (Abb. 4) abgebaut. Andererseits zeigt der Vergleich der Schlackenzusammensetzung mit den beobachteten Nebengesteinen der Vererzungen (Tab. 1), daß bevorzugt die in kalkreiche Linsen eingebetteten (manganreichen) Erze hereingewonnen und verhüttet worden sind. Dies geht aus dem hohen CaO- und MnO-Gehalt der Schlacken hervor. Auffallend im Vergleich mit den übrigen Schlacken ist der durchweg sehr niedrige CaO-Gehalt der römischen Schlacken, der die Geländebefunde gut belegt und dem Abbau von Erzen in CaO-armen Sandsteinen entspricht. Der hohe MnO-Gehalt der Schlacken deutet hier auf einen bewußten Zusatz entsprechender Flußmittel (Pyrolusit), deren Gewinnungsort bis jetzt aber noch nicht erfaßt ist. Aus der Interpretation der chemischen Zusammensetzung der Schlacken könnten sich nach späteren vertieften Untersuchungen bergbauarchäologische Konsequenzen dahingehend ergeben, den Selektionsgrad der Erze während des Abbaus in den einzelnen Perioden zu überprüfen und damit Voraussetzungen für eine Berechnung abgebauter Metallmengen zu erbringen.

Ähnlich wie in der Mineralogie und Petrologie, die den Gezeinschemismus und den experimentell bestimmten Stabilitätsbereich natürlicher Minerale nutzt, um Aufschlüsse über den Bau der Erdkruste und des Erdmantels zu gewinnen, können hier Chemismus und Phasenbestand („Mineralbestand“) der Schlacken mit bekannten synthetischen Systemen verglichen und so als Thermometer und Sauerstoffbarometer zur Erfassung der Gasatmosphäre im Ofen sowie zur Berechnung der Viskosität im schmelzflüssigen Zustand eingesetzt werden. Hierbei ergeben sich für die manganreichen Schlacken Jordaniens einige Besonderheiten im Vergleich zu den sonst weitverbreiteten Eisensilikatschlacken, die für die hüttenmännischen Verfahren von Bedeutung gewesen sind.

Die Schmelztemperatur der Schlacken

Die Bestimmung der Schmelztemperatur („Liquidustemperatur“) der Schlacken ist Grundlage zur Abschätzung einer der wichtigsten Prozeßparameter: die Temperatur während der Prozeßführung im Ofen. Hier muß berücksichtigt werden, daß die Liquidustemperatur von Schlacken lediglich Hinweise auf die minimalen Ofentemperaturen geben kann, nicht jedoch auf die tatsächlichen. Ungeachtet der Tatsache, daß die Temperaturen in einem Ofen erheblichen Schwankungen unterworfen sind (z. B. herrscht in der Formebene vor den Düsen stets die höchste Temperatur) und punktuell variieren, kann davon ausgegangen werden, daß sie in den allermeisten Fällen erheblich höher waren als die Liquidustemperaturen der Schlacken. Es ist deshalb wichtig, möglichst auch Indizien für die maximale Ofentemperatur zu ermitteln, da hierdurch der Prozeßablauf wesentlich beeinflusst werden kann.

Die Liquidustemperaturen der Schlacken wurden hier auf theoretischer Basis ermittelt, wobei jeweils die auf die Hauptkomponenten reduzierte Bruttozusammensetzung einer Schlacke auf geeignete Phasendiagramme projiziert und so die Liquidustemperatur (eigentlicher „Schmelzpunkt“) erfaßt werden konnte. Für die Diskussion wurden nur Proben herangezogen, die aufgrund ihrer Gefügemerkmale auch tatsächlich in vollständig flüssigem Zustand während des Schmelzens vorgelegen haben.

Gemäß dem Chemismus und Phasenbestand der Schlacken und nach den in der Literatur zur Verfügung stehenden Daten eigneten sich hierfür die ternären Systeme CaO-SiO₂-MnO⁶⁰ und MnO-SiO₂-Al₂O₃⁶¹, beides Teilsysteme des quaternären Systems CaO-MnO-SiO₂-Al₂O₃ (Abb. 20). Die Teilsysteme wurden gemäß den in den Schlackenphasen mit der Mikrosonde festgestellten Substitutionen um BaO, FeO, MgO erweitert.

Aus den Projektionen ergibt sich (Abb. 20), daß ein großer Teil der Schlacken einzelner Kulturepochen in unterschiedliche Temperaturbereiche einzuordnen ist. Bezogen auf das reine ternäre System CaO-MnO-SiO₂ gruppieren

sich etwa die chalkolithischen Schlacken nahe einem Schmelzminimum bei 1190 °C. Eisenzeitliche Schlacken fallen im primären Ausscheidungsfeld von Tephroit in einen Bereich von 1250–1300 °C, während die römischen Schlacken aufgrund ihres allgemein höheren SiO₂-Gehaltes theoretische Liquidustemperaturen von bis zu 1400 °C erreichen. Diese Schlacken zeigen den geringsten Toleranzbereich gegenüber Schwankungen bei der Chargierung. Hier hatten geringfügig höhere SiO₂-Anteile die Zusammensetzung oft in Temperaturbereiche verschoben, unter denen keine Schmelzbildung mehr möglich war. Dies wird durch den Feldbefund bestätigt.

Diese Temperaturangaben können zunächst nur als Richtwerte gelten, da eine definitive Diskussion den experimentellen Teil mit einbeziehen muß: So kann in den Systemen nicht die schmelzpunktniedrigende Wirkung anderer Komponenten, wie z. B. K₂O und Na₂O, berücksichtigt werden.

Es ist jedoch aus der Gegenüberstellung manganreicher mit eisenreichen Silikaten aufgrund des kristallphysikalischen Verhaltens der Mn²⁺-Ionen prinzipiell erkennbar, daß Mangansilikatschlacken keine niedrigeren Schmelzpunkte haben sollten als Eisensilikatschlacken, wie dies von Bachmann und Rothenburg postuliert wurde⁶², sondern erst bei höheren Temperaturen in flüssigem Zustand vorliegen. So liegen die Liquidusflächen von Tephroit, Rhodonit oder Wollastonit bzw. Bustamit im System CaO-MnO-SiO₂, die für die diskutierten Schlacken relevant sind, um 100 °C oder mehr höher als die vergleichbaren eisenreichen Zusammensetzungen im System CaO-SiO₂-FeO (z. B. Schmelzpunkt Tephroit: 1345 °C gegenüber Fayalit: 1205 °C). Dies konnte durch experimentelle Temperaturmessungen bereits an omanischen Schlacken gezeigt werden⁶³.

Reduktions-/Oxidationszustände der Schlacken

Eine entscheidende Informationsquelle für die Konstruktions- und Funktionsweise alter Schmelzöfen ist die theoretische Ableitung der Gasatmosphäre, d. h. der durch das CO/CO₂-Verhältnis bestimmten Reduktionswirkung während der Prozeßführung aus den Schlacken.

Da alte Schmelzöfen in den meisten Fällen bis auf die Fundamente zerstört sind, ergeben sich hieraus wichtige Anhaltspunkte z. B. über die Höhe eines Ofens oder Größe und Anzahl der Düsen, zwei Faktoren, die zusammen mit der Temperatur entscheidend die Reduktionswirkung bestimmen.

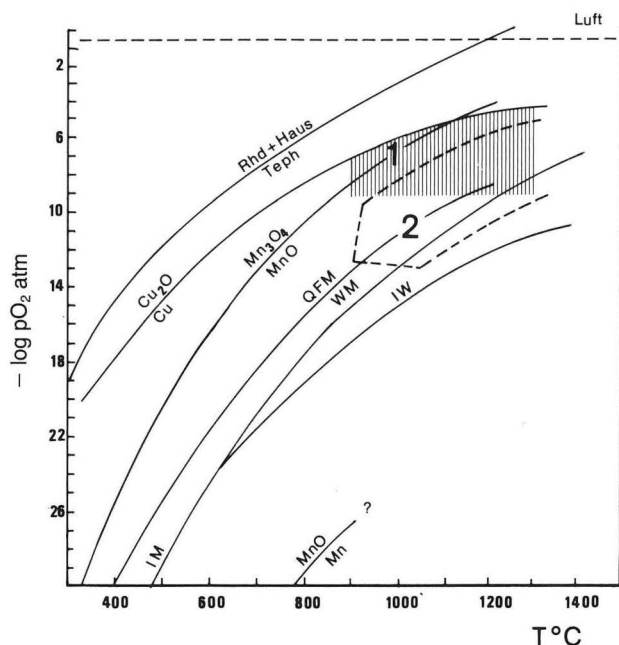
Unter den reduzierenden Bedingungen, die für die Verhüttung von Kupfererzen notwendig sind, werden die dabei entstehenden eisen- und manganreichen Schlacken im reaktionsfähigen Zustand bei hohen Temperaturen entscheidend durch den Sauerstoffpartialdruck beeinflusst, der bei der Verhüttung mit Holzkohle wiederum in erster Linie vom CO/CO₂-Verhältnis gesteuert wird.

Für die Abschätzung der Sauerstoffpartialdrucke während der Prozeßführung ist die rechnerische oder chemisch-analytische Bestimmung des Oxidationsgrades von großer Bedeutung⁶⁴, allein allerdings nicht gänzlich ausreichend, da bei eisen- und manganreichem Schlackenschmelzen sich die $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ - und die $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}^{3+,4+}$ -Verhältnisse während der Erstarrung verschieben.

Werden dagegen Gefüge und Phasenbestand erstarrter Schlacken als Indikatoren herangezogen, können die Sauerstoffpartialdrucke ($p\text{O}_2$) aus der Projektion auf die Gleichgewichtssysteme Mn-Si-O, Fe-Si-O und Cu-O in Abhängigkeit von Temperatur und $p\text{O}_2$ abgeschätzt werden (Abb. 25).

Für die manganreichen Schlacken von Fenan und Khirbet en-Nahas sind hier einige wichtige Unterschiede zum chemisch-physikalischen Verhalten von Eisensilikatschlacken hervorzuheben, auf denen auch die bewußte Verwendung von manganhaltigen Flußmitteln in der Metallurgie beruht. Das schlackenbildende Oxid MnO ist über einen weit größeren Temperatur- und $p\text{O}_2$ -Bereich stabil als das „FeO“ (Wüstit)⁶⁵. Dadurch wird einerseits die Ausscheidung von metallischem Eisen bzw. Mangan, wie dies in eisenreichen Schlacken sehr häufig durch Überreduktion auftreten kann (Bildung von sog. Eisensauen), bei Mangansilikatschlacken unterbunden. Dies soll der häufigste Grund für die bewußte Verwendung manganhaltiger Flußmittel in der Archäometallurgie gewesen sein⁶⁶.

Abb. 25: Abgeschätzte $p\text{O}_2/T$ -Bereiche manganreicher jordanischer Kupferschlacken, dargestellt im $p\text{O}_2/T$ -Diagramm der Systeme Mn-Si-O und Cu-O (1). Teph-Rhd = Tephroit – Rhodonit + Hausmannit. Zum Vergleich sind der Stabilitätsbereich eisenreicher Schlacken (2) und relevante Puffergleichgewichte eingezeichnet. QFM = Quarz – Magnetit – Fayalit, IW = Eisen – Wüstit, WM = Wüstit – Magnetit (nach Daten von: Huebner, Huebner/Sato, Abs-Wurmbach et al., Eugster/Wones)



Andererseits ist bei Mindestofentemperaturen von 1200–1250 °C, die für die jordanischen Schlacken aus den Phasendiagrammen abgeleitet werden konnten, die Bildung von Mangansilikatschlacken mit dem Hauptgemengteile Tephroit im Gegensatz zu Eisensilikatschlacken sogar unter Zutritt von Luft möglich⁶⁷. Es wird die Kristallisation von Manganoxiden weitgehend unterdrückt, was sich entscheidend auf die Separation des Metalls von der Schlacke auswirkt. So ist die Ausscheidung von Eisenoxiden (Magnetit) in eisenreichen Schlacken in der Hüttenkunde sehr gefürchtet⁶⁸, da hierdurch bereits bei hohen Temperaturen Schlackenschmelzen sehr zähflüssig werden und die Abtrennung des Metalls erschweren.

Beim Kupferschmelzen in den nach bisherigen Funden vermutlich sehr flachen Schmelzöfen des Chalkolithikums und der Bronzezeit im Gebiet von Fenan wird vor allem der letzte Punkt von großer Bedeutung gewesen sein, da hier die $p\text{O}_2$ mit Sicherheit höher gelegen haben als in den beginnenden Schachtöfen späterer Perioden. Diese Hypothese wird durch die Ergebnisse der Schmelzversuche von Tylecote/Boydell unterstrichen, die brauchbares, d. h. eisenfreies Kupfer bei ihren Experimenten nur in niederen Schmelzöfen nach dem Modell der vermutlich chalkolithischen Öfen von Timna produzieren konnten⁶⁹. Die Autoren betonen hier die Problematik der bei der Kupferverhüttung sehr langfristigen Prozeßführung bei hohen Temperaturen: Durch den dabei entstehenden hohen CO_2 -Anteil im Ofen ist zwar immer noch problemlos eine Reduktion zu Kupfer möglich, eine Separation von der Schlacke u. U. wegen der Kristallisation von Magnetit schwierig.

Die Tendenz, frühe Kupferschmelzprozesse stärker oxidierenden Feuerführungen zuzuordnen als bisher, wird durch neuere Untersuchungen an zahlreichen Verhüttungsschlacken unterstützt⁷⁰. Nach exakten chemisch-mineralogischen Analysen sauerstoffsensitiver Schlackenphasen (eisenreiche Olivine mit hoher Forsterit- und Kirschsteinitkomponente, Pyroxene, Melilithe, Spinelle, Cu-Fe-Oxide) kann ihre Kristallisation durchaus unter wesentlich höheren $p\text{O}_2$ -Bedingungen erfolgt sein, als dem Stabilitätsbereich von reinem Fayalit entspricht, der eigentlich nur für die Schlacken der Eisenverhüttung typisch ist.

Dies wird zusätzlich durch das häufige Auftreten von Schlacken mit Cu^{2+} -Silikaten und -Oxiden im Gebiet von Fenan unterstrichen, die sich unter einem Sauerstoffpartialdruck nahe des Gleichgewichtes $\text{Cu}_2\text{O}/\text{Cu}$ gebildet haben. Bezeichnenderweise sind solche Schlacken nicht nur als Düsenansätze oder Krusten vom oberen Teil des Ofens zu beobachten.

Die Viskosität der Schlacken

Die Qualität einer Schlacke hängt wesentlich von ihrer Viskosität ab, da diese die Separation des metallischen Kupfers innerhalb und außerhalb des Ofens kontrolliert. Die

Viskosität idealer Schachtofenschlacken z. B. aus der modernen Kupferverhüttung soll im allgemeinen in einem Temperaturbereich von 1050–1150 °C bei ca. 5 Poise (g.cm-1.sec-1) liegen.

Zur Berechnung der Viskosität ausgewählter jordanischer Schlacken aus der chemischen Zusammensetzung wurde ein Rechenverfahren eingesetzt, dessen Prinzip auf dem klassischen Modell von Silikatstrukturen mit Netzwerkbildnern und Netzwerkwandlern beruht. Dieses Rechenverfahren wurde für petrologisch relevante Silikatschmelzen konzipiert⁷¹; die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit experimentellen Daten⁷². Das Verfahren ist für MnO-reiche Schmelzen nur bedingt anwendbar, zeigt aber dennoch aufgrund des großen Stabilitätsfeldes von MnO im Prinzip gute Übereinstimmung mit den übrigen chemisch-physikalischen Daten.

Wesentlich für die chalkolithischen und bronzezeitlichen Schlacken ist, daß ihre Viskositätswerte noch bei Temperaturen von 1200 °C so niedrig sind (Tab. 2), daß hier ohne Probleme eine gute Separation zwischen Metall und Schlacke erfolgen konnte. Dies wird durch die niedrigen Kupfergehalte dieser Schlacken unterstrichen (ca. 2 Gew.-%).

Ebenso niedrige Viskositätswerte weisen die Schlacken der Eisenzeit auf (Tab. 2), die problemlos abgestochen werden konnten. Von den römischen Schlacken dagegen erreichen viele Proben Viskositätswerte, die eine technisch akzeptable Fluidität erst bei Temperaturen von 1350–1400 °C ermöglichen. Hier war eine Prozeßführung bei höheren Temperaturen notwendig als in den früheren Perioden, was nach der Diskussion der Schmelztemperaturen auch offensichtlich der Fall war.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Surveys im Gebiet von Fenan, Khirbet en-Nahas und Wadi el-Jariye am Ostrand der Arabah haben gezeigt, daß hier vom Chalkolithikum an in nahezu allen zeitlichen Epochen bis in die Römerzeit vermutlich die größte Menge an Kupfer im südöstlichen Mittelmeerraum produziert worden ist. Dies könnten nach ersten vorsichtigen Schätzungen insgesamt mehrere tausend Tonnen gewesen sein. Deutliche Schwerpunkte liegen hier dabei in der Eisenzeit II C und im 1.–4. Jahrhundert n. Chr.

Neu ist der Nachweis umfangreicher chalkolithischer und (früh-)bronzezeitlicher Kupfergewinnung, der einen außerordentlich wichtigen neuen Aspekt in der Frage nach der Herkunft der berühmten Kupferfunde von Nahal Mishmar und Arad beinhaltet. Hier könnte den Lagerstätten im Gebiet von Fenan eine Schlüsselposition zukommen, nachdem Timna als Rohstofflieferant für diese Metallmengen fraglich erscheint. Da bisher keinerlei Herkunftsstudien

durchgeführt wurden, soll anhand von Spurenelement- und Bleiisotopenanalysen eine Korrelation von Erzen aus Fenan mit den Kupferartefakten aus dieser Zeit überprüft werden. Diese Untersuchungen sind Inhalt eines Forschungsprogrammes des Deutschen Bergbau-Museums.

Daß es zwischen Timna und dem Gebiet von Fenan einen technologischen Transfer gegeben hat (der aufgrund der geographischen Situation auch zu erwarten ist), wird bisher besonders augenfällig durch die Funde aus der Eisenzeit II C belegt. Es wird durch zukünftige Forschungen zu klären sein, ob sich hier ein überregionaler technischer Kenntnisstand in der Hüttenkunde andeutet, oder ob die Funde auch eine politische Präsenz der Ägypter, die zu dieser Zeit die Kupfergewinnung in Timna betrieben haben⁷³, für Fenan bestätigen könnte.

Die Rekonstruktion archäometallurgischer Prozesse kann zum jetzigen Zeitpunkt nur ansatzweise aus den Feldbefunden und chemisch-physikalischen Daten erfolgen. Hierzu sind weitere Ausgrabungen von Schmelzöfen und ihre archäologische bzw. naturwissenschaftliche Datierung notwendig sowie umfangreiche analytische Arbeiten an Schlacken geplant.

Die Untersuchung der Kupfererze und -schlacken hat bisher ergeben, daß in den frühen Perioden der Kupfergewinnung bis zum Beginn der römischen Aktivitäten Kupfererze zusammen mit Manganerzen abgebaut und verhüttet worden sind. Das Manganoxid wurde nicht bewußt als Flußmittel zugesetzt.

Nach der Lage der römischen Bergwerke in den manganfreien Vererzungen im weißen Sandstein ist hier jedoch mit einem gezielten Zusatz von anderswo abgebauten Manganerzen zur Charge zu rechnen, um die gewünschte Zusammensetzung der Schlacken zu erreichen.

Die chemisch-physikalische Charakterisierung der im Untersuchungsgebiet auftretenden Mangansilikatschlacken ergab Kriterien für Verfahrensbedingungen, die Unterschiede und Vorteile zu Schmelzverfahren mit der Produktion eisenreicher Schlacken aufweisen: Manganreiche Schlacken werden bei höheren Temperaturen und höherem Sauerstoffanteil in der Gasatmosphäre im Ofen gebildet. Die Bildung ungewünschter Oxide und Metalle wird unterbunden.

Es hat sich weiter gezeigt, daß die chemische und mineralogische Zusammensetzung von Schlacken (z. B. auch Cu-Gehalte) ebenso wie ihre äußere Typologie nur in wenigen Fällen (z. B. Eisenzeit II C) zur Rekonstruktion möglicher technologischer Fortschritte oder chronologischer Abfolgen herangezogen werden können. Bestehende Hypothesen in der Archäometallurgie über hüttenmännische Verfahren – etwa das Zerschlagen von Schlacken zur Bergung metallischer Einschlüsse in den frühesten Perioden der Kupfergewinnung oder der Zuordnung heterogener, kupferreicher Schlacken zu „trial & error“-Phasen – lassen sich nicht auf Fenan anwenden.

Im Hinblick auf die vielfältigen Schwierigkeiten bei Kupferschmelzexperimenten in jüngster Zeit, bei denen Eisenoxide als Flußmittel verwendet worden sind – unbeabsichtigte Eisenausscheidungen im Kupfer, magnetitreiche Schlacken⁷⁴ –, zeichnet sich ab, daß den alten Hüttenleuten im Gebiet von Fenan durch die Verfügbarkeit von Manganerzen möglicherweise ein beträchtlicher technologischer Vorsprung beim Kupferschmelzen im Vergleich zu anderen Montanzentren gegeben war.

Die Gegenüberstellung der in frühen Perioden abgebauten, reichhaltigen Bereiche der Lagerstätte mit den niedrigprozentigen Vererzungen, die den Römern noch zur Verfügung standen, zeigt hier exemplarisch die Probleme steigender Rohstoffknappheit: Gerade hierdurch wird die Entwicklung neuer Technologien stimuliert und wirkt als Motor der Weiterentwicklung im Berg- und Hüttenwesen.

Durch die neuen Ergebnisse zur Kupfergewinnung im Gebiet von Fenan, Khirbet en-Nahas und Wadi el-Jariye muß die bisher angenommene Bedeutung anderer Berg- und Hüttenreviere dieser Region (z. B. Timna oder Bir Nasib) in der Archäometallurgie und Wirtschaftsgeschichte Palästinas nochmals überdacht und relativiert werden.

Katalog und Erläuterungen der abgebildeten Keramik und Steingeräte

Die chalkolithische und frühbronzezeitliche Keramik sowie die Steingeräte wurden von G. Weisgerber, die eisenzeitliche und jüngere Keramik von E. A. Knauf katalogisiert bzw. kommentiert.

Die Datierungssigeln entsprechen den Abkürzungen vorn im Aufsatz.

Die Reihenfolge der Keramik entspricht den Abbildungen. Die zitierte Inventar-Nummer ist die der Registrierung im Feld. Die Scherben befinden sich zur Zeit im Deutschen Bergbau-Museum Bochum.

Abb. 7

1 = 6 Wadi Khalid, Grube 3, unterhalb der Halde CH
Fragment eines doppelkonisch gebohrten keulenartigen Schlägels.

2 = 80 : 1 Wadi Ratiye CH
Fragment einer dreikantig geschliffenen, doppelkonisch gebohrten Steinpicke.

3 = 131 Khirbet en-Nahas, Grubental, auf Halde CH?
Dreikantige Kerbpicke.

4 = 26 Wadi Khalid, östlich Grube 1
Rillenschlägel mit deutlichen Nutzungsspuren an beiden Enden.

5 = 80 : 2 Wadi Ratiye CH
Fragment eines doppelkonisch gebohrten Schlägels.

Abb. 9

1 = 163 Wadi Khalid, Grube 43, 22 m vom Mundloch entfernt im prähistorischen Versatz MB
Schulterscherbe eines Vorratsgefäßes. Ton mittelfein, beige, hart gebrannt. Zwei parallele Bänder eines eingeritzten Kammstrichdekors.

2 = 38 : 2 Wadi Khalid, Grube 4, auf der Halde E II C/P
Lampenfragment, Schnauze und Schulteransatz zur Hälfte vorhanden. Flachboden. Bläßgelb-orange Ton, innen grau gelb ver-

färbt, mit vielen kleinen, mittleren und großen weißen, gelben, braunen und grauen Einschlüssen und Blasen. Oberflächen innen und außen bläßgelb-orange, an der Schnauze Reste eines gelbweißen Überzuges.

3 = 109.1 Wadi Khalid, Grube 10, auf der Halde E II C/P
Lampenfragment, Vorderteil der Schnauze vorhanden, Schulter fehlt. Wackelboden. Gelboranger Ton mit vielen kleinen, mittleren und großen weißen, roten und grauen Einschlüssen und Blasen. Auf den Oberflächen innen und außen Reste eines dicken weißen Überzuges.

Die beiden letztgenannten Lampen sind typische Vertreter edomitischer Keramik. Ein weiteres Fragment mit Scheibenbasis (Inv.-Nr. 110.5) gehört mit größerer Wahrscheinlichkeit der Perserzeit an als die beiden anderen, die jedoch ebenfalls nach dem 7./6. Jh. v. Chr. produziert worden sein können⁷⁵.

Abb. 26

1 = Inv.-Nr. 67 : 11 Siedlung Wadi Fidan 4. Oberfläche CH
Steiler, hoher Rand eines Gefäßes. Ton hellbraun-orange, grob quarzsandgemagert, sehr hart gebrannt, handgemacht⁷⁶.

2 = 67 : 13 wie vor CH
Dickwandige Randscherbe, fast ohne Rundung, sehr grob quarzsandgemagert, Ton grau, Oberfläche innen rotbraun, außen graubraun, besonders innen erodiert, außen Rest eines braunvioletten Überzuges. Eine randparallele und zwei hängende Reihen runder Einstiche als Dekoration.

3 = 67 : 10 wie vor CH
Steiler, hoher Rand eines Gefäßes, leicht ausladend, Ton graubraun, grob quarzsandgemagert, Oberfläche außen mit rotorangem Überzug, innen ohne Überzug braungrau mit Löchern, sehr hart gebrannt, handgemacht.

4 = 67 : 21 wie vor CH
Randscherbe mit Griffknubbe, möglicherweise eines Pokals mit Standfuß. Ton ziegelrotrosa mit hellbraungrauem Tonkern, grob quarzsandgemagert, Oberfläche innen rissig und braungrau, außen rotbraun bis graubraun geschmaucht, beidseitig stark erodiert, Griffknubbe unvollständig, handgemacht.

5 = 67 : 20 wie vor CH
Wandungsscherbe mit Henkel, Ton hellbraun mit starker, grober Quarzsandmagerung, Oberfläche innen glatt und hellbraungrau, außen mittelbraun mit Schwärzung, außen erodiert, hart gebrannt, handgemacht.

6 = 67 : 19 wie vor CH
Gerundete Griffleiste ohne Rest der Wandung und ohne Wellenzier. Ton hellbraun, quarzgemagert, Oberfläche außen ziegelrot und schwarzgrau.

7 = 67 : 27 wie vor CH
Wandungsscherbe mit Kubbe oder Henkelansatz, grob quarzsandgemagert. Ton nach innen zur Hälfte ziegelrot, nach außen braunschwarz. Oberflächen erodiert, hart gebrannt, handgemacht.

8 = 67 : 7 wie vor CH
Leicht ausladende Randscherbe. Ton hellgrau, nach innen rötlich und nach außen graubraun werdend, sandgemagert, hart gebrannt, handgemacht.

9 = 67 : 4 wie vor CH
Grobe Randlippe. Ton hellgrau, Oberfläche graubraun, grob quarzsandgemagert, auch rote Einschlüsse, Brennrisse innen und außen, hart gebrannt, handgemacht.

10 = 67 : 33 wie vor CH
Bodenscherbe eines dickwandigen Gefäßes. Ton rotbraun, Oberflächen innen hellbraunorange, außen mittelbraun, grob mit Quarzsand gemagert, handgemacht.

11 = 67 : 29 wie vor CH
Bodenscherbe eines kleinen Gefäßes, Ton grau, quarzsandgemagert, innen und außen dicker hellbraunoranger Überzug mit organischen Magerungsspuren, außen rissig, handgemacht.

12 = 67 : 8 wie vor CH
Dünnwandige Randscherbe, durch Brand verzogen. Ton hellbraungrau, sandgemagert, außen rotbraun, handgemacht.

13 = 67 : 26 wie vor CH
Bodenscherbe eines großen Vorratsgefäßes. Ton graubraun, quarzgemagert, außen graubraun und rissig, innen starker ziegelroter Überzug mit Ritzspuren, hart gebrannt, handgemacht.

14 = 67 : 32 wie vor CH
Bodenscherbe, Wandung über dem Boden stark einziehend. Ton graubraun mit feiner, starker Quarzsandmagerung, außen braungrau, innen hellbraunoranger, starker Überzug, hart gebrannt, handgemacht.

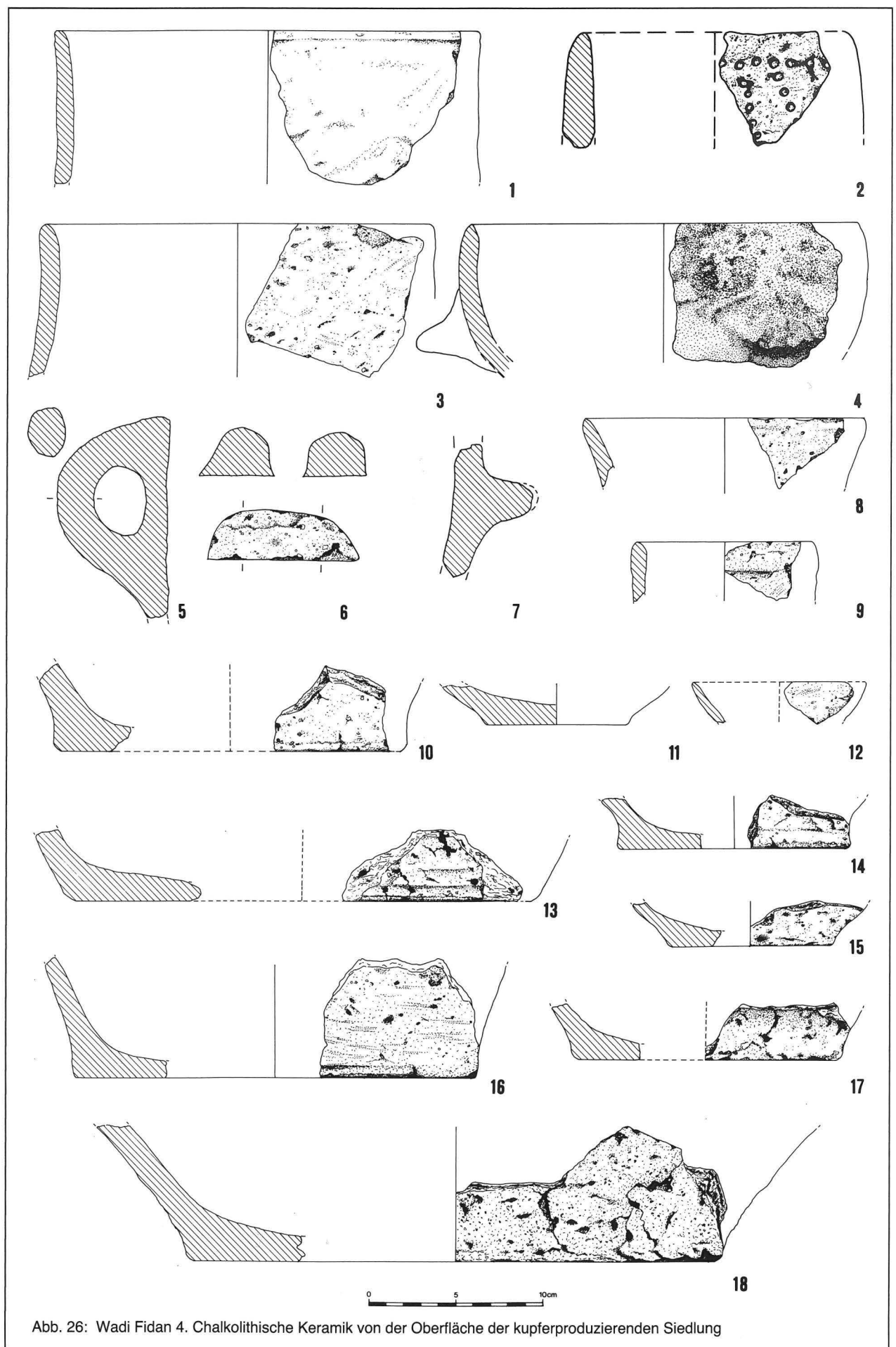
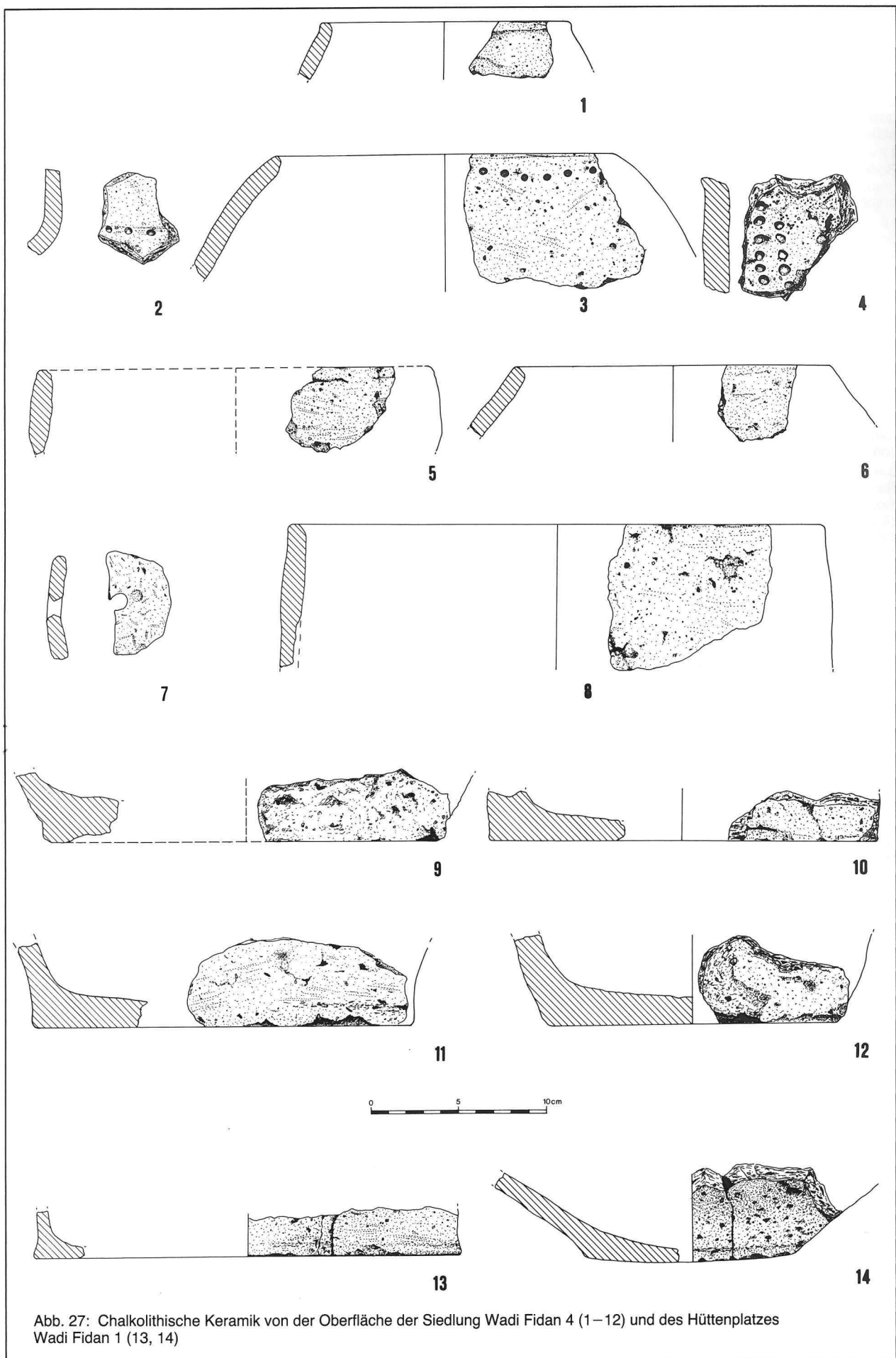


Abb. 26: Wadi Fidan 4. Chalkolithische Keramik von der Oberfläche der kupferproduzierenden Siedlung



15 = 67 : 34 wie vor CH
Bodenscherbe eines bauchigen, kleineren Gefäßes. Tonkern grau, Häcksel- und Sandmagerung, innen hellbraungrau, außen hellbraunorange, hart gebrannt, handgemacht.

16 = 67 : 25 wie vor CH
Bodenscherbe eines großen Vorratsgefäßes. Ton graubraun, quarzsandgemagert, innen ziemlich glatt, teilweise rötlichbraun, außen braun bis ziegelrot, hart gebrannt, handgemacht.

17 = 67 : 30 wie vor CH
Bodenscherbe eines mittelgroßen Gefäßes. Tonkern schwarzgrau, quarzsandgemagert, Innenseite ziegelrot, erodiert, außen braunschwarz, verwittert, hart gebrannt, handgemacht.

18 = 67 : 28 wie vor CH
Bodenscherbe eines riesigen, groben Vorratsgefäßes. Ton braunschwarz, quarzsandgemagert, Oberflächen braunschwarz, stark verwittert, hart gebrannt, handgemacht.

Abb. 27

1 = Inv.-Nr. 67 : 9 Siedlung Wadi Fidan 4, Oberfläche CH
Randscherbe, einziehend, Ton hellbraun, sehr stark mit feinem Quarzsand gemagert, hart gebrannt, handgemacht.

2 = 67 : 15 wie vor CH
Schulter-Hals-Fragment eines bauchigen Gefäßes. Tonkern grau, nach innen und außen ziegelrot werdend, stark mit weißem, grobem Quarzit gemagert, sehr hart gebrannt, handgemacht. In der Kehle zwischen Hals und Schulter runde Einstiche zur Dekoration.

3 = 67 : 1 wie vor CH/FB
Randscherbe eines Topfes mit einziehender Wandung (hole-mouth jar). Tonkern hellbraunorange, grob gemagert, außer Quarzit auch blätteriges Material, Oberfläche innen braungrau, außen ziegelrot, sehr hart gebrannt, handgemacht. Entlang der Mündung mit einer Reihe runder Einstiche verziert.

4 = 67 : 2 wie vor CH
Sehr grobe Schulterscherbe. Tonkern grau, innen und außen roter Überzug, grob quarzsandgemagert, hart gebrannt, handgemacht. Doppelreihe möglicherweise senkrechter runder Einstiche der Dekoration erhalten.

5 = 67 : 3 wie vor CH
Wandscherbe, Rundung kaum erkennbar. Ton hellbraun, zur Innenseite hin rötlich werdend, aber dort stark abgewittert, äußere Oberfläche rot und mittelbraun, stark quarzsandgemagert, mittelfin, sehr hart gebrannt, handgemacht.

6 = 67 : 5 wie vor CH
Randscherbe, eventuell zu geneigt gezeichnet. Ton hellbraungrau mit groben Einschlüssen, sehr hart gebrannt, handgemacht.

7 = 67 : 18 wie vor CH
Hälfte einer Tonscheibe aus wiederverwendeter Scherbe, vermutlich zerbrochener Spinnwirtel, Bohrung doppelkonisch. Ton grauschwarz, Innenseite graubraun, außen hellbraunorange, grobe Magerung. Negative organische Magerung auf beiden Oberflächen. Hart gebrannt, handgemacht.

8 = 67 : 12 wie vor CH
Steilwandige Randscherbe. Ton hellbraungrau, zur Innenseite hellbraunorange werdend, Randlippe und Außenseite mit creme-hellbraunem Überzug, starke mittelfine Quarzsandmagerung, aber auch grobe Einschlüsse. Innenseite unten erodiert, sehr hart gebrannt, handgemacht.

9 = 67 : 35 wie vor CH
Bodenscherbe, Ton braun, sehr grob gemagert, Innenseite braungrau streifig, glatt, Außenseite dick ziegelrot, aber sehr verwittert, alte Oberfläche nicht erhalten. Hart gebrannt, handgemacht.

10 = 67 : 31 wie vor CH
Bodenfragment eines mittelgroßen Vorratsgefäßes. Ton schwarzbraun, außen graubraun, Innenseite mit ziegelrotorange Überzug. Grobe Magerung, hart gebrannt, handgemacht.

11 = 67 : 24 wie vor CH
Bodenscherbe eines großen Vorratsgefäßes. Tonkern braunschwarz, äußerst grob quarzgemagert, Innenseite mit hellbraunorange Überzug, außen fleckig braunschwarz, hellbraunorange und ziegelrot. Sehr hart gebrannt, handgemacht.

12 = 67 : 12 wie vor CH
Bodenscherbe. Tonkern grau, mit Quarzit und anderen Gesteinen mittelfin gemagert. Innenseite schwarzbraun, außen rotbraun und stark verwittert. Mittlerer Brand, handgemacht.

13 = 63 : 2 Schlackenplatz Wadi Fidan 1 CH
Zwei Bodenscherben eines relativ dünnwandigen Gefäßes. Ton mittelbraungrau, feinere Sandmagerung. Innenseite hellbraunorange, außen mittelbraungrau, naß geglättet. Hart gebrannt, handgemacht.

14 = 63 : 1 wie vor CH
Zwei Scherben eines Gefäßes mit möglicherweise ehemaligem Wackelboden, allerdings kann die starke Verwitterung der Bodenunterseite täuschen. Ton braungrau, mit grober Gesteinsmagerung. Innen und außen schmutziggelblicher Überzug. Hart gebrannt, möglicherweise Drehscheibenware.

Abb. 28

1 = Inv.-Nr. 29 : 4 Wadi Khalid, im Wasserriß zwischen den Hal- den der Gruben 6 und 7 FB
Wandungsscherbe mit gewelltem Leistenhenkel (ledge handle). Weiß und grau quarzsandgemagert, mittelfin, hart gebrannt. Außen Reste der Oberflächenpolitur erhalten, handgemacht.

2 = 29 : 2 wie vor FB
Randscherbe eines Halsgefäßes mit kurz ausladender Lippe. Tonkern grau mit Hohlräumen der organischen Magerung, Oberflächen innen und außen ziegelrot, organische und Quarzsandmagerung, hart gebrannt, handgemacht.

3 = 29 : 7 wie vor FB
Bodenscherbe eines Vorratsgefäßes. Ton hellbraun, wenig organische, vorwiegend grobe Quarzsandmagerung, Brand hart, handgemacht.

4 = 29 : 5 wie vor FB
Wandungsscherbe eines Vorratsgefäßes, kurz über dem Boden abgebrochen. Ton hellbraun, mittelfine Quarzsandmagerung, Oberflächen innen und außen mit rotem Überzug, außen Reste von Politur, handgemacht.

5 = 29 : 1 wie vor FB
Bodenscherbe eines Vorratsgefäßes mit abgesetztem Boden. Ton hellbraun mit feinen grauen Einschlüssen der Magerung. Oberfläche innen mit hellbraunorange Überzug, außen nur noch Reste davon, hart gebrannt, handgemacht.

6 = 29 : 3 wie vor FB
Randscherbe einer Schale, Ton hellbraun, vorwiegend feine Sandmagerung, innen und außen rotbrauner Überzug gut erhalten, innen und außen Politurspuren, handgemacht.

7 = 134 : 1 Khirbet en-Nahas E
Kochtopf/Krater. Braungrauer Ton mit vielen mittleren und großen grauen Einschlüssen und Löchern (Häckselmagerung). Oberfläche außen mit Resten eines graubeigen Überzuges, innen dunkelgrau, handgemacht. Wie das Stück Abb. 29.1 und ein schon 1984 vorgestelltes Stück⁷⁷ gehört die Scherbe zu einem Keramiktyp, der eisenzeitliche Formen aufweist, aber ohne Verwendung einer Töpferscheibe hergestellt worden ist. Diese Eigenschaft teilt der Typ mit der gleichzeitigen „Negeb-Ware“ von der anderen Seite des Wadi Arabah, hat aber ein davon abweichendes Formenrepertoire. Ich schlage vor, diese Keramik „sëiritisch“ zu nennen. Wie die „Negebiter“ dürften die Sëiriter ein nichturbanes („nomadisches“) Bevölkerungselement gewesen sein, dessen Keramikrepertoire sich während der gesamten Eisenzeit (13.–6./5. Jh. v. Chr.) wenig geändert hat. Während die sëiritische Keramik von Khirbet en-Nahas der frühen Eisenzeit I (12. Jh. v. Chr.?) angehören könnte, zeigt der Fund einer derartigen Scherbe in E II-Kontext in Wadi Khalid Grube 36 und in Tawilan, daß sie sich nicht auf die E I-Zeit beschränken läßt⁷⁸.

8 = 164 : 1 Fenan, westlich des Stadtberges SB?
Wandungsscherbe eines kleinen bauchigen Gefäßes (Kanne?). Beigegelber, mittelharter Ton mit vielen kleinen und wenigen mittelgroßen roten, grauen und weißen Einschlüssen. Oberfläche außen mit fünf parallelen braunen Streifen bemalt, Innenseite erodiert⁷⁹.

9 = 125 : 7 + 9 Wadi Khalid, Grube 11, auf der Halde MB I
Rand eines Topfes (holemouth jar) oder einer Kanne (teapot); Orangerosa, mittelhart gebrannter Ton mit vielen weißen und grauen mittelgroßen Einschlüssen. Oberfläche außen hellgrauorange, innen orangerosa mit Resten eines beigegrauen Überzuges und Drehscheiben.

10 = 125 : 10 Wadi Khalid, Grube 11, auf der Halde MB I
Typ und Ware wie vor; Oberfläche außen grauorange mit Kammstrichverzierung unter dem Rand.

11 = 49 : 2 + 3 Wadi Fidan, Platz 2 MB II A
Rand und Wandungsscherbe eines Kochtopfes. Mittelfin Ton mit vielen kleinen und mittleren weißen oder grauen Einschlüssen und wenigen groben gelbweißen. Löcher in der Oberfläche. Außen grauer Überzug, innen beigegrau bis graurot. Rand gedreht und mit Daumeneindrücken verziert, Körper handgemacht und mit eingedrücktem Wellenband verziert⁸⁰.

12 = 34 : 2 Wadi Khalid, Grube 18, auf der Halde MB I
Wandungsscherbe eines großen bauchigen Gefäßes (Vorrats-

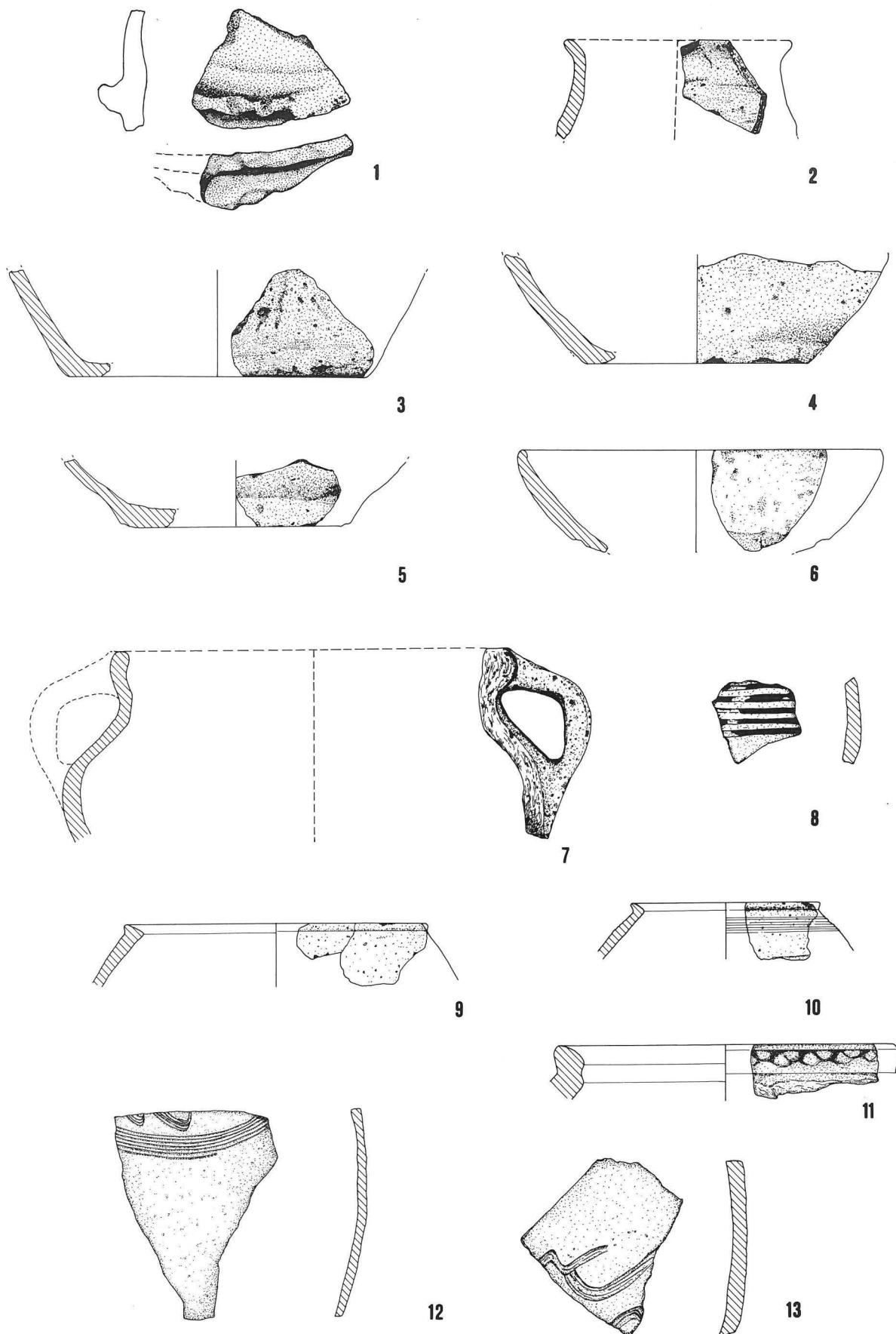


Abb. 28: Keramik der Mittleren Bronzezeit I

krug), handgemacht. Rehbrauner Ton mit vielen kleinen und mittleren weißen und grauen, wenigen großen gelbweißen Einschlüssen. Oberfläche außen mit mittelbraungrauem Überzug. Kammstrichverzierung⁸¹.

13 = 49 : 3 Gleiches Gefäß wie 11

Abb. 29

1 = Inv.-Nr. 132 : 1 Khirbet en-Nahas, Grubental E
Rand eines Kochtopfes. Ton ziegelrosa, viele kleine weiße und graue Einschlüsse, einige mittlere und große rote. Oberfläche außen mit beigeorangem Überzug, innen hellorange-zeiglerot. Handgemacht.

2 = 165 : 24 Wadi Dana, Schlackenplätze auf Terrasse E I
Rand eines Kochtopfes. Braunroter Ton mit vielen kleinen und mittleren grauen und weißen Einschlüssen. Oberfläche außen mit Resten eines hellbraungrauen Überzuges, innen mit solchen eines grauen⁸².

3 = 174 : 2 Khirbet el-Ghuwebe, Oberfläche E I
Kraterrand. Orange-zeigleroter Ton mit vielen mittleren und großen grauen und weißen Einschlüssen und Löchern. Kern graubraun. Oberfläche innen und außen mit Resten eines cremegelben Überzuges⁸³.

4 = 77212 Khirbet el-Jariye, Oberfläche E I
Rand einer flachen Knickwandschale. Beigeoranger Ton mit vielen mittelgroßen weißen Einschlüssen und Löchern. Graue Kernfärbung, Oberfläche innen und außen beigeorange⁸⁴.

5 = 165 : 2 Wadi Dana, Schlackenplätze auf Terrasse E I
Topfrand. Ton ockerorange mit vielen mittelgroßen weißen und wenigen grauen Einschlüssen. Grauer Kern, Oberflächen innen und außen ockerorange⁸⁵.

6 = 127 : 7 Khirbet en-Nahas, Grubental E I
Kraterrand. Rehbrauner Ton mit vielen kleinen und mittleren, wenigen großen grauen und braunen Einschlüssen. Scheibenware⁸⁶.

7 = 166 : 5 Fenan 5, Nordhang E II C
Schälchen- oder Tassenfragment. Gelbgrauer Ton mit vielen feinen und mittelgroßen weißen und grauen Einschlüssen und wenigen sehr großen roten Partikeln und Löchern. Oberflächen innen und außen strohgelb⁸⁷.

8 = 101 : 1 Fenan 1, am Fuß der Halde im Wadi E II C
Schalenrand. Hellzeigleroter Ton, innen lehmgrau verfärbt, mit vielen großen und kleinen Luftblasen. Oberflächen innen und außen mit Resten eines weißgelben Überzuges. Auf der Lippe schwarze Gitterbemalung, innen ein schwarzer Streifen⁸⁸.

9 = 181 : 2 Fenan 5, Nordhang E II C
Assyrisierende Knickwandschale. Ziegelroter, innen lehmgrau verfärbter Ton, hart gebrannt, mit einigen mittelgroßen Luftblasen und weißen und grauen Einschlüssen. Oberfläche außen mit cremegelbem Überzug, mit drei schwarzen Streifen bemalt, innen orangegrauer Überzug.

10 = 181 : 1 Fenan 5, Nordhang E II C
Topf. Ziegelroter, innen lehmgrau verfärbter Ton mit vielen kleinen und wenigen mittelgroßen und großen grauen und roten Einschlüssen und einigen großen Luftblasen. Oberflächen innen und außen mit Resten eines gelbweißen Überzuges, zwei schwarze und ein rotbrauner Streifen auf dem Hals⁸⁹.

11 = 13 : 6 Wadi Khalid, Grube 3, auf der Halde E II C
Standfuß einer Schale. Hellzeiglerot-oranger, innen lehmgrau gefärbter Ton mit vielen kleinen und mittleren weißen und grauen und einigen großen weißen, roten und grauen Einschlüssen und Blasen. Oberfläche außen blaßorange, innen hellzeiglerot-orange⁹⁰.

12 = 122 : 2 Wadi Khalid, Grube 13, auf der Halde E II C
Edomitische Schälchen. Blaßzeigleroter, innen lehmgrau verfärbter Ton mit vielen feinen und einigen großen weißen und roten Einschlüssen und Löchern. Außen und auf der Lippe ein dicker gelbweißer Überzug, auf der Lippe zwei verblaßte, jetzt beige-braune Streifen⁹¹.

13 = 10 : 4 Wadi Khalid, Grube 3, auf der Halde E II C/P⁹²
Assyrisierende Knickwandschale. Oranger, innen lehmgrau verfärbter Ton mit vielen kleinen grauen und einigen weißen mittelgroßen Einschlüssen und Luftblasen. Oberflächen orange, außen cremeockerfarbiger Überzug⁹³.

14 = 144 : 5 Wadi Khalid, Grube 36, Hausruine E II C
Schale. Ockergelber, hartgebrannter Ton mit vielen kleinen, mittelgroßen und großen roten und grauen Einschlüssen und Luftblasen. Oberflächen innen und außen mit Resten eines lehmorangen Überzuges, außen zwei verblaßte, jetzt braune Streifen.

15 = 144 : 51 Wadi Khalid, Grube 36, Hausruine E II C
Rand einer Schale, Ton mittelbraun, grob gemagert, hart.

16 = 3 : 38 Wadi Khalid, Grube 2, Umgebung der Halde E II C
Kochtopf. Dunkelzeigleroter Ton mit vielen kleinen und mittleren Einschlüssen aus Quarz. Oberflächen innen und außen mit dunkelgrauem Überzug⁹⁴.

17 = 143 : 9 Wadi Khalid, Grube 36, Halde E II C
Schale. Hellzeigleroter, innen lehmgrau verfärbter, hartgebrannter Ton mit vielen kleinen und mittleren glitzernden und grauen Einschlüssen und kleinen, mittleren und großen Luftblasen. Oberflächen innen und außen hellzeiglerot, Reste eines blaßroten Überzuges innen, hier und außen je ein schwarzer Doppelstreifen.

18 = 3 : 32 Wadi Khalid, Grube 2, Umgebung der Halde E II C
Kochtopf. Braunoranger Ton mit vielen kleinen und mittleren grauen und weißen Einschlüssen. Oberfläche außen braunorange, innen hellbraunorange.

19 = 110 : 2 Wadi Khalid, Grube 10 E II C/P
Schale. Lehmgrauer Ton mit vielen kleinen, mittleren und einigen großen weißen und grauen Einschlüssen und Blasen. Oberflächen innen und außen gelborange⁹⁵.

Abb. 30

1 = 108 : 25 Fenan 1, östliche Schlackenhalde Römisch
Schale. Ton braunrosa mit einigen mittelgroßen weißen und roten Einschlüssen. Oberflächen außen und innen rosaorange, Reste eines beigeweißen Überzuges.

2 = 100 : 27 Fenan 1, südwestliche Halde Römisch
Rand eines Bechers. Rosaoranger, feingeschlammter, hartgebrannter Ton. Oberfläche außen mit cremegrauem Überzug, innen braunorange.

3 = 101 : 9 Fenan 1, am Fuß der Halde im Wadi 1. Jh. n. Chr.
Rand eines Kochtopfes. Ton rosarorange, hart gebrannt, mit vielen kleinen und wenigen mittelgroßen weißen, roten und grauen Einschlüssen und Blasen. Oberflächen innen und außen rosaorange⁹⁶.

4 = 91 : 5 Umm el-Amad, auf der Grubensohle Römisch
Schale. Hellzeigleroter, im Kern lehmgrau verfärbter Ton mit vielen kleinen und mittleren weißen und grauen Einschlüssen, hart gebrannt. Oberflächen außen grauocker bis graubraun, innen hellzeiglerot⁹⁷.

5 = 108 : 35 Fenan 1, östliche Schlackenhalde 1. Jh. n. Chr.
Boden eines Krügleins. Dunkelgrauer, feingeschlammter, hartgebrannter Ton. Oberflächen innen und außen graubraun⁹⁸.

6 = 87 : 4 Wadi Ratiye, zwischen Bergehalden Römisch
Fragment eines Tellers, „spätnabatäisch“. Hellzeigleroter harter Ton mit vielen kleinen und einigen mittleren weißen, grauen und glitzernden Einschlüssen und Blasen. Oberfläche außen mit Resten eines cremegelben Überzuges. Innen hellzeiglerot, schwarze, grobstrichige Bemalung mit floralem (?) Motiv. Diese „spätnabatäische“ Keramik gehört dem 2./3. Jh. n. Chr. an, dessen Ware hier als „römisch“ zusammengefaßt worden ist. Aus Südjudanien ist für diese Epoche noch zu wenig stratifizierte Keramik veröffentlicht, als daß es Sinn hätte, zum gegenwärtigen Zeitpunkt genauer differenzieren zu wollen⁹⁹.

7 = 87 : 7 Wadi Ratiye, zwischen Bergehalden Römisch
Lampenfragment. Schulter mit Griffknubben erhalten. Harter zeigleroter Ton, feingeschlammmt, im Kern mittelgrau¹⁰⁰.

8 = 100 : 68 Fenan 1, Südwesthalde Römisch
Ziegelroter, im Kern graubraun verfärbter Ton mit vielen kleinen und mittelgroßen weißen und grauen Einschlüssen und Löchern. Oberflächen innen und außen zeiglerot¹⁰¹.

9 = 108 : 34 Fenan 1, östliche Schlackenhalde Römisch
Kochtopfrand. Ton rosaorange, hartgebrannt mit kleinen und mittelgroßen weißen und grauen Einschlüssen. Oberflächen außen braunorange, innen rotorange.

Abb. 31

1 = 137 : 10 El-Furn 13. Jh. n. Chr.
Schüssel. Dunkelgrauer Ton mit vielen mittelgroßen und großen weißen und grauen Einschlüssen und Löchern (Hächselformung). Oberfläche außen ockerorange, innen beigeorange, handgemacht.

2 = 137 : 1 El-Furn 13. Jh. n. Chr.
Fragment glasierter Keramik. Ton cremefarben, feingeschlammmt. Oberflächen außen türkis glasiert, innen kobaltblau glasiert mit Unterglasurbemalung in Indigo.

3 = 137 : 3 El-Furn 13. Jh. n. Chr.
Ton cremefarben und feingeschlammmt. Oberflächen innen und außen preußischblau glasiert, innen mit Unterglasurbemalung in Indigo¹⁰².

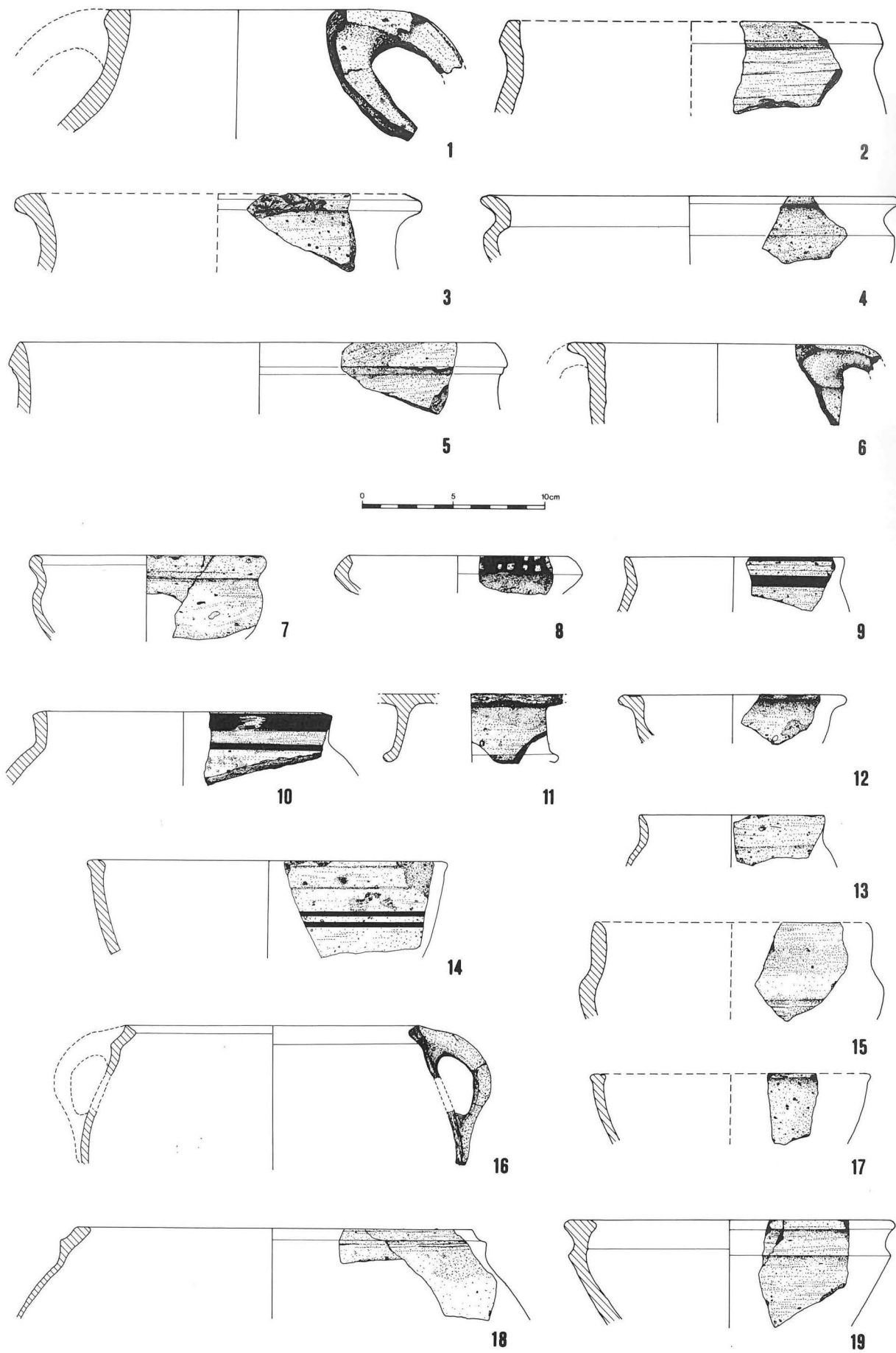


Abb. 29: Keramik der Eisenzeit. 1–6 = Eisenzeit I, 7–19 = Eisenzeit II C

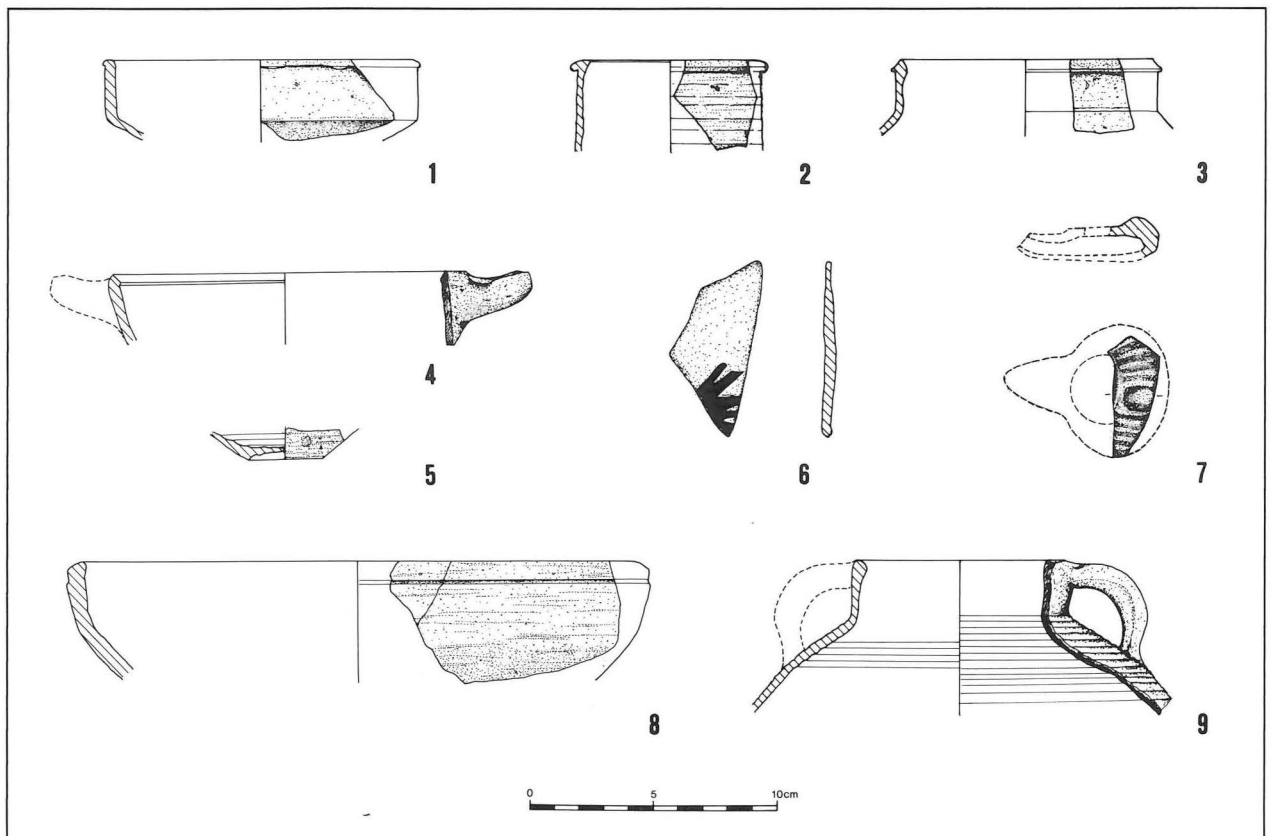


Abb. 30: Nabatäisch-römische Keramik

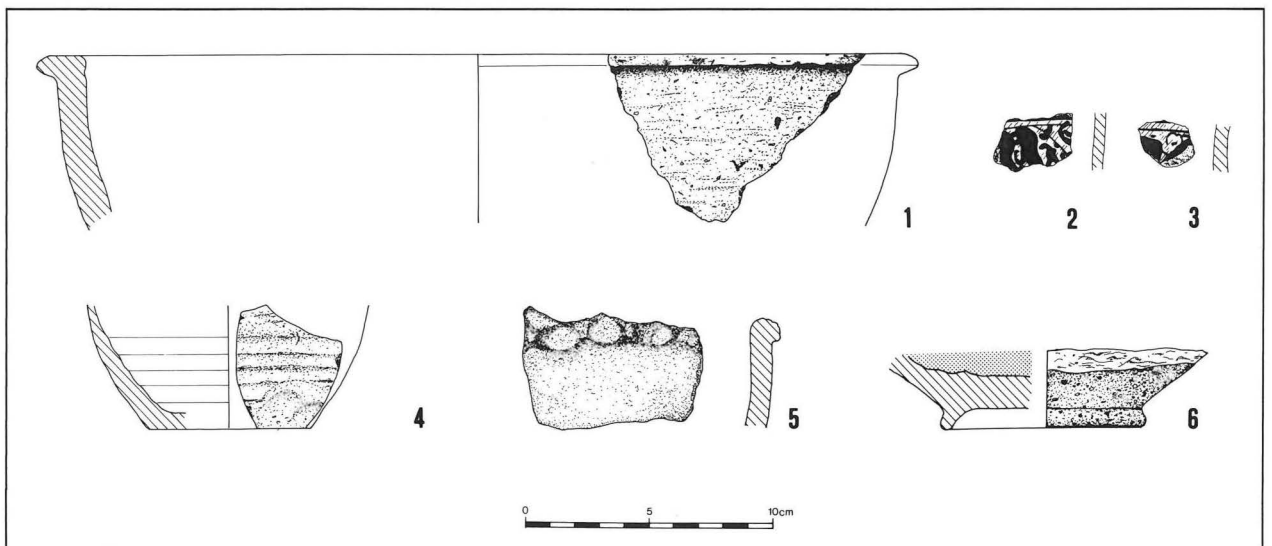


Abb. 31: El-Furn. Mamlukisch-türkische Keramik vom Verhüttungsplatz und der Siedlung

4 = 137 : 2 El-Furn 13. Jh. n. Chr.
Boden eines Krügleins. Ockergrauer, nach außen hellziegelroter Ton, feingeschlämmt, mit Luftblasen, Drehrillen innen. Das Stück erweckt zunächst „byzantinische“ Assoziationen, doch hat man sich zu vergegenwärtigen, daß die „Industriesiedlungen“ im Gebiet von Fenan schon aus Gründen der Rohstoffversorgung (Holz!) überwiegend nur kurze Zeit und nur eine „Siedlungsperiode“ lang bestanden haben. Der Kontext enthält keine Stücke, die eindeutig einem anderen Jahrhundert als dem 13. zuzuweisen wären. So handelt es sich hier wohl um ein Stück „importierter“ Keramik, das in einem städtischen Produktionsbetrieb zur gleichen Zeit hergestellt worden ist, als die lokale Bevölkerung im Wadi Arabah ihre „pseudo-chalkolithische“, handgemachte Keramik fertigte.

5 = 54.5 El-Furn Mamlukisch-türkisch
Wandungsscherbe. Dunkelgrauer Ton mit vielen großen Ein-

schlüssen aus Quarz und Löchern von der organischen Magerung. Oberflächen innen rotorange, außen grau, braun und ockerorange changierend. Aufgesetzte Zierleiste mit Daumeneindrücken.

Diese Scherbe macht auf den ersten Blick einen „chalkolithischen“ Eindruck, doch gehört sie der jordanischen „Dorfkeramik“ an, wie sie vom 13.–19./20. Jh. n. Chr. lokal, ohne Verwendung der Töpferscheibe hergestellt worden ist. Die „Importkeramik“ vom gleichen Fundort schränkt die Datierung aber auf das 13. Jh. n. Chr. ein¹⁰³.

6 = 137.1 El-Furn 13. Jh. n. Chr.
Strandring einer Schale. Dunkelgrauer, an den Rändern rotbrauner Ton mit kleinen, mittleren und großen weißen und grauen Einschlüssen und Luftblasen. Oberflächen innen dunkelgrün glasiert, außen stark erodiert, zwischen ockerorange und dunkelbraun changierend¹⁰⁴.

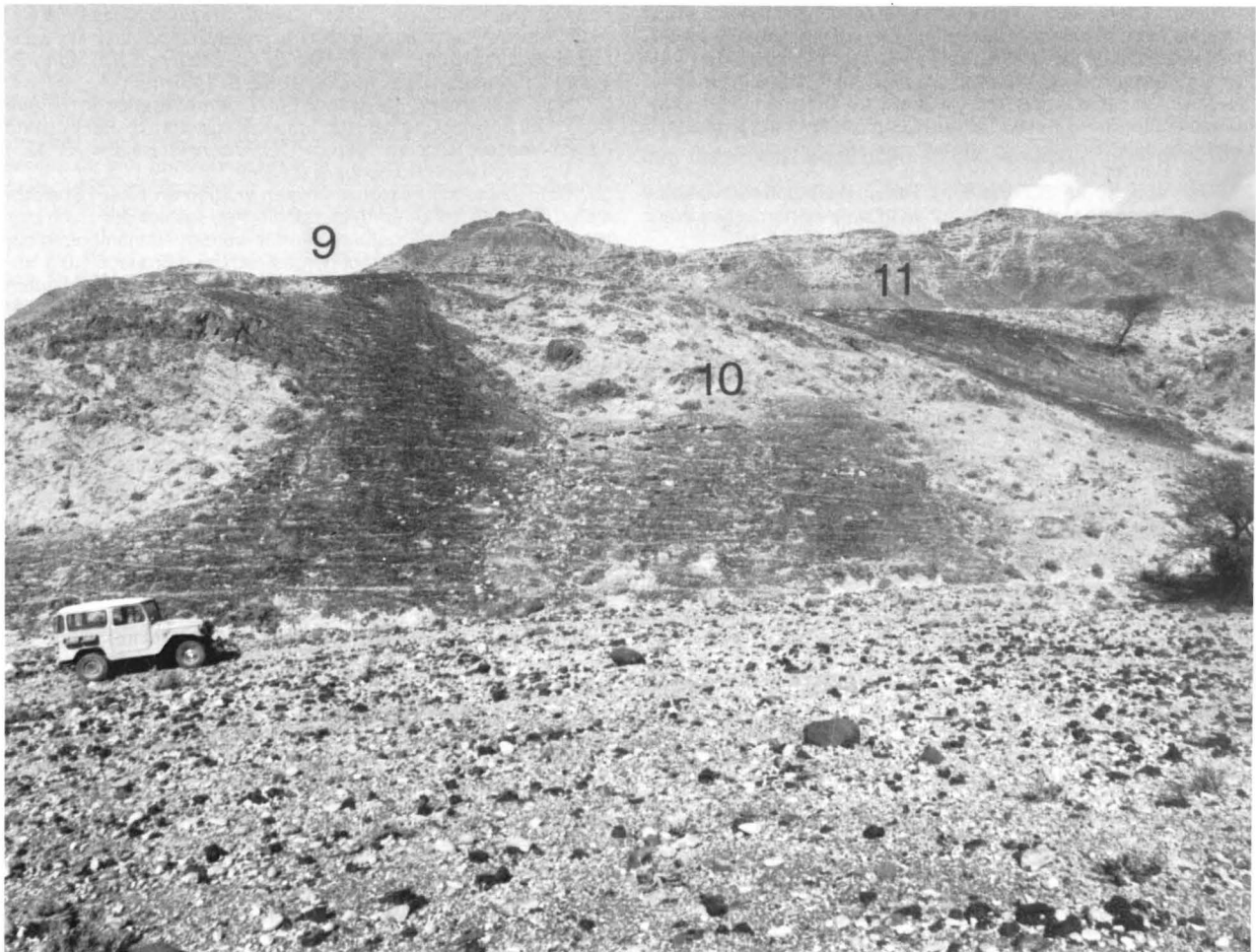


Abb. 32: Fenan 9–11. Chalkolithisch/frühbronzezeitliche Schmelzplätze mit den am Hang liegenden Schlackenhalden. An der oberen Hangkante wurden die Reste von mindestens 25 Schmelzofenanlagen gefunden

ANMERKUNGEN

1. Vgl. Conrad, Hans Günter/Rothenberg, Beno (Bearb.): Antikes Kupfer im Timna-Tal. 4000 Jahre Bergbau und Verhüttung in der Arabah, Bochum 1980 (= Der Anschnitt, Beih. 1).
2. Vgl. Rothenberg, Beno: Die Archäologie des Verhüttungslagers Site 30, in: ebd., S. 187–219, sowie ders.: Chalcolithic copper smelting. Excavations at Timna site 31, London 1978 (= IAMS Monogr. 1), S. 1–51.
3. Vgl. Bachmann, Hans Gert/Hauptmann, Andreas: Zur alten Kupfergewinnung in Fenan und Hirbet en-Nahas im Wadi Arabah in SüdJordanien. Ein Vorbericht, in: Der Anschnitt, 35, 1984, S. 110–123.
4. Vgl. Musil, Alois: Arabia Petrea, 2 Bde., Wien 1907/8; Frank, Fritz: Aus der Arabah I, in: Zs. d. Deutschen Palästina-Vereins, 57, 1934, S. 191–280; Glueck, Nelson: The other side of the Jordan, New Haven 1945.
5. Vgl. Kind, Hans Dieter: Antike Kupfergewinnung zwischen Rotem und Totem Meer, in: Zs. d. Deutschen Palästina-Vereins, 81, 1965, S. 56–73.
6. Vgl. Bachmann/Hauptmann (1984).
7. Vgl. Petri, W. M. F.: Researches in Sinai, London 1906, sowie Bachmann, Hans Gert: Early Copper Smelting Techniques in Sinai and the Negev as deduced from Slag Investigations, in: Scientific Studies in Early Mining and Extractive Metallurgy, hrsg. v. Paul T. Craddock, London 1980 (= British Museum Occasional Papers), S. 103–134, hier S. 114.
8. Vgl. Görg, M.: Punon – ein weiterer Distrikt der Beduinen?, in: Biblische Notizen, 19, 1982, S. 15–21, hier S. 16 f.
9. Vgl. auch den Aufsatz von Wilhelm Geerlings in diesem Heft.
10. Vgl. Harding, G. L.: An Index and Concordance of Pre-Islamic Arabian Names and Inscriptions, Toronto 1971, S. 474.
11. Vgl. Weippert, M.: Edom, Diss. theol., Tübingen 1971, S. 443 f.
12. Vgl. ebd., S. 433 f.
13. Donner, H.: Geschichte des Volkes Israel und seiner Nachbarn in Grundzügen, Bd. 1, Göttingen 1984, S. 102–107.
14. Vgl. Noth, M.: Das 4. Buch Mose: Numeri, Göttingen 1966, S. 210–213.
15. Vgl. Gese, H.: Vom Sinai zum Zion, München 1974, S. 53–56.
16. Vgl. Bender, Friedrich: Zur Geologie der Kupfererzvorkommen am Ostrand des Wadi Arabah, Jordanien, in: Geologisches Jahrbuch, 83, 1965, S. 181–208.
17. Vgl. ebd. sowie ders.: Explanatory Notes on the Geological Map of the Wadi Arabah, Jordan, in: Geologisches Jahrbuch, Reihe B, 10, 1974, S. 1–62.
18. Vgl. Burgath, K. P./Hagen, D./Siewers, U.: Geochemistry, Geology and Primary Copper Mineralization in Wadi Arabah, Jordan, in: Geologisches Jahrbuch, Reihe B, 53, 1984, S. 3–53.
19. Vgl. Bender (1965), sowie van den Boom, Günter: Zur Geologie und Genese der Manganerzvorkommen im Wadi Dana, in: Beih. zum Geologischen Jahrbuch, 81, 1969, S. 161–176.
20. Die Gesteinszusammensetzungen wurden röntgenfluoreszenzanalytisch an einem Spektrometer Typ PW 1400 am Mineralogischen Institut der Ruhr-Universität Bochum bestimmt. Die Zusammensetzung der Erze wurde photometrisch und mit dem Atomabsorptionsspektrometer bestimmt. Die analysenfein gemahlene Proben wurden homogenisiert, getrocknet und geglüht. Von den so vorbereiteten Proben wurden ca. 200 mg abgewogen und per Flußsäure-/Salpetersäure-Druckaufschluß in Lösung gebracht. Mangan und Eisen wurden photometrisch bestimmt. Ni, Co, Zn, Sn, Cu, Pb wurden an einem Atomabsorptionsspektrometer (PE 3030) gemessen. Die Proben wurden im Gelände bereits

- mit einem tragbaren Röntgenfluoreszenzgerät vom Typ X-MET, hergestellt von der Firma Outokumpu Oy, auf ihre Gehalte an Cu, Mn, Fe und Ca analysiert und ausgewählt.
21. Vgl. Bartura, Yuki/Hauptmann, Andreas/Schöne-Warnefeld, Gerhard: Zur Mineralogie und Geologie der antik genutzten Kupferlagerstätte im Timna-Tal, in: Conrad/Rothenberg (Bearb.) (1980), S. 41–56.
 22. Vgl. Bender (1965).
 23. Vgl. ebd. sowie Schürenberg, Horst: Die Kupfererzorkommen bei Fenan und im Wadi Ghauba/Ghuweir im nördlichen Wadi Arabah, Jordanien, unveröff. Gutachten, 1963, S. 1–16.
 24. Vgl. Boom (1969).
 25. Vgl. Galling, K.: Biblisches Reallexikon, 2. Aufl. Tübingen 1977, S. 386.
 26. Vgl. Raikes, Tom: Notes on some neolithic and later Sites in Wadi Arabah and the Dead Sea Valley, in: *Levant*, 12, 1980, S. 40–60, sowie ders.: Ancient Sites in the Wadi Arabah and nearby, unveröff. Ms., 1976, S. 1–48.
 27. Vgl. Amiran, Ruth: Early Arad. The Chalcolithic Settlement and Early Bronze Age City. I. First-Fifth Seasons of Excavations, 1962–1966, Jerusalem 1978; Perrot, J.: The Excavations at Tell Abu Matar near Beer Sheba, in: *Israel Exploration Journal*, 5, 1955, S. 17–40, 73–84, 167–189.
 28. Vgl. Mallon, A./Koeppel, R./Neuville, R.: Teleilat Ghassul I., Rom 1934, sowie Koeppel, R./Senes, H./Murphy, J.W./Maham, G.S.: Teleilat Ghassul II., Rom 1940.
 29. Vgl. Raikes (1976), S. 11 f.
 30. Vgl. Bar-Adon, S.: The Cave of Treasure. The Finds in the Cave of Nahal Mishmar, Jerusalem 1971, sowie ders.: The Expedition to the Judean Desert, 1961: Expedition C – The Cave of the Treasure, in: *Israel Exploration Journal*, 12, 1962, S. 215–226.
 31. Vgl. Amiran, R./Beit-Arieh, J./Glass, J.: The Interrelationship between Arad and Sites in Southern Sinai in the Early Bronze Age II, in: ebd., 23, 1973, S. 193–197.
 32. Vgl. Rothenberg (1978).
 33. Vgl. Frank (1934), S. 241 f., sowie Glueck (1945), S. 77 ff.
 34. Vgl. Muhly, James D.: Timna and King Solomon, in: *Bibl. Orientalis*, 3/4, 1984, S. 275–292, sowie Craddock, Paul T., in: *Radiocarbon* 4, 24, 1982, S. 165.
 35. Vgl. Rothenberg, Beno: Timna – Das Tal des Biblischen Kupfers, Bergisch Gladbach 1973, Abb. 10, S. 42 sowie S. 55.
 36. Vgl. Beit-Arieh, J./Gophna, R.: A Note on a Chalcolithic Site in Wadi Arabah, in: *Tel Aviv*, 4, 1977, S. 105–109.
 37. Vgl. Beit-Arieh, J.: Explorations in Serabit el-Khadim, 1977; ders.: Serabit el-Khadim, in: *Levant*, 17, 1985, S. 89–116, sowie Givon, J./Saas, B., in: *Tel Aviv*, 5, 1978, S. 170–187.
 38. Vgl. Rothenberg (1980), sowie Bachmann, Hans Gert/Rothenberg, Beno: Die Verhüttungsverfahren von Site 30, in: Conrad/Rothenberg (Bearb.) (1980), S. 215–236.
 39. Nach Kitchen, K.A.: The Third intermediate Period in Egypt, Warminster 1973, S. 467.
 40. Vgl. Rothenberg (1973), S. 211 ff.
 41. Vgl. den Aufsatz von Wilhelm Geerlings in diesem Heft sowie ders.: Ins Bergwerk verurteilt – die „damnatio ad metallum“, in: *Der Anschnitt*, 35, 1983, S. 130–136.
 42. Vgl. Platz 6 bei Raikes (1980).
 43. Vgl. Bachmann/Hauptmann (1984), S. 114.
 44. Vgl. Omari, K.: Arab Organization for Mineral Resources, Jeddah 1983, S. 1–15.
 45. Kind (1965) spricht von 0,8 % Cu.
 46. Vgl. u. a. ebd.; Frank (1934); Glueck (1945), S. 71.
 47. Vgl. Conrad, Hans-Günter/Fober, Leonhard/Hauptmann, Andreas/Lieder, Werner/Ordentlich, Ivan/Weisgerber, Gerd: Beschreibung der untersuchten Grubenbaue, in: Conrad/Rothenberg (Bearb.) (1980), S. 95–167.
 48. Vgl. dazu auch den Aufsatz von Wilhelm Geerlings in diesem Heft.
 49. Vgl. Kaiser, O.: Einleitung in das Alte Testament, Gütersloh 1984, S. 388, Anm. 17.
 50. Vgl. Knauf, Ernst Axel: Jjobs Heimat, in: *Biblische Notizen*, 22, 1983, S. 25–29. Zur Interpretation der Verse von Hiob, 28, 4, vgl. einschränkend Rosumek, Peter: Technischer Fortschritt und Rationalisierung im antiken Bergbau, Bonn 1982, S. 171 f.
 51. Vgl. Rothenberg, Beno: Timna, in: *Encyclopedia of Archeological Excavations in the Holy Land*, Bd. 4, Oxford 1978, S. 1201.
 52. Vgl. Rothenberg (1980), S. 198, Abb. 215, sowie Bachmann/Rothenberg (1980), Abb. 238.
 53. Vgl. Merkel, J.F.: Summary of Experimental Results for Late Bronze Age Copper Smelting and Refining, in: *Masca Journal*, 2, 1983, S. 173–178.
 54. Tylecote, R.F.: A History of Metallurgy, London 1976, S. 53 ff.
 55. Vgl. auch Bachmann/Hauptmann (1984), S. 116.
 56. Vgl. Bachmann, Hans Gert: Copper Smelting Slags from Cyprus: Review and Classification of Analytical Datas, in: *Early Metallurgy in Cyprus. 4000–500 B. C.*, hrsg. v. J.D. Muhly/R. Maddin/V. Karageorghis, Nicosia 1982, S. 143–152.
 57. Vgl. Hauptmann, Andreas: 5000 Jahre Kupfer in Oman, Bd. 1: Die Entwicklung der Kupfermetallurgie vom 3. Jahrtausend bis zur Neuzeit, Bochum 1985 (= *Der Anschnitt*. Beih. 4), S. 42.
 58. Vgl. Bachmann/Rothenberg (1980).
 59. Die Röntgenfluoreszenzanalysen wurden an einem Spektrometer, Typ PW 1400, am Mineralogischen Institut der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt. Hierfür wurden Natriumboratgießlinge nach folgendem Rezept hergestellt: 0,5 g Probe + 1,0 g NaNO_3 + 7,0 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + 0,5 g $\text{NaBO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ wurden zehn Minuten bei 1150 °C in einem Pt-Au-Tiegel geschmolzen und anschließend auf eine rotglühende Pt-Au-Ronde gegossen, die sofort in einem Luftstrom abgekühlt wurde. Für die Matrix-Korrekturen wurden die bei Gesteinsanalysen üblichen Korrekturprogramme eingesetzt. Zur Überprüfung der Ergebnisse wurden von allen Proben die Gesamteisen- und Manganwerte photometrisch bestimmt. Die Na-Werte wurden mit dem Atomabsorptionsspektrometer gemessen. Die Proben wurden bereits im Gelände mit einem Röntgenfluoreszenzgerät (vgl. Anm. 20) auf ihre Gehalte an Cu, Mn, Fe und Ca analysiert und ausgewählt. Hierdurch konnten schon grundsätzliche Aussagen über ihre chemische Zusammensetzung getroffen werden.
 60. Vgl. Glasser, F.P.: The ternary System CaO-MnO-SiO_2 , in: *Journal of the American Ceramical Society*, 45, 1962, S. 242–249.
 61. Vgl. Snow, in: ebd., 26, 1943, S. 11–20.
 62. Vgl. Bachmann/Rothenberg (1980), S. 227.
 63. Vgl. Hauptmann (1985), S. 62 ff.
 64. Vgl. Keesmann, Ingo/Bachmann, Hans Gert/Hauptmann, Andreas: Norm-Berechnungsverfahren für eisenreiche Schlacken, in: *Fortschritte der Mineralogie*, 60, 1982, Beih. 1, S. 110 f.; Tylecote, R.F./Boydell, P.J.: Experiments on Copper Smelting, in: *Chalcolithic Copper Smelting*, hrsg. v. Beno Rothenberg, London 1978, S. 27–51; Morton, G.R./Wingrove, J.: Constitution of Bloomery Slags. Part I: Roman, in: *Journal of the Iron and Steel Institution*, 207, 1969, S. 1156–1564, sowie dies.: Constitution of Bloomery Slags. Part II: Medieval, in: ebd., 210, 1972, S. 478–488.
 65. Vgl. Huebner, J.S.: Stability Relations of Rhodochrosite in the System Manganese-Carbon-Oxygen, in: *American Mineralogist*, 54, 1969, S. 457–481, sowie ders./Sato, M.: The Oxygen Fugacity-Temperature Relationships of Manganese Oxide and Nickel Oxide Buffers, in: ebd., 55, 1970, S. 934–952, sowie Engster, H.P./Wones, D.R.: Stability Relations of the Ferruginous Biotite, Annite, in: *Journal of Petrology*, 3, 1962, S. 82–125.
 66. Vgl. Bachmann (1982), sowie Steinberg, A./Koucky, F.: Preliminary Metallurgical Research in the Aenean Cypriot Copper Industry, in: *Bulletin of the American Society of Oriental Research*, 18, 1974, S. 149–178.
 67. Vgl. Abs-Wurmbach, I./Peters, T./Langer, K./Schreyer, W.: Phase Relations in the System Mn-Si-O: an experimental and petrological study, in: *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 3, 1983, S. 258–279.
 68. Vgl. Tafel, V.: Lehrbuch der Metallhüttenkunde, Bd. 1, Leipzig 1951, S. 319–325.
 69. Vgl. Tylecote/Boydell (1978).
 70. Vgl. Moesta, H./Kopcewicz, B.: Bronzezeitliche Hüttenprozesse in den Ostalpen. I: Untersuchung der Feuerführung mit Hilfe der Mössbauerspektroskopie, in: *Naturwissenschaften*, 69, 1982, S. 493 f., sowie Moesta, H./Schnau, G.: Bronzezeitliche Hüttenprozesse in den Ostalpen. II: Anreicherungsverfahren und Prozeßtemperatur, in: ebd., S. 542 f.
 71. Vgl. Bottinga, Y./Weill, D.: The Viscosity of magmatic Silicate Liquids: a Model for Calculation, in: *American Journal of Science*, 272, 1972, S. 438–475.
 72. Vgl. Urbain, G./Bottinga, Y./Richet, P.: Viscosity of liquid Silica, Silicates and Alumina-Silicates, in: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46, 1982, S. 1061–1072.
 73. Vgl. Rothenberg (1980), S. 187–213.
 74. Vgl. Tylecote/Boydell (1978); Merkel (1983); Bamberger, Menachem/Bachmann, Hans Gert/Rothenberg, Beno/Wincierz, Peter: Ancient Smelting of Oxide Copper Ore: a Theoretical and Experimental Approach (in Vorb.); freundliche Mitteilung von Prof. Valentin Rychner.
 75. Vgl. Oakeshott, Mary F.: The Edomite Pottery, in: Sawyer, J.F.A./Clines, D.J.A. (Hrsg.): Midian, Moab and Edom. The History and Archaeology of Late Bronze and Early Iron Age Jordan and North-West Arabia, Sheffield 1983, S. 59 und 58 mit Abb. 3.11 von Umm el-Biyara; Yassine, Kh.: Tell el Mazar, I. Cemetery A, Amman 1984, Abb. 6.1–3.

76. Es bedarf nur eines Blickes in die einschlägigen Handbücher und die oben zitierte Aufsatzliteratur, um zu erkennen, daß es sich bei dem auf Taf. 26 und 27, 1–12 dargestellten Scherbenmaterial um Keramik handelt, die dem Chalkolithikum, also dem 4. Jahrtausend v. Chr., zugewiesen wird, so daß hier Einzelnachweise unterbleiben können, – vgl. z. B. Amiran, Ruth: *Ancient Pottery of the Holy Land*, New Brunswick 1970 oder den Katalog: *Argile-Source de Vie. Sept Millenaires de Ceramique en Jordanie*, Bruxelles 1985. Im Einzelfall, z. B. Taf. 27.3, bestehen noch Parallelen zum Fundgut der frühesten Bronzezeit von Bab edh Drah', das aber auch noch ins 4. Jahrtausend v. Chr. datiert wird.
77. Vgl. Knauf, E. A.: Zur Keramik von Fenan und Hirbet en-Nahas, in: Bachmann/Hauptmann (1984), S. 121, Abb. 17.5.
78. Vgl. Bennett, C.-M./Hart, S., u. a.: *Excavations at Tawilan in Southern Jordan*, in: *Levant*, 16, 1982 (1984), S. 1–19, hier S. 7, Abb. 6.842.
79. Vgl. Kafafi, Z. A.: *Late Bronze Age Pottery in Jordan (East Bank) 1575–1200 BC*. Magisterschrift University of Jordan, ms., Amman 1977, S. 208, Taf. 9.2 (el-Husn).
80. Vgl. Helms, S. W.: *Jawa. Lost city in the black desert*, London 1981, S. 223, Abb. B 1.7. Zur Verzierungen der Wandung vgl. Geva, Shulamit: *Tell Jerishe. The Sukeik Excavations of the Middle Bronze Age Fortifications*, Jerusalem 1982, S. 30, Abb. 27.6 und S. 40, Abb. 31.3.
81. Vgl. Helms (1981), S. 223, Abb. B 1.2.
82. Vgl. Fritz, V./Kempinski, A.: *Ergebnisse der Ausgrabungen auf der Hirbet el-Msas (Tel Masos) 1972–1975*, Wiesbaden 1983, Taf. 140.6.
83. Vgl. Knauf (1984), S. 120–122, Abb. 17.2. Die dortige Datierung ist entsprechend zu korrigieren.
84. Vgl. Fritz/Kempinski (1983), Taf. 134.7, 10 und Taf. 138.2.
85. Vgl. ebd., Taf. 161.5.
86. Vgl. ebd., Taf. 147.7 und 5 sowie Knauf (1984), S. 121, Abb. 17.7.
87. Vgl. Oakeshott (1983), S. 54, Abb. 1.13 (Busera), S. 58, Abb. 3.8 (Umm el-Biyara).
88. Zum Muster vgl. Oakeshott (1983), S. 58, Abb. 3.5 von Busera.
89. Vgl. ebd., S. 54, Abb. 1.14 von Busera.
90. Vgl. ebd., S. 54, Abb. 1.6, 7 von Busera.
91. Vgl. Knauf (1984), Abb. 16.4.
92. Wahrscheinlich umfaßt die E II C-Zeit in Edom noch die erste Hälfte der Perserzeit, d. h., sie reicht etwa von 750 v. Chr. bis etwa 400 v. Chr. Ein „P“ erscheint nur dann in der Datierungssignatur, wenn für die Keramik Parallelen aus dem 5. Jh. v. Chr. vorliegen.
93. Vgl. Yassine (1984), Abb. 3.3 und 46.2.
94. Vgl. Knauf (1984), Abb. 16.3.
95. Vgl. Yassine (1984), Abb. 3.2.
96. Vgl. Weippert, M.: Nabatäisch-römische Keramik aus Hirbet Dor im südlichen Jordanien, in: *Zeitschrift des Deutschen Palästina-Vereins*, 95, 1979, S. 87–110, hier S. 94, Abb. 3.3 und 4 aus Petra.
97. Vergleichbare Funde aus Udruh aus dem 3. Jh. n. Chr. Dankenswerte mündliche Mitteilung des Ausgräbers A. C. Killick.
98. Vgl. Weippert (1979), S. 100, Abb. 5.27–30 aus Khirbet Dor.
99. Vgl. zum Grundsätzlichen ebd., S. 105 f.
100. Vgl. Rosenthal, Renate/Sivan, R.: *Ancient Lamps in the Schloessinger Collection*, Jerusalem 1978, S. 100, Nr. 402.
101. Vergleichsfunde in Udruh. Dankenswerte Mitteilung von A. C. Killick.
102. Vgl. Grube, E. J.: *Islamic Pottery of the Eighth to the Fifteenth Century in the Keir Collection*, London 1976, S. 268–273.
103. Vgl. Franken, H. J./Kalsbek, J.: *Potters of a Medieval Village in the Jordan Valley. Excavations at Tell Deir Alla: a medieval tell*, Tell Abu Gourdan, Jordan, Amsterdam 1975, S. 200 mit 201, Abb. 74.24; S. 202, Abb. 75.1.2 u. a.
104. Vgl. Smith, R. H.: *Pella of the Decapolis, I. The 1967 Season of The College of Wooster Expedition to Pella*, Wooster 1973, Taf. 58.51; Franken/Kalsbek (1975), S. 134 mit 135, Abb. 37.79–94.

Danksagung

Das von der Stiftung Volkswagenwerk finanzierte Forschungsobjekt wurde in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Hans Gert Bachmann, Degussa Frankfurt, durchgeführt, der die Forschungslücke richtig erkannte und den entscheidenden Impuls für das Projekt gegeben hat. Hierfür und für seine vielfältigen Ratschläge bei den Arbeiten sind wir ihm zu tiefem Dank verpflichtet.

Die Feldarbeiten wurden mit der freundlichen Unterstützung und dem steten Entgegenkommen von Dr. Adnan Hadidi, Department of Antiquities, Amman, durchgeführt. Die Autoren haben den Kollegen S. Averbek, J. Heckes, W. Lieder und A. Masadeh für ihre großartige Mitarbeit und Initiativen im Gelände sowie bei der kartographischen Gestaltung sehr zu danken. Ausdrücklich genannt werden sollen zudem Frau J. Zallmanzig, Herr A. Ludwig und Herr H. W. Voß für ihren Einsatz bei den analytischen und photogrammetrischen Arbeiten.

Die Durchführung der Expedition erfuhr zudem unschätzbare Hilfe durch den Sheikh der Oase Ain el-Fidan, Salem Salim, der allen Teilnehmern ebenso wie die vielen Beduinen vom Stamme der Howeitat aus der Nachbarschaft des Camps auch in persönlicher Freundschaft verbunden ist. Die Unterkunft im Geologencamp im Wadi Dana wurde durch die Großzügigkeit von Herrn Bergingenieur Kasim Omari von der National Resources Authority, Amman, ermöglicht. Hierfür sei ihm besonders gedankt!

Anschriften der Verfasser:

Dr. rer. nat. Andreas Hauptmann
Dr. phil. Gerd Weisgerber
Deutsches Bergbau-Museum Bochum
Am Bergbaumuseum 28
D-4630 Bochum

Dr. phil. Ernst Axel Knauf
Institute of Archaeology and Anthropology
Yarmouk University
Irbid/Jordan