

Arqueologia Mineira – »Montanarchäologie« – Arqueologia da Economia. Características básicas de um sistema descritivo sistematizado para a mineração e metalurgia na Pré-História, na Antiguidade Clássica e na História Antiga

de *Thomas Stöllner – Gerd Weisgerber (†)*

Preâmbulo

Gerd Weisgerber faleceu em 2010, vítima de doença grave, deixando este artigo, resultado de uma discussão conjunta, por publicar. Quando Weisgerber assumiu, em 1973, o primeiro cargo dedicado à arqueologia mineira na Alemanha, ao serviço do Museu Alemão da Mineração, deu início à tarefa de desenvolver um sistema descritivo sistematizado, de forma a estruturar, à escala mundial, as fontes e os tópicos concernentes a este ramo da arqueologia. Com esta abordagem, ficaram lançadas as bases para os primeiros artigos de maior alcance¹, nos quais assentam os trabalhos cientí-

ficos mais recentes, como o presente artigo. Weisgerber tornou-se o primeiro arqueólogo contratado a tempo inteiro dentro deste setor da arqueologia, tendo assumido essa responsabilidade com grande simpatia e dedicação até à sua reforma e até para além dela. Este artigo foi escrito em 2006 e 2007 pelo seu autor original, tendo sido posteriormente aumentado e profundamente discutido com o próprio Gerd, a quem estou grato por muitos motivos e em cujos princípios científicos me revejo. Em 2008 foi publicada uma versão abreviada do artigo².

1. Introdução

Existem importantes sítios de mineração pré-histórica e antiga que, em tempos passados, foram descobertos não por arqueólogos, mas sim por engenheiros. As suas descobertas devem-se, em grande parte, à industrialização verificada nos dois últimos séculos, a qual se intensificou de forma a satisfazer a crescente procura de matérias primas. Abriam-se assim novos campos mineiros, ou alargaram-se antigos locais de mineração, areeiros e pedreiras; além de que a construção de extensas redes de

comunicação frequentemente intersectavam minas pré-históricas³. Alguns engenheiros atentos recolheram vestígios⁴, documentando minas como a de Spiennes⁵, ou as minas de sal em Hallstatt⁶ e Hallein⁷, bem como as minas de cobre de Mitterberg, Bischofshofen⁸. Durante as últimas décadas, muitos mais exemplos de explorações mineiras pré-históricas e da antiguidade clássica foram descobertos. No entanto, poucas minas foram até agora exaustivamente investigadas.

1 P. ex. Weisgerber 1989/90; 2002a.

2 Stöllner 2008b.

3 Haupt 1865; Weisgerber 1997.

4 P. ex. Morris 1747, 40, in: Pickin 1990, 39.

5 Weisgerber et al. 1999, B1 (B 1 = n° do catálogo); H. Collet 2006.

6 Barth – Lobisser 2002; Kern et al. 2009.

7 Stöllner 1999.

8 Zschocke – Preuschen 1932; analisei ultimamente a história da investigação com Thomas 2018.

Quando, durante o séc. XX, as minas se começaram a tornar cada vez mais profundas, tornou-se impossível fazer descobertas arqueológicas de relevo. Antes da Segunda Guerra Mundial, existiam apenas investigadores isolados, preocupados sobretudo com certos aspetos da mineração pré-histórica ou romana⁹. Embora estes estudos tenham sido intensificados após o fim da guerra, raramente se levou a cabo uma investigação de campo digna de menção. Já nos anos 50, engenheiros de minas, metalurgistas e arqueólogos começaram a incentivar uma política de investigação conjunta, a qual tem, até certo ponto, produzido os seus frutos¹⁰.

O crescente número de publicações mostra que, nas últimas décadas, a mineração pré-histórica, da antiguidade clássica e medieval têm suscitado cada vez maior

interesse¹¹. No entanto, infelizmente, as publicações dos resultados das novas investigações na área da arqueologia mineira são muito raras¹². Há, contudo, muitas obras literárias que, entretanto, fornecem um inventário das ocorrências mineiras que foram sendo descobertas. Mas a mera repetição de velhos dados já conhecidos é uma prática que não deve ser continuada. Sobretudo, em relação ao formato da documentação, afigura-se, sim, imperiosa a elaboração de questionários revistos, com base em novas fontes. O desenvolvimento de métodos adequados, com os devidos fundamentos e requisitos, deve ter como objetivo a reflexão e discussão de questões fundamentais, tais como a história da técnica, a organização, as práticas comerciais ou a transferência de tecnologia.

2. Problemas cognitivos – A interpretação do contexto social e económico da exploração primitiva de matérias primas

O uso e a produção de matérias primas tem patenteado uma forte interrelação com as diferentes fases de desenvolvimento socioeconómico ao longo da história da Humanidade. Esta assunção já era, sem dúvida, uma noção importante quando se definiu a nomenclatura básica de Idades da Pedra, do Bronze e do Ferro. A produção e o contexto socioeconómico sempre estiveram fundamentalmente interligados. É, portanto, lógico que esta relação tenha de ser tida em conta ao avaliar uma mina e o seu contexto. Uma mina não deve, portanto, ser considerada ›grande‹ ou ›pequena‹ apenas com base no seu tamanho, mas sim olhando também para o seu contexto temporal e respetivo modo de produção, o qual tem estado sempre ligado ao enquadramento, que lhe é contemporâneo, nas vertentes social, histórica e económica¹³. A título de exemplo, poderíamos comparar as minas de ocre na Austrália Meridional, com as desenvolvidas pelas empresas europeias no séc. XIX¹⁴. Embora fossem contemporâneas, praticamente não existem de facto elementos de ligação entre elas. O valor económico do ocre, por um lado, era comparativamente reduzido, aos olhos das companhias mineiras daqueles tempos (tendo em conta o valor finan-

ceiro gerado). No entanto, o seu verdadeiro valor ›económico‹ pode ser apreciado olhando para a importante função social atribuída àquela exploração primitiva: os homens provavam as suas crenças, ou seja, o seu conhecimento religioso e social quando atravessavam o deserto em busca de uma fonte especial de ocre¹⁵. Estas jazidas eram particularmente apreciadas devido à cor distinta do ocre, convertendo-se frequentemente em importantes pontos de encontro intertribais, sendo como tal ›exploradas‹ ao longo de séculos ou mesmo milénios (fig. 1). A mineração industrial do séc. XIX, por outro lado, era muitas vezes gerida por companhias europeias, à procura de lucro rápido (fig. 2)¹⁶. De facto, estas operações tinham muitas vezes vida curta, durando apenas algumas décadas: os preços no mercado internacional e as limitações de armazenamento implicavam altos riscos financeiros, os quais amiúde conduziam à redução drástica na rentabilidade, levando ao fim abrupto da exploração. Ao comparar estes diferentes modelos de exploração, verifica-se que frequentemente a mineração tradicional gerava um valor sustentável superior ao da mineração industrial efémera. De qualquer forma, a mineração sempre

9 P. ex. Andree 1922; Davies 1935; Jahn 1960.

10 Gilles 1952; 1954; Pittioni 1968; Slotta 1975; 1982.

11 P. ex. Steuer – Zimmermann 1993b; Di Lernia – Galiberti 1993.

12 Na generalidade Weisgerber 1997; 2002a.

13 Na generalidade Stöllner 2008a; 2014; 2015a; 2017.

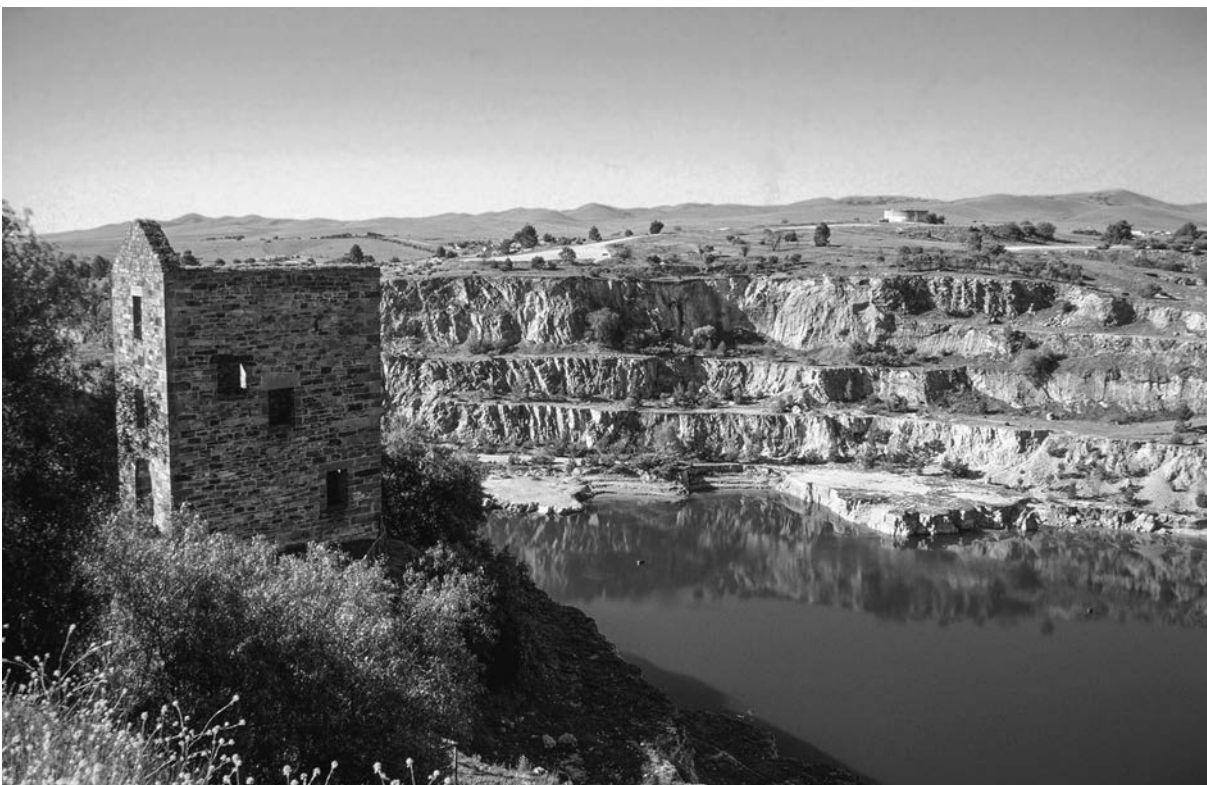
14 McBride 1987; Sagona 1993.

15 Jones 1984.

16 P. ex. a mina de cobre de Burra Burra: Auhl 1986.



1 Selos do Botsuana mostrando os principais passos na produção de ferro: mineração dos minérios (por uma mulher), transporte dos minérios, trituração e finalmente a fusão redutora numa pequena fornalha. Recolha da Deutsches Bergbau-Museum Bochum.



2 A mina de cobre Burra Burra, Austrália do Sul. Vista de Leste para Oeste desta mina a céu aberto. Fotografia: Th. Stöllner 2000.

teve profundas consequências socioeconómicas, designadamente a mineração ao estilo europeu. Este exemplo demonstra que a arqueologia não deve apenas avaliar os fatores ostensíveis, como a dimensão ou a tecnologia. Como já foi acima mencionado, a arqueologia tem de estudar o

modo de produção no enquadramento social e económico que lhe é contemporâneo. Este artigo vem, portanto, delinear vários fatores, de forma a discutir e a estruturar o enquadramento tecnológico, social mas também económico da exploração primitiva de matérias primas.

3. Terminologia: Arqueologia Mineira versus Montanarchäologie versus Arqueologia da Economia

Em primeiro lugar, seria importante olharmos para a terminologia: a história e a arqueologia têm-se debruçado sobre minas antigas e modos de produção desde os seus inícios. No séc. XIX, a arqueologia também começou a estudar as antigas minas e pedreiras, contando frequentemente com a ajuda de mineiros e engenheiros de minas. Não se pode ignorar o papel de antigos mineiros no reconhecimento de operações mineiras que teriam sido levadas a cabo a partir da Época Medieval. Graças ao crescente uso de levantamentos topográficos subterrâneos¹⁷, todas essas operações puderam ser documentadas e descritas: não há dúvida que esta abordagem se desenvolveu independentemente da arqueologia, no início da sua utilização. Contudo, à medida que a Arqueologia e a Pré-história se tornaram populares como campos académicos, também os engenheiros de minas começaram a utilizar o termo »Bergbauarchäologie«, para descrever o trabalho desenvolvido pelos seus antecessores. De facto, o termo Bergbauarchäologie foi cunhado por Theodor Haupt, do Bergrat (Conselho de Minas) na Toscana (fig. 3)¹⁸. Este termo rapidamente ganhou notoriedade¹⁹, sendo ainda hoje utilizado, também noutras línguas: mining archaeology, archéologie minière, arqueología de la minería, arqueologia mineira, etc. É importante salientar que este termo utiliza-se para indicar uma abordagem geralmente baseada na fonte: é a mina e a tecnologia nela utilizada que são o centro da observação e discussão.

Desde meados do séc. XX, deixou de se considerar suficiente, por si só, o estudo da arqueologia mineira: baseando-se no uso alemão do termo latino *res montanorum*, aplicado a todos os ramos de engenharia de minas, Helmut Wilsdorf, em 1964, começou a utilizar o termo »Montanarchäologie«²⁰. Na sua investigação, Wilsdorf

descreveu todo o tipo de vestígios de exploração primitiva, analisando em particular as consequências sociais da mineração ao longo dos tempos. Consequentemente, o trabalho desenvolvido no Museu Alemão de Minas, em Bochum, tem contribuído para um alargamento e definição do conceito desde os anos 70 (tab. 1)²¹. É curioso que o austríaco R. Pittioni, que dedicou a sua vida ao estudo dos vestígios de minas e da metalurgia, nunca tenha utilizado este termo. Em vez disso, preferiu a denominação »Industrial Archaeology«, ainda que num sentido diferente daquele que lhe é conferido na investigação britânica²². »Montanarchäologie« é, ainda hoje, um termo corrente e substituiu o antigo »arqueologia mineira«, nos países de língua alemã. Na Europa Central, os académicos definiram este conceito de forma mais alargada, incluindo assim todo o tipo de vestígios e etapas de produção de matérias primas, bem como as suas implicações sociais e organizacionais²³. Desta forma, o uso do termo é ao mesmo tempo baseado na fonte e reconstrutivo. Não constitui, portanto, nenhuma surpresa que nos restantes países este termo nunca tenha sido utilizado, dado que a palavra »Montan« é pouco comum. No entanto, porque não introduzir o termo »Montanarchäologie« quando se refere a exploração de matéria prima no sentido mais abrangente, isto é, desde a sua mineração, passando pela fusão redutora, até ao tratamento do metal? Esta definição incluiria, obviamente, casos como a exploração de pedra na produção de machados neolíticos, as mós de Latène ou também pedras para a construção noutros períodos; este assunto não poderá ser aqui desenvolvido em pormenor²⁴.

Em contraste com tudo isto, podemos mencionar o termo Arqueologia da Economia (em inglês: Economic Archaeology), usado sistematicamente, por exemplo, por

17 P. ex. Schatteiner 1989.

18 Haupt 1865–1867.

19 Freise 1908; Treptow 1918b.

20 Wilsdorf 1964.

21 Weisgerber 1987; 1989/1990; Stöllner 2005; Stöllner 2008b.

22 Pittioni 1968.

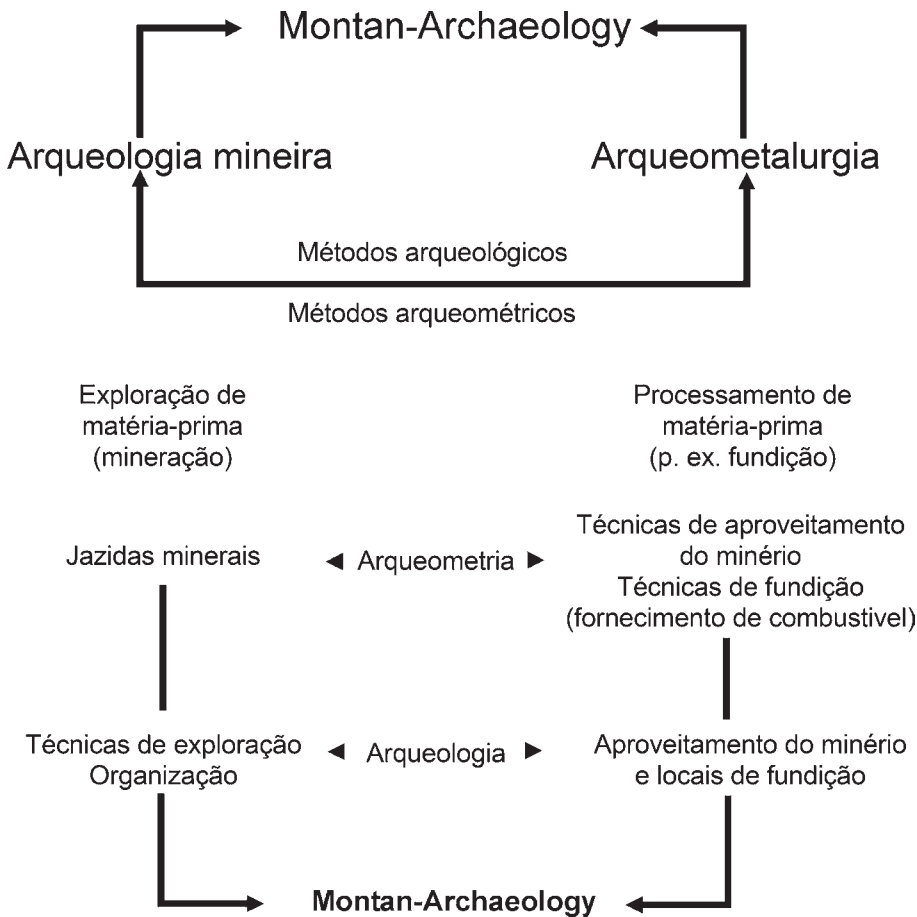
23 P. ex. Hauptmann – Weisgerber 1983; Steuer – Zimmermann 1993b; Craddock – Lang 2003.

24 Compare-se p. ex. Mangartz 1998; Pétrequin – Jeunesse 1995; Pétrequin et al. 2005; Pétrequin et al. 2012; 2013; Roden 1983; Wojciechowski 1984; Klemm – Klemm 1993.



3 Bergrat Theodor Haupt, conselheiro de mineração na Toscana, por volta de 1860; de acordo com G. Sperl.

Grahame Clarke²⁵. Como o termo não reflecte uma arqueologia lidando com uma fonte específica, tal como povoados, embarcações ou minas, ele tem sido sempre empregue no sentido funcional: como um auxiliar à descrição e inferência de estruturas económicas a partir de fontes arqueológicas. No entanto, raramente se encontra este termo nos títulos programáticos de projetos de investigação. Mais recentemente, alguns académicos têm tentado confrontar a arqueologia com a necessidade de reconstruir sistemas económicos, reflectindo sobre a capacidade deste campo em fazê-lo²⁶. Apesar das inevitáveis dificuldades inerentes à reconstrução de sistemas económicos com base apenas em fontes arqueológicas, este tipo de investigação tem um vasto potencial, considerando particularmente a reconstrução de interações e de ciclos económicos, bem como as potencialidades analíticas da arqueometria moderna²⁷. De qualquer forma, as analogias da etnografia antiga e moderna são ferramentas úteis na procura de modelos reconstrutivos explicativos²⁸.



Tab. 1 As definições de Arqueologia Mineira e Arqueometalurgia como parte da Montanarchäologie, como têm sido usadas desde os anos 80, por exemplo, no Museu de Minas Alemão de Bochum; de acordo com Hauptmann – Weisgerber 1983.

25 Clarke 1953.

26 P. ex. Zimmermann 1995; 2000; Urban 2002; Stöllner 2003b; Stöllner 2017.

27 Prange 2002; Hauptmann 2007a; 2007b; Thornton – Roberts 2014.

28 Rössler 2005.

4. Métodos da Montanarchäologie: Questões Gerais

Esta secção debruça-se sobre a classificação dos métodos de mineração pré-históricos, proto-históricos e da antiguidade, e com base neles desenvolver simples classificações simples dos factos atualmente disponíveis relacionáveis com os métodos de mineração e fusão redutora, tanto nos tempos pré-históricos como proto-históricos²⁹. Neste particular, a necessidade de construir um simples historial de mineração relativo a um único período, território ou região não é tão premente, sendo antes necessário demonstrar como as observações acumuladas, o conhecimento e a informação constituem evidências para o desenvolvimento da mineração sistematizada.

Enquanto parte da *montanarchäologie*, a arqueologia mineira oferece um contributo específico para o conhecimento histórico, começando pelos testemunhos das atividades de mineração, isto é, extração de matérias primas por mineração ou em pedreiras, bem como beneficiação e tratamento de minérios e fusão redutora. A arqueologia mineira procura e interpreta os vestígios de atividades na esfera da exploração mineral e da sua beneficiação. Assim, esta área de investigação encontra-se intrinsecamente ligada às peculiaridades da sua fonte, pelo que não pode ser inteiramente entendida apenas com base em fontes arqueológicas. A arqueologia mineira normalmente tem de ser conduzida por um grupo de trabalho interdisciplinar (tab. 1)³⁰. Desta forma, é mais um domínio metodológico, independente de uma época ou período específico, do que um estudo de materiais arqueológicos especiais e processos tecnológicos antigos, tanto os que tiveram lugar acima ou abaixo da superfície.

Dentro do campo da arqueologia mineira, também as ciências naturais podem dar um contributo para a interpretação e compreensão destes vestígios. Este é o caso sobretudo na investigação sobre minérios, restos de fornalhas, cerâmica industrial e escórias (tab. 2)³¹. Pontual-

mente, também se pode recorrer às ciências naturais no estudo dos processos relacionados com a preparação e a fusão redutora - uma vez que eles, até ao dia de hoje, constituem precisamente parte do objecto da ciência mineira.

O interesse arqueológico da mineração como um todo pode ser repartido por 20 subconjuntos estruturados em atividades de mineração e de fusão redutora. Destes, quinze são de cariz técnico, três representam aspetos sociais, económicos e políticos, ao passo que os dois restantes se prendem com os fatores internacionais e ideológicos que influenciam a mineração e a fusão redutora em larga escala (tab. 3).

Quando o amador se interessa sobre os temas gerais ›mineração‹ e ›fusão redutora‹, ele deverá refletir sobre um fenómeno notável. É impressionante a falta de interesse no uso correto dos conceitos referentes à prática de mineração. Tal aplica-se tanto à mineração, como a todos os ramos da engenharia. Não obstante, um outro campo da *montanarchäologie* prende-se com o estudo das tecnologias de mineração e fusão redutora. Importa frisar que sem o uso apropriado dos termos corretos, não é possível compreender ou comparar o material em análise. Quem quiser estudar os detalhes da *montanarchäologie*, terá também de utilizar adequadamente a terminologia relativa às jazidas de minério, bem como às tecnologias de mineração e fusão redutora. Só desta forma será possível entender os factos e comunicá-los de forma inequívoca. Estes termos estão facilmente acessíveis, bastando consultar manuais do séc. XIX e e inícios do XX sobre mineração, fusão redutora e extração em pedreira³². No entanto, a terminologia baseada em técnicas modernas ou actuais (p. ex., trabalhos enormes a céu aberto, eletricidade, motores, etc.) pode revelar-se problemática ou mesmo inútil, dado que algumas definições podem ter sido alteradas³³.

29 Algumas tentativas prévias: Craddock 1980,1995; Antonacci Sanpaolo 1992; Weisgerber 1989/90; Bailly-Maitre 1993; Franco-vich 1993.

30 P. ex. Petrikovits 1959; Hauptmann – Weisgerber 1983; Steuer – Zimmermann 1993b; Stöllner 2014.

31 Hauptmann 2004; Hauptmann 2007a.

32 Hooson 1747; Hoover 1909; Gättschmann 1846; Köhler 1900; Treptow 1907; 1918a.

33 Weisgerber 2008.

Cadeia operatória

Prospecção de jazidas minerais	Arqueologia mineira Ciência das jazidas minerais
Avaliação das jazidas minerais	Geoquímica Mineralogia
Mineração / Exploração	Arqueologia mineira Arqueometria
Rejeitos / locais de aproveitamento de minério	Arqueologia mineira Arqueometria Pedologia
Locais de fundição	} <i>Montan-Archaeology</i> } Arqueometalurgia } Arqueometria } Arqueologia experimental
<Refinaria> Forja de metais	
Paleo-ecologia Sociedade Estrutura de povoamento	

Tab. 2 Cadeia operatória (chaîne opératoire) da investigação nos campos da Arqueologia Mineira e da Arqueometalurgia.

SISTEMÁTICA DA MINERAÇÃO E DA METALURGIA

Operações Mineiras	Metalurgia e ofícios do trabalho de metal
1. A prospecção das jazidas	12. A beneficiação (concentração do minério)
2. A abertura do depósito mineral	13. A queima do carvão e da madeira
3. Métodos de extração	14. A fusão redutora
4. Trabalhando o depósito (exploração)	15. A "refinação"
5. O escoramento	16. O fabrico e o vazamento
6. O movimento	17. Os processos de decoração
7. O transporte do material	
8. A drenagem	A Economia da Mineração
9. A ventilação	
10. A iluminação	18. A operação e a organização
11. A arte do levantamento topográfico das minas	19. Os direitos mineiros
	20. A ideologia e a religião
	21. A economia: factores teóricos

Tab. 3 Sistemática de uma descrição básica da Mineração e da Metalurgia na investigação arqueológica, histórica e arqueométrica – o 'Cânone da Mineração e da Metalurgia'.

5. Uma sistemática da montanarchäologie: Um cânone da mineração e da metalurgia

Na sequência do que acima se disse, cabe agora fazer uma sistematização da mineração e metalurgia pré-históricas (tab. 3). Trata-se de uma abordagem generalista, que permite estruturar qualquer discussão sobre a exploração pré-histórica e antiga de matéria prima. Em relação a trabalhos anteriores³⁴, juntamos agora às listas «canónicas» precedentes uma visão geral sobre metalurgia.

5.1 A prospeção da jazida (glossário grupo 1)

Pouco se conhece sobre o processo de pesquisa das jazidas minerais na Pré-História ou na Antiguidade – o que, efetivamente, não é de estranhar, visto que tais operações raramente ficaram preservadas no registo arqueológico. Não cabe ainda assim qualquer dúvida de que os antigos mineiros dispunham de meios e experiência relacionados com a procura de jazidas, que poderiam mesmo assumir um carácter sistemático. Durante o séc. XIX, prospectores britânicos em busca de ouro no Alto Egito e Sudão, notaram que todas as mineralizações encontradas tinham sido testadas ou exploradas por antigas expedições mineiras egípcias³⁵. Importantes conhecimentos, que permitiam reconhecer uma jazida por indicações de carácter botânico, parecem ter existido. Plantas como a *Silene*, *Rumex acetosella* ssp. *acetosella*, *Saxifraga stellaris* ssp. *robusta* ou *Aeolanthus bi formifolius* constituem indicadores de presença de cobre ou de minérios de cobre nos solos³⁶. Durante o Renascimento, indícios botânicos, hidrológicos e geológicos que permitem identificar ocorrências mineiras foram usados e descritos sistematicamente³⁷; no entanto, métodos duvidosos como a adivinhação continuavam a ser utilizados³⁸. Este conhecimento baseado em observações empíricas deve ter-se acumulado ao longo dos séculos. Os gregos e os romanos, naturalmente, também se serviram destes conhecimentos. A prospeção sistemática pode estar também representada por algumas galerias subterrâ-

neas ou por séries de poços: em várias áreas de mineração romana detectaram-se grande quantidade de poços, que terminavam sem qualquer indícios de exploração de minério³⁹. De facto, esta forma de prospeção de jazidas minerais pode ser comparada às perfurações sistemáticas de hoje em dia. Também algumas galerias subterrâneas podem ser entendidas da mesma forma, desde que elas não tenham conduzido a nenhuma exploração. O recurso a galerias prospectivas ou poços remonta a um tempo bem anterior ao dos romanos: na mina de cobre em Timna, no Império Novo, encontram-se campos com milhares de poços, dos quais apenas uma parcela terá sido utilizada com êxito no final da suas escavação⁴⁰. A mina de Arthurstollen (Mitterberg), do Bronze Médio, revelou recentemente uma galeria cega com 16 metros de comprimento, que tinha sido realizada em busca de um filão de minério, mas que não foi encontrado⁴¹.

Outro aspeto importante a considerar é o valor económico que tais jazidas tinham nessa época. Enquanto que, inicialmente, os mineiros do Calcolítico dispunham de pequenas jazidas de minério quase puro, a qualidade do minério explorado decresceu com o passar do tempo: 60 a 35 % de teor metálico já seria suficiente para os mineiros da Idade do Bronze e da Primeira Idade do Ferro. Todavia, o teor de cobre em filões economicamente rentáveis baixou até 1 % por volta de 1900⁴². Hoje em dia, na indústria mineira, filões com 0,4 % de cobre são considerados economicamente viáveis. Não obstante, estes números devem ser analisados à luz dos métodos de mineração utilizados (p. ex., mineração seletiva em contraste com mineração industrial, exploração a céu aberto), bem como do progresso tecnológico e, inevitavelmente, da maior necessidade de energia e aumento de custos (mão de obra + aquecimento + ventilação). Ainda assim, a viabilidade económica de uma jazida também depende, seguramente, de contingências gerais, como a procura de certos metais e a rentabilidade dos mesmos. Houve frequentemente casos de jazidas exploradas durante vários períodos, com diferentes propósitos: mesmo escórias antigas eram novamente sujeitas a fusão redutora, de forma a obter metais que não foram extraídos num período an-

34 Weisgerber 1989/1990; 1997.

35 Klemm – Klemm 1997; 2013; Gardiner 1914; Weisgerber 1991; Shaw 1998.

36 Gätzschnmann 1856.

37 Ver publicações importantes dessa altura, tais como: Agricola 1556; Plattes 1639; ver ainda Craddock 1995, 30–31.

38 Bird 1979; 1987; Tuil – Heerde 1992.

39 P. ex. «Pützlöcher» perto de Kordel: Weisgerber 1993; Lüderich: Gechter 1998; Körlin – Gechter 2003.

40 Conrad – Rothenberg 1980.

41 Stöllner et al. 2009.

42 Hauptmann – Weisgerber 1985, 34.

terior de exploração (tais como o ouro ou o zinco, por exemplo)⁴³. Um bom exemplo são as minas romanas (ou talvez mais antigas) de Wiesloch que, durante o período medieval, foram novamente exploradas basicamente para a obtenção do chumbo a partir da extração da galeña que os primeiros mineiros tinham deixado para trás.⁴⁴ Por outro lado, um outro caso interessante é o que ocorreu com as escórias antigas em Laurion, cujo valor económico foi descoberto em França, durante o séc. XIX: a sua utilização como lastro em embarcações no seu regresso da Grécia tornou-se cada vez mais popular⁴⁵.

5.2 A abertura do depósito mineral (glossário grupo 2)

Demonstrada a potencial rentabilidade de uma jazida, o início da exploração do depósito dependeria do seu tipo e da tecnologia disponível à data: o depósito pode ser aberto por trabalhos acima ou abaixo do solo. Se os antigos mineiros abriam um poço vertical, ou seguiam o veio através de um poço na diagonal ou mesmo de uma galeria ligeiramente descendente, ficariam por norma dependentes do seu conhecimento tecnológico específico, da topografia da superfície, ou da geometria do próprio depósito. Deve-se igualmente ter em conta que a mineração antiga se foi desenvolvendo ao longo dos séculos, através de um processo de tentativa e erro, à medida que se seguiam os veios de minério. Este tipo de mineração, na qual se segue o filão, foi usado no Médio Oriente até quase aos nossos dias⁴⁶. A mineração baseada numa abordagem de engenharia não se encontra atestada antes do fim do III início do II Milénio a.C., quando as expedições egípcias exploraram sistematicamente as jazidas localizadas na orla do Vale do Nilo⁴⁷. A mineração em profundidade nos Alpes Orientais, que aparece já por volta do séc. XVIII–XVII a.C., baseava-se também na experiência acumulada, mas seguindo certamente conceitos económicos e tecnológicos⁴⁸. A abertura sistemática das jazidas de cobre em zonas profundas não prolongava a mineração junto à superfície, a céu aberto, para continuar sistematicamente em profundidade. A existência de minas com uma profundidade de quase

200 metros só pode ser explicada por uma opção deliberada. Este tipo de mineração também oferece um modelo explicativo para a mineração de sal em profundidade, que emergiu em Hallstatt, o mais tardar, no final do séc. XV a.C.⁴⁹: o depósito teve de ser aberto e seguido sem contacto com a superfície.

5.3 A Exploração – métodos de extração do mineral (glossário grupo 3)

Como é óbvio, os trabalhos de mineração em si deixaram muitos vestígios arqueológicos: a lenta exploração das minas exigia grande esforço físico, tornando-se muito morosa. O estudo dos vestígios destas extrações produz importante informação para a arqueologia mineira: as técnicas de exploração estão fortemente ligadas ao progresso tecnológico e, mais uma vez, ao tipo de jazida. A análise destes indícios fornece-nos, portanto, argumentos importantes para a datação de minas, por exemplo⁵⁰.

As primeiras ferramentas consistiam em pedregulhos que podiam ser manobrados através de cabos de madeira a que se encontravam ligados ou com as próprias mãos. Os martelos mineiros de pedra assumiam normalmente uma forma oval, para facilitar o seu controlo; no entanto, muitos deles eram polidos, com entalhes ou com um sulco lateral, com a mesma finalidade. É essencial realçar que o uso destas ferramentas tão primitivas deixou várias marcas nas rochas, as quais constituem testemunhos específicos dos trabalhos aí realizados⁵¹. É facto assente que as rochas duras de hematite das minas de ocre vermelho em Tzines, na ilha grega de Thasos⁵², foram quebradas a golpes de martelos mineiros de pedra, tal como se verificou nas minas de cinábrio na Turquia⁵³. A mina neolítica de jaspe, em Kleinkems⁵⁴, e as minas de chert, no sul de França⁵⁵, são excelentes exemplos europeus de uma primitiva extração com recurso a martelos de pedra. Existe na Europa de Leste e na Ásia um vasto conjunto de evidências que documentam a extração de minérios de cobre, com recurso a martelos mineiros de pedra com ranhura lateral. O caso mais conhecido é o da mina de Veshnãveh, perto de

43 Hauptmann 2004.

44 Weisgerber 1993, 60–61.

45 Cordellas 1869.

46 P. ex. Wulff 1966.

47 Helck 1975; Weisgerber 1976b; 1991; Klemm – Klemm 1994; 1997; 2013.

48 Eibner 1982; Stöllner et al. 2009; recentemente Stöllner 2019a.

49 Barth 1989; novos dados: Grabner et al. 2006.

50 V. exemplos em Weisgerber 1989/90; Weisgerber – Willies 2000.

51 B. Craddock, S. Timberlake em: Timberlake – Prag 2005, 188–197.

52 Koukouli-Chrysanthaki – Weisgerber 1999.

53 Sharpless 1908; Kosay – Gültekin 1949.

54 Schmid 1980a.

55 Veaux: Schmid 1980b; Weiner 2003.

Qom, no centro do Irão⁵⁶. Em Veshnāveh, estas ferramentas encontram-se num contexto tecnológico da utilização do fogo em mineração: aliás, esta combinação constitui um pacote tecnológico extensamente difundido pela Eurásia. O uso destas ferramentas não pode ser excluído para as antigas minas de cobre na Europa, tais como Rudna Glava e Rudnik, na ex-Jugoslávia, Ai Bunar, na Bulgária, Chinflon, em Espanha, e Spania Dolina, na Eslováquia⁵⁷. De igual modo, estes martelos de pedra com sulco lateral são também conhecidos no Cáucaso⁵⁸ (fig. 5) e na Ásia Central⁵⁹.

As minas calcólicas de Feinan, no sul da Jordânia, representam um caso especial⁶⁰. A grande variedade de ferramentas de basalto encontradas no local é assinalável, sendo estas encabadas fazendo uso de um furo central bicónico. Estes picos variam na sua forma, encontrando-se artefactos com secções triangulares, quadradas e circulares, picos com dupla ponta e martelos-pico. Estes artefactos demonstram que já no Calcólítico existia uma série de ferramentas de pedra específicas, evoluindo a partir dos martelos de sulcos de quatro faces. Por conseguinte, depreende-se daqui um uso especializado, em que o pico de uma única ponta terá tido um papel preponderante.

No entanto, foi com a inovação das ferramentas de metal que o pico de ponta única obteve ascendente. A sua verdadeira aplicação era no designado trabalho de martelo e cunha, remontando a sua primeira aparição documentada ao II Milénio a.C., quando os picos de metal começaram a ser amplamente utilizados, desde o Sinai até aos Cárpatos, na Estepe Eurasiática e nos Alpes Orientais⁶¹. São raras as ferramentas pré-romanas deste tipo encontradas até agora, mas o seu uso é atestado tanto por marcas de ferramentas, como por representações delas, tais como as de uma antiga mina de argila grega, desenhadas nas tabuinhas de Corinto⁶².

O trabalho de pico tal como o de martelo e cunha estão relacionados simplesmente pelo uso do martelo para bater na cabeça do pico. Com a invenção dos picos de metal, sobretudo no caso dos que apresentam furo para o encabamento, ambos os trabalhos podiam ser executados pelas mesmas ferramentas, de acordo com o tipo de rocha em causa. O trabalho com cunha possuía, ele próprio, já uma longa tradição. Os exemplos mais an-

tigos conhecidos foram encontrados na mina paleolítica de ocre vermelho em Tzines, na ilha de Thasos (20000 cal BC)⁶³. Os picos de haste de veado e de antílope de Saiga eram usados como cunha, sendo introduzidas na duríssima hematite através de golpes desferidos com seixos de mármore, de forma a expor as bolsas ricas em ocre vermelho. De facto, o uso de paus para escavação e de cunhas macias ou quebradiças, de madeira e corno, permanece uma tradição no trabalho de exploração mineira e em pedreiras até aos dias de hoje⁶⁴.

O trabalho de martelo e cunha aplica-se ao trabalho em pedra, em que uma ferramenta de ferro pontiaguda (p. ex. fig. 4) é inserida como um cinzel rocha adentro, através de golpes moderados desferidos com um martelo pesado, de forma a partir a rocha em pedaços. A cunha de ferro pode segurar-se com a mão ou segundo a forma tradicional no trabalho de marreta e cunha de ferro. A mais antiga picareta de mineração em ferro, também ela usada como cunha, é datada do séc. VII a.C., tendo sido encontrada na fortaleza urártia de Bastam; esta não seria seguramente utilizada para a mineração, mas sim em trabalhos relativos a um túnel para água (fig. 4)⁶⁵.

Cabe aqui dizer que o trabalho de cunha, principalmente em pedreiras, está bem documentado, visto que, neste caso, metade dos buracos causados pelas cunhas se mantêm preservados. Os buracos das cunhas estão excepcionalmente bem documentados noutros trabalhos antigos de extração de pedra⁶⁶. Nalguns casos, as suas variações morfológicas permitem a sua datação. O uso de cunhas de madeira saturadas em água, com o intuito de fender rochas ao longo das suas fissuras é geralmente reconhecido pela comunidade científica. Não existindo a vantagem das fissuras, esta técnica de partir a rocha fica restringida ao uso de cunhas de ferro⁶⁷. O trabalho com pequenas cunhas de ferro tornou-se uma das técnicas medievais do trabalho de marreta e ferro, característico do séc. XIII⁶⁸. Encontram-se numerosos exemplos do uso destas cunhas, pequenas mas pontiagudas (em alemão: ›Fimmel‹), em combinação com martelos de madeira, ao passo que as cunhas de ferro com cabo (em alemão: ›Bergeisen‹) não foram utilizadas contemporaneamente.

Um caso especial é o denominado trabalho de ›desobstrução‹ ou ›construção‹ (em inglês: driving in), pois

56 Stöllner et al. 2004.

57 Jovanovic 1982; Chernykh 1978; Rothenberg – Blanco-Freijeiro 1981.

58 P. ex. Sakdrissi: Stöllner et al. 2010.

59 P. ex. Karnab ou Askaraly no leste do Cazaquistão: Alimov et al. 1998; Cierny et al. 2005.

60 Weisgerber 2003a; Hauptmann 2000; 2007a.

61 Os machados com furo para encabamento, usados nos Balcãs desde o final do V Milénio a.C., indiciam o domínio desta técnica de extração tão avançada já nesse período, ou pelo menos o seu emprego na mineração: v. Chernykh 1978. Mas só a partir do II

Milénio a.C. existem provas inequívocas para o seu uso, p. ex. através de vestígios de mineração, bem como marretas de madeira, achadas no mesmo contexto. Ver ainda: Conrad – Rothenberg 1980; Mayer 1977; Chernykh 2003.

62 Weisgerber 1976a.

63 Koukouli-Chrysantaki – Weisgerber 1999.

64 P. ex. Sagona 1993.

65 Weisgerber 1982.

66 P. ex. Fahlbusch et al. 1985; Mangartz 1998.

67 Mangartz 2002.

68 Weisgerber 1996b; Körlin – Weisgerber 2004.



4 Pico de ferro para pedreira/mina, encontrado em Bastam, século VII a.C., comprimento 19,5 cm. Por cortesia do Museu Nacional do Irão, Teerão. Fotografia: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, M. Schicht.

refere-se à utilização de pesadas alavancas, marretas e cunhas no próprio processo de extração (ver exemplos no *Schwarzer Bergbuch*⁶⁹).

O mais antigo e eficiente sistema de fracturação da rocha é o da utilização do fogo, o qual tem sido documentado em inúmeros sítios arqueológicos⁷⁰, com as primeiras evidências a remontarem ao IV Milénio a.C.⁷¹. A utilização do fogo destrói a rocha devido ao aquecimento. Por causa dos diferentes coeficientes de expansão em rochas heterogêneas, o material acaba por se fragmentar. Quando o fogo se extingue, deita-se água sobre a rocha, de forma a aumentar o efeito de fragmentação. Todavia, este último passo nem sempre é necessário. A acção do fogo em conjunto com um trabalho constante de martelagem, usando martelos de pedra, origina uma técnica de extração de minério difundida mundialmente desde os primeiros tempos em que se começou a utilizar o metal. É impressionante como esta técnica era utilizada em todo o tipo de mineração de rocha dura, fosse ela sílex ou minério.

5.4 Exploração: A exploração do depósito (glossário grupo 4)

O plano de uma mina é fortemente influenciado pela estrutura e geometria da jazida mineral. De acordo com a

profundidade alcançada pela mineração, aplicam-se as classificações ›exploração à superfície‹ (mineração a céu aberto) ou ›mineração em profundidade‹. A exploração à superfície pode ser dividida em recolha superficial, escavação (até à profundidade do joelho), mineração em fossa (até à profundidade de um homem) e mineração a céu aberto propriamente dita⁷². As explorações à superfície com métodos de escavação a céu aberto são características da mineração em jazidas como as de sílex ou do minério de ferro (goetite) dos pantanos. Trabalhos de recolha superficial e escavação (na acepção anterior) foram registados em minas de sílex em cristas de praia da Dinamarca (Fornæs, DK 5⁷³) ou, ainda na recolha de âmbar junto à costa. As minas a céu aberto poderiam evoluir para minerações mais profundas, tais como fossas profundas, as quais já nos são conhecidas nas minas de cobre pré-históricas dos Alpes Orientais, ou nas minas de sílex em Lousberg⁷⁴. A exploração de depósitos aluviais afigura-se um caso particular, em que os sedimentos próximos da superfície teriam de ser lavados e separados na pesquisa de metais, como o ouro ou o estanho. Alguns resíduos típicos deste tipo de exploração são aterros ao longo da margem do curso fluvial, consistindo em sedimentos lavados ou cascalheiras (conheiras, em português), separados durante o processo de lavagem⁷⁵.

No sentido inverso, a mineração em profundidade teria de se nortear por uma sequência de trabalhos, a qual exigiria proficiência técnica desde o início: começando com a abertura e prospeção da jazida, depois a extração do

69 Bartels et al. 2006.

70 Weisgerber – Willies 2000.

71 Kleinkems: Schmid 1980a; minas de Kestel: Willies 1995; Sakdrissi: Stöllner et al. 2010; Stöllner et al. 2014a.

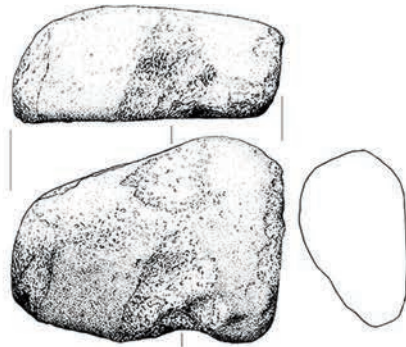
72 Fober – Weisgerber 1999; Barber et al. 1999; nos catálogos de 1980 e 1999, Weisgerber et al. 1980 e Weisgerber et al. 1999 foi in-

troduzido um sistema de numeração das minas de sílex composto por um código do país e um número, numeração essa que é indicada no presente artigo.

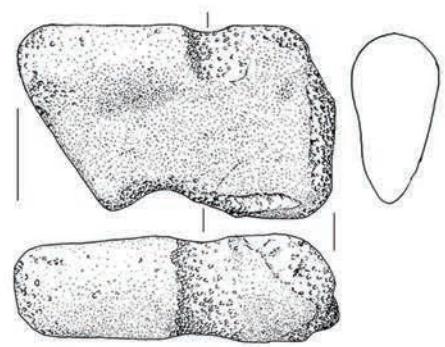
73 Weisgerber et al. 1999, 470–472.

74 Weiner – Weisgerber 1980.

75 Kudrnáč 1977.



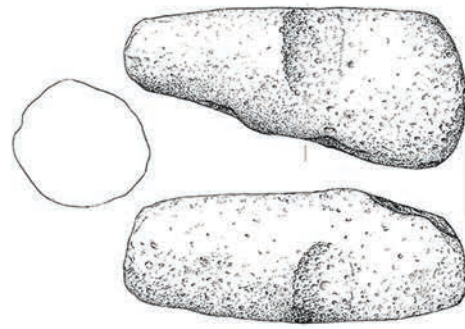
3003 Typ 1A horizontal



3206 Typ 1A vertikal



4109 Typ 1B



851 Typ 2A



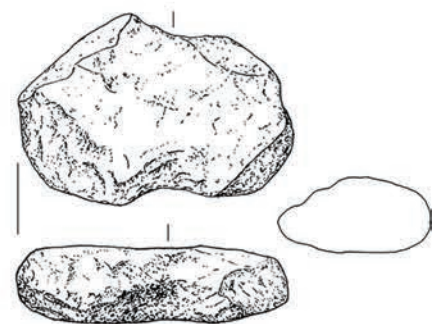
6508 Typ 2B



3910 Typ 3A



3865 Typ 4A



3375 Typ 4B

5 Martelos de pedra mineiros. Tipologia dos utilizados na mina de ouro da Idade do Bronze Inicial de Sakdrissi, Fotografia Deutsches Bergbau-Museum Bochum.

minério, seguida do transporte e armazenamento do material estéril numa fase posterior, por exemplo. As principais diferenças na mineração em profundidade verificam-se nos formatos dos poços e das galerias de acesso para seguir os veios, mas que incluem também galerias inclinadas, aquando do início da exploração da jazida. O sistema de trabalho, na prática, seria determinado pela estrutura do depósito, mas também pelas técnicas de desobstrução de minas. O aparecimento das galerias horizontais gregas e romanas representou uma invenção revolucionária para a mineração⁷⁶. O intuito seria, seguramente, de drenar a água ou de facilitar o transporte mas, ao mesmo tempo, reflete uma abordagem técnica sistematizada, tão característica das culturas grega e romana.

Frequentemente, a ganga e os veios levavam à criação de sistemas especiais para seguir o veio, explorando as camadas do teto e / ou da base. Na mineração do teto, a mineração é efetuada com uma inclinação ascendente, ao passo que a mineração do fundo se realiza com inclinação descendente, isto é, seguindo o desenvolvimento do veio. Os exemplos pré-históricos revelam-nos amiúde uma combinação de ambas as técnicas, tal como nas minas existentes nas áreas mineiras de Mitterberg⁷⁷: as plataformas de trabalho em madeira, em Arthurstollen, constituem um exemplo de um trabalho de teto já numa segunda fase de exploração⁷⁸.

Observa-se uma técnica semelhante na mineração subterrânea de sílex, variscite⁷⁹, cobre e sal, caso a mina se prolongasse a partir de um poço central, ou de uma galeria descendente, para as faixas laterais da jazida, ou seja, trabalhava-se alargando para os lados (p. ex. Grimes Graves, GB 13; Cissbury, GB 3⁸⁰; Hallstatt⁸¹; e Hallein⁸²). Nas minas de sal, os detritos inaproveitáveis permaneceriam no fundo das minas. Nas antigas minas de Latène, em Dürrnberg (Hallein), as camadas de salgema eram mineradas sistematicamente em diferentes níveis, sendo que os níveis inferiores eram constantemente preenchidos pelos restos estéreis ou não-aproveitáveis da mineração, provenientes das câmaras de mineração superiores acabadas de explorar⁸³.

Sistemas consideravelmente mais fáceis de utilizar também têm sido encontrados, como a mineração pequena e simples em que se segue o filão irregularmente. Esta estratégia pode ser apelidada de ›mineração de coioite‹. Muitas vezes, ela consiste em seguir a jazida desde a superfície até ao subsolo. Esta forma singela de mi-

neração tem sido registada numerosas vezes no Próximo e Médio Oriente, especialmente no Irão (p. ex., Veshnāveh). Logicamente, esta técnica era utilizada por sociedades pastoris, como parte da sua gestão do território⁸⁴. Nesse contexto, desenvolveu-se uma técnica simples para seguir os veios de mineral desde um poço central e que não exigia um grande trabalho de escoramento com madeira ou de segurança nas galerias. Estes pequenos túneis estendiam-se apenas por curtas distâncias. Na mineração de sílex, este parece ter sido o sistema básico utilizado (p. ex., em Arnhofen, perto de Abensberg) antes do desenvolvimento dos extensos sistemas de mineração ou do aparecimento da impressionante mineração com câmara e pilares, tal como se encontra em Spiennes (B 1) ou Krzemionski (PL 6)⁸⁵. A presença de pilares nas câmaras de mineração conferia uma maior segurança, o que por sua vez permitia o trabalho em câmaras maiores, reduzindo ainda, ao mesmo tempo, o número de desabamentos de poços. Os pilares de segurança estiveram, geralmente, em uso nas minas de cobre de Veshnāveh (Irão), bem como nas minas da Idade do Bronze, em Timna⁸⁶. Existem fontes literárias da Antiguidade Grega e Romana que descrevem este método para garantir segurança no local de trabalho⁸⁷. O uso sistemático de pilares compostos por materiais naturais disponíveis *in situ* leva à denominada ›mineração de câmara e pilar‹, na qual os pilares são colocados de acordo com um padrão sistematizado, ao longo de toda a área de mineração. Logicamente, numa montanha esvaziada ao longo de várias camadas, estes pilares teriam de assentar uns sobre os outros, o que só seria possível recorrendo a desenhos de plantas detalhados ou a um levantamento topográfico. Se os pilares fossem colocados de forma desordenada, a montanha inteira poderia colapsar. Esta é a origem de alguns abatimentos pré-históricos (em alemão: ›Tagesbruch‹), como é o caso de Phu Lon, na Tailândia⁸⁸.

5.5 O escoramento nas minas (glossário grupo 5)

O escoramento ou outro tipo de suportes artificiais para a mineração eram desconhecidos durante o tempo em que os mineiros não precisavam de os construir por mo-

76 P. ex. Ardaillon 1897; Domergue 1987; 1990.

77 Much 1879; Kyrle 1918; Zschocke – Preuschen 1932; Eibner 1982.

78 Stöllner et al. 2009; Thomas 2018.

79 Villalba et al. 1986; 1997.

80 Weisgerber et al. 1999.

81 Barth – Neubauer 1991.

82 Stöllner 2002/2003.

83 Stöllner et al. 2003b; Stöllner 2015b.

84 Stöllner et al. 2011.

85 Weisgerber et al. 1999.

86 Conrad – Rothenberg 1980; Stöllner et al. 2011.

87 Plin. nat. 33, 70. 77.

88 Pigott – Weisgerber 1998.

tivos de segurança (p. ex., em explorações à superfície). A prática comum era colocar pilares de segurança, sendo este o único método registado na mineração pré-histórica de sílex (v. supra). Por vezes, estes pilares eram construídos com blocos de pedra, tal como foi observado em Timna⁸⁹, Feinan e Covas, em Portugal⁹⁰. Já a utilização do escoramento com madeira não é registada antes do II Milénio a.C., mas tal pode dever-se a uma lacuna na investigação. O uso de suportes únicos, na horizontal e na vertical, é conhecido nos Alpes Orientais⁹¹, assim como na Ásia Central (Muschiston)⁹². Na área mineira de Mitterberg, os suportes horizontais permitiam – para além da sua função de suporte – que a eles se trepasse, a fim de trabalhar em tetos a grande altura, (p. ex., em Arthurstollen)⁹³. Os poços ocasionalmente requeriam suportes, de forma a estabilizar o solo ou a rocha na qual foram escavados. Tal como os poços de água, também os poços das minas eram revestidos, às vezes, por alvenaria ou madeira. No complexo mineiro Alpino Oriental, o uso do escoramento com madeira foi comprovado na mineração de sal em Hallstatt, da Bronze Pleno tardio, onde poços de acesso amplos e profundos eram completamente revestidos de madeira, envolvendo complexas junções nesse material⁹⁴. Em Tharsis (Espanha), comprovou-se a prática de revestimento em pedra dos poços de acesso, remontando provavelmente ao período romano⁹⁵. O mais antigo escoramento medieval em madeira data de 1212 e situa-se em Altenberg (Siegerland, Alemanha), onde várias cavilhas e apoios para pinos, eram inseridos a martelo, em suportes maciços de carvalho⁹⁶.

Torna-se evidente a existência de uma tradição especial no trabalho da madeira, com vista à preparação, acima da superfície do terreno da mina, de suportes com tamanho e forma apropriados, de modo a que fossem posteriormente introduzidos na mina e pudessem suportar as estruturas escavadas. Nesse sentido, não surpreende a descoberta de escoramentos de apoio semelhantes por vastas áreas, localizadas a longas distâncias, designadamente na Idade do Ferro ou durante o período Medieval, tendo em conta o que acontece no que toca, em geral, à distribuição de equipamentos militares e tecnológicos. O escoramento em forma de molduras de porta (apoios complementados com vigas-mestras no chão e no teto) só aparece a partir do séc. I a.C. (Apliki,

em Chipre⁹⁷; Hallstatt/Hallein⁹⁸). Nestes casos, os suportes eram frequentemente inseridos com uma técnica denominada ›de homem para homem‹, em que os suportes se seguiam um ao outro. Algumas formas precoces das técnicas de escoramento com entalhes e espigas (técnicas de encaixe com encaixe) desvendam experiências antigas, com o intuito de repartir constantemente a pressão da colina ou elevação por todo o escoramento de madeira. O escoramento consistindo num entabuamento entre duas molduras de porta não é anterior à segunda metade do I Milénio a.C (Hallein⁹⁹; Staszic, em Rudki, Montanhas da Santa Cruz¹⁰⁰), mas esta conclusão poderá ser apenas preliminar, à luz das competências que são evidentes em trabalhos de madeira de data anterior. Os exemplos medievais norteavam-se por outros princípios, no que a junções de madeira diz respeito. De facto, ao comparar as estruturas em madeira na Europa (Hallein, Altenberg/Müsen¹⁰¹) e Ásia Central¹⁰², estas técnicas de construção também parecem ter sido determinadas pelas tradições tecnológicas desse tempo.

5.6 O movimento (glossário grupo 6)

Por ›movimento‹ entende-se o transporte de homens ou, mais geralmente, a deslocação subterrânea de mineiros. Tais movimentações aconteciam pelo próprio pé ou com a ajuda de equipamento, que facilitaria essa mobilidade. A entrada e saída da mina representa o início e o fim de cada turno, respetivamente. A ›descida‹ é o movimento em direção aos trabalhos subterrâneos, ao passo que a ›subida‹ se refere ao movimento de afastamento dos trabalhos no subsolo (fig. 6).

O movimento não era, muitas vezes, efetuado na posição de pé, mas sim de joelhos e rastejando; frequentemente abriam-se trilhos especiais, de forma a permitir o movimento nas zonas da mina que já estavam preenchidas por entulho das zonas já escavadas. Alguns exemplos conhecidos incluem as minas de sílex de Krzemionski (PL 6)¹⁰³, a mina da Idade do Bronze em Arthurstollen ou ainda outras minas mais recentes, do período tardo-medieval ou do início da Época Moderna. A passagem pelos

89 Conrad – Rothenberg 1980, fig. 166.

90 Weisgerber 1989/1990, fig. 19; 21.

91 Kyrle 1918; Klose 1918; Thomas 2018.

92 Alimov et al. 1998; Garner 2013.

93 Stöllner et al. 2009.

94 Barth – Neubauer 1991; Reschreiter 2005; Grabner et al. 2006; 2015.

95 Weisgerber 1989/90, fig. 20.

96 Dahm et al. 1998.

97 Weisgerber 1989/90, fig. 17.

98 Barth 1984.

99 Stöllner 2002/2003.

100 Bielenin 1992; Bielenin – Woyda 1978.

101 Dahm et al. 1998; Stöllner 2002/2003.

102 Weisgerber 2004, fig. 70.

103 Borkowski 1995.



6 Tialkam, Níger: a mineração de ouro na década de 1990. Os mineiros estão a movimentar-se e a transportar à mão a carga, subindo escadas. Fotografia: Georg Jöbkes, Bonn.

trilhos era predominantemente assegurada por paredes de pedra seca. O acesso vertical pelos poços representa seguramente um caso interessante: desde os tempos pré-históricos, há exemplos de trilhos artificiais em poços mais pequenos para a subida e descida, que se daria eventualmente com a ajuda de uma corda (p. ex., em Kargaly¹⁰⁴). Já em poços mais largos, existem provas do uso de vigas para trepar, como no caso de Mitterberg¹⁰⁵ e Hallstatt¹⁰⁶ ou Kvarnby, na Suécia (Suécia 1)¹⁰⁷; no entanto, estes dispositivos eram muitas vezes montados em combinação com as plataformas de madeira dentro do poço. Em Timna e Feinan existem buracos opostos nas paredes e até mesmo pequenos degraus para escalar, ta-

lhados na rocha¹⁰⁸. Todavia, as movimentações nos poços suscitam muitas vezes ainda dúvidas, visto não serem conhecidos quaisquer outros dispositivos. É possível que os mineiros com treino pudessem simplesmente escalar com a ajuda de uma corda. Um caso deveras interessante foi recentemente descoberto em Hallstatt: uma escadaria em madeira, de largura considerável, foi encontrada à superfície de uma escombreira subterrânea¹⁰⁹. Esta construção de madeira revela alguns pormenores de grande perícia técnica, entre eles a possibilidade de adaptar a inclinação das escadas de acordo com o ângulo da direção diagonal. Esta escadaria possibilitaria assim um fluxo constante de carregadores, para cima e para baixo,

104 Chernykh 2003; Chernykh et al. 2002.

105 Klose 1918; Thomas 2018.

106 Barth – Neubauer 1991.

107 Seitzer Olausson et al. 1999.

108 Conrad – Rothenberg 1980, fig. 56–61.

109 Reschreiter 2005; Grabner et al. 2006.

simultaneamente. Outra vantagem deste modelo seria a flexibilidade com que poderia ser deslocada. As escadas diagonais eram normalmente instaladas em posições fixas nas minas de sal pré-históricas com poços de entrada na diagonal.

No sentido oposto, os romanos preferiam escadas talhadas na própria rocha, em detrimento das estruturas de madeira. Assumindo muitas vezes uma forma de espiral, estas escadarias podem ser consideradas um exemplo perfeito de como a precisão e o cuidado inerentes à engenharia grega e romana se traduziam em fluidez no processo de trabalho¹¹⁰. Até à data, não há qualquer evidência para o transporte de pessoas, para dentro ou para fora, nos poços de acesso profundos até à introdução de guinchos com manivelas, de ferro maciço, ou seja, até à revolução tecnológica no período tardo-medieval (séc. XV d.C.). Ainda assim, existe na Bíblia uma alusão a mineiros que moviam nos poços sem apoios para os pés, em Jó 28, 1–11¹¹¹. Quando não utilizam um guincho motorizado com uma corda de aço e vasos de aço, os trabalhadores dos ›qanats‹ iranianos ainda hoje trepam para cima e para baixo nos poços de acesso, procurando irregularidades nas paredes com os pés ou na ponta dos pés, enquanto seguram a corda com as mãos.

5.7 O transporte do material (glossário grupo 7)

O termo ›transporte‹ (em inglês: ›hauling‹ and ›transport‹) aplica-se neste contexto ao movimento do minério extraído e rochas associadas, bem como dos acessórios necessários às operações de mineração. Existe uma diferenciação entre o transporte horizontal e vertical. Os próprios mineiros eram, na maior parte dos casos, os transportadores das cargas (fig. 6). Os contentores de minério feitos em madeira, encontrados em minas romanas, indicam que eles seriam carregados ao ombro. Por conseguinte, seria necessário que as galerias tivessem a altura suficiente para que um carregador as pudesse percorrer em pé. Este método explica a as grandes secções em forma de trapézio das galerias romanas por todo o Império, não apenas em minas, mas também em túneis aquáticos e ›qanats‹ (p. ex., Wallerfangen¹¹²; Rosia

Montana¹¹³). Nas minerações de sílex ou em outras minerações junto à superfície, o principal método de transporte consistia em passar a carga ao próximo mineiro que se encontrasse num plano superior, como pôde ser documentado ainda nos anos 70, nas minas de ferro em Koni, Costa do Marfim¹¹⁴. Continua por esclarecer se tal método também era aplicado em poços com plataformas montadas. Comprovou-se, no entanto, que em minas mais recentes a carga era transportada por carros, tal como nas minas de ouro gaulesas do Limousin: a carga era facilmente passada, graças às plataformas de madeira construídas sobre apoios quase horizontais, as quais eram regularmente colocadas nos filões que desciam quase na vertical¹¹⁵. Esta prática era ainda comum no séc. XIX na Alemanha, na região da Eifel, podendo ainda hoje ser observada em minas africanas a céu aberto, de ouro e diamantes.

A identificação dos dispositivos de transporte poderá levar à reconstrução dos elaborados sistemas de transporte, outrora em uso. Nas galerias horizontais, a hipótese mais plausível é a do transporte através de cordas, fazendo deslizar recipientes ou sacos de couro: existem vestígios nas orlas das galerias da mina de Mur-de-Barrez que sugerem o uso de cordas¹¹⁶. Nas minas romanas de Três Minas, no norte de Portugal, são visíveis marcas nas rochas, que indicam que as cargas terão sido puxadas fazendo uso de rodas¹¹⁷. O uso de contentores com rodas (como vagões ou carrinhos de mão) era já uma realidade em tempos medievais ou mesmo anteriores, sendo frequentemente instalados verdadeiros caminhos de forma a facilitar o transporte. O mesmo pode ser dito do recurso a animais, tais como cães, no subsolo (Oberzeiring/Áustria¹¹⁸). Era corrente o escoramento em madeira das minas da Idade do Bronze nos Alpes Orientais (Hallstatt, Hallein, Mitterberg) possuir ilhóses trabalhadas no terminal dos suportes. Estes seriam seguramente puxados por cordas dentro da mina, mas também à superfície para deslocar material da floresta para as minas e para os povoados¹¹⁹. Nas minas de cobre dos Alpes Orientais, têm sido encontrados, com regularidade, contentores deslizantes (Mitterberg, Viehofen¹²⁰). Já nas minas de Hallstatt, da Idade do Bronze, utilizava-se um recipiente especial para transportar cargas e grandes sacos de transporte, feitos de tecido, que eram cheios com detritos de grão pequeno. Um processo semelhante pode ser também assumido para as pás de madeira, a maior

110 P. ex. Timna, Feinan: Weisgerber 1989/90, fig. 25, fig. 28; Rosia Montana: Cauuet et al. 2003; Laurion: Ardaillon 1897; Conophagos 1980; Morin – Photiades 2005.

111 Geerlings 1985.

112 Conrad 1968; Weisgerber 2001; Weisgerber – Sprave 2000.

113 Cauuet et al. 2003.

114 Eckert 1976, 54.

115 Cauuet 1997.

116 Weisgerber et al. 1999, 480.

117 Wahl 1988; Wahl-Clerici 2010.

118 Weisgerber 1989/90, 9 fig. 31.

119 Kyrle 1918, 22 fig. 24 (com outra explicação); P. Thomas in Stöllner et al. 2009; Thomas 2018.

120 Ibid.

parte de cabos curtos (Hallstatt, Hallein¹²¹). Os famosos sacos de carga, semelhantes a mochilas, foram descobertos nas minas de Hallstatt (grupo setentrional), do Bronze Final. Graças a uma alça, estes sacos permitiam despejar o seu conteúdo com o movimento do ombro¹²². Se os poços de uma mina fossem utilizados como instalação central para o transporte, ventilação e movimentos ao mesmo tempo, o sistema de transporte processar-se-ia em duas fases, sendo que primeiramente a carga teria de ser transportada pelos mineiros até ao poço. A partir daí, utilizar-se-ia um sistema de guincho, o qual levaria a carga até à superfície. Em Rudki, foram descobertas peças de madeira especialmente trabalhadas, as quais pertenciam originalmente a algum tipo de veículo deslizante para transportar a carga até ao poço.

Os primeiros testemunhos de guinchos remontam à Idade do Bronze, em Mitterberg¹²³. A içagem através de guinchos e roldanas parece ter sido usada regularmente em poços pelo menos desde a época romana, isto é, desde que os poços começaram a descer cada vez mais fundo. Guinchos romanos são conhecidos, por exemplo, em Espanha¹²⁴. Estes são do tipo de manivela cruzada, ainda hoje utilizados no Médio Oriente¹²⁵.

5.8 A drenagem (glossário grupo 8)

Por «drenagem» entende-se todo o conjunto de medidas visando reduzir o nível de água nas minas. Os esforços investidos na drenagem eram, muitas vezes, tecnologicamente tão complexos como as próprias atividades de mineração, contribuindo muitas vezes para um aumento substancial do investimento financeiro das empresas mineiras. Existem, aliás, vários exemplos de minas que tiveram de ser encerradas ao atingir o nível das águas subterrâneas, devido à falta de um sistema de drenagem da água: por exemplo, as minas de cobre do V Milénio, nos Balcãs (p. ex., Ai Bunar), interromperam a exploração nesse ponto¹²⁶. Os trabalhos nas famosas minas de chumbo e prata em Nakhlak (Irão) cessaram precisamente ao chegarem ao nível de águas subterrâneas, de-

pois de os veios de galena terem sido explorados até uma profundidade de 120 metros¹²⁷; os romanos só prosseguiram com a exploração da riqueza mineira na Península Ibérica, graças aos seus mecanismos elevatórios de água.

Os sistemas de drenagem dividem-se em duas categorias: de um lado, os sistemas naturais, como escoadouros de galerias de drenagem cavadas para o efeito, o escoamento manual (p. ex., enchendo e passando baldes de água); de outro lado, a drenagem mecânica. Na Antiguidade, utilizavam-se máquinas variadas, tais como rodas elevatórias de água (roda de alcatruzes, roda de caixotões¹²⁸), os parafusos de Arquimedes ou bombas de sucção e pressão.

Atualmente existem testemunhos que comprovam o uso continuado de sistemas de drenagem em minas, em épocas mais antigas. Enquanto as minas de sílex mais antigas normalmente não chegavam a profundidades tão problemáticas¹²⁹, descobriram-se indícios de drenagem artificial em minas de cobre já a partir do II Milénio. Nas minas de Mitterberg, por exemplo, foram encontradas conchas de madeira e baldes, através dos quais se poderia transportar manualmente água até à superfície¹³⁰. Dentro da mina, barreiras de madeira e argila eram utilizadas para impedir a penetração das águas de superfície¹³¹. A incidência de forte precipitação trazia graves consequências para as minas nos países da Europa Ocidental e Central. Fortes chuvas e deslizamentos de lama chegaram mesmo a destruir várias vezes minas de sal alpinas¹³².

Naturalmente, as galerias de drenagem artificial foram inventadas em minas da Antiguidade (p. ex., Laurion), mas, em pouco tempo, este sistema começou a espalhar-se por todo o Mediterrâneo¹³³. É notável que também no Limousin se tenha descoberto uma galeria do período de La Tène tardio com esta natureza. Aparentemente, os mineiros de ouro celtas copiaram esta tecnologia a partir de modelo mais antigo (Le Fouilloux). Para além disso, as águas profundas eram elevadas com recurso a parafusos de Arquimedes, o que demonstra claramente a introdução de um pacote de avanços tecnológicos no Limousin, no séc. I a.C.¹³⁴. Em relação aos parafusos de Arquimedes romanos, foi já sustentado que não existe qualquer prova de que eles fossem equipados, como os parafusos usados

121 Stöllner 2002/2003, 444.

122 Barth 1992.

123 Klose 1918, 13, fig. 18.

124 Luzon 1970; Rosumek 1982.

125 Wulff 1966.

126 Chernykh 1978.

127 Stöllner – Weisgerber 2004.

128 Davies 1935; p. ex. Domergue 1990; 2008; Weisgerber 1979.

129 O formato e as profundidades das minas de sílex eram sobretudo condicionados pela instabilidade das rochas hospedeiras,

tais como o giz, sedimentos de cascalho ou rochas calcárias. V. Fober – Weisgerber 1999; Barber et al. 1999 para uma discussão geral.

130 Klose 1918.

131 Eibner 1982; 1993.

132 Stöllner 1999; Barth – Lobisser 2002.

133 Ardaillon 1897; Forbes 1966.

134 Cauuet 1999.

no Egito atualmente, com uma manivela com a qual são frequentemente representados. Era comum as galerias romanas disporem de engenhos, tais como rodas de água. Alguns exemplos famosos encontram-se em Espanha¹³⁵, ou na Roménia¹³⁶, onde a água tinha de ser elevada através de vários níveis.

Mesmo os dispositivos mais simples e pequenos eram instalados com bastante frequência, sendo os esgotos com bueiros escavados na rocha hospedeira para drenar a água. O mais impressionante sistema é o de Três Minas que, na sua parte final, atinge a profundidade de 12 m, depois de ter sido trabalhado paralelamente ao nível de exploração, à medida que este descia¹³⁷. Um canal de drenagem recentemente encontrado numa galeria romana em Wallerfangen apresentava uma profundidade de cerca de 1 m¹³⁸.

O túnel de Eupalinos (Samos) é seguramente o exemplo mais relevante de uma técnica semelhante à dos canais de água. Construído no séc. VI a.C., este túnel representa uma obra-prima da engenharia, muito conhecida na antiguidade¹³⁹.

5.9 A ventilação (glossário grupo 9)

Em mineração, a ›ventilação‹ tem por finalidade uma melhoria da qualidade do ar respirado dentro da mina. De acordo com a sua composição e adequação à respiração, a atmosfera de uma mina pode ser classificada da seguinte forma: fresca ou boa, estagnante ou abafada, nociva ou venenosa e com metano (grisu). Em casos normais, a circulação natural do ar (difusão) era suficiente, sendo auxiliada pela existência de diferentes níveis de temperatura interna e externa. A circulação artificial de ar não era necessária na maior parte dos casos. As minas de sílex, por exemplo, não eram suficientemente profundas para causar problemas graves de respiração. Aliás, a circulação natural do ar podia ser assegurada, mantendo abertas e interligadas outras explorações mineiras na sua vizinhança imediata. Ao utilizar-se fogo e grandes quantidades de archotes, especialmente na mineração de profundidade, tornava-se imperioso assegurar uma ventilação apropriada. Devido ao uso constante de fogo, as

minas rapidamente se enchiam de fumo. A partir de contextos do Bronze Final, existem evidências da existência de poços de ventilação, concebidos de forma a permitir o escape do fumo (p. ex., nas minas de Schwaz Heidenzechen)¹⁴⁰. No Próximo Oriente, a fim de resolver os problemas de ventilação, eram criadas galerias especiais. Nas minas de Veshnâveh, o problema foi resolvido entre o final do III Milénio a.C. e o início do II, fosse através de redes especiais de ventilação em câmaras de mineração de maiores dimensões, ou mesmo graças a galerias de ventilação alcançando a superfície¹⁴¹. Em Feinan, durante a Primeira Idade do Ferro, os mineiros abriam regularmente poços de ventilação com mais de 60 metros de profundidade¹⁴². Nos Alpes orientais, o uso do fogo e a ventilação adaptada a minas profundas requeriam a abertura de pelo menos duas entradas, situadas na superfície inclinada, a alturas diferentes. Ao alimentar fogos no subsolo, a ventilação teria de ter sido assegurada de forma artificial¹⁴³. Em Cabeza de los Pastos, na região de Huelva, as denominadas ›fossas gémeas‹, do período romano, teriam provavelmente a função de melhorar a ventilação. Tem sido assumido que no fundo de uma dessas fossas havia indícios de fogo que teria sido usado com essa finalidade¹⁴⁴. Mas existem poços gémeos mais antigos em Feinan, neste caso característicos das entradas de minas da Idade do Ferro¹⁴⁵. Em Timna, um destes poços gémeos foi escavado, estabelecendo-se que não poderia ter tido nenhum outro propósito para além da ventilação¹⁴⁶.

A ventilação artificial através de tubagem de ar em cerâmica e foles foi, há alguns anos, observada na mina de chumbo e prata de Nakhlak (Irão), datada do período Sassânida até ao Islâmico inicial (fig. 7). Este método de ventilação artificial tornou-se cada vez mais comum a partir da Idade Média. Nestas circunstâncias, a ausência de evidências relativas a esta técnica de ventilação em antigas minas romanas, não deixa de constituir uma surpresa.

A circulação artificial do ar tem sido igualmente registada em poços por vezes de pequeno diâmetro mas extremamente profundos, no sistema iraniano de *qanat*. Um fogo brando, colocado por baixo de um tubo comprido, em couro, ligando o fundo do poço com a superfície, assegura a circulação do ar: o ar quente sobe por este ›tubo‹, ao passo que algum ar fresco circula para baixo¹⁴⁷.

135 Luzon 1970; Weisgerber 1979.

136 Rosia Montana: Cauuet et al. 2003.

137 Wahl 1988.

138 Körlin 2012.

139 Kienast 1995.

140 Goldenberg – Rieser 2004, fig. 5; Staudt et al. 2019.

141 Stöllner et al. 2011.

142 Weisgerber 1996a; 2003.

143 P. ex. Zschocke – Preuschen 1932; Barth – Neubauer 1991; Stöllner 2002/2003.

144 Luzon 1970.

145 Hauptmann 2000; 2007a; Weisgerber 1996a, 29.

146 Conrad – Rothenberg 1980, fig. 104–106.

147 Wulff 1966.



7 Nakhlak, Irão: condutas de ventilação diagonal num poço subvertical datadas do Sassaniano até ao início do período islâmico. Fotografia: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Th. Stöllner.

5.10 A iluminação das minas (glossário grupo 10)

Até à introdução da eletricidade, as lâmpadas dos mineiros funcionavam apenas graças ao fogo (chama). Na maior parte dos casos, a mineração próxima da superfície não exigiria qualquer iluminação especial. Em minas de sílex, a cor clara do cré e das rochas calcárias intensificavam a luz do dia, refletindo-a. Em Grimes Graves (GB 13), existem testemunhos de pequenas lâmpadas talhadas na rocha hospedeira de cré; no entanto, estas

inserem-se num contexto arqueológico ambíguo¹⁴⁸. Descobertas semelhantes deram-se também na mina de Defensola/Gargano¹⁴⁹. Já em Krzemionski (PL 6), acharam-se desenhos nas paredes da mina, feitos com carvão, que poderão indicar o uso de archotes¹⁵⁰. Já desde a Idade do Bronze no Médio Oriente, nas minas de cobre em Feinan, ou nas minas de chumbo egípcias em Gebel Zeit, junto ao Mar Vermelho, encontraram-se grandes quantidades de mechas de madeira¹⁵¹. As mechas eram frequentemente utilizadas nas minas de cobre e sal dos Alpes Orientais, onde se conservaram milhões de exemplares¹⁵². Empregava-se exclusivamente madeira de

¹⁴⁸ Mercer 1980, fig. 7; 1999, fig. 194.

¹⁴⁹ Galliperti et al. 2001, 85–110.

¹⁵⁰ Borkowski 1995.

¹⁵¹ Castel et al. 1985.

¹⁵² Stöllner 1999; Barth – Lobisser 2002.

abeto e pinheiro de boa qualidade, porventura devido ao seu alto conteúdo de resina¹⁵³. Na maior parte dos casos, não eram queimados em tochas, mas sim em paus isolados, o que, talvez, permitisse controlar o tempo de trabalho dentro da mina. Os archotes eram também eles um instrumento de iluminação típico a norte dos Alpes. Estes foram também encontrados¹⁵⁴ nas minas de ferro em Rudki, Polónia, e já os escritores antigos referiam o valor destes pauzinhos de iluminação ricos em resina em trocas comerciais entre povos alpinos¹⁵⁵.

Nos países mediterrânicos e no Próximo Oriente, o recurso a candeias inicia-se, o mais tardar, no I Milénio a.C. Contudo, o azeite ou a gordura já seriam usadas anteriormente¹⁵⁶. A presença de azeite ou de vestígios de combustão em fragmentos de vasilhas poderá indicar o uso de tais sistemas de iluminação. Nas minas romanas, as candeias (lucernas) eram colocadas em nichos especiais, onde até poderiam ficar permanentemente, quando, por exemplo, certas galerias eram usadas para movimento permanente¹⁵⁷. Normalmente, os mineiros levariam os seus meios de iluminação para as áreas de trabalho, recolhendo-os outra vez no final. Amiúde, este hábito parece ter impedido os arqueólogos de desenvolverem um conhecimento mais detalhado em relação às candeias. Mesmo na Idade Média ou já nos inícios dos tempos modernos, verifica-se que, embora os nichos das candeias tenham sobrevivido, raramente se têm encontrado as próprias candeias.

5.11 A arte de prospetar minas (glossário grupo 11)

Até há bem pouco tempo, pensava-se que durante os tempos pré-históricos as técnicas de levantamento topográfico seriam desconhecidas ou que seria mesmo impossível elas existirem. No entanto, novas descobertas em Arthurstollen (séc. XVI e XV a.C.) fornecem claros indícios da existência de, pelo menos, técnicas básicas de medição¹⁵⁸: neste caso um túnel interligando duas partes separadas da mesma mina. Os mineiros seguiram um

pequeno veio de pirite e corrigiram duas vezes a altura das galerias, de forma a poderem encontrar-se. Com base nesta observação, pode concluir-se que, em primeiro lugar, os mineiros sabiam exatamente que veio de minério seguiam e, em segundo lugar, eles tinham o conhecimento necessário para determinar as alturas corretas. Querirá isto dizer que eles tinham a capacidade de usar técnicas básicas para reconstruir à superfície a geometria espacial do veio, bem como dos túneis que abriam (por exemplo, usando um campo nevado como na Idade Média)? De qualquer forma, a descoberta numa galeria vizinha de um instrumento semelhante a um par de compassos, demonstra a existência de técnicas de medição de ângulos e distâncias (fig. 8)¹⁵⁹.

Tem-se por comprovado que os egípcios já dominavam técnicas de levantamento topográfico avançado, bem como o desenho de plantas. Os famosos papiros de Turim evidenciam um esboço do formato da mina, da sua infraestrutura, mas também da composição geológica dos veios contendo ouro¹⁶⁰. Para além disso, a posição e o formato das galerias de drenagem numa determinada cota, reflete o grande desenvolvimento da arte de nivelamento nos campos de ouro tardios de Época Céltica, no Limousin¹⁶¹. Nas antigas minas de prata da Grécia, bem como nas minas romanas em geral, desenvolveram-se técnicas de medição para a marcação à superfície dos limites dos campos mineiros. O nivelamento para as drenagens de água, de forma a que se levasse água até à *ruina montium* de Plínio, em Las Médulas¹⁶², por exemplo, era considerado um procedimento padrão. O mesmo se aplica nas pedreiras e túneis, sendo o caso mais famoso seguramente o do túnel Eupalinos, onde a altura e a direção dos trabalhos teve de ser determinada com a máxima precisão, de forma a que os mineiros, progredindo dos dois lados, se pudessem encontrar por baixo de terra¹⁶³. A eventual utilização de levantamentos topográficos nos campos mineiros especiais carolíngios em Melle é ainda objeto de debate¹⁶⁴. Os primeiros testemunhos escritos de levantamentos topográficos medievais datam do séc. XIII (mais concretamente 1214)¹⁶⁵. Muitas das disposições legais conhecidas de Trentino ou de Siegerland, escritas à data, não fariam sentido se não se recorresse já a levantamentos topográficos.

153 Boenke 2005.

154 Bielenin – Woyda 1978.

155 Timpe 1985, 258–284, esp. 277–279.

156 Bailey 1972; 1991.

157 P. ex. Cauuet et al. 2003.

158 Stöllner et al. 2009; Thomas 2018.

159 Thomas, in: Stöllner et al. 2009, 122.

160 Gardiner 1914; Sommerlatte 1986.

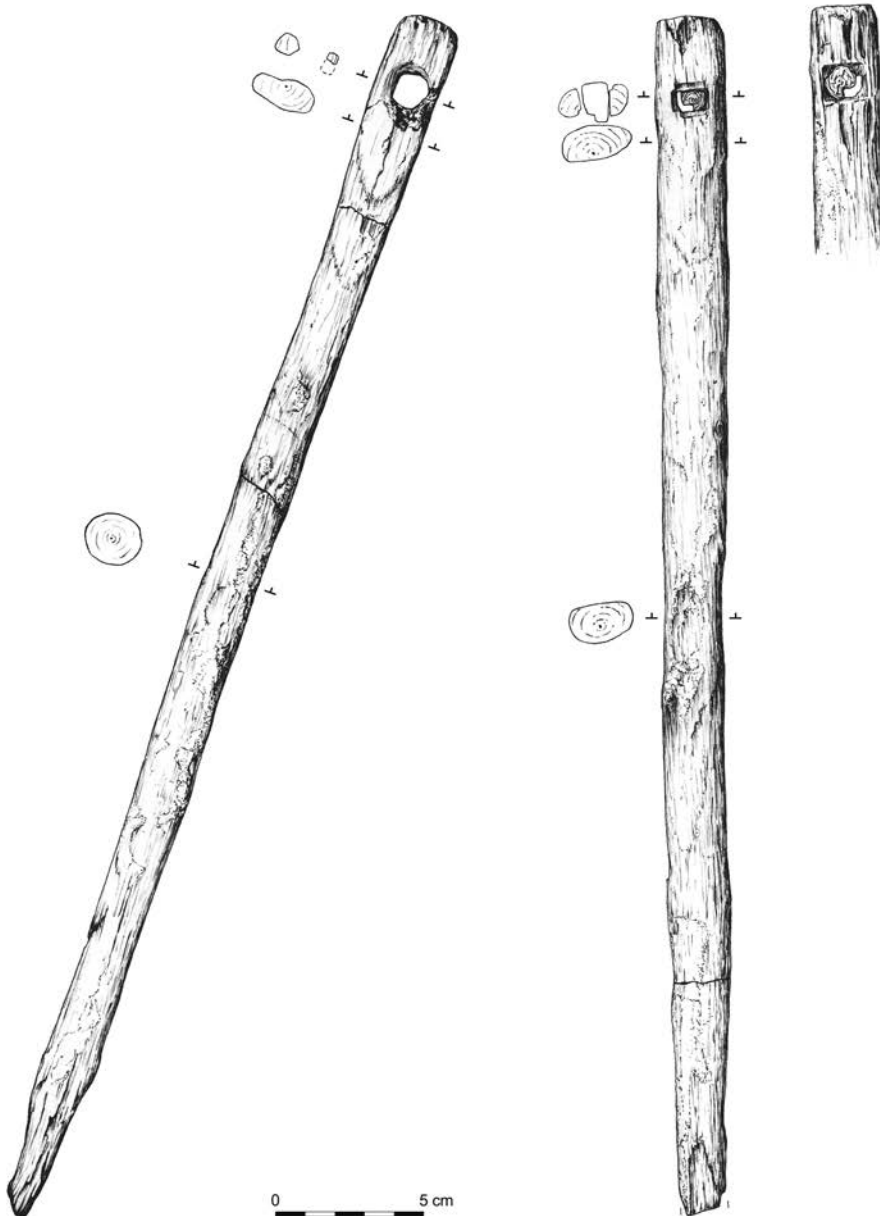
161 Cauuet 1999.

162 Quiring 1933.

163 Kienast 1995.

164 Téreygol 2002.

165 Schatteiner 1989; Hägermann – Ludwig 1986.



8 Par de compassos de madeira da Idade do Bronze Médio encontrados em Arthurstollen, perto de St. Johann, Áustria. Desenho: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, P. Thomas.

5.12 Beneficiação – concentração do minério (glossário grupo 12)

Depois da extração e do transporte, os minérios e outros minerais tinham de ser separados e purificados. Era raro encontrar minério suficientemente puro para poder ser sujeito a fusão redutora sem ›beneficiação‹ prévia, ou seja, que estivesse tão concentrado que a fusão redutora

do minério pudesse ser efectuada com um proveito económico razoável. A escolha à mão foi certamente o primeiro passo para uma separação grosseira entre o material aproveitável e o material estéril, o que facilitaria também o processo de transporte (fig. 9). De forma a poder deixar os detritos dentro da mina, que seria aproveitado para o enchimento de zonas escavadas, esta fase da seleção era frequentemente levada a cabo ainda no subsolo. Achados como pesados martelos ou placas com conjun-



9 A separação/escolha do minério feita à mão: Agricola 1556, 232.

tos de bigornas são indicadores característicos desta atividade. Subsequentemente, muitas vezes, a beneficição a seco continuaria à superfície. Durante o estudo de minas pré-históricas de ouro e cobre, encontrou-se, amiúde, um naipe diversificado de ferramentas: ferramentas de trituração, como pequenos martelos ou percutores arredondados, os quais eram usados em conjunto com bigornas, as quais na maioria dos casos podem ser identificadas em virtude das suas típicas marcas de trabalho, as depressões em forma de calote esférica¹⁶⁶.

O próximo passo consistia numa separação mais fina do minério, através da sua moagem em moinhos rotativos ou em mós de sela ou barquiformes. Muitas vezes, a extração dos minerais era feita com a ajuda do vento ou da água. Era comum a beneficição seca ser efetuada junto às minas, como o comprovam os típicos aterros de processamento de minério encontrados nas proximidades das minas. Tanto o acesso à água como os aspetos topográficos condicionavam a localização, bem como a organização do processo de beneficição. No filão prin-

cipal de Mitterberg, as tarefas mais pesadas eram realizadas perto da entrada da mina, ao passo que a beneficição fina, a moagem e a beneficição húmida se processavam em áreas centrais especializadas¹⁶⁷. Esta mesma estrutura foi recentemente detetada na área sul da região de Mitterberg¹⁶⁸. Em Mitterberg, Radfeld e Kelchalpe, perto de Kitzbühl¹⁶⁹, assim como em Aqua Freda (Trentino¹⁷⁰), toda uma série de vestígios ligados à beneficição húmida foram descobertos: a produção de concentrados finos de minério destinados à fusão redutora ocorria em bacias de madeira, com drenos de água e tubagens para a água, sendo o concentrado finalmente selecionado com o recurso a bateias¹⁷¹.

A concentração de minério com recurso a maquinaria simples é já conhecida desde a Época Romana. Eram utilizados trituradoras e moinhos movidos com a força da água ou dos próprios braços. Aliás, desde os tempos dos romanos, as mós de pedra rotativas têm sido um elemento muito característico na mineração do ouro. Nas áreas mineiras de Espanha, Transilvânia e Egito, eram usadas para moer rochas de quartzo contendo ouro. Os diferentes espessuras dos vestígios de rotação prendem-se com a alternância entre processos de moagem fina e grosseira¹⁷². Em Três Minas (Portugal), encontraram-se moinhos giratórios deste tipo em todas as casas do povoado mineiro, ao passo que junto às minas se encontram numerosas pedras de pilão, pertencentes a moinhos de pilões movidos com a força humana¹⁷³.

Menos frequentes são os vestígios de tratamento químico e térmico do sílex e de minérios. A desagregação intencional de minérios, para depois facilitar a sua trituração e posterior fusão redutora, também se enquadra nesta categoria de processos tecnológicos. Outra abordagem é a famosa ustulação de minérios. É provável que tenha sido este o primeiro passo em direção à fusão redutora de sulfuretos¹⁷⁴, ou o uso de mercúrio para amalgamar areias impregnadas de ouro¹⁷⁵. Estas últimas técnicas eram conhecidas desde o período helenístico, tendo sido desenvolvidas a par e passo com o crescimento das minas de cinábrio no Oriente (Anatólia, Irão). Alguns relatos, também da Índia e da China, apontam para uma rápida adoção desta tecnologia em várias partes da Europa, Oriente e Ásia¹⁷⁶.

166 Genericamente p. ex. Tylecote 1987, 53–65; Ottaway 1994, 89–91; Craddock 1995, 156–158.

167 Eibner-Percy – Eibner 1970, 12–14; Stöllner 2019b.

168 Stöllner et al. 2009 (A. Maass); Stöllner 2019b, 167–169.

169 Pittioni – Preuschen 1947; Goldenberg – Rieser 2004, 45–47; Koch-Waldner 2019.

170 Cierny 2008.

171 Eibner 1972; 1982; genericamente vários artigos em: Weisgerber – Goldenberg 2004; Turk et al. 2019.

172 P. ex. Klemm – Klemm 1994; Domergue 1990; Wollmann – Santimbranu 1974.

173 Wahl 1988; Wahl-Clerici et al. 2012.

174 Genericamente Ottaway 1994, 100–102; Craddock 1995, 167–169.

175 Tylecote 1987, 147–149; esta hipótese terá de ser reequacionada.

176 Craddock 1995, 302–303.



10 Produção de carvão numa pequena fossa, em Loei (norte da Tailândia). Eliminação dos restos de madeira não carbonizados. Fotografia Weisgerber 1985.

5.13 Queima de carvão e madeira (glossário grupo 13)

A queima de carvão é um processo que era de inquestionável relevância para qualquer metalurgia. O carvão era necessário para atingir as temperaturas necessárias de forma a reduzir minérios complexos com certos metais, tais como o ferro ou o cobre, com pontos de fusão consideravelmente elevados. Embora a importância do carvão nunca tenha sido posta em causa, o pouco conhecimento de que dispomos sobre a sua produção nos tempos pré-históricos é surpreendentemente escasso¹⁷⁷. Têm sido feitas tentativas para encontrar testemunhos da queima de carvão em contextos de mineração pré-histórica, mas todos os locais de queima vieram a ser identificados como medievais ou até mais recentes¹⁷⁸. Esta investigação revelou ainda que as diferenças temporais atestadas dentro dos próprios locais contêm muita informação relevante para trabalhos de campo futuros. Na arqueologia da Idades do Bronze e do Ferro, obtêm-se frequentemente evidências indiretas através do estudo da vegeta-

ção e das espécies de madeira usadas nas instalações de fusão e nas forjas. Na área de mineração de cobre de Feinan, o impacto da mineração e da redução do minério na paisagem local foi estudado nessa base, mas ainda se desconhece se o carvão era produzido e armazenado ou era produzido *ad hoc* no sítio mineiro e metalúrgico (p. ex. fig. 10)¹⁷⁹. Em Ágia Varvara (Almyras), em Chipre, encontrou-se neste sítio, minuciosamente escavado, uma fossa de combustão no local de redução helenístico¹⁸⁰. Novas informações encontram-se a caminho em alguns projetos já em andamento (Siegerland, Alpes Orientais)¹⁸¹. A partir da Idade Média, existem numerosas fontes escritas e até resultados de trabalho de campo que elucidam o processo de queima de carvão em relação com a paisagem circundante. Nas montanhas de Harz, na Noruega ou nos Alpes Orientais, a queima do carvão esteve sempre ligada à silvicultura e à gestão da floresta das regiões mineiras¹⁸², visto que a obtenção da madeira na fonte tinha de ser cuidadosamente gerida. A primeira prova da existência de gestão sustentável da madeira remonta ao séc. XIV, quando a mineração medieval tardia e as indústrias de redução de minérios começaram a sen-

177 Genericamente: Pleiner 2000, 115–130.

178 P. ex. Klemm 2003.

179 Engel – Frey 1996.

180 Fasnacht 1999; Knapp 1986; 1994; 1998; 1999; Knapp et al. 1998a.

181 Não existe registo de carvão vegetal pré-histórico: por ex. Stöllner et al. 2014b, 52–53; Hanning et al. 2015, 227.

182 Hillebrecht 1982; 2000; Seegers-Glocke 2000; Espelund 1997.

tir, pela primeira vez, uma escassez dramática de madeira¹⁸³. Nas montanhas Hartz, esta circunstância trouxe graves problemas ao processo produtivo, os quais só seriam solucionados pelo final do séc. XV, com a entrada em vigor de leis federais sobre a gestão da madeira¹⁸⁴. Noutras regiões mineiras da Europa registaram-se também desenvolvimentos semelhantes nessa altura.

5.14 A fusão redutora (glossário grupo 14)

A extração de metais dos minérios é um dos mais importantes processos metalúrgicos. A sua evolução deu-se durante um longo período de tempo no Médio e Próximo Oriente, espalhando-se pelo Velho Mundo entre o IV e o II Milénio a.C. É difícil de determinar ao certo quando surgiu esta tecnologia¹⁸⁵. Na Anatólia e no Irão em particular, mas também no Levante¹⁸⁶, abundam os indícios de que terá sido aí que surgiram os primeiros passos conducentes à emergência da metalurgia. Alguns exemplos são a procura de pedras verdes ou a martelagem a frio da malaquite e, especialmente, do cobre nativo, no IX e VII Milénio a.C. A primeira fusão redutora de minérios de cobre data, pelo menos, do VI Milénio a.C., mas a escassez de vestígios destes processos primitivos não nos permite determinar uma data exata para a sua invenção¹⁸⁷. No final do VI e durante o V Milénio, encontram-se testemunhos sólidos de cobre obtido por fusão redutora do minério e, pouco mais tarde, também de artefactos que foram vazados a partir do metal em fusão (Mersin, camada 16). Mas foi apenas na segunda metade do V Milénio que a pirometalurgia «verdadeira» do cobre se tornou comum num contexto geográfico mais amplo. Desde os Balcãs até ao Próximo e Médio Oriente, ocorrem ferramentas vazadas de cobre, as quais eram muitas vezes inseridas como artefactos de prestígio em sepulturas e depósitos votivos¹⁸⁸. A metalurgia em si era praticada com cadinhos, dentro dos quais se reduziam pequenas quantidades de minério de cobre, usando carvão e, às vezes, algaravizes¹⁸⁹. Deste processo não sobrava praticamente escória, sendo levado a cabo, tal como nos períodos antecedentes, maioritariamente em oficinas dentro dos povoados¹⁹⁰. A existência de ofi-

cinas adequadas para a manufatura de cobre remonta, de acordo com a evidência disponível, ao final do V e início do IV Milénio (Tepecik, Tappeh Ghabrestan¹⁹¹). A redução em cadinhos manteve-se como técnica padrão no IV Milénio a.C., sendo depois substituída pelos fornalhas com ar forçado. Aparentemente, a necessidade de aumentar a capacidade levou à invenção de maiores reactores por volta de 3000 a.C. Vários exemplos de Arisman (Irão) ou Feinan (Jordânia) apontam para uma relação tecnológica próxima mas, no Irão, as atividades de redução continuaram a realizar-se nos povoados durante todo o III Milénio¹⁹². Em Omã, uma região localizada na zona oriental da Península Arábica, o desenvolvimento deu-se em moldes bastante diferentes: não existe uma expansão lenta da metalurgia, mas a produção de cobre disparou subitamente após 3000 a.C. Torna-se evidente que a técnica de pequenas fornalhas de redução teria de ter sido importada de outra região¹⁹³.

Entretanto, em toda a região, o processo tinha-se dividido em dois passos, com uma fusão redutora primária à qual se seguia uma fusão secundária em cadinhos, para que o metal fosse vazado. Em Arisman, tal como em Feinan, a transição para este processo de duas etapas seguramente estaria relacionado com o uso de minérios complexos. Especialmente em Feinan, tal também refletia uma mudança para a exploração de um novo depósito geológico de minério¹⁹⁴. Acresce ainda que enquanto os lugares de redução se transferiram para locais com vento favorável, os outros passos tecnológicos eram ainda desenvolvidos nos povoados centrais. Note-se que esta separação representa uma inovação, dado que o enraizamento da redução no interior dos povoados foi uma prática sistemática durante muito tempo, dominando a organização da metalurgia. Nas estepes da Eurásia, tal como no planalto iraniano, este modelo conservou-se até ao II Milénio a.C.¹⁹⁵. Também em Omã, o grosso da produção metalúrgica no III Milénio a.C. era exportado e processado em sítios mesopotâmicos¹⁹⁶.

No início do II Milénio a.C., registou-se ainda outra mudança assinalável. A necessidade de aumentar a capacidade produtiva levou a uma intensificação considerável da produção em algumas jazidas de minério especiais. Em Chipre, no Cáucaso, nos Alpes Orientais (fig. 11) e no Médio Oriente, este desenvolvimento foi acompanhado pela invenção dos altos fornos com ar forçado a partir de foles¹⁹⁷. Não existe no Médio Oriente (Timna 2, 30, 39;

183 Weisgerber 1996c; Stromer 1981; 1986.

184 Klappauf et al. 1990.

185 Pernicka 1995; Craddock 2000.

186 Levy et al. 2001; 2002.

187 Strahm 1994; Pernicka 1995; Yalçın 2000.

188 Todorova 1981.

189 Rehder 1992.

190 Weisgerber 2003a; Levy et al. 2002.

191 Majidzadeh 1979; Müller-Karpe 1994.

192 Chegini et al. 2000; Chegini et al. 2004; Hauptmann 2007a.

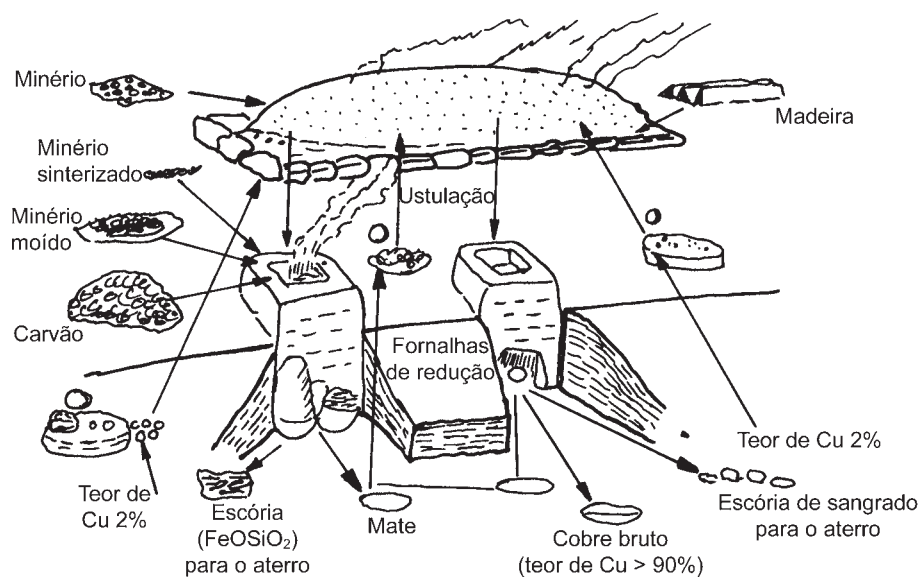
193 Hauptmann 1985.

194 Levy et al. 2002; Pernicka 2004; Hauptmann 2007a.

195 Chernykh 2003; Stöllner 2004.

196 Prange 2002.

197 P. ex. Tylecote 1987, 109–111; Craddock – Hughes 1985.



11 Os dois passos do processo de ustulação e fusão redutora nos Alpes Orientais, de acordo com Eibner 1982.

Feinan, Sinai¹⁹⁸) qualquer fornalha de redução do II e I Milénio que não tenha algaravizes, o que permite intuir o uso de foles de pote ou couro. Pouco a pouco, a redução primária foi sendo deslocada para as proximidades das jazidas. Em Chipre, esta etapa de produção primária parece agora ter sido gerido pelas sociedades rurais, que também se ocupavam do fornecimento de madeira, trabalhando, possivelmente, em comunidades fechadas¹⁹⁹. Não constitui portanto nenhuma surpresa, o facto de a produção inicial de ferro na Anatólia e nos países vizinhos também se ter regido por este padrão tecnológico, não obstante as fontes escritas mencionarem um controlo estatal apertado, no início²⁰⁰. Pouco depois, na Primeira Idade do Ferro, a redução de ferro e do cobre seguia matrizes tecnológicas semelhantes, ao usarem fornalhas em fossa com ar forçado a partir de baixo, que produziam uma escória de sangria, separando silicatos indesejáveis e minerais dos metais fundidos. Estas eram atividades que agora se realizavam perto das minas²⁰¹. O uso da força do vento seria seguramente combinado com a utilização de foles, tal como fica patente nas instalações de redução da Idade do Ferro encontradas na região de Neuenbürg, ou em Siegerland²⁰². Estas datam de meados e da segunda metade do I Milénio a.C.²⁰³. Daí em diante apareceram diferentes tipos de fornalhas: um deles era a

fornalha em fossa do Norte da Europa (da qual se descobriram milhares de exemplares)²⁰⁴, sendo outro a fornalha em forma de cúpula, que logicamente podia ser utilizada várias vezes até ter de ser reconstruída²⁰⁵. Embora as fornalhas romanas tenham sido aperfeiçoadas com base na tradição tecnológica generalizada, regista-se uma importante mudança no séc. XIII d.C., quando as reduções começaram a usar foles movidos a roda de água. Desta forma a produção aumentou consideravelmente²⁰⁶, lançando assim as bases para o desenvolvimento da produção de aço e de altos fornos²⁰⁷. Existem múltiplas variações da tecnologia de fornalhas que, no entanto, não serão aqui descritas em pormenor.

A evolução da técnica de fusão redutora pode ser também demonstrada pela análise das escórias e de outros restos metalúrgicos. O conteúdo metálico (em particular o ferro), bem como a viscosidade de uma escória pode fornecer valiosas informações sobre a eficiência da produção de metal e da sua evolução ao longo do tempo²⁰⁸. Uma das principais conquistas da arqueometalurgia foi o estabelecimento de sistemas muito equilibrados, capazes de explicar este aumento de produção, enquadrando-o numa evolução tecnológica, mormente no que se refere à redução do cobre, do chumbo/prata e do ferro²⁰⁹.

198 Rothenberg 1999a; 1999b; Hauptmann 2007a.

199 Muhly 1989; Given – Knapp 2003.

200 Wertime – Muhly 1980; Müller-Karpe 1994.

201 Pleiner 2000; Siegelová 2005.

202 Gassmann et al. 2006; Stöllner et al. 2014b; Zeiler 2013.

203 P. ex. Weisgerber 2003b; Stöllner et al. 2014b; Zeiler 2013.

204 Bielenin – Woyda 1978; Jöns 1997.

205 Sobre Siegerland: recentemente Garner 2007; Zeiler 2013.

206 Knau – Sönnecken 2003; Horstmann 2003.

207 Produção indireta de aço/ferro: Pleiner 2000, 82–84.

208 Para cobre: Hauptmann 2004; para ferro: Craddock 1980; Pleiner 2000, 251–254; Nørbach 2003.

209 Hauptmann et al. 1989; 1999.

Pouco se conhece para já sobre outros processos, embora alguns estejam a ser já estudados, como é o caso da produção daquele que é conhecido como ›aço de cadinho‹, na Ásia Central e Índia²¹⁰. A tradição originária do Extremo Oriente de utilizar fornalhas de destilação, a fim de produzir metais de elementos altamente voláteis, tais como zinco, mercúrio ou antimónio, revela-se igualmente fascinante. Esta tecnologia levou à descoberta de novos tipos de ligas, provocando assim alterações consideráveis na metalurgia. O zinco e o mercúrio, principalmente, tornaram-se importantes ›amplificadores‹ na produção de latão e de ouro, respectivamente, a partir da segunda metade do I Milénio a.C.²¹¹.

5.15 A ›refinação‹ (glossário grupo 15)

O termo ›refinação‹ é usado num sentido diferente do estabelecido na metalurgia moderna, porque este implicaria um purificação intencional de um metal constituído por um único elemento, o que pressupõe conhecimentos analíticos e químicos. Por conseguinte, este termo deve aparecer sempre entre aspas, utilizando-se cuidadosamente para descrever todos os processos que permitem obter um metal mais puro²¹², ou a separação dos metais (p. ex., a cupelação de prata a partir de chumbo) ou uma qualidade superior do material (p. ex., através da produção de ligas). Todos estes processos contribuíram para elevar a metalurgia de um simples estágio de ›tentativa e erro‹, para um processo deliberado de engenharia. A copelação, um dos processos mais antigos, consiste na separação de prata do metal contendo essencialmente chumbo e prata, oxidando para esse efeito o chumbo, tirando partido do seu baixo ponto de fusão²¹³. Os primeiros testemunhos desta tecnologia remontam ao IV Milénio a.C. De acordo com a evidência arqueológica, esta invenção terá tido a sua origem numa área entre o planalto iraniano, o Norte da Síria e a Anatólia Oriental (fig. 12). Em todas estas regiões foram encontrados óxidos de chumbo, conhecidos como litargírio, objetos em prata e chumbo metálico nos povoados e oficinas desta época. Um processo semelhante, conhecido como ›processo de liquação‹, era comum na Idade

Média e no início da Época Moderna²¹⁴. Neste processo, o chumbo era usado para obter metais preciosos de fahlores de cobre. O chumbo enriquecido produzido desta forma era posteriormente sujeito a um processo de cupelação, de forma a extrair os metais preciosos.

Também a refinação do ouro se revestia de grande importância, em grande parte devido à facilidade com que as impurezas de prata ou cobre podiam ser detetadas através do seu brilho prateado ou avermelhado, respectivamente. O mais antigo ouro refinado até hoje encontrado (identificado através de análises) remonta ao primeiro milénio a.C., quando começaram a circular moedas em ouro e prata²¹⁵. A separação de ouro e de prata era feita na Antiguidade recorrendo a um processo de cementação, em que o clorito de sódio funcionava como agente de cementação. Antes da descoberta e utilização dos ácidos minerais (ácido nítrico ou ácido sulfúrico), na Idade Média e no início da Época Moderna, usava-se o clorito de sódio e a argila (cerâmica/pó de tijolo) para esse fim. Em todos estes processos, a alta pressão do vapor atacava o metal sólido no recipiente de cementação, convertendo assim a prata em cloreto de prata. Após a purificação do ouro, a prata era recuperada através do processo de cupelação. Assim funcionava uma refinaria que foi investigada em Lídia, na Ásia Menor, perto de Sardis²¹⁶.

Outro aspeto relevante é o da refundição do cobre para reduzir as impurezas, um processo que tem vindo seguramente a ser realizado desde o V Milénio. O processo em si aplica-se a metais que eram, de qualquer modo, ligas naturais, quer por conterem quantidades consideráveis de arsénio e/ou antimónio ou de metais preciosos. Estes diferentes componentes alterariam sem dúvida a cor do material, se comparados com o metal no seu estado puro, o que os tornava particularmente apreciados. Fosse através de uma seleção natural do minério com resultados variados na fusão redutora ou como primeiro passo consciente para a formação de uma liga, o facto é que a partir da segunda metade do IV Milénio se observa uma grande variedade de ligas²¹⁷. A formação intencional de ligas é evidenciada, por fim, pelo uso de estanho, ao qual muitas regiões só tinham acesso através do comércio²¹⁸. Não cabe qualquer dúvida de que os bronzes de estanho eram preferidos ao cobre puro, devido à sua cor brilhante e às suas boas propriedades materiais. Até à data, a ocorrência de ligas, tanto as naturais

210 Juleff 1998; Rehren – Papachristou 2000; Craddock 2003.

211 Craddock 1990; 1995, 292–321; Tylecote 1992.

212 Neste sentido: Tylecote 1987, 192; Merkel 1990, fig. 107; Craddock 1995, 202.

213 Kohlmeyer 1994; Pernicka 2004.

214 Suhling 1976.

215 Kray 1969; Ramage – Craddock 2000, 17–19.

216 Ramage – Craddock 2000.

217 P. ex. no túmulo ›real‹ de Arslantepe: Hauptmann – Palmieri 2000; v. geralmente: Strahm 1994; Yalçın 2000; 2003.

218 Pernicka 1998; Cierny et al. 2005; Garner 2013.



12 Distribuição das primeiras evidências da cupelação nas culturas orientais do IV e III Milénio a.C.

como as formadas intencionalmente, tem quase sempre sido comprovada com recurso a análises químicas de artefatos metálicos, ao passo que os respetivos restos arqueometalúrgicos, tais como cadinhos ou lingotes de metal bruto, raramente têm sido encontrados.

O recozimento do cobre ou a têmpera do ferro constituem outras técnicas utilizadas consistentemente desde os finais do IV Milénio a.C. Estas técnicas permitiam alterar a qualidade do metal, por exemplo, aumentando a dureza ou a resistência de uma liga, quando esta se tornava demasiado quebradiça. Investigações sistemáticas relativas à qualidade do material foram realizadas para o cobre centro-europeu do Bronze Inicial²¹⁹. Observaram-se diferenças assinaláveis entre a metalurgia do Calcolítico e a do Bronze Inicial, sobretudo no que toca

ao uso sistemático de métodos destinados a aumentar a qualidade do material a partir da refundição dos materiais vazados. Na metalurgia primitiva do ferro encontra-se um padrão tecnológico equivalente. Como o primitivo ferro fundido não atingia a qualidade do bronze, os ferreiros tentavam aumentar a qualidade do ferro macio, trabalhando com a forja e têmpera, de forma a deixar o ferro cementar-se lentamente pelo carbono. No primeiro milénio a. C., os ferreiros Celtas em particular aprenderam a usar os componentes do aço produzidos naturalmente durante o processo de forja do ferro. Eles juntaram-nos com mestria ao ferro macio, formando assim novos materiais compostos²²⁰. Verificou-se um tratamento semelhante do ferro noutros centros produtores, tais como o Japão, a Ásia Central e o Médio Oriente.

219 Kienlin 2007; 2012.

220 Maddin 2003; Pleiner 1993, esp. 73–75. 134–136; Pleiner 2006, 200–225.



13 Molde de cobre para a fundição de machados de bronze do tipo Kolchis, The-lowani e Mitarbi, de acordo com Gambaschidze et al. 2001, 352, Nr. 258.

5.16 Manufatura e vazamento: dando ao metal a sua forma (glossário grupo 16)

Como os produtos metálicos acabados não foram feitos todos pelo mesmo processo ou no mesmo local, uma vez que o metal se podia encontrar aí à disposição, o processo de manufatura tem de ser dividido sistematicamente. O vazamento e a forjagem eram os principais processos utilizados para conferir ao metal uma forma específica²²¹. No estudo dos trabalhos metalúrgicos afigura-se pertinente olhar para a forma como outros tipos de materiais eram trabalhados na pré-história. Além disso, a manufatura de

metais requeriria artesãos especializados. A forma de alguns materiais era conferida através de um processo com uma única fase, a que se seguia a decoração final (tal como se esculpia ou gravava em madeira ou em pedra macia ou dura). Outros materiais tinham a sua própria cadeia de produção, como no caso dos oleiros que criavam o seu material de trabalho e lhe conferiam a forma num só processo de produção. Uma das principais inovações no domínio do metal foi que este passou a poder ser reciclado quase infinitamente. Assim, o metal pela primeira vez adquiriu um estado de *perpetuum mobile* quase perfeito, visto poder ser refundido e vazado infindáveis vezes. As técnicas de vazamento são avaliadas amiúde apenas com base nas ferramentas utilizadas na operação de vazamento e nos restos de vazamento, tais como cadinhos, moldes de argila e vazamentos falhados, o que é uma abordagem bastante limitada, à luz das investigações arqueométricas com base na metalografia, nas discussões sobre os resultados das análises dos detritos de uma oficina ou até incluindo analogias experimentais ou etnográficas.

O vazamento em moldes abertos, sobretudo em moldes de argila, parece ter sido a tecnologia mais antiga, podendo ser associada, por exemplo, às pesadas ferramentas e às características armas, produzidas no final do V Milénio a.C. Em Tappeh Ghabrestan, numa oficina do início do IV Milénio, vários desses moldes sobreviveram até aos nossos dias²²². Alguns moldes semelhantes para vazamento foram já identificados um pouco por todo o Médio e Próximo Oriente, na mesma época. Por causas das fraturas a que estão sujeitos, os moldes de argila têm a desvantagem de poderem dar origem a vazamentos falhados ou defeituosos. Para além disso, estes têm de ser substituídos ao cabo de um número reduzido de vazamentos. A invenção dos moldes em pedra foi, portanto, uma consequência óbvia. Existem oficinas equipadas com este tipo de moldes, sobretudo na Anatólia Oriental (Altınova, Norşuntepe)²²³. Um desses moldes de pedra, achado numa camada mais recente, a 19, contém uns pequenos furos, os quais demonstram claramente que estas peças eram usadas como moldes bivalves. Com a introdução dos moldes bivalves, amplamente disseminados durante o II milénio a.C., tornou-se possível fazer vazamentos normalizados em massa²²⁴. Era comum estes moldes terem várias formas esculpidas em cada face, de forma a poderem ser usados em várias combinações. A partir do Bronze Médio, encontram-se exemplos de moldes fabricados em bronze ou cobre, o que tornava o vazamento ainda mais fácil, pois dessa forma não era necessário pré-aquecer o molde, ao contrário do que se verificava com moldes de pedra

221 Drescher 1957; 1958; Tylecote 1987, 202–237; Ottaway 1994, 117–127; Hauptmann – Weisgerber 2006.

222 Majidzadeh 1979; Stöllner et al. 2004, No. Cat. 103–110.

223 Müller-Karpe 1994.

224 Genericamente Tylecote 1987, 211–213.



14 Nove Barras de Ferro do Palácio Khorsabad de Sargon II. Cortesia do Louvre, Paris, Département des Antiquités orientales. Fotografia: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, M. Schicht.

(fig. 13)²²⁵. Acresce que os moldes em metal parecem ter-se tornado populares, pois o seu transporte era mais fácil para os artesãos especializados itinerantes. Estes artesãos constituíam seguramente uma das razões para a existência de grupos de artefatos do Bronze Final extraordinariamente homogêneos e difundidos.

De qualquer forma, é surpreendente que a complexa técnica de vazamento em molde de cera perdida (cire perdue) seja uma invenção que data do final do V milénio, ou seja, de uma época em que a fundição de artefatos de metal mais pesados dava os primeiros passos. O registo mais antigo chega-nos de Mehrgarh, no Paquistão, remontando ao final do V milénio²²⁶. Outro belíssimo exemplo, de excelente recorte técnico, provém de uma sepultura em Shahi-Tump, quase um milénio mais tarde (final do IV milénio): trata-se do famoso peso-leopardo que mostra um domínio magistral desta técnica, bem como da combinação de diferentes materiais, designadamente bronze rico em chumbo, chumbo e conchas marinhas, com fins decorativos. O vazamento fazendo uso da técnica da cera perdida conquistou uma importância especial na metalurgia da Antiguidade, pois permitia a fundição de peças de grandes dimensões, tais como as estátuas de metal²²⁷. De forma a resolver os pro-

blemas do vazamento de peças de grandes dimensões foram inventadas soluções técnicas individualizadas, como no caso das fundições de bronze do III milénio a.C., designadamente da estátua do faraó Pepi e de Naramsin²²⁸. Só já numa fase mais tardia, a partir do II milénio a.C., aparecem infra-estruturas da época ramesida, descobertas em Qantir/Piramesses, no delta do Nilo, com capacidade de preparar o metal para tarefas tão grandes²²⁹. Até ao final da Idade Média / início da Época Moderna, tal fundição em tão larga escala seria uma opção arriscada, sendo necessários artesãos altamente qualificados, de forma a produzir, entre outros, sinos ou, mais tarde, enormes canhões²³⁰.

Antes de se começar o processamento do ferro fundido à escala industrial, a forjagem era o único procedimento usado para dar forma a objetos em ferro. Não constitui, portanto, nenhuma surpresa que, no início, o uso do ferro fundido não se encontrasse tão difundido, sendo que, mesmo mais tarde, este metal não conseguiu substituir totalmente o bronze. De facto, inicialmente o processo de produção de ferro de boa qualidade era particularmente complexo e demorado. O metal era, portanto, negociado não apenas como produto final, mas também sob a forma de barras de ferro, nas quais ficava

225 Gambaschidze 2001, 352 Nr. 258; Wirth 2003.

226 Mille et al. 2004.

227 P. ex., Aruz 2003, 79–81, 210–212 (J.-F. Lapérouse).

228 Eckmann – Shafik 2005; Müller-Karpe 2002.

229 Pusch 1990; Rehren – Pusch 1997.

230 Genericamente: Tylecote 1987, 229–231.

patente a qualidade do material. Alguns destes lingotes eram muito pontiagudos, o que demonstrava a alta ductilidade do produto.

Grandes quantidades destas barras foram armazenadas no famoso palácio Khorsabad de Sargão II (séc. VII a.C.) (fig. 14)²³¹. Além disso, o ferro era sem dúvida negociado e utilizado como moeda em várias formas, entre elas barras em forma de espada e barras de gusa. Esta última era partida ao meio por uma machadada ›simbólica‹, demonstrando assim a elevada qualidade do material²³². Por norma, os produtos finais eram não só produzidos individualmente, mas também em grandes quantidades e por encomenda: a investigação levada a cabo sobre os produtos de ferro celto-romanos de Magdalensberg, Caríntia, revelam uma série de produtos acabados ou semi-acabados, que terão sido encomendados por mercadores romanos, destinando-os ao mercado itálico²³³. No caso do norte da Europa, o arsenal descoberto nas turfeiras de Thorsberg e Illerup sugere a existência de uma produção em série, que equiparia um exército²³⁴. A partir do Bronze Final existem evidências para a existência de oficinas reais de armamento (p. ex., Boğazköy, Piramesse). Os Urartianos e os Assírios foram eventualmente os primeiros a tirar partido da abundante disponibilidade de ferro para empreenderem missões de expansão e domínio militar em larga escala²³⁵.

Para além de forjar e fundir, a técnica de cinzelagem martelando uma folha de metal para modelar uma forma tornou-se muito comum desde finais do IV Milénio a.C. Até um antigo recipiente em cobre de Samarra (VII milénio a.C.)²³⁶ aparenta ter sido modelado através da cinzelagem, o que não surpreende, já que a martelagem a frio era a técnica de formatação de metal mais usada. A cinzelagem através de martelamento encontrava-se muito difundida na produção de recipientes de metal a partir de finas chapas de bronze²³⁷. Este método de trabalhar o metal em contextos medievais foi posteriormente descrito por Theophilus Presbyter²³⁸. As chapas corriam sempre o risco de serem rasgadas durante o trabalho de martelagem o que limitava o tamanho dos recipientes que podiam ser produzidos. Os maiores recipientes podiam ser fabricados rebitando elementos isolados, após estes terem sido modelados por martelagem. Esta técnica que era muito comum no Bronze Final e na Pri-

meira da Idade do Ferro, na Europa²³⁹. Para lá da cinzelagem, os recipientes em bronze podiam ser modelados quer através de um molde de compressão (›repoussé‹), quer torneados²⁴⁰. Estas técnicas de trabalho podem muitas vezes ser reconstruídas, caso se identifique o vestígio da cavidade de uma pequena cavilha através da qual o metal se fixou à máquina giratória. Isto foi, por exemplo, o que aconteceu com a série de taças de prata do período Aqueménida: este ›tesouro‹ foi encontrado na gruta de Kalmakareh, no Irão Ocidental, sendo que todas as peças mostravam estas reentrâncias para as cavilhas²⁴¹.

5.17 Os processos de decoração (glossário grupo 17)

A decoração dos trabalhos em metal tem uma longa tradição que remonta ao IV milénio a.C.²⁴². Os primeiros entalhes policromos com diferentes metais ou pedras coloridas eram conhecidos na Mesopotâmia e áreas circundantes desde essa altura²⁴³; estes eram inseridos em encaixes de metal e fixados com colas, de alguma forma. O trabalho de entalhes policromos tornou-se mais tarde comum, mais concretamente durante o III e o II Milénio a.C. Estes estão indubitavelmente ligados à procura pelas elites de mais meios de prestígio, que incluem também a procura de ligas mais coloridas, como as que conhecemos de Arslantepe²⁴⁴, do depósito votivo ou tesouro de Nahal Mishmar²⁴⁵ ou até mesmo do trabalho metalúrgico combinado de prata e ouro, achado nas famosas Maikop-Kurgans, no norte do Cáucaso²⁴⁶. As técnicas de decoração monocromáticas registaram-se também em metais do mesmo período, as quais eram manifestamente variadas. A título de exemplo, a flâmula de Shahdad (túmulo 114, final do III Milénio a.C.) ostenta um trabalho de gravação típico²⁴⁷. Descobriu-se também um punção no local, que muito provavelmente seria utilizado na região para a gravação em relevo de chapas metálicas (as quais eram abundantes se tivermos em conta os achados no oásis de Shahdad²⁴⁸ e ainda os de Gonurtepe, no Turquemenistão, onde se acharam

231 Pleiner 1979; 2006, 24–26; Maddin 2003, 311, fig. 3.

232 Pleiner 2006, 23–52.

233 Straube 1996; Cech 2008.

234 Ilkjær 1993; 2003.

235 Pleiner – Bjorkman 1974.

236 Herzfeld 1930, 4; Schoop 1999, fig. 1.

237 Drescher 1988, 43–45.

238 Tylecote 1987, 243–245; sobre o caldeirão de Hochdorf: Biel 1996, 34–36 (G. Längerer).

239 Drescher 1984; 1988; Biel 1996, 29–31 (G. Längerer).

240 Mutz – Häuser 1969.

241 Stöllner et al. 2004, 794–395. Nr. 512–515.

242 P. ex. Mille et al. 2004.

243 Muitos exemplos em Aruz 2003.

244 Hauptmann et al. 2002.

245 Tadmor et al. 1995.

246 P. ex. Aruz 2003, 289–291.

247 Hakemi 1997, 270–271; Stöllner et al. 2004, 593, fig. 73.

248 Hakemi 1992.

testemunhos antiquíssimos de trabalho em repoussé²⁴⁹). No geral, várias técnicas bem conhecidas de trabalho a frio foram desenvolvidas e aplicadas no Próximo Oriente durante esse período. No período Uruk final, eram já aplicadas complexas técnicas de soldadura em Susa: por ex., a cauda de um cão pequeno em ouro encontrado neste sítio foi unida ao corpo do animal por soldadura (fig. 15)²⁵⁰.

No cômputo geral, estas técnicas refinadas de trabalho metalúrgico terão atingido seguramente um nível de sofisticação muito elevado durante essa época. Da comparação do mobiliário encontrado nos túmulos reais de Ur²⁵¹ com o trabalho em metal do túmulo de Tut-Anch Amun²⁵², destaca-se em ambos não só o elevado grau de sofisticação, como também o desenvolvimento que sofreram ao longo tempo. O número de incrustações e metais ter-se-á certamente multiplicado durante o III e o II Milénio a.C. A crescente complexidade e sofisticação do trabalho de ourives no Egito do II Milénio pode ser deduzida com base nos vários títulos e profissões, registados em fontes escritas. É comum os murais e as imagens dos túmulos do Império Novo (p. ex. o túmulo de Nebamun, em Tebas, ou a sepultura do vizir Rech mj Re, em Schech abd el Gurna, sepultura 100²⁵³) revelarem a existência de toda uma cadeia operatória, na qual também é possível identificar diversas técnicas de decoração. No III Milénio a.C., a invenção da granulação é comprovada pelos achados dos túmulos reais de Ur²⁵⁴. O princípio técnico subjacente à produção dos grânulos e da sua fixação através de uma técnica de soldadura com pó de malaquita, terá sido descoberto por volta dessa época. Este princípio tecnológico foi sendo transmitido e aperfeiçoado ao longo dos séculos. O trabalho dos ourives etruscos, que aplicaram uma técnica conhecida como ›granulação de pós‹ nos sécs. VII e VI a.C., pode ser seguramente considerado um dos melhores trabalhos de ourivesaria de sempre²⁵⁵.

A evolução das técnicas de trabalho metalúrgico face às maiores exigências decorativas fica bem patente no desenvolvimento das técnicas de douramento²⁵⁶. Entre o séc. III e o I a.C., na maioria dos casos o douramento era realizado aplicando camadas de ouro por cima dos objetos. Contudo, investigações recentes têm produzido evidências de utilização mais antiga desta técnica, designadamente no Cáucaso²⁵⁷ e em Portugal (Alentejo), onde os rebites de uma espada de cobre arsenical, datada da pri-



15 Cão de ouro, Acrópole de Susa. A cauda e a argola foram soldadas, representando duas das primeiras evidências para a aplicação desta técnica. Fotografia: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, M. Schicht. Cortesia do Louvre, Paris, Département des Antiquités orientales.

meira metade do II milénio a.C.²⁵⁸, e a cabeça de uma grande tacha de bronze do séc. X ou IX a.C.²⁵⁹ foram dourados cobrindo-os com uma folha de ouro por um processo mecânico, muito provavelmente por pressão e bruniamento sobre o anverso dos rebites e da tacha.

O uso do douramento por fogo ou amalgamação verifica-se a partir da segunda metade do I milénio a.C., com as primeiras encomendas, pelas elites gregas e romanas, de estátuas douradas. No início da Idade Média, o douramento pelo fogo tornou-se o método mais comum, sendo aplicado quase exclusivamente na Europa Central e no Próximo Oriente²⁶⁰. Era comum combinarem-se dois métodos, o da clara de ovo e o do mercúrio, para que as folhas de ouro aderissem ao objecto antes de ter lugar o douramento por exposição ao calor²⁶¹.

No entanto, a exímia técnica dos artesãos metalúrgicos sobressai sempre, em particular no uso de metais policromos com fins decorativos. As incrustações têm sido geralmente considerados um trabalho de alta qualidade, tanto em metal, como em madeira ou em outros

249 Sarianidi 1985; Aruz 2003, 347–375.

250 Tallon 1987, II, 3, 315, Nr. 1161, 265–266; Stöllner et al. 2004, 578 Nr. 31.

251 Zettler – Horne 1998.

252 Wiese – Brodbeck 2004.

253 Scheel 1989.

254 Tylecote 1987, 86.

255 Nestler – Formigli 1993.

256 Tylecote 1987, 238.

257 Stöllner 2018, 130–139; fig. 9.

258 Soares et al. (no prelo).

259 Valério et al. 2013.

260 Gunter – Jett 1993.

261 Bol 1985; Roth 1986.

materiais. Um bom exemplo disso são os entalhes metálicos negros, conhecidos como *aes corinthium*²⁶², 'Tumbaga' e 'Niello'.

As técnicas com que se produzem Tumbaga e Niello são semelhantes, mas constituem na verdade duas técnicas distintas²⁶³, podendo ser facilmente confundidas nos estudos macroscópicos. Visto as decorações superficiais terem de ser previamente preparadas por gravação, ambas as técnicas estão estreitamente relacionadas devido ao trabalho de gravação dos seus finos entalhes. A composição do Niello baseia-se numa fusão conjunta de prata, cobre, chumbo e enxofre, sendo este último responsável pela tonalidade escura. Antes desse passo era adicionado carvão, de forma a baixar a temperatura do pó do entalhe quando se aquecia todo o objeto metálico. Daí resultava que os objetos de prata, por exemplo, adquiriam um aspeto distinto, graças a este tratamento superficial. Os punhais achados nos famosos túmulos de poço de Micenas, do séc. XVI a.C., constituem um dos testemunhos mais antigos desta técnica²⁶⁴. Pelo contrário, o *aes corinthium* tal como o Tumbaga são ligas artificiais de cobre, ouro e prata que foram sujeitas a um processo de formação de pátinas, de forma a darem um aspeto mais brilhante e valioso ao objeto. Existem inscrições egípcias do II milénio a.C. que descrevem a existência de materiais semelhantes. Os artefatos hsmn km (cobre negro) eram usados como fundo para preciosos entalhes em ouro e prata²⁶⁵.

No geral, registam-se variações regionais e temporais nos tipos de decoração preferidos. As incrustações, por exemplo, de prata em ferro (baseados na moldagem por compressão de joalheria ou de outros metais decorados) eram muito apreciados nos primeiros tempos medievais. Outro exemplo são as decorações recorrentes com base nas incrustações de cobre no trabalho em ferro de Hallstatt, remontando ao início do séc. VI a.C.²⁶⁶. Todos estes estilos de decoração do metal se desenvolveram a um nível tecnológico elevado pelo menos desde os mais recentes períodos pré-históricos. Este conhecimento não existiria seguramente apenas no 'Velho Mundo', pois atestam-se vários exemplos do intercâmbio com o Extremo Oriente²⁶⁷.

5.18 A operacionalização e a organização: os mineiros e os metalúrgicos

A operacionalização de uma mina é uma tarefa complexa e exigente, seja sob o prisma da mina ou da oficina de redução em si, isto é, sob uma perspectiva mais tecnológica; uma outra perspetiva, mais geral, é a que envolve também as sociedades e o desenvolvimento da paisagem envolvente ao longo desse processo (ver abaixo). Na maioria dos casos, uma discussão fundamentada não é possível tendo em conta a escassez de informação arqueológica disponível. As escavações continuam a ser realizadas a uma escala limitada, se levarmos em consideração a relevância das problemáticas. No geral, não dispomos de dados, por exemplo, sobre questões da eficiência do trabalho, do desgaste, dos horários de trabalho, da inclusão de mulheres e crianças na força de trabalho, ou do recurso a animais²⁶⁸. A mineração do sílex, por exemplo, só pôde até agora ser estudada do ponto de vista tecnológico, já que são raros os cemitérios ou povoados que possam ser associados exclusivamente aos mineiros de sílex. Esta circunstância não será um mero acaso, sendo provável terem existido padrões organizacionais específicos, que ainda não foram suficientemente discutidos. Os achados superficiais, bem como a densa dispersão dos poços de mineração sugerem operações de curta duração ou mesmo a sua contemporaneidade. Mas estes factos podem levar a conclusões precipitadas se não houver um conhecimento detalhado do período de atividade, o qual é um dos principais fatores a determinar pela arqueologia mineira. A área de mineração de sílex em Abensberg, por exemplo, revela-nos que foram minerados 18000 poços ao longo de quase 700 anos²⁶⁹, o que em média equivale a 11–25 poços por ano. Trata-se de um trabalho notável para uma comunidade tão pequena. O padrão geral de distribuição deve ser considerado ao estabelecer um modelo de abastecimento para o trabalho de mineração²⁷⁰. A presença de centenas de hastes de veado num local de mineração específico pode ser indício de um fornecimento centralmente organizado no exterior. Ao mesmo tempo, este fenómeno pode ser um testemunho de uma comunidade especializada em mineração, que geria ela própria todo o trabalho, organizando ainda o acesso a um número adequado de ferra-

262 Giurlia-Mair – Craddock 1993.

263 Bauer – Rossmann 1964/65; La Niece 1983.

264 Photos et al. 1994.

265 Giurlia-Mair – Craddock 1993.

266 Drescher 1984; 1988.

267 Alguns exemplos em: Maddin 1988.

268 Weisgerber 1995; existem exceções, tais como a mina de sal de Chehrabada, onde não apenas os corpos (múmias) fornecem informações sobre os grupos de trabalho, mas também se atestou que os burros transportavam carga durante o período sassânida: Aali – Stöllner 2015.

269 Engelhardt – Binsteiner 1988.

270 Stöllner 2003b; Topping – Lynott 2005.

mentas, durante a preparação de expedições mineiras sazonais. Estas questões terão de ser cuidadosamente debatidas ao pormenor, no que toca às circunstâncias espaciais, intercâmbios culturais e padrões de subsistência local.

O abastecimento vindo do exterior terá assumido um impacto ainda maior na mineração de cobre e do sal durante as Idades do Bronze e do Ferro Alpinas²⁷¹. As mais recentes investigações multidisciplinares vieram lançar luz sobre alguns dos fatores. De todas as formas, é necessário sublinhar o importante papel do abastecimento local das comunidades pastoris do hinterland. As comunidades da mineração do sal na Idade do Ferro em particular permitem-nos estabelecer um modelo coerente, visto que, para além das minas, também os povoados e os cemitérios têm sido investigados. Neste momento, a existência de redes de comércio e de abastecimento é evidente, encontrando-se estas bem investigadas. As estruturas à superfície e os padrões de criação de gado são uma prova inegável da transformação de carne como o segundo valor económico mais importante baseado no sal.

Em relação à Antiguidade, existem fontes literárias, tais como as tábuas de Vipasca (legislação mineira)²⁷², as tábuas contratuais de Roşia Montana, ou as descrições circunstanciais da mineração na antiguidade em Espanha, Grécia ou Egito, que fornecem dados importantes²⁷³. Ainda assim, as condições de trabalho e os padrões organizacionais poderão ter conhecido grandes variações, sendo difícil definir quais os fatores relevantes para cada estrutura de produção. Encontrou-se uma inscrição na mina romana de Wallerfangen, que atestava, neste caso, a concessão da *officina*, a um certo Emilianus²⁷⁴. Porém, também neste caso se desconhece de que forma estava organizado o trabalho.

Mais difícil ainda é recolher informações sobre os próprios trabalhadores, sendo impossível individualizar homens, mulheres e crianças. É-nos particularmente difícil aferir o seu estatuto social, condições de saúde e nível de formação profissional²⁷⁵. Desconhece-se a eventual existência de um grupo de trabalho altamente especializado e profissionalizado, consistindo em mineiros, carpinteiros, carregadores, transportadores de água ou operadores de grua, fundidores ou ferreiros. No geral, é legítimo presumir que estes grupos de trabalho

se tenham tornado cada vez mais diferenciados, à medida que o crescimento das atividades operacionais ocorria. Para além das múmias dos mineiros norte-americanos do gesso e de sal²⁷⁶, do ›Lost John‹ na Mammoth Cave, no Kentucky²⁷⁷, ou dos restos mortais dos trabalhadores encontrados nas minas de sal nos Alpes Orientais²⁷⁸, casos em que a excelente preservação dos materiais orgânicos permite estudar a alimentação e o estado de saúde, raramente se consegue obter informação detalhada. Viver e trabalhar num espaço tão exíguo obviamente tornava o ambiente altamente propício à disseminação de doenças. Tal pode ser demonstrado por exemplos, como o facto de quase 100% dos mineiros em Hallein-Dürrenberg estarem contaminados por parasitas intestinais²⁷⁹. No cemitério de Hallstatt, existem marcas de abrasão bem visíveis especialmente em esqueletos femininos, que indicam a existência de forte stress unilateral no trabalho. Este stress podia dever-se ao transporte de cargas pesadas²⁸⁰, havendo numerosas situações análogas historicamente, em que sobretudo as mulheres teriam de realizar essa tarefa.

A contaminação por chumbo e metais pesados também é registada pontualmente em comunidades mineiras. No cemitério medieval do Brüdernkloster²⁸¹, em Goslar, tais contaminações deviam-se obviamente às condições de vida tóxicas na proximidade das oficinas de fusão redutora²⁸². Não foi, porém, testado sistematicamente se desta forma se poderiam identificar os fundidores, isolando-os como grupo profissional. Mais complexo ainda é distinguir os fundidores com base em fontes arqueológicas. Os locais de fundição normalmente não contêm muitos restos que possam fornecer informações sobre o estatuto social das pessoas que ali trabalhavam. A descoberta de cardamomo e videiras na área de fundição na Johanneser Kurhaus (séc. XIII d.C.)²⁸³, situado nas montanhas Harz, apontam para a aceitação social e posses de que os fundidores, ao menos na Idade Média, gozavam.

Por vezes encontram-se indícios relativos às atividades nos tempos livres. Em Feinan, no IV Milénio, existiam mesas e pedras de jogo, descobertas tanto no povoado, como na mina²⁸⁴. São muitas as lendas medievais que mencionam a popularidade do jogo dos pinos (skittle) como atividade de lazer para os mineiros. No povoado mineiro medieval em Siegerland foram encontrados

271 Barth – Grabner 2003; Stöllner 2003a; 2003b; 2019a; Boenke 2005.

272 Schönbauer 1969; Flach 1979; Lazzarini 2001.

273 Wilsdorf 1952; Noeske 1977; Domergue 2008.

274 Recentemente: Weisgerber – Sprave 2000; Körlin 2012.

275 Aspöck et al. 2007.

276 Morris 1928; Kleinmann 1974; Chabot – Bostwick 2015.

277 Tankersley et al. 1989.

278 Aspöck et al. 2007.

279 Ibid.

280 Pany 2005.

281 Alemão; português: Mosteiro dos Irmãos.

282 Seegers-Glocke 2000.

283 Alper 2003.

284 Weisgerber 2006a.

cones e bolas de ›skittle‹²⁸⁵. Foram ainda descobertas outras pedras lisas utilizadas em jogos neste povoado, bem como num sítio contemporâneo próximo de Sulzburg, na Floresta Negra.

É raro conseguir-se identificar fundidores ou mineiros através de rituais funerários específicos, preservados em cemitérios. Um dos exemplos mais antigos são martelos com sulco, identificados como oferenda funerária em sepulturas do início do II milénio a.C., no sítio de mineração de estanho em Askaraly (Cazaquistão Oriental)²⁸⁶. Todavia, ferramentas de trabalho, sobretudo as dos carpinteiros ou ferreiros, devem ser interpretadas sob vários prismas: frequentemente colocadas em contextos rituais mais amplos, não refletiriam apenas a profissão da pessoa sepultada. Em muitas sepulturas relacionadas com povoados mineiros não existem vestígios destes rituais. Em relação ao caso das minas de sal alpinas, é extremamente difícil identificar quais seriam realmente as sepulturas dos mineiros, a partir das dádivas de sepultura. Aliás, é praticamente impossível fazê-lo sem recurso a ferramentas da antropologia física moderna (ver acima).

O estudo das catástrofes mineiras permite aceder a outra fonte de conhecimento sobre os antigos mineiros. Os exemplos mais famosos provêm das minas de sal pré e proto-históricas, sendo que existem registos do início da Época Moderna que mencionam a descoberta de três mineiros mortos, durante o I milénio a.C., nas minas de sal austríacas²⁸⁷. Existem outros exemplos de corpos bem preservados, recentemente descobertos numa mina de sal iraniana, dos períodos Acménida e Pártio, claramente soterrados devido a um terramoto²⁸⁸. Outras vítimas ainda foram encontradas em minas de cobre pré-históricas na América do Sul²⁸⁹. Durante mais de 100 anos, pensou-se que os esqueletos encontrados em minas de sílex na Bélgica seriam vítimas neolíticas dessas minas. Porém, através de novas medições radiométricas, verificou-se serem muito mais recentes ou mesmo fraudes²⁹⁰. No caso das ›vítimas‹ da mina de cobre espanhola de El Aramo (Astúrias), veio a constatar-se que estas tinham sido simplesmente enterradas ali²⁹¹.

Responsável por mais de 50 mortes, a maior catástrofe mineira da pré-histórica deu-se numa mina de cinábrio da Anatólia, perto de Konya, provavelmente datando do Calcolítico, na qual um desabamento de terras inesperado terá bloqueado a entrada da mina²⁹².

5.19 Os direitos de mineração e as leis do trabalho mineiro

Sabe-se que, desde a Antiguidade, o trabalho mineiro era frequentemente efetuado por escravos ou prisioneiros. Os primeiros cristãos no Egipto, por exemplo, podem constituir um exemplo interessante, pois foram condenados a trabalhar nas minas: *damnatio ad metallam*²⁹³. Na Grécia Antiga, o trabalho escravo formava a base da produção de prata em Laurion (fig. 16). Mais tarde, a escravatura viria, por vezes, a dar um contributo, mas apenas complementar, colmatando a falta de trabalhadores mineiros especializados, de forma a satisfazer a procura da produção em massa²⁹⁴. Não existem testemunhos claros de que a escravatura fosse empregue na Pré-História. Outro assunto em discussão é o do trabalho feminino nas minas, algo que ainda não foi confirmado de forma esclarecedora, visto que os indícios de stress ocupacional, devido ao transporte de cargas pesadas, não se encontram necessariamente ligados ao trabalho subterrâneo. Aliás, no início da Época Moderna, em Hallstatt, os pesados blocos de sal eram carregados vale abaixo por mulheres (denominadas ›Kerntragerweiber‹)²⁹⁵. Acresce que, infelizmente, o tamanho do calçado tanto pode ser atribuído a mulheres como a jovens do sexo masculino (fig. 5)²⁹⁶. No sentido contrário, o trabalho infantil é claramente atestado através da presença de sapatos muito pequenos, podendo ter sido do senso comum ensinar às crianças o ofício do pai, ao mesmo tempo que as utilizavam para tarefas específicas desde tenra idade. Ainda hoje, o trabalho infantil é muito comum e considerado normal em pequenas empresas familiares. Tal aplica-se especialmente a regiões na periferia de minas e pedreiras de grandes dimensões e tecnologicamente avançadas, como as que existem na América do Sul, África e Ásia.

A mina carolíngia de Melle, em França, é um bom exemplo de que até as dimensões da mina refletem a situação legal predominante. As áreas de mineração mais pequenas eram tendencialmente exploradas individualmente por empresários, que teriam de pagar pela concessão do espaço²⁹⁷. Este modelo de exploração levou ao aparecimento de pequenas minas, muito próximas umas das outras, por vezes colidindo umas com as outras. Por esse motivo, o registo cartográfico e a medição de cada

285 Dahm et al. 1998, Bd. 2, 191–192.

286 Stöllner et al. 2012.

287 Barth 1989; Schatteiner – Stöllner 2001.

288 Aali 2005; Aali – Stöllner 2015.

289 Chuqicamata: Weisgerber 2006b.

290 Weisgerber et al. 1999.

291 Uria Rui 1979.

292 Sharpless 1908.

293 Geerlings 1983.

294 Rosumek 1982.

295 Morton 1954, 67–70.

296 Stöllner et al. 2003a.

297 Téreygeol 1999; 2002.

campo onde cada uma destas pequenas minas se inseria ter-se-á revestido de grande importância. Aparentemente, tais concessões eram outorgadas a privados na época romana. O empresário Emilianus, ao qual se refere a inscrição de Wallerfangen, ao lado da entrada da galeria superior, que tem o seu nome, é o mais antigo exemplo conhecido.

Já em fontes antigas como as tábuas de Vipasca são referidos os direitos de mineração²⁹⁸. Em relação às minas exploradas pelo imperador ou pela administração governamental, existe vasta informação sobre a participação do exército romano (como, p. ex., em Três Minas²⁹⁹). Já dos inícios da Época Medieval, existem fontes, como as disposições governamentais do rei ou imperador germânico, que concedia empréstimos a cidades, aristocratas ou mosteiros, autorizando a mineração e metalurgia em certa área (p. ex., na Floresta Negra)³⁰⁰. A outorga do direito mineiro deixou, mais tarde, de ser exercida pelo rei ou imperador, passando para as mãos dos soberanos dos estados regionais, na prática independentes. De forma a facilitar e promover o desenvolvimento da mineração e metalurgia nas suas propriedades, os governos concediam frequentemente um direito de liberdades especial, válido em particular em aldeias e cidades mineiras³⁰¹. Estas comunidades estavam em regra dotadas de uma jurisdição própria, gozando de elevada independência. No entanto, a existência de um estatuto legal especial para os mineiros é algo que não pôde ser ainda comprovado em épocas anteriores.

5.20 A ideologia

A etnografia mostra claramente que a exploração de minerais foi ao longo dos tempos amiúde entendida como uma perturbação das propriedades que pertenciam aos deuses subterrâneos. Este conceito estritamente ritual era acompanhado por um tabu, proibindo geralmente a mineração ou, noutros casos, permitindo-a apenas a grupos sociais específicos (tais como pessoas iniciadas, a quem se autorizava o acesso a uma fonte). Existem indicações no sentido da mineração pré-histórica também ter obedecido a uma ritualização semelhante³⁰². Outra informação fornecida pela etnografia prende-se com o preenchimento sistemático das cavidades com entulho, de for-



16 Nápoles: tigela de figuras negras com a pintura de um es-cravo, provavelmente de uma mina, como demonstra a grillheta. Um objecto como este, uma grillheta, foi encontrado nas minas de Laurion, Grécia (Weisgerber 2002b).

ma a sarar a ferida infligida. Estes preenchimentos foram documentados em minas de sílex pré-históricas³⁰³, na mina de cobre do V milénio em Ai Bunar³⁰⁴, ou até na mina de cobre do II milénio a.C. em Arthurstollen (na região de Mitterberg, na Áustria)³⁰⁵. Certos deuses específicos eram também alvo de culto. Em Grimes-Graves (GB 13), achou-se uma estatueta de matrona em calcário, infelizmente sem contexto seguro³⁰⁶. Nas minas de cobre de Rudna Glava, do período Vinča, encontraram-se pequenas caixas feitas com lajes de pedra, nas quais haviam sido depositados martelos de pedra, peças de olaria e, também, pequenos altares em cerâmica³⁰⁷. Igualmente notável é o pequeno sistema de túneis em miniatura, encontrado perto da superfície numa área de fundição da Idade do Bronze, em Kargaly, um complexo mineiro de cobre eurasiático. A dada altura, este sistema foi preenchido com entulho mineiro, cerâmica e restos ósseos de animais³⁰⁸. Terá esta estrutura servido para prestar culto a um deus local, ou para proceder à iniciação de jovens mineiros? Em Chipre, não configura qualquer surpresa que a riqueza em cobre, assim como o seu processamento e manufatura do metal, tenha dado origem a certas

298 Flach 1979; Lazzarini 2001.

299 Wahl 1988.

300 Genericamente em diversos aspetos: Bartels 2006, esp. 186–187.

301 P. ex. Hägermann – Ludwig 1986.

302 Em jeito de conclusão: Stöllner 2008a; examples from ethnography: Pétrequin et al. 2012, 27–47 (P. Pétrequin, A.-M. Pétrequin); Kienlin – Stöllner 2009, 73–76.

303 Vários exemplos in Weisgerber et al. 1999.

304 Chernykh 1978.

305 Stöllner et al. 2009.

306 Mercer 1980.

307 Jovanovic 1982.

308 Chernykh 2003.

práticas rituais, relacionadas diretamente com a metalurgia. Matthäus e Schumacher-Matthäus³⁰⁹ identificaram uma ligação ritual entre depósitos do Bronze Final e a metalurgia em povoados, bem como a sua organização por parte da administração do templo (o que se reflete, entre outros, nos achados de ferramentas de artesão, lingotes em miniatura, escórias, figuras de um deus com chifres e de uma deusa em cima de um lingote com a forma de pele de boi). Tudo isto é demonstrativo da importância destes rituais para a economia³¹⁰, bem como

para riqueza da ilha e da sua população, em geral. Na Europa Central, existe uma assinalável concentração, em pedreiras romanas, de evocações, inscrições e relevos de *Hercules Saxanus*³¹¹. Apesar de se conhecerem alguns exemplos, os rituais de mineração permanecem muitas vezes ocultos, como é o caso nas minas de sal em Hallsstatt e Hallein. Impõe-se uma análise cuidada, de forma a não sub ou sobrestimar a evidência arqueológica, que poderá ser frequentemente enganosa.

6. Fatores teóricos com influência sobre a economia mineira e a produção de matéria-prima (tab. 4)

Existem certos fatores processuais essenciais que beneficiaram a exploração em larga escala e a respetiva sustentabilidade. Essas explorações em larga escala afetaram fundamentalmente paisagens, sistemas sociais e, em última análise, economias regionais³¹². Tais processos são, em regra, o resultado de uma utilização cada vez mais extensa, ou a longo prazo, de determinadas jazidas, o que se verificava antes da emergência de formas mais concentradas de exploração. Não obstante, esta evolução não foi de modo algum uniforme. Dentro deste contexto existem pré-requisitos essenciais para uma extração de matéria-prima sustentável e comercialmente viável, tais como:

- A qualidade, acessibilidade e sustentabilidade de um depósito mineral não são apenas fatores determinantes para as técnicas de extração, mas ainda para os processos de mineração a longo-prazo.
- As paisagens e zonas económicas representam fatores básicos para a subsistência das regiões mineiras e metalúrgicas, assim como para os campos de mineração, como por exemplo a problemática dos recursos combustíveis pode claramente demonstrar. O mesmo pode ser dito da estrutura do hinterland agrícola.
- A localização geográfica é responsável pela aquisição de estruturas e mercados, sendo estes decisivos para o desenvolvimento com êxito dos processos de mineração. Existem laços especiais entre o comércio, os mercados e o hinterland, no que toca à extração permanente de depósitos. Os mecanismos básicos da oferta

e da procura dependem das redes comerciais, cuja eficiência tem, ao longo do tempo, influência direta no êxito do processo de extração.

- As capacidades técnicas específicas da mineração e do processamento metalúrgico são outro pré-requisito importante, ao potenciarem o desenvolvimento e os resultados da ›produção‹ em minas e oficinas metalúrgicas. As formas através das quais se processaram as inovações (como a introdução de ideias através de processos autóctones ou de difusão), assim como o estabelecimento de tradições laborais a nível local (formação de especialistas e a importância do trabalho infantil) são fatores-chave a conhecer.

As estruturas espaciais dos processos de mineração refletem igualmente uma certa estratificação temporal. Em muitos casos, a estrutura das regiões mineiras espelha o aumento produtivo, responsável por alterações de monta na produção e tecnologia, na estratégia de povoamento e na gestão de recursos e na própria exploração (agricultura, recursos combustíveis) (tab. 5). Muitas vezes, estes desenvolvimentos tiveram um impacto substancial ao nível ecológico e social. Este processo é definido como ›a fase de impressão‹, ou ›processo de impressão‹, ao qual sucederia por vezes a mineração esporádica e produção sazonal (›fase extensiva‹)³¹³. Tais fases de impressão são vistas como processos socio-económicos que transformam uma área natural e/ou uma área de cultivo agrícola numa zona económica (como, p. ex., as ›Gewerbe-/Montanlandschaften‹, isto é, ›regiões de ne-

309 Matthäus – Schumacher-Matthäus 1986.

310 Buchholz 1959; Gale – Stoss-Gale 1986.

311 Krohn 2003.

312 Stöllner 2003b; 2008a; 2014; 2015a; 2017.

313 Stöllner 2003b.

Meio natural	<ul style="list-style-type: none"> - Qualidade, sustentabilidade e acessibilidade da matéria-prima - Pré-condições ecológicas no panorama natural (condições favoráveis ao povoamento; condições favoráveis a economias de subsistência) - Pré-condições para a mobilidade, em particular do comércio de longa distância
Meio cultural	<ul style="list-style-type: none"> - Equilíbrio económico à escala regional com a economia de subsistência (p. ex. fatores de stress nos entornos) - Importância do <i>hinterland</i> (dimensão, estrutura do povoamento) linhas de comunicação regionais e a sua melhoria - “Competências sociais” (conhecimento tecnológico transmitido; organização local a nível tribal e político)
Formas de produção	<ul style="list-style-type: none"> - Reconstrução do processo tecnológico (<i>chaîne opératoire</i>) - Nível de especialização - Interação e repartição de tarefas
Duração no tempo	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Longue durée</i> em meios especializados (fases de <i>imprinting</i> em regiões de mineração) <ol style="list-style-type: none"> 1. Fase inicial ou de invenção 2. Fase de estabilização ou consolidação (radiação) 3. Fase “industrial”
Sociedade (tradição étnica, social e cultural)	<ul style="list-style-type: none"> - Tradição no ofício - Controlo social dos ganhos e da sua distribuição - Integração de diferentes grupos étnicos ou sociais (crianças, mulheres, forasteiros, etc.)
Formas de comércio	<ul style="list-style-type: none"> - Dependência do comércio (padrão ou dimensão espacial do comércio; importância em relação à dimensão económica) - Organização do comércio (técnica e logística; social: trocas e simbioses com outros grupos) - Nível de comércio (p. ex. comércio de longa distância, comércio por etapas, portos de comércio)
Processos históricos	<ul style="list-style-type: none"> - Alterações na estrutura da procura e oferta (devido a crises, epidemias, guerras, etc.) - Alterações na procura relativa a rituais ou modas - Inovações tecnológicas - Processos de colonização

Tab. 4 Fatores-chave teóricos de uma economia da produção mineira (de matérias primas) (segundo Stöllner 2014, Tab. 1)

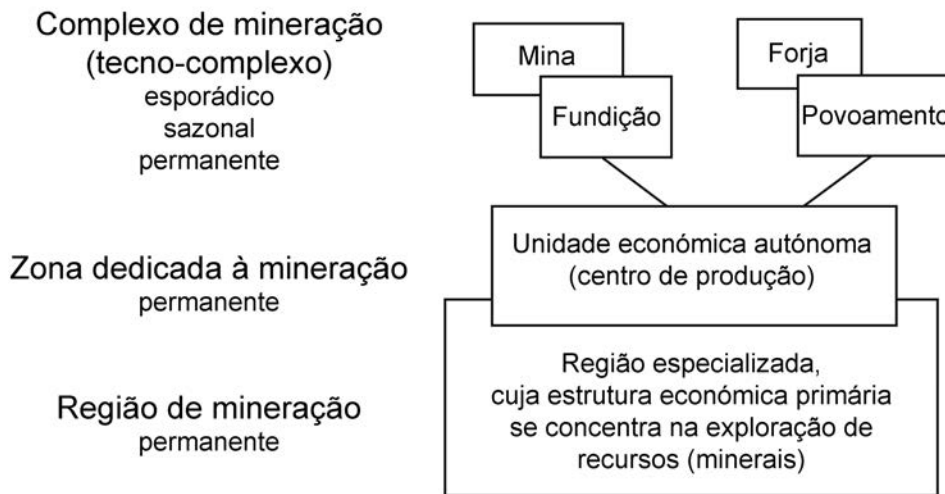
gócio e mineração»³¹⁴. Assim, o termo «zona económica» abrange a adoção de novas estratégias económicas responsáveis por alterações fundamentais em áreas e regiões de maior extensão. A introdução de novas tecnologias poderia, na verdade, produzir resultados diferentes. De acordo com as paisagens e as respetivas pré-condições naturais, é possível observar uma variabilidade na adaptação local das tecnologias. Um destes casos foi a

invenção de fornalhas aproveitando a energia eólica, al-gures no Médio Oriente, que permitiam uma maior capacidade de fundição, demonstrada por quantidades apreciáveis de escória, deitada fora propositadamente em grandes montanhas de rejeitos³¹⁵. Por outro lado, os primeiros passos no desenvolvimento de um novo processo tecnológico dificilmente poderiam deixar vestígios arqueológicos, pelo que apenas podem ser objeto de

314 Stöllner 2003b; 2008a; v. ainda Stromer 1986; Bartels 2006, 201–203.

315 Hauptmann 2007a.

Estruturas espaciais em regiões de mineração (ou zonas metalúrgicas)



Tab. 5 Esquema das estruturas espaciais das primeiras empresas de mineração e sua interligação em modo funcional (de acordo com Stöllner 2008, fig. 31).

reflexões teóricas³¹⁶. Tal premissa aplica-se geralmente a todos os períodos, em particular no que toca à exploração de matéria-prima, que inicialmente se concentrava principalmente em formações minerais mais acessíveis. As fases mais antigas e menos relevantes da mineração foram frequentemente ocultadas por força das fases industriais. Um dos exemplos mais conhecidos é o de Chipre, onde as fases iniciais da mineração e fundição eram determinadas através do estudo dos bens de comércio, dos dados metalúrgicos e das oficinas encontradas em povoados, mas quase nunca com base na identificação dos locais de fundição e mineração³¹⁷. Em Feinan, os exemplos de sítios de produção inicial (EBA I- Idade do Bronze Inicial I) são mais raros que os posteriores, do III Milénio. Até agora, os locais de exploração de óxidos de cobre, usados como «pedras verdes» no Neolítico não foram ainda localizados³¹⁸. Também é difícil encontrar fundições em povoados do V e início do IV Milénio a.C., pois os escassos vestígios metalúrgicos produzidos pela fusão redutora só terão sobrevivido até aos nossos tempos contando com condições extremamente favoráveis. Noutros sítios de exploração mineira obtiveram-se, no geral, resultados semelhantes.

A determinação do período de tempo destas «fases de impressão», que normalmente se arrastavam por vários séculos, é outra dessas pré-condições³¹⁹. Neste caso, deve

distinguir-se entre processos originados em áreas extensas e pequenas áreas mineiras. Em termos globais, deve-se separar qualquer forma de exploração a curto-prazo, tal como as expedições, o fenómeno da corrida ao ouro ou «vastas» explorações esporádicas, mesmo que tenham atingido grande dimensão e requerido operações de mineração massivas³²⁰. A periodicidade temporal de uma área mineira ou metalúrgica é influenciada por diversas variáveis, as quais devem ser consideradas caso o caso.

Um modelo trifásico parece uma solução útil para a descrição dos «processos de impressão» locais e regionais.

- Uma fase «inicial» ou «de invenção» caracteriza-se pela introdução de um novo conceito (uma nova tecnologia ou novas estratégias de exploração) numa área de depósitos minerais ou numa paisagem. Esta vai suplantando a «fase anterior» de exploração a tempo parcial.
- A «fase de estabilização ou consolidação» («fase de irradiação»; «fase de disseminação tecnológica») leva às primeiras aplicações de sucesso e à formação de unidades de trabalho eficientes (difusão regional). Estas exercem uma influência substancial sobre a sociedade e meio-ambiente locais, por exemplo quando uma exploração com êxito resulta em grandes melhorias nas condições de vida, na emergência de novas profissões

³¹⁶ Ludwig 1982.

³¹⁷ Knapp 1986; 1994; 1999; Knapp et al. 1998a.

³¹⁸ Hauptmann 2000; 2007a.

³¹⁹ Stöllner 2003b, 430–431.

³²⁰ Ibid. 432–434.



Tab. 6 Modos de produção e sua relação com os 'processos de impressão' (exploração intensiva) (de acordo com Stöllner 2008).

e no desenvolvimento das estruturas sociais. No contexto regional, é muitas vezes difícil diferenciar as fases iniciais da de consolidação, tal como no caso da produção de cobre EBA I em Feinan, em que no final foram estabelecidos pelo menos dois núcleos de produção (tab. 2 e glossário grupo 3)³²¹. Talvez a área mineira de Wadi Fidan tenha sido o núcleo original de uma primitiva irradiação regional da economia e tecnologia do cobre. Em contraste, a tecnologia de produção de cobre alpina (técnicas de mineração e fundição) espalhou-se por toda a área dos Alpes Orientais durante o Bronze Médio, depois de vários centros locais de exploração terem já estado a funcionar com êxito desde o fim do Bronze Inicial. Numa escala regional, ou mesmo interregional, esta extensão (consolidação) tornou-se a base para a fase ›industrial‹ generalizada do Bronze Final.

- A ›fase industrial‹ (›fase estabelecida‹, ›fase inovadora‹) é caracterizada por um nível de exploração à escala regional em combinação com repercussões consideráveis sobre a sociedade e o meio-ambiente local, bem como sobre toda a paisagem cultural. O termo ›indústria‹ não é usado em conexão com ›industrialização‹, referindo-se antes à produção em massa frequente e padronizada.

Assim sendo, as ›regiões mineiras‹ e os ›áreas mineiras‹ são normalmente o resultado de um processo de longa duração (›longue durée‹³²²), que decorre ao longo de centenas de anos, culminando nalguma forma de ›fase industrial‹ (tab. 6. 7). Os arqueólogos têm sido capazes de determinar um ›estádio inicial‹, durante a qual emergiram novos métodos de exploração e novas estruturas comerciais. Infelizmente, a identificação de uma fase conhecida como ›de extensão‹³²³, onde se dá o uso e a proliferação de novos conceitos de exploração a uma escala mais ampla, tem-se revelado extremamente difícil. As principais diferenças entre cada uma das regiões económicas (p. ex. a área Alpina, a Estepe, o planalto e as planícies do Médio Oriente) podem ser fundamentadas no âmbito das suas estratégias comerciais e de subsistência, relativamente únicas em cada caso e fortemente sujeitas, em larga medida, à influência de fatores climáticos e geográficos.

A especialização regional centrava-se frequentemente em áreas que continham condições naturais adequadas, tais como recursos de combustíveis, para o processo de fusão redutora, nas proximidades das próprias minas. No entanto, também o sistema económico, o conceito de propriedade e ainda os padrões comerciais dominantes eram fatores maiores influenciando directamente a velocidade e o dimensão da exploração. A região alemã do Harz é um dos casos em questão, onde a peste europeia de 1346/47, a escassez de madeira e, por último, os eleva-

321 Hauptmann 2007a; v. também Stöllner 2003b.

322 Braudel 1972; 1992.

323 Stöllner 2003b; Stöllner 2008a.



Tab. 7 Esquema dos principais componentes das economias mineiras nas sociedades primitivas.

dos custos da extração de minério a maior profundidade levaram a uma redução considerável da produção, entre o final do séc. XIV e o início do séc. XV d.C.³²⁴. Os desastres económicos e ecológicos no processo produtivo tiveram consequências diretas para a fase ›industrial‹ da mineração. Todavia, existem indícios de que tais catástrofes não constituíam, de forma alguma, um resultado precipitado ou inevitável. A apropriação das jazidas por parte de antigas estruturas para-estatais, países ou até privados influenciou e, na verdade, favoreceu os sistemas de ex-

ploração. Embora estes desenvolvimentos de carácter intensivo no âmbito mineiro, especialmente durante a sua fase ›industrial‹, tenham amiúde sido a principal razão para o seu declínio final, continua a ser motivo de debate se os contemporâneos tinham ou não noção destes ›ciclos viciosos‹. As primeiras fases de exploração muitas vezes evidenciam conceitos de sustentabilidade mais sólidos que estavam ligados a normas religiosas específicas e a uma identificação cultural, como se verifica em Chipre e nos Alpes.

324 Bartels 1997.

Bibliografia

- Aali 2005** A. Aali, Salt Men (Tehran 2005)
- Aali – Stöllner 2015** A. Aali – Th. Stöllner (Hrsg.), The Archaeology of the Salt Miners. Interdisciplinary Research 2010–2014, *Metalla* (Bochum) 21, 1/2, 2014 (2015), 1–141 (Persian 143–216)
- Agricola 1556** G. Agricola, Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, dtv bibliothek 6086 (Chemnitz 1556, München 1977)
- Alimov et al. 1998** K. Alimov – N. Boroffka – M. Bubnova – J. Burjakov – J. Cierny – J. Jakubov – J. Lutz – H. Parzinger – E. Pernicka – V. Radililovskij – V. Rusanow – T. Shirinov – D. Starshinin – G. Weisgerber, Prähistorischer Zinnbergbau in Mittelasien, *Eurasia Antiqua* 4, 1998, 137–199
- Alper 2003** G. Alper, Johanneser Kurhaus. Ein mittelalterlicher Blei-/Silbergewinnungsplatz bei Clausthal-Zellerfeld im Oberharz, Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens 32 (Hannover 2003)
- Andree 1922** J. Andree, Bergbau der Vorzeit, Bd. 1 Bergbau auf Feuerstein, Kupfer, Zinn und Salz in Europa (Leipzig 1922)
- Antonacci Sanpaolo 1992** E. Antonacci Sanpaolo (Hrsg.), Archeometallurgia - ricerche e prospettive. Atti del colloquio internazionale di archeometallurgia, Bologna 18–21 ott. 1988 (Bologna 1992)
- Ardaillon 1897** E. Ardaillon, Les mines du Laurion dans l'antiquité (Paris 1897)
- Aruz 2003** J. Aruz (Hrsg.), Art of the First Cities. The Third Millenium B.C. from the Mediterranean to the Indus. Catalogue Metropolitan Museum of Arts (New York 2003)
- Aspöck et al. 2007** H. Aspöck – N. Boenke – W. Kofler – K. Oegg – O. Picher – Th. Stöllner, The Dürrnberg Miners during the Iron Age. New Results by Interdisciplinary Research, in P. Trebsche – I. Balzer – C. Egg – J. Koch – H. Nortmann – J. Wiethold (Hrsg.), Die unteren Zehntausend – auf der Suche nach den Unterschichten der Eisenzeit. Jahrestagung des West- und Süddeutschen Verbandes für Altertumsforschung Xanten 2006. Beiträge zur Sitzung der AG Eisenzeit, Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 47 (Langenweissbach 2007) 109–126
- Auhl 1986** I. Auhl, The Story of the ›Monster Mine‹. The Burra Burra Mine and its Townships 1845–1877 (Burra, South Australia 1986)
- Bailey 1972** D. M. Bailey, Greek and Roman pottery lamps (London 1972)
- Bailey 1991** D. M. Bailey, Lamp Metal, Lamps Clay A Decade of Ppublication, *Journal of Roman Archaeology* 4, 1991, 51–62
- Bailly-Maître 1993** M.-Ch. Bailly-Maître, Les méthodes de l'archéologie minière, in Francovich 1993, 237–264
- Barber et al. 1999** M. Barber – D. Field – P. Topping, The Neolithic Flint Mines of England (London 1999)
- Bartels 1997** Ch. Bartels, Zur Bergbaukrise des Spätmittelalters, in Ch. Bartels – M. A. Denzel (Hrsg.), Konjunkturen im europäischen Bergbau in vorindustrieller Zeit. Festschrift für Ekkehard Westermann zum 60. Geburtstag, Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beihefte 155 (Stuttgart 1997) 157–172
- Bartels 2006** Ch. Bartels, Entwicklung und Stand der Forschungen zum Montanwesen des Mittelalters und der frühen Neuzeit, in S. Brüggerhoff – M. Farrenkopf – W. Geerlings (Hrsg.), Montan- und Industriegeschichte. Dokumentation und Forschung, Industriearchäologie und Museum. Festschrift für Rainer Slotta zum 60. Geburtstag (Paderborn 2006) 171–210
- Bartels et al. 2006** Ch. Bartels – A. Bingener – R. Slotta, Das Schwazer Bergbuch. Der Bochumer Entwurf von 1554 I Faksimile, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 142 (Bochum 2006)
- Barth 1984** F. E. Barth, Eine prähistorische Stempelzimmerung aus dem Salzbergwerk Hallstatt, *Archaeologia Austriaca* 68, 1984, 63–71
- Barth 1989** F. E. Barth, Salzbergwerk Hallstatt. Quellen und Literatúrauszüge zum ›Mann im Salz‹ (Hallstatt 1989)
- Barth 1992** F. E. Barth, Zu den Tragsäcken aus dem Salzbergwerk Hallstatt, *Archaeologia Austriaca* 76, 1992, 121–127
- Barth – Grabner 2003** F. E. Barth – M. Grabner, Wirtschaftliche Außenbeziehungen des spätbronzezeitlichen Hallstatt, *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien* 133, 2003, 85–89
- Barth – Lobisser 2002** F. E. Barth – W. Lobisser, Das EU-Projekt Archaeolive und das archäologische Erbe von Hallstatt (Wien 2002)
- Barth – Neubauer 1991** F. E. Barth – W. Neubauer, Salzbergwerk Hallstatt. Appoldwerk Grabung 1879/80 (Hallstatt 1991)
- Bauer – Rossmanith 1964/65** W. P. Bauer – K. Rossmanith, Über den spektralanalytischen und technologischen Nachweis der ›mise en couleur‹-Vergoldungstechnik an Tumbaga-Objekten aus dem Chiriquí-Gebiet, *Archiv für Völkerkunde* 19, 1964/65, 1–10

- Biel 1996** J. Biel, Experiment Hochdorf. Keltische Handwerkskunst wiederbelebt, Schriften Keltenmuseum Hochdorf 1 (Stuttgart 1996)
- Bielenin 1992** K. Bielenin, Starożytnie górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich (Kielce 1992)
- Bielenin – Woyda 1978** K. Bielenin – S. Woyda, Zwei Eisenverhüttungszentren des Altertums im Weichselbogen (1. Jh. v. u. Z.–4. Jh. u. Z.), in Weisgerber 1978, 25–55
- Bird 1979** Ch. Bird, The Divining Hand (New York 1979)
- Bird 1987** Ch. Bird, Wünschelrute oder das Mysterium der weissagenden Hand (München 1987)
- Boenke 2005** N. Boenke, Organic Resources at the Iron Age Dürrnberg Mine (Hallein, Austria). Long Distance Trade or Local Sources, *Archaeometry* 47, 2, 2005, 471–483
- Bol 1985** P. C. Bol, Antike Bronzetechnik. Kunst und Handwerk antiker Erzbildner (Stuttgart 1985)
- Borkowski 1995** W. Borkowski, PL 6 Krzemionki, Kielce Province. Prehistoric Flint Mines Complex in Krzemionki, *Archaeologia Polona* 33, 1995, 506–524
- Braudel 1972** F. Braudel, The Mediterranean and the Mediterranean World in the Age of Philip II (London 1972)
- Braudel 1992** F. Braudel, Die lange Dauer (Stuttgart 1992)
- Buchholz 1959** H.-G. Buchholz, Keftiubarren und Erzhandel im zweiten vorchristlichen Jahrtausend, *Prähistorische Zeitschrift* 37, 1959, 1–40
- Castel et al. 1985** G. Castel – J. F. Gout – G. Soukiasian – P. Levi – D. Leyval, Gebel Zeit Pharaonische Bergwerke an den Ufern des Roten Meeres, *Antike Welt* 16, 3, 1985, 15–28
- Cauuet 1997** B. Cauuet, Boisages et techniques d'exhaure gaulois à la mine d'or de la Fagassière, in C. Domergue (Hrsg.), *Mélanges, Pallas, Revue d'Études Antiques* 46, 1997, 197–218
- Cauuet 1999** B. Cauuet, Keltischer Goldbergbau im Limousin (Frankreich), *Der Anschnitt* 51, 2/3, 1999, 59–71
- Cauuet et al. 2003** B. Cauuet – B. Ancel – Ch. Rico – C. Tamas, Ancient Mining Networks. The French Archaeological Missions 1999–2001, in P. Damian (Hrsg.), *Alburnus Maior I* (Bucharest 2003) 467–526
- Cech 2008** B. Cech, Die Produktion von Ferrum Noricum am Hüttenberger Erzberg. Die Ergebnisse der interdisziplinären Forschungen auf der Fundstelle Sendlach/Eisner in den Jahren 2003–2005, *Austria Antiqua* 2 (Wien 2008)
- Chabot – Bostwick 2015** N. Chabot – T. Bostwick, The Verde Salt Mine Revisited Sinagua Salt Mining and Ritual Burials, *Journal of Arizona Archaeology* 3, 1/2, 43–60
- Chegini et al. 2000** N. N. Chegini – M. Momenzadeh – H. Parzinger – E. Pernicka – Th. Stöllner – R. Vatandoust – G. Weisgerber, Preliminary Report on Archaeometallurgical Investigations around the Prehistoric Site of Arisman near Kashan, West Central Iran, *Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan* 32, 2000, 218–318
- Chegini et al. 2004** N. N. Chegini – B. Helwing – H. Parzinger – R. Vatandoust, Eine prähistorische Industriesiedlung auf dem iranischen Plateau – Forschungen in Arisman, in Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatandoust (Hrsg.), *Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum 2004/2005* (Bochum 2004) 210–216
- Chernykh 1978** E. N. Chernykh, Aibunar – a Balkan Copper Mine of the Fourth Millennium B.C., *Proceedings of the Prehistoric Society* 44, 1978, 203–217
- Chernykh 2003** E. N. Chernykh, Die vorgeschichtlichen Montanreviere an der Grenze von Europa und Asien Das Produktionszentrum Kargaly, in Stöllner et al. 2003a, 79–92
- Chernykh et al. 2002** E. N. Chernykh – E. Y. Lebedeva – I. V. Zhurbin – P. López-García – J. A. López-Sález – M. I. Martínez-Navarrete, Kargaly II. Gorny – the Late Bronze Age Settlement. Topography, Lithology, Stratigraphy. Household, Manufacturing and Sacral Structures. Relative and Absolute Chronology (Moscow 2002)
- Cierny 2008** J. Cierny, Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen, Region Trentino Orientale, *Der Anschnitt, Beiheft* 22 (Bochum 2008)
- Cierny et al. 2005** J. Cierny – Th. Stöllner – G. Weisgerber, Zinn in und aus Mittelasien, in Ü. Yağın – C. Pulak – R. Slotta (Hrsg.), *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog zur Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums* (Bochum 2005) 431–448
- Clarke 1953** G. Clarke, The Economic Approach to Prehistory (London 1953)
- Collet et al. 2006** H. Collet – F. Hubert – C. Robert – J.-P. Joris, The Flint Mines of Petit Spiennes, in Körlin – Weisgerber 2006, 67–70
- Conophagos 1980** C. E. Conophagos, Le Laurion antique et la technique grècque de la production de l'argent (Athen 1980)
- Conrad 1968** H.-G. Conrad, Römischer Bergbau erläutert am Beispiel des Emilianusstollens bei Wallerfangen/Saar, *Bericht der Staatlichen Denkmalpflege im Saarland* 15, 1968, 111–131
- Conrad – Rothenberg 1980** H.-G. Conrad – B. Rothenberg, Antikes Kupfer im Timna-Tal. 4000 Jahre

- Bergbau und Verhüttung in der Arabah (Israel), Der Anschnitt, Beiheft 1 (Bochum 1980)
- Cordellas 1869** A. Cordellas, Le Laurium (Marseille 1869)
- Craddock 1980** P. T. Craddock, Scientific Studies in Early mining and Metallurgy, British Museum Occasional Papers 20 (London 1980)
- Craddock 1990** P. T. Craddock, 2000 Years of Zinc and Brass, British Museum Occasional Papers 50 (London 1990)
- Craddock 1995** P. T. Craddock, Early Metal Mining and Production (Edinburgh 1995)
- Craddock 2000** P. T. Craddock, From Hearth to Furnace Evidences for the Earliest Metal Smelting Technologies in the Eastern Mediterranean, Paléorient 26, 2, 2000, 151–165
- Craddock 2003** P. T. Craddock, Cast Iron, Fined Iron, Crucible Steel Liquid Iron in the Ancient World, in Craddock – Lang 2003, 231–257
- Craddock – Hughes 1985** P. T. Craddock – M. J. Hughes, Furnaces and Smelting Technology in Antiquity, British Museum Occasional Papers 48 (London 1985)
- Craddock – Lang 2003** P. T. Craddock – J. Lang, Mining and Metal Production through the Ages (London 2003)
- Dahm et al. 1998** C. Dahm – U. Lobbedey – G. Weisgerber, Der Altenberg. Bergwerk und Siedlung aus dem 13. Jahrhundert im Siegerland, Denkmalpflege und Forschung in Westfalen 34 (Bonn 1998)
- Davies 1935** O. Davies, Roman Mines in Europe (Oxford 1935)
- Di Lernia – Galiberti 1993** S. Di Lernia – A. Galiberti, Archeologia mineraria della selce nella preistoria. Definizione, potenzialità e prospettive della ricerca (Firenze 1993)
- Domergue 1987** C. Domergue, Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique (Madrid 1987)
- Domergue 1990** C. Domergue, Les mines de la Péninsule Ibérique dans l'Antiquité romaine, Coll. École Française 127 (Rome 1990)
- Domergue 2008** C. Domergue, Les mines antiques. La production des métaux aux époques grecque et romaine (Paris 2008)
- Drescher 1957** H. Drescher, Der Bronzezug in Formen aus Bronze, Die Kunde (N. F.) 8, 1957, 52–74
- Drescher 1958** H. Drescher, Der Überfangguss (Mainz 1958)
- Drescher 1984** H. Drescher, Bemerkungen zur Metallverarbeitung auf der Heuneburg und zu einigen besonderen Fundstücken, in S. Sievers (Hrsg.), Die Kleinfunde der Heuneburg, Heuneburgstudien 5 = Römisch-Germanische Forschungen 42 (Mainz 1984) 85–136
- Drescher 1988** H. Drescher, Hallstattzeitliche Blechschmiede, Drechsler und Wagenbauer, in M. Pertlwieser (Hrsg.), Prunkwagen und Hügelgrab. Kultur der frühen Eisenzeit von Hallstatt bis Mitterkirchen, Ausstellungskatalog Oberösterreichisches Landesmuseum (N. F.) 13 (Linz 1988)
- Eckert 1976** H.-E. Eckert, Urtümliche Eisengewinnung bei den Senufo in Westafrika, Der Anschnitt 28, 2, 1976, 50–63
- Eckmann – Shafik 2005** Chr. Eckmann – S. Shafik, »Leben dem Horus Pepi«. Restaurierung und technologische Untersuchung der Metallsulpturen des Pharaos Pepi I. aus Hierakonpolis, Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 59 (Mainz 2005)
- Eibner 1972** C. Eibner, Mitterberg-Grabung 1971, Der Anschnitt 24, 2, 3–15
- Eibner 1982** C. Eibner, Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen, in B. Hänsel (Hrsg.), Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr., Prähistorische Archäologie in Südosteuropa 1 (Berlin 1982) 399–408
- Eibner 1993** C. Eibner, Urzeitliche Bergbautechnik in den Ostalpen, in Steuer – Zimmermann 1993b, 83–88
- Eibner-Percy – Eibner 1970** A. Eibner-Percy – C. Eibner, Erste Großgrabung auf dem bronzezeitlichen Bergbaugelände von Mitterberg, Der Anschnitt 22, 5, 1970, 12–19
- Engel – Frey 1996** Th. Engel – W. Frey, Fuel Resources for Copper Smelting in Antiquity in Selected Woodlands in the Edom Highlands to the Wadi Arabah/Jordan, Flora 191, 1996, 29–39
- Engelhardt – Binsteiner 1988** B. Engelhardt – A. Binsteiner, Vorbericht über die Ausgrabungen 1984–1986 im neolithischen Feuersteinabbaugebiet von Arnhofen, Ldkr. Kelheim, Germania 66, 1, 1988, 1–28
- Espelund 1997** A. Espelund, The »Evenstad« Process – Description, Excavations, Experiment and Historical Evaluation, in L. C. Nørbach (Hrsg.), Early Iron Production. Archaeology, Technology and Experiments 1997, Technical Report 3 (København 1997) 47–58
- Fahlbusch et al. 1985** K. Fahlbusch – W. Jorns – G. Loewe – J. Röder – R. Divisch, Der Felsberg im Odenwald, Führer zur Hessischen Vor- und Frühgeschichte 3 (Stuttgart 1985)
- Fasnacht 1999** W. Fasnacht, Agia Varvara Ein Fundplatz des Kupferbergbaues und der Verhüttung auf Zypern, in R. Busch (Hrsg.), Kupfer für Europa. Bergbau und Handel auf Zypern, Veröffentl. des Helms-Museums 83 (Hamburg 1999) 54–68
- Flach 1979** D. Flach, Die Bergwerksordnungen von Vitasca, Chiron 9, 1979, 399–448

- Fober – Weisgerber 1999** L. Fober – G. Weisgerber, Feuersteinbergbau – Typen und Techniken, in Weisgerber et al. 1999, 32–47
- Forbes 1966** R. J. Forbes, Ancient Mining and Quarrying, *Studies in Ancient Technology* 7, 2 (Leiden 1966) 104–119
- Francovich 1993** R. Francovich, *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche* (Firenze 1993)
- Freise 1908** F. Freise, *Geschichte der Bergbau- und Hüttentechnik I. Das Altertum* (Berlin 1908)
- Gale – Stoss-Gale 1986** N. Gale – Z.A. Stoss-Gale, Oxhide Ingots in Crete and Cyprus and the Bronze Age Metal Trade, *Annual of the British School in Athens* 81, 1986, 81–100
- Galliperti et al. 2001** A. Galliperti – S. Sivilli – M. Taratini, La miniera neolitica della Defensola (Vieste, Foggia). Lo stato delle ricerche, *Origini* 23, 2001, 85–110
- Gambaschidze et al. 2001** I. Gambaschidze – Hauptmann – R. Slotta – Ü. Yalçın, Georgien – Schätze aus dem Land des Goldenen Vlies. Katalog zur Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum 2001/2002 (Bochum 2001)
- Gardiner 1914** A. H. Gardiner, The map of the gold mines in a Ramesside Papyrus at Turin., *Cairo Scientific Journal* 8, 1914, 41–46
- Garner 2007** J. Garner, Archäologische Ausgrabungen einer latènezeitlichen Eisenverhüttungsanlage an der Wartestraße in Siegen-Niederschelden, *Siegerland* 84, 2, 2007, 101–120
- Garner 2013** J. Garner, Das Zinn der Bronzezeit in Mittelasien II. Die montanarchäologischen Forschungen der Zinnlagerstätten. *Archäologie in Iran und Turan* 12, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum 194
- Gassmann et al. 2006** G. Gassmann – M. Rösch – G. Wieland, Das Neuenbürger Erzrevier im Nordschwarzwald als Wirtschaftsraum während der Späthallstatt- und Frühlatènezeit, *Germania* 84, 2, 2006, 273–306
- Gätzschnmann 1846** M. F. Gätzschnmann, *Die Lehre von den Bergmännischen Gewinnungsarbeiten* (Freiberg 1846)
- Gätzschnmann 1856** M. F. Gätzschnmann, *Die Aufsuchung und Untersuchung von Lagerstätten nutzbarer Mineralien* (Freiberg 1856)
- Gechter 1998** M. Gechter, Neues zum römischen Bergbau im Bergischen Land, *Archäologie im Rheinland* 1997, 91–92
- Geerlings 1983** W. Geerlings, Ins Bergwerk verurteilt – die »damnatio ad metalla«, *Der Anschnitt* 35, 4/5, 1983, 130–136
- Geerlings 1985** W. Geerlings, Zum biblischen und historischen Hintergrund der Bergwerke von Fenan in Jordanien, *Der Anschnitt* 37, 1985, 158–162
- Gilles 1952** J. W. Gilles, Der Stammbaum des Hochofens, *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 23, 11/12, 1952, 407–415
- Gilles 1954** Warum Schlackenhalde aufgraben? Unser Werk. *Zeitschrift der Hüttenwerke Siegerland*, 1954, 37–38
- Giumlia-Mair – Craddock 1993** A. Giumlia-Mair – P.T. Craddock, Corinthium aes. Das schwarze Gold der Alchemisten, *Antike Welt*, Sondernummer 24, 2–62
- Given – Knapp 2003** M. Given – A. B. Knapp, The Sydney Cyprus Survey Project. Social Approaches to Regional Archaeological Survey, *Monumenta Archaeologica* 21 (Los Angeles 2003)
- Goldenberg – Rieser 2004** G. Goldenberg – B. Rieser, Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol), in Weisgerber – Goldenberg 2004, 37–52
- Grabner et al. 2006** M. Grabner – H. Reschreiter – F. E. Barth – A. Klein – D. Geihofer – R. Wimmer, Dendrochronologie in Hallstatt, *Archäologie Österreichs* 17, 1, 2006, 49–58
- Grabner et al. 2015** M. Grabner – H. Reschreiter – K. Kowarik – R. Wimmer – A. Klein, Holz – ein wichtiges Betriebsmittel im bronzezeitlichen Salzbergbau in Hallstatt, in Th. Stöllner, K. Oeggl (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Bochum und Bregenz, Veröffentlichungen des Deutschen Bergbau-Museums Bochum* 207, 297–304
- Gunter – Jett 1993** A. C. Gunter – P. Jett, *Ancient Iranian Metalwork* (Mainz 1993)
- Hägermann – Ludwig 1986** D. Hägermann – K.-H. Ludwig, *Europäisches Montanwesen im Hochmittelalter. Das Trienter Bergrecht 1185–1214* (Köln 1986)
- Hakemi 1992** A. Hakemi, The Copper Smelting Furnaces of the Bronze Age at Shahdad, in C. Jarrige (Hrsg.), *South Asian Archaeology 1989. Papers from the 10th International Conference of South Asian Archaeologists in Western Europe, Monographs in World Archaeology* 14 (Wisconsin 1992) 119–132
- Hakemi 1997** A. Hakemi, Shahdad. Archaeological Excavations of a Bronze Age Center in Iran, ISMEO. *Centro Scavi e ricerca archeologica. Reports and Memoirs* 27 (Rom 1997)
- Hanning et al. 2015** E. Hanning – H. Herdits – E. Silvestri, Alpines Kupferschmelzen – technologische Aspekte, in Th. Stöllner – K. Oeggl (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Bochum und Bregenz, Veröffentlichungen des Deutschen Bergbau-Museums Bochum* 207 (Bochum 2015) 225–231

- Haupt 1865–1867** Th. Haupt, Bausteine zur Philosophie der Geschichte des Bergbaues I (Leipzig 1865); Bausteine zur Philosophie der Geschichte des Bergbaues II. Die Archäologie und Chronik des Bergbaues (Leipzig 1866); Bausteine zur Philosophie der Geschichte des Bergbaues III. Die Momente in der Geschichte des Bergbaues (Leipzig 1867)
- Hauptmann 1985** A. Hauptmann, 5000 Jahre Kupfer in Oman I. Die Entwicklung der Kupfermetallurgie vom 3. Jahrtausend bis zur Neuzeit, Der Anschnitt, Beiheft 4 (Bochum 1985)
- Hauptmann 2000** A. Hauptmann, Zur frühen Metallurgie des Kupfers in Fenan/Jordanien, Der Anschnitt, Beiheft 11 (Bochum 1999)
- Hauptmann 2004** A. Hauptmann, Schlacke, in J. Hoops, Reallexikon der Germanischen Altertumskunde 27 (Berlin 2004) 124–132
- Hauptmann 2007a** A. Hauptmann, The Archaeometallurgy of Copper. Evidence from Faynan, Jordan. Natural Science in Archaeology (Berlin 2007)
- Hauptmann 2007b** A. Hauptmann, Alten Berg- und Hüttenleuten auf die Finger geschaut Zur Entschlüsselung berg- und hüttenmännischer Techniken. In G. A. Wagner (Hrsg.), Einführung in die Archäometrie (Berlin 2007) 115–137
- Hauptmann – Palmieri 2000** A. Hauptmann – A. Palmieri, Metal Production in the Eastern Mediterranean at the Transition of the 4th/3rd Millennium. Case Studies from Arslantepe, in Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal I, Der Anschnitt, Beiheft 13 (Bochum 2000) 75–82
- Hauptmann – Weisgerber 1983** A. Hauptmann – G. Weisgerber, Eisen im Siegerland – ein archäometallurgisches Projekt, Offa 40, 1983, 69–75
- Hauptmann – Weisgerber 1985** A. Hauptmann – G. Weisgerber, Vom Kupfer zur Bronze Beiträge zum frühesten Berg- und Hüttenwesen, in H. Born (Hrsg.), Archäologische Bronzen – Antike Kunst – Moderne Technik (Berlin 1985), 16–36
- Hauptmann – Weisgerber 2006** A. Hauptmann – G. Weisgerber, Verhüttung und Metalltechnik, in J. Hoops, Reallexikon der Germanischen Altertumskunde. 32 (Berlin 2006) 199–211
- Hauptmann et al. 1989** A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner (Hrsg.), Archäometallurgie der Alten Welt – Old World Archaeometallurgy, Der Anschnitt, Beiheft 7 (Bochum 1989)
- Hauptmann et al. 1999** A. Hauptmann – E. Pernicka – Th. Rehren – Ü. Yalçın (Hrsg.), The Beginnings of Metallurgy, Der Anschnitt, Beiheft 9 (Bochum 1999)
- Hauptmann et al. 2002** A. Hauptmann, S. Schmitt-Strecker, F. Begemann, A. Palmieri, Chemical Composition and Lead Isotopy of Metal Objects from the »Royal Tomb« and Other Related Finds at Arslantepe, Eastern Anatolia, Paléorient 28/2, 2002, 43–70
- Helck 1975** W. Helck, Wirtschaftsgeschichte des Alten Ägypten im 3. und 2. Jahrtausend v. Chr. (Köln 1975)
- Herzfeld 1930** E. Herzfeld, Die Ausgrabungen von Samarra V. Die vorgeschichtlichen Töpfereien (Berlin 1930)
- Hillebrecht 1982** M.-L. Hillebrecht, Die Relikte der Holzkohlewirtschaft als Indikator für Waldnutzung und Waldentwicklung. Untersuchungen an Beispielen aus Südniedersachsen, Göttinger Geographische Abhandlungen 79 (Göttingen 1982)
- Hillebrecht 2000** M.-L. Hillebrecht, Der Wald als Energielieferant für das Berg- und Hüttenwesen, in Seegers-Glocke 2000, 83–86
- Hooson 1747** W. Hooson, The Miners Dictionary. Explaining not only the Terms Used by Miners, but also Containing the Theory and Practice of that Most Useful Art of Mining – more Especially of Lead-Mining (Wrexham 1747)
- Hoover 1909** H.C. Hoover, Principles of Mining. Valuation, Organization and Administration. Copper, Gold, Lead, Silver, Tin and Zinc (New York 1909)
- Horstmann 2003** D. Horstmann, Eisenverhüttung an Loope und Kaltenbach. Ein Vorbericht, in Abbau und Verhüttung von Eisenerzen im Vorland der mittleren Schwäbischen Alb, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 86, 2003, 231–240
- Ilkjær 1993** J. Ilkjær, Illerup Ådal I. Die Lanzen und Speere. Textband, Jutland Archaeological Society Publications 25, 1/2 (Aarhus 1993)
- Ilkjær 2003** J. Ilkjær, Dänische Kriegsbeuteopfer, in Sieg und Triumph. Der Norden im Schatten des Römischen Reiches. Katalog (Kopenhagen 2003) 44–66
- Jahn 1960** M. Jahn, Der älteste Bergbau in Europa, Abhandlungen der sächsischen Akademie der Wissenschaften, philologisch-historische Klasse 52, 2 (Berlin 1960)
- Jones 1984** P. Jones, Red Ochre Expeditions An Ethnographic and Historical Analysis of Aboriginal Trade in the Lake Eyre Basin, Journal of the Anthropological Society of South Australia 22, 7, 1984, 3–10
- Jöns 1997** H. Jöns, Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 40 (Bonn 1997)
- Jovanovic 1982** B. Jovanovic, Rudna Glava. Nastarije rudarstvo bakra na Centralnom Balkanu (Der älteste Kupferbergbau im Zentralbalkan) (Bor 1982)

- Juleff 1998** G. Juleff, Early Iron and Steel in Sri Lanka, Materialien zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie 54 (Mainz 1998)
- Kern et al. 2009** A. Kern – K. Kowarik – A. Rausch – H. Reschreiter (Hrsg.), Kingdom of Salt. 7000 Years of Hallstatt, Veröffentlichungen der prähistorischen Abteilung 3 (Vienna 2009)
- Kienast 1995** H.J. Kienast, Die Wasserleitung des Eupalinos auf Samos, Samos XIX (Bonn 1995)
- Kienlin 2007** T. L. Kienlin, Von den Schmieden der Beile Zu Verbreitung und Angleichung metallurgischen Wissens im Verlauf der Bronzezeit, Prähistorische Zeitschrift 82, 2007, 1–22
- Kienlin 2012** T. L. Kienlin, Frühes Metall im Nordalpinen Raum. Eine Untersuchung zu technologischen und kognitiven Aspekten früher Metallurgie anhand der Gefüge frühbronzezeitlicher Beile (Phil.-Diss. Tübingen 2004)
- Kienlin – Stöllner 2009** T. Kienlin – Th. Stöllner, Singen Copper, Alpine Settlement and Early Bronze Age Mining Is There a Need for Elites and Strongholds? in T. L. Kienlin – B. Roberts (Hrsg.), Metals and Societies. Studies in Honour of Barbara S. Otaway, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 169 (Bonn) 67–104
- Klappauf et al. 1990** L. Klappauf – F.-A. Linke – W. Brockner, Interdisziplinäre Untersuchungen zur Montanarchäologie im westlichen Harz, Zeitschrift für Archäologie 24, 1990, 207–242
- Kleinmann 1974** D. Kleinmann, Ein vorgeschichtlicher Steinsalzbergbau vom Typus Hallstatt in Nevada, USA, Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien 104, 1974, 104–110
- Klemm 2003** S. Klemm, Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen zum prähistorischen Kupferbergbau in der Eisenerzer Ramsau, Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 50 (Wien 2003)
- Klemm – Klemm 1993** D. Klemm – R. Klemm, Steine und Steinbrüche im Alten Ägypten (Berlin 1993)
- Klemm – Klemm 1994** D. Klemm – R. Klemm, Chronologischer Abriß der antiken Goldgewinnung in Ägypten, Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Kairo 50, 1994, 189–222
- Klemm – Klemm 1997** D. Klemm – R. Klemm, Antiker Goldbergbau in der ägyptisch-sudanesischen Ostwüste, Nürnberger Blätter zur Archäologie 13, 1996/97, 149–166
- Klemm – Klemm 2013** D. Klemm – R. Klemm, Gold and Gold Mining in Ancient Egypt and Nubia. Geoarchaeology of the Ancient Gold Mining Sites in the Egyptian and Sudanese Eastern Deserts, Natural Science in Archaeology (Heidelberg 2013)
- Klose 1918** O. Klose, Die prähistorischen Funde vom Mitterberge bei Bischofshofen im städtischen Museum Carolino-Augusteum zu Salzburg und zwei prähistorische Schmelzöfen auf dem Mitterberge, Österreichische Kunsttopographie 17, Beitrag II (Wien 1918) 1–40
- Knapp 1986** A. B. Knapp, Production, Exchange and Socio-Political Complexity on Bronze Age Cyprus, Oxford Journal of Archaeology 5, 1986, 35–60
- Knapp 1994** A. B. Knapp, Emergence, Development, and Decline on Bronze Age Cyprus, in C. Mathers – S. Stoddart (Hrsg.), Development and Decline in the Mediterranean Bronze Age, Sheffield Archaeological Monographs 8 (Sheffield 1994) 271–304
- Knapp 1998** A. B. Knapp, Mediterranean Bronze Age Trade. Distance, Power and Place, in E. H. Cline – D. Harris-Cline (Hrsg.), The Aegean and the Orient in the Second Millenium. Proceedings of the 50th Anniversary Symposium. Cincinnati, 18–20 April 1997, Aegaeum 18, 69–97
- Knapp 1999** A. B. Knapp, The Archaeology of Mining. Fieldwork Perspectives from the Sydney Cyprus Survey Project (SCSP), in S. M. M. Young – A. M. Pollard – P. Budd – R. A. Ixler (Hrsg.), Metals in Antiquity. British Archaeological Reports. International Series 792 (Oxford 1999) 98–109
- Knapp et al. 1998a** A. B. Knapp – M. Donnely – V. Kassianidou, Excavations at Politiko-Phorades. Report of the Department of Antiquities (Cyprus 1998) 247–268
- Knapp et al. 1998b** A. B. Knapp – V. C. Pigott – E. W. Herbert (Hrsg.), Social Approaches to an Industrial Past. The Archaeology and Anthropology of Mining (London 1998)
- Knau – Sönnecken 2003** H. L. Knau – M. Sönnecken, Die Eisenverhüttung im märkischen Sauerland. Vom Rennfeuer bis zur Massenhütte, in Th. Engel – M. Franz – A. Hauptmann (Hrsg.), Abbau und Verhüttung von Eisenerzen im Vorland der mittleren Schwäbischen Alb, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 86, 219–230
- Koch Waldner 2019** Th. Koch Waldner, Bronze Age Copper Production in Kitzbühel, Tyrol, in Turk et al. 2019, 31–46
- Köhler 1900** G. Köhler, Lehrbuch der Bergbaukunde (Leipzig 1900)
- Kohlmeyer 1994** K. Kohlmeyer, Zur frühen Geschichte von Blei und Silber, in R.-B. Wartke (Hrsg.), Handwerk und Technologie im Alten Orient. Ein Beitrag zur Geschichte der Technik im Altertum (Mainz 1994) 41–48
- Körlin 2012** G. Körlin, Luxusgut Blau – Römischer Azuritbergbau in Wallerfangen/Saar, Der Anschnitt 64, 4, 2012, 174–189

- Körlin – Gechter 2003** G. Körlin – M. Gechter, Römischer Bergbau auf dem Lüderich – Vorbericht über die Grabungen 2000–2002, in Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny (Hrsg.), *Man and Mining. Studies in Honour of Gerd Weisgerber*, Der Anschnitt, Beiheft 16 (Bochum 2003) 237–248
- Körlin – Weisgerber 2004** G. Körlin – G. Weisgerber, Keilhaue, Fimmel, Schlägel und Eisen im mittelalterlichen Bergbau, *Der Anschnitt* 56, 2/3, 64–75
- Körlin – Weisgerber 2006** G. Körlin – G. Weisgerber (Hrsg.), *Stone Age – Mining Age*, Der Anschnitt, Beiheft 19 (Bochum 2006)
- Kosay – Gültekin 1949** H. Kosay – H. Gültekin, Karaburun (Izmir). Cakmak Civa Madeninde Öntorich Buluntari, *Türk Tarih. Arkeologyo ve Ethnografya Dergisi* 5, 1949, 16–23
- Koukouli-Chrysanthaki – Weisgerber 1999** Ch. Koukouli-Chrysanthaki – G. Weisgerber, Prehistoric Ochre Mines on Thasos, in Ch. Koukouli-Chrysanthaki – A. Muller – S. Papadopoulos (Hrsg.), *Thasos. Matières premières et technologie de la préhistoire à nos jours. Actes du Colloque International 26–29.09.1995, Thasos, Liménaria (Paris 1999)* 129–144
- Kray 1969** C. M. Kray, *Greek Coins and History* (London 1969)
- Krohn 2003** N. Krohn, *Volcanus – Gott der Schmiede*, in Stöllner et al. 2003a, 249–270
- Kudrnáč 1977** J. Kudrnáč, Prähistorische und mittelalterliche Goldgewinnung in Böhmen, *Der Anschnitt* 29, 1977, 2–15
- Kyrle 1918** G. Kyrle, Der prähistorische Bergbaubetrieb in den Salzburger Alpen, *Österreichische Kunsttopographie* 17, Beitrag I (Wien 1918) 1–50
- La Niece 1983** S. La Niece, Niello An Historical and Technical Survey, *The Antiquaries Journal* 63, 1983, 279–297
- Lazzarini 2001** S. Lazzarini, *Lex metalli dicta studi sulla seconda tavola di Vipasca* (Roma 2001)
- Levy et al. 2001** Th. E. Levy – R. B. Adams – A. J. Witten – J. Anderson – Y. Arbel – S. Kuah – J. Moreno – A. Lo – M. Wagonner, *Early Metallurgy, Interaction and Social Change. The Jabal Hamat Fidan (Jordan) Research Design and 1998 Archaeological Survey. Preliminary Report, Annual of the Department of Antiquities Jordan* 45, 2001, 1–31
- Levy et al. 2002** T. Levy – R. Adams – A. Hauptmann – M. Prange – S. Schmidt-Strecker – M. Najjar, *Early Bronze Age Metallurgy a newly Discovered Manufactory in Southern Jordan*, *Antiquity* 76, 2002, 425–437
- Ludwig 1982** K.-H. Ludwig, Zur Problematik des technikgeschichtlichen Erstbelegs im Mittelalter, *Technikgeschichte* 49, 4, 1982, 267–278
- Luzon 1970** J. M. Luzon, Instrumentos mineros de la Espagna Antigua, in A. del Valle Menéndez (Hrsg.) *La Minería Hispana e Iberoamericana VI. Congreso Internacional de Minería (Léon 1970)* 221–258
- Maddin 1988** R. Maddin, *The Beginnings of the Use of Metals and Alloys. Papers from the 2nd International Conference of the Beginnings of the Use of Metals and Alloy (BUMA), Zhegzhou, China 1986* (Cambridge, Mass 1988)
- Maddin 2003** R. Maddin, *The Beginning of the Use of Iron*, in Stöllner et al. 2003a, 309–318
- Majidzadeh 1979** Y. Majidzadeh, *An Early Prehistoric Coppersmith Workshop at Tepe Ghabristan. Akten des VII. Internationalen Kongresses für iranische Kunst und Archäologie, Archäologische Mitteilungen aus Iran, Ergänzungsband. 6 (Berlin 1979)* 82–92
- Mangartz 1998** F. Mangartz, *Die antiken Steinbrüche der Hohen Buche bei Andernach, Vulkanpark-Forschungen* 1 (Mainz 1998)
- Mangartz 2002** F. Mangartz, *Die Holzkeilsplattung im alten Steinabbau*, *Der Anschnitt*, 54, 6, 2002, 238–252
- Matthäus – Schumacher-Matthäus 1986** H. Matthäus – G. Schumacher-Matthäus, *Zyprische Hortfunde. Kult und Metallhandwerk in der Spätbronzezeit. Gedenkschrift G. v. Merhart, Marburger Studien zur Vor- und Frühgeschichte* 7 (Marburg 1986) 129–191
- Mayer 1977** E.-F. Mayer, *Die Äxte und Beile in Österreich, Prähistorische Bronzefunde* 9, 9 (München 1977)
- McBride 1987** I. McBride, *Goods from Another Country. Exchange Networks and the People of the Lake Eyre Basin*, in D. J. Mulvaney – J. P. White (Hrsg.), *Australians to 1788, Broadway (NS) (Wales 1987)* 253–273
- Mercer 1980** R. Mercer, *Die Reviere urgeschichtlichen Silexbergbaus in Europa VII Grime's Graves in Norfolk (England)*, *Der Anschnitt* 32, 1980, 1–10
- Mercer 1999** R. Mercer, *Schachtuntersuchungen in Grime's Graves 1971 und 1972*, in Weisgerber et al. 1999, 205–213
- Merkel 1990** J. F. Merkel, *Experimental Reconstruction of Bronze Age Copper Smelting Based on Archaeological Evidence from Timna*, in B. Rothenberg (Hrsg.), *The Ancient Metallurgy of Copper* (London 1990) 78–122
- Mille et al. 2004** B. Mille – R. Besenval – D. Bourgarit, *Frühes Gießen in verlorener Form in Baluchistan (Pakistan). Das ›Leopardengewicht‹ aus Shahi-Tump*, in Stöllner et al. 2004, 274–280
- Morin – Photiades 2005** D. Morin – A. Photiades, *Nouvelles recherches sur le mines antiques du Laurion (Grèce)*, *Palas* 67, 2005, 327–358

- Morris 1747** L. Morris, An Account of Lead and Silver Mines in Cwmwd y Perveth. Unpublished manuscript, National Library of Wales, Aberystwyth (non vidi, see Pickin 1990, 39)
- Morris 1928** E. Morris, An Aboriginal Salt Mine at Camp Verde, Arizona., *Anthropological Papers of the American Museum of Natural History* 30, 3, 75–97
- Morton 1954** F. Morton, Hallstatt. Die letzten 150 Jahre des Bergmannsortes (Hallstatt 1954)
- Much 1879** M. Much, Das vorgeschichtliche Kupferbergwerk auf dem Mitterberge (Salzburg), Mitteilungen der k.u.k. Zentralkommission 1878, CXLVI–CLII und 1879, XVIII–XXXVI
- Muhly 1989** J. D. Muhly, The Organisation of the Copper Industry in Late Bronze Age Cyprus, in E. Peltenburg (Hrsg.), *Early Society in Cyprus* (Edinburgh 1989) 298–314
- Müller-Karpe 1994** A. Müller-Karpe, *Anatolisches Metallhandwerk* (Neumünster 1994)
- Müller-Karpe 2002** M. Müller-Karpe, Zur Metallverwendung im Mesopotamien des 4. und 3. Jahrtausends, in Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal II, Der Anschnitt, Beiheft 15* (Bochum 2002) 137–148
- Mutz – Häuser 1969** A. Mutz – K. Häuser, Schon die Römer konnten Metall drehen, *Technica* 26, 1969, 2619–2626
- Nestler – Formigli 1993** G. Nestler – E. Formigli, Etruskische Granulation. Eine antike Goldschmiedetechnik (Siena 1993)
- Noeske 1977** H. C. Noeske, Studien zur Verwaltung und Bevölkerung der dakischen Goldbergwerke in römischer Zeit, *Bonner Jahrbücher* 177, 1977, 271–415
- Nørbach 2003** L. Chr. Nørbach (Hrsg.), Prehistoric and Medieval Direct Iron Smelting in Scandinavia and Europe. Aspects of Technology and Society, *Acta Jutlandica* 46, 2, *Humanities Series* 75 (Aarhus 2003)
- Ottaway 1994** B.S. Ottaway, *Prähistorische Archäometallurgie* (Espelkamp 1994)
- Pany 2005** D. Pany, ›Working in a Saltmine‹... – Erste Ergebnisse der anthropologischen Auswertung von Muskelmarken an den menschlichen Skeletten aus dem Gräberfeld Hallstatt, in R. Karl – J. Leskovar (Hrsg.), *Interpretierte Eisenzeiten. Fallstudien, Methoden, Theorie, Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich* 18, 2005, 101–111
- Pernicka 1995** E. Pernicka, Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit, *Jahrb. RGZM* 37, 1, 1992 (1995), 21–129
- Pernicka 1998** E. Pernicka, Die Ausbreitung der Zinnbronze im 3. Jahrtausend, in B. Hänsel (Hrsg.), *Mensch und Umwelt in der Bronzezeit Europas. Abschlusstagung Die Bronzezeit. Das erste goldene Zeitalter Europas*. Berlin 17.–19. 03. 1997 (Kiel 1997) 135–147
- Pernicka 2004** E. Pernicka, Kupfer und Silber in Arisman und Tappeh Sialk und die frühe Metallurgie in Iran, in Stöllner et al. 2004, 232–239
- Pétrequin – Jeunesse 1995** P. Pétrequin – C. Jeunesse, La hache de pierre. Carrières vosgiennes et échanges de lames polies pendant le Néolithique (5400–2100 av. J.-C.) (Paris 1995)
- Pétrequin et al. 2005** P. Pétrequin – A.-M. Pétrequin – M. Errera – S. Cassen – C. Croutsch – L. Klassen – M. Rossy – P. Garibaldi – E. Isetti – G. Rossi – D. Delcaro, Beigua, Monviso e Valais. All'origine delle grandi asce levigate di origine alpina in Europa occidentale durante il v millennio, *Rivista di Scienze Preistoriche* 40, 2005, 265–322
- Pétrequin et al. 2012** P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A. Sheridan – A.-M. Pétrequin (Hrsg.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C., Les Cahiers de la MSHE Ledoux* 17 (Série Dynamiques Territoriales) 6 (Besançon 2012) 27–47
- Pétrequin et al. 2013** P. Pétrequin – S. Cassen – M. Errera – L. Klassen – A.-M. Pétrequin – A. Sheridan, The Value of Things. The Production and Circulation of Alpine Jade Axes during the 5th–4th Millennia in a (sic!) European Perspective, in T. Kerig – A. Zimmermann (Hrsg.), *Economic Archaeology. From Structure to Performance in European Archaeology* (Bonn 2013) 65–82
- Petrikovits 1959** H. v. Petrikovits, Anregungen zur Zusammenarbeit von Archäologen mit Berg- und Hüttenleuten, *Der Anschnitt* 11, 2, 1959, 3–8
- Photos et al. 1994** E. Photos – R. E. Jones – Th. Papadopoulos, The Black Inlay Decoration on a Mycenaean Bronze Dagger, *Archaeometry* 36, 1994, 267–275
- Pickin 1990** J. Pickin, Stone Tools and Early Metal Mining in England and Wales, in P. Crew – S. Crew (Hrsg.), *Early Mining in the British Isles. Proceedings of the Early Mining Workshop at Plas Tan y Bwlch – Snowdonia National Park Study Centre* 17. Plas Tan y Bwlch 10. November 1989, *Occasional Paper* 1 (Plas Tan y Bwlch 1990) 39–42
- Pigott – Weisgerber 1998** V. C. Pigott – G. Weisgerber, Mining Archaeology in Geological Context. The Prehistoric Copper Mining Complex at Phu Lou, Nong Khai Province, Northeast Thailand, in Th. Rehren – A. Hauptmann – J. D. Muhly (Hrsg.), *Metallurgica Antiqua. In Honour of Hans-Gert Bachmann and Robert Maddin, Der Anschnitt, Beiheft 8* (Bochum 1998) 135–162
- Pittioni 1968** R. Pittioni, Studien zur Industriearchäologie I. Wesen und Methoden der Industrie-Ar-

- chäologie, Anzeiger der philosophisch-historischen Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 105, Sonderheft 7, 1968, 123–143
- Pittioni – Preuschen 1947** R. Pittioni – E. Preuschen, Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol (2. Bericht). Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 5, 1947, 37–99
- Plattes 1639** G. Plattes, A Discovery of Subterranean Treasure (Nachdr. London 1980)
- Pleiner 1979** R. Pleiner, The Technology of Three Assyrian Iron Artifacts from Khorsabad, Journal of Near Eastern Studies 38, 2, 1979, 83–91
- Pleiner 1993** R. Pleiner, The Celtic Sword (Oxford 1993)
- Pleiner 2000** R. Pleiner, Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters (Praha 2000)
- Pleiner 2006** R. Pleiner, Iron in Archaeology. Early European Blacksmiths (Praha 2006)
- Pleiner – Bjorkman 1974** R. Pleiner – J.K. Bjorkman, The Assyrian Iron Age. The History of Iron in Assyrian Civilization, Proceedings of the American Philosophical Society 118, 4, 1974, 283–313
- Prange 2002** M. Prange, 5000 Jahre Kupfer in Oman II. Vergleichende Untersuchungen zur Charakterisierung des omanischen Kupfers mittels chemischer und isotopischer Analysemethoden., Metalla 8, 1/2, 2002, 1–126
- Pusch 1990** E. Pusch, Metallverarbeitende Werkstätten der frühen Ramessidenzeit in Qantir-Piramesse Nord, Ägypten und Levante/Egypt and the Levant 1, 1990, 75–113
- Quiring 1933** H. Quiring, Der römische Goldbergbau in Hispanien und die »arrugien« des Plinius, Zeitschrift für das Berg-, Hütten-, und Salinenwesen in dem Preussischen Staate 81, 1933, 270–279
- Ramage – Craddock 2000** A. Ramage – P. T. Craddock, King Croesus' Gold. Excavations at Sardis and the History of Gold Refining (London 2000)
- Rehder 1992** J. E. Rehder, Blowpipes versus Bellows in Ancient Metallurgy, Journal of Field Archaeology 21, 1992, 345–350
- Rehren – Papachristu 2000** Th. Rehren – O. Papachristu, The Fergana Process of Crucible Steel Smelting, Metalla 7, 2000, 55–69
- Rehren – Pusch 1997** Th. Rehren – E. Pusch, New Kingdom Glass-Melting Crucibles from Qantir-Piramesse, Nile Delta, The Journal of Egyptian Archaeology 83, 1997, 127–141
- Reschreiter 2005** J. Reschreiter, Neufund einer bronzezeitlichen Holzstiege im Salzbergwerk Hallstatt, Archäologie Österreichs 16, 2005, 27–32
- Roden 1983** Ch. Roden, Der jungsteinzeitliche Doleritbergbau von Sélédin (Côtes-du-Nord) in der Bretagne, Der Anschnitt 35, 1983, 86–94
- Rössler 2005** M. Rössler, Wirtschaftsethnologie. Eine Einführung (Berlin 2005)
- Rosumek 1982** P. Rosumek, Technischer Fortschritt und Rationalisierung im antiken Bergbau (Bonn 1982)
- Roth 1986** H. Roth, Kunst und Handwerk im frühen Mittelalter. Archäologische Zeugnisse von Childerich I. bis zu Karl dem Großen (Stuttgart 1986)
- Rothenberg 1999a** B. Rothenberg, Archaeo-Metallurgical Researches in the Southern Arabah 1959–1990 I Late Pottery Neolithic to Early Bronze IV, Palestine Exploration Quarterly 131, 1999, 68–89
- Rothenberg 1999b** B. Rothenberg, Archaeo-Metallurgical Researches in the Southern Arabah 1959–1990 II Egyptian New Kingdom (Ramesside) to Early Islam, Palestine Exploration Quarterly 131, 1999, 149–175
- Rothenberg – Blanco-Freijeiro 1981** B. Rothenberg – A. Blanco-Freijeiro, Ancient Mining and Metallurgy in South-West Spain. (London 1981)
- Sagona 1993** A. Sagona (Hrsg.), Bruising the Red Earth. Ochre Mining – a Ritual in Aboriginal Tasmania (Melbourne 1993)
- Sarianidi 1985** V. Sarianidi, L'archéologie de la Bactriane ancienne (Paris 1985)
- Schatteiner 1989** J. F. Schatteiner, Die Schin- oder Markscheidekunst im ostalpinen Bergbau, Salzburg Archiv 9, 1989, 17–86
- Schatteiner – Stöllner 2001** J. Schatteiner – Th. Stöllner, »Männer im Salz – Verunglückte Knappen« – Grubenunfälle und Arbeitsunfälle im Dürrnberger Salzbergbau, Der Anschnitt 53, 2001, 71–79
- Scheel 1989** B. Scheel, Egyptian Metalworking and Tools (Aylesbury 1989)
- Schmid 1980a** E. Schmid, Der jungsteinzeitliche Abbau auf Silex bei Kleinkems (Baden-Württemberg), in Weisgerber et al. 1999, 141–165
- Schmid 1980b** E. Schmid, Der Silex-Bergbau bei Veaux-Malaucène in Süd-Frankreich (F 1a, b), in Weisgerber et al. 1999, 166–178
- Schönbauer 1969** E. Schönbauer, Das Bergrecht von Vipasca, Labeo 8, 3, 1969, 125–149
- Schoop 1999** U.-D. Schoop, Aspects of Early Metal Use in Neolithic Mesopotamia, in A. Hauptmann – E. Pernicka – Th. Rehren – Ü. Yalçın (Hrsg.), The Beginnings of Metallurgy, Der Anschnitt Beiheft 9, 1999, 31–36
- Seegers-Glocke 2000** C. Seegers-Glocke (Hrsg.), Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz, Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 21 (Hannover 2000)
- Seitzer Olausson et al. 1999** D. Seitzer Olausson – E. Rudebeck – U. Sälffestad, Die südschwedischen Feu-

- ersteingruben – Ergebnisse und Probleme, in Weisgerber et al. 1999, 183–204
- Sharpless 1908** F. F. Sharpless, Mercury Mines at Konia, Asia Minor, *The Engineering and Mining Journal* 86, 1908, 601–603
- Shaw 1998** I. Shaw, Exploiting the Desert Frontier. The Logistics and Politics of Ancient Egyptian Mining Expeditions, in Knapp et al. 1998b, 242–258
- Siegelová 2005** J. Siegelová, Metalle in hethitischen Texten, in Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metals III*, *Der Anschnitt*, Beiheft 18 (Bochum 2005) 35–40
- Slotta 1975** R. Slotta, *Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland* (Bochum 1975)
- Slotta 1982** R. Slotta, *Einführung in die Industriearchäologie* (Darmstadt 1982)
- Soares et al. (no prelo)** R. M. G. M. Soares – P. Valério – M. Nabais – A. M. M. Soares (no prelo), A Espada do Monte das Oliveiras (Serpa) – uma arma do Bronze Pleno do Sudoeste. *Actas do III Congresso da Associação dos Arqueólogos Portugueses*.
- Sommerlatte 1986** H. W. A. Sommerlatte, Der Papyrus von Turin, *Antike Welt* 17, 3 1986, 31–39
- Staudt et al. 2019** M. Staudt – G. Goldenberg – M. Scherer-Windisch – K. Nicolussi – T. Pichler, Late Bronze Age/Early Iron Age Fahlore Mining in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria), in Turk et al. 2019, 115–142
- Steuer – Zimmermann 1993a** H. Steuer – U. Zimmermann (Hrsg.), *Alter Bergbau in Deutschland* (Stuttgart 1993a)
- Steuer – Zimmermann 1993b** H. Steuer – U. Zimmermann, *Montanarchäologie in Europa. Berichte zum Kolloquium »Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa«*, Freiburg 1990, *Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland* 4 (Sigmaringen 1993)
- Stöllner 1999** Th. Stöllner, *Der prähistorische Salzbergbau am Dürrnberg bei Hallein I. Forschungsgeschichte – Forschungsstand – Forschungsanliegen. Mit Beiträgen von C. Dobiak, A. Schäfer u. J.-F. Schatteiner.*, *Dürrnberg-Forschungen* 1 (Rahden/Westfalen 1999)
- Stöllner 2002/2003** Th. Stöllner, *Der prähistorische Salzbergbau im Salzberg Dürrnberg/Hallein II. Befunde und Funde der Untertageausgrabungen zwischen 1990–2000*, *Dürrnberg-Forschungen* 3, 1/2 (Rahden/Westfalen 1999)
- Stöllner 2003a** Th. Stöllner (Hrsg.), *The Dürrnberg – an Iron Age Salt Mining Centre in the Austrian Alps – New Results on its Economy. A Decade of Research and Results*, *The Antiquaries Journal* 83, 2003, 123–194
- Stöllner 2003b** Th. Stöllner, *Mining and Economy. A Discussion of Spatial Organisations and Structures of Early Raw Material Exploitation*, in Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny (Hrsg.), *Man and Mining. Studies in honour of Gerd Weisgerber*, *Der Anschnitt*, Beiheft 16 (Bochum 2003) 415–446
- Stöllner 2004** Th. Stöllner, *Prähistorischer und antiker Erzbergbau in Iran*, in Stöllner et al. 2004, 44–63
- Stöllner 2005** Th. Stöllner, *Montanarchäologie am Deutschen Bergbau-Museum Bochum – Mehr als fünfzig Jahre Forschung zur frühen Rohstoffwirtschaft des Menschen*, in R. Slotta (Hrsg.), *75 Jahre Deutsches Bergbau-Museum Bochum (1930–2005). Vom Wachsen und Werden eines Museums* (Bochum 2005) 92–126
- Stöllner 2008a** Th. Stöllner, *Mining Landscapes in Early Societies – Imprinting Processes in Pre- and Protohistoric Economies?* in C. Küpper-Eichas (Hrsg.), *Cultural Heritage and Landscapes in Europe. Landschaften Kulturelles Erbe in Europa. Proceedings of the International Conference*, Bochum, June 8–10, 2007, *Veröffentlichungen des Deutschen Bergbau-Museums Bochum* 161 (Bochum 2008) 65–92
- Stöllner 2008b** Th. Stöllner, *Montan-Archaeology and Research on Old Mining Just a Contribution to Economic History*. In Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal IV*, *Der Anschnitt*, Beiheft 21 (Bochum 2008) 149–178
- Stöllner 2014** Th. Stöllner, *Methods of Mining Archaeology (Montanarchäologie)*. In B. Roberts, C. Thornton (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Global Perspective. Methods and Syntheses* (New York 2014) 133–159
- Stöllner 2015a** Th. Stöllner, *Humans Approach to Resources Old World Mining between Technological Innovations, Social Change and Economical Structures. A Key nNote Lecture*. In A. Hauptmann – D. Modarressi-Tehrani (Hrsg.), *Archaeometallurgy in Europe III. Proceedings of the 3rd International Conference* *Deutsches Bergbau-Museum Bochum* 2011, *Der Anschnitt*, Beiheft 29, 63–82
- Stöllner 2015b** Th. Stöllner, *Der Salzbergbau am Dürrnberg im Umfeld der ostalpinen Salzgewinnung*, in Th. Stöllner – K. Oeggel (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung Bochum und Bregenz* *Veröffentlichungen des Deutschen Bergbau-Museums Bochum* 207 (Bochum 2015) 335–343
- Stöllner 2017** Th. Stöllner, *Resources, Innovation, Technology. Theoretical Approaches to Abstract Concepts and Research Content*. In P. Eisenach – Th. Stöllner – A. Windler (Hrsg.), *The RITaK Conferences 2013–2014. Raw Materials, Innovation,*

- Technology of Ancient Cultures RITaK 1, Der Anschnitt 34, 11–23
- Stöllner 2018** Das älteste Gold in Georgien im Kontext. Unter Mitarbeit von I. Gambaschidze und Moritz Jansen, in L. Giemsch – S. Hansen (Hrsg.), Gold & Wein. Georgiens älteste Schätze. Begleitband zur Sonderausstellung Frankfurt 2018/2019 (Mainz 2018) 121–139
- Stöllner 2019a** Th. Stöllner, Enmeshment within Resource-Scapes – Eastern Alpine Copper Production of the Bronze- and Early Iron Age, in Turk et al. 2019, 13–30
- Stöllner 2019b** Th. Stöllner, Between Mining and Smelting in the Bronze Age – Beneficiation Processes in an Alpine Copper Producing District. Results of 2008 to 2017 Excavations at the Sulzbach-Moos(-Bog at the Mitterberg (Salzburg, Austria), in Turk et al. 2019, 165–190
- Stöllner – Weisgerber 2004** Th. Stöllner – G. Weisgerber, Die Blei-/Silbergruben von Nakhlak und ihre Bedeutung im Altertum. Zum Neufund eines Förderkörbchens im Alten Mann, Der Anschnitt 56, 2/3, 2004, 76–97
- Stöllner et al. 2003a** Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny, Man and Mining – Mensch und Bergbau. Studies in Honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday, Der Anschnitt, Beiheft 16 (Bochum 2003)
- Stöllner et al. 2003b** Th. Stöllner – H. Aspöck – N. Boenke – C. Dobiak – H.-J. Gawlick – W. Groenman-van Waateringe – W. Irlinger – K. von Kurzynski – R. Lein – W. Lobisser – K. Löcker – J.V.S. Megaw FSA – M. Ruth Megaw FSA – G. C. Morgan FSA – E. Pucher – T. Sormaz, The Dürrnberg – an Iron Age Salt Mining Centre in the Austrian Alps – New Results on its Economy A Decade of Research and Results, Antiquaries Journal 83, 2003, 123–194
- Stöllner et al. 2004** Th. Stöllner – R. Slotta – A. Vatanoust (Hrsg.), Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Katalog der Ausstellung des Deutschen-Bergbau-Museums Bochum 2004/2005 (Bochum 2004)
- Stöllner et al. 2009** Th. Stöllner – J. Cierny (†) – C. Eibner – N. Boenke – R. Herd – A. Maass – K. Röttger – T. Sormaz – G. Steffens – P. Thomas. Der bronzezeitliche Bergbau im Südrevier des Mitterberggebietes – Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006, Archaeologia Austriaca 90, 2006 (2009) 87–137
- Stöllner et al. 2010** Th. Stöllner – I. Ğambaşıze – A. Hauptmann – G. Mindiaşvili – G. Gogočuri – G. Steffens, 2010 Goldbergbau in Südostgeorgien – Neue Forschungen zum frühbronzezeitlichen Bergbau in Georgien, in S. Hansen – A. Hauptmann – I. Motzenbäcker – E. Pernicka (Hrsg.), Von Maikop bis Trialeti. Akten des Symposiums Berlin 1.–3. Juni 2006, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte 13 (Bonn 2010) 103–138
- Stöllner et al. 2011** Th. Stöllner – M. Mireskanderi, – K. Roustaei, Mining Archaeology in Iran – Investigations at Vešnāve. In Collaboration with M. Mommenzadeh, T. Riese, G. Steffens, G. Weisgerber with contributions by M. Doll, R. Pasternak, W. Dörfler, In A. Vatanoust – H. Parzinger (Hrsg.), Early Mining and Metallurgy on the Western Central Iranian Plateau. The First Five Years, Archäologie in Iran und Turan 9 (Berlin 2011) 535–608
- Stöllner et al. 2012** Th. Stöllner – Z. Samashev – S. Berdenov – J. Cierny (†) – J. Garner – A. Gorelik – G. A. Kusch, Bergmannsgräber im bronzezeitlichen Zinnrevier von Askaraly, Ostkasachstan, in U. Recker – B. Steinbring – B. Wiegel (Hrsg.), Jäger, Bergleute, Adelige Archäologische Schlaglichter aus vier Jahrtausenden. Festschrift für Claus Dobiak, Studia honoraria 33 (Rahden/Westfalen 2012) 9–27
- Stöllner et al. 2014a** Th. Stöllner – B. Craddock – I. Gambaschidze – G. Gogotchuri – A. Hauptmann – A. Hornschuch, – F. Klein – I. Löffler – G. Mindiaşvili – B. Murvanidze – S. Senczek – M. Schaich, – G. Steffens – K. Tamasashvili – S. Timberlake, Gold in the Caucasus New Research on Gold Extraction in the Kura-Araxes Culture of the 4th Millennium BC and Early 3rd Millennium BC. With an Appendix of M. Jansen, T. Stöllner, and A. Courcier, in H. Meller – E. Pernicka – R. Risch (Hrsg.), Metalle der Macht, Tagungen des Landesmuseums für Vorgesichte Halle 11 (Halle 2014) 71–110
- Stöllner et al. 2014b** Th. Stöllner – J. Garner – G. Gassmann – K. Röttger – U. Tegtmeier – Ü. Yalçın – M. Zeiler, The Siegerland as an Iron Production Area during the First Millenium BC A Regional Approach to a Famous Mining Region, in Th. Rehren – B. Cech (Hrsg.), Early Iron in Europe, Monographies instrumentum 50 (Montagnac 2014) 43–63
- Strahm 1994** Ch. Strahm, Die Anfänge der Metallurgie in Mitteleuropa, Helvetia Archaeologica 97, 1994, 2–40
- Straube 1996** H. Straube, Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg. With contributions of H. Dolenz and G. Piccotini (Wien 1996)
- Stromer 1981** W. von Stromer, Die Struktur von Produktion und Verteilung von Bunt- und Edelmetallen an der Wende vom Mittelalter zur Neuzeit und ihre bestimmenden Faktoren, Beiträge zur Wirtschaftsgeschichte 2 (Stuttgart 1981)
- Stromer 1986** W. von Stromer, Gewerbergereviere und Protoindustrien in Spätmittelalter und Frühneuzeit, in H. Pohl, Gewerbe- und Industrielandschaften

- vom Spätmittelalter bis ins 20. Jahrhundert, Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beiheft 78 (Wiesbaden 1986) 39–111
- Suhling 1976** L. Suhling, Der Seigerhüttenprozeß. Die Technologie des Kupferseignens nach dem frühen metallurgischen Schrifttum (Stuttgart 1976)
- Tadmor et al. 1995** M. Tadmor – D. Kedem – F. Bege-
mann – A. Hauptmann – E. Pernicka – S. Schmitt-
Strecker, The Nahal Mishmar Hoard from the Ju-
dean Desert Technology, Composition, and Proven-
ance, *Atiqot* 27, 1995, 95–148
- Tallon 1987** F. Tallon, Métallurgie susienne I de la fon-
dation de Suse au XVIIIe siècle avant J.C., *Notes et*
Documents des Musées de France 15 (Paris 1987)
- Tankersley et al. 1989** K. B. Tankersley – P. J. Munson
– Ch. A. Munson – P. J. Watson, Prehistoric Seleni-
te and Satinspar Mining in the Mammoth Cave
System, Kentucky, *Midcontinental Journal of Ar-
chaeology* 14, 2, 119–145
- Téreygeol 1999** F. Téreygeol, Les mines d'argent caro-
lingiennes de Melle (Melle 1999)
- Téreygeol 2002** F. Téreygeol, Frühmittelalterlicher
Bergbau und Silberproduktion von Melle in Frank-
reich, *Der Anschnitt* 54, 6, 2002, 253–266
- Thomas 2018** P. Thomas, Studien zu den bronzezeitli-
chen Bergbauhölzern im Mitterberger Gebiet.
Mitterberg-Forschung 1, *Der Anschnitt*, Beiheft 38
(Rahden/Westfalen) 2018)
- Thornton – Roberts 2014** C. Thornton – B. Roberts
(Hrsg.), *Archaeometallurgy in Global Perspective.*
Methods and Syntheses (New York 2014)
- Timberlake – Prag 2005** S. Timberlake – A. J. N. W.
Prag, The Archaeology of Alderley Edge. Survey,
Excavation and Experiment in an Ancient Mining
Landscape. *British Archaeological Reports. British*
Series 396 (Oxford 2005)
- Timpe 1985** D. Timpe, Der keltische Handel nach his-
torischen Quellen, in K. Düwel – H. Jankuhn – H.
Siems – D. Timpe (Hrsg.), *Untersuchungen zu Han-
del und Verkehr der vor- und frühgeschichtlichen*
Zeit in Mittel- und Nordeuropa, Abhandlungen der
*Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, philo-
logisch-historische Klasse (Folge 3)* 143 (Göttingen
1985) 258–284
- Todorova 1981** H. Todorova, Die kupferzeitlichen
Äxte und Beile in Bulgarien. *Prähistorische Bron-
zefunde* 9, 14 (München 1981)
- Topping – Lynott 2005** P. Topping – M. Lynott, Miners
and Mines, in P. Topping – M. Lynott (Hrsg.), *The*
Cultural Landscape of Prehistoric Mines (London
2005) 181–191
- Treptow 1907** E. Treptow, Grundzüge der Bergbau-
kunde einschließlich Aufbereitung und Brikettie-
ren I (Leipzig 1907)
- Treptow 1918a** E. Treptow, Grundzüge der Bergbau-
kunde Aufbereitung und Brikettieren II (Leipzig
1907/1918)
- Treptow 1918b** E. Treptow, Der älteste Bergbau und
seine Hilfsmittel, Beiträge zur Geschichte der
Technik und Industrie, *Jahrbuch des Vereins Deut-
scher Ingenieure* 8, 1918, 155–191
- Tuil – Heerde 1992** G. J. F. van Tuil – E. R. A. van
Heerde, *Wünschelruten-Gehen* (München 1992)
- Turk et al. 2019** R. Turk, Th. Stöllner – G. Goldenberg
(Hrsg.), *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame-
delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and*
Perspectives on Prehistoric Copper Production, Der
Anschnitt, Beiheft 42 (Rahden/Westfalen 2019)
- Tylecote 1987** R. F. Tylecote, *The Early History of Me-
tallurgy in Europe* (London 1987)
- Tylecote 1992** R. F. Tylecote, *A History of Metallurgy,*
Institute of Materials, Book Number 498 (London
1992)
- Urban 2002** O. H. Urban, Gedanken zu einer Wirt-
schaftsarchäologie, in C. Dobiati – S. Sievers – Th.
Stöllner (Hrsg.), *Dürrnberg und Manching. Wirt-
schaftsarchäologie im ostkeltischen Raum, Kollo-
quien zur Vor- und Frühgeschichte* 7 (Bonn 2002)
27–32
- Uria Riu 1956** J. Uria Riu, Nuevos hallazgos esqueleti-
cos de la edad del bronce en la mina del Aramo (As-
turias), in A. Beltran (Hrsg.), *Congresos Interna-
cionales de Ciencias Prehistoricas y Protohistoricas.*
Actas de la IV Sesion, Madrid 1954 (Zaragoza 1956)
631–636
- Valério et al. 2013** P. Valério – A. M. M. Soares – R. J.
Silva – M. F. Araújo – P. Rebelo – N. Neto – R. San-
tos – T. Fontes, Bronze Production in Southwestern
Iberian Peninsula The Late Bronze Age Metallurgi-
cal Workshop from Entre Águas 5 (Portugal), *Jour-
nal of Archaeological Science* 40, 2013, 439–451
- Villalba et al. 1986** M. J. Villalba – L. Banolas – J. Are-
nas – M. Alonso, Les Mines néolithiques de Can Tin-
torer, Gavà. *Excavacions 1978–1980* (Barcelona
1986)
- Villalba et al. 1997** M. J. Villalba – M. Edo – A. Blasko
– D. Gimeno – J. L.-F. Turiel, Can Tintorer Mining
Complex, Gavà. The Latest Results, in R. Schild –
Z. Sulgutowska (Hrsg.), *Man and Flint* (Varsóvia)
143–147
- Wahl 1988** J. Wahl, Très Minas, *Madridrer Mitteilun-
gen* 29, 1988, 221–244
- Wahl-Clerici 2010** R. Wahl-Clerici, Untersuchungen
zum Abbaufortschritt in der Corta de Covas (Tage-
bau A) im römischen Goldbergwerksbezirk von
Três Minas (conc. Vila Pouca de Aguiar / Portugal),
in J. G. Gorges – T. Nogales Basarrate (Hrsg.),
Naissance de la Lusitanie romaine (Ier av.–Ier ap.

- J.-C.). Origen de la Lusitania Romana (siglos I a.C.–I d.C.). VII Mesa redonda internacional sobre la Lusitania Romana. Actas y trabajos reunidos (Toulouse 2010) 437–458
- Wahl-Clerici et al. 2012** R. Wahl-Clerici – A. Wiechowski – M. Helfert – B. Ramminger, Die Gold-erzaufbereitung im römischen Bergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales in Nordportugal, *Der Anschnitt* 64, 2/3, 2012, 109–118
- Weiner 2003** J. Weiner, As Time Goes by – Forty Years Later. A visit at the Neolithic Flint Mining Area of Veaux-Malauçène, Dépt. Vaucluse, Provence, France, in Stöllner et al. 2003a, 513–525
- Weiner – Weisgerber 1980** J. Weiner – G. Weisgerber, Die Ausgrabungen des jungsteinzeitlichen Feuersteinbergwerks ›Lousberg‹ in Aachen 1978–1980 (D3), in Weisgerber et al. 1980, 92–119
- Weisgerber 1976a** G. Weisgerber, Zu den Bergbau-Darstellungen der korinthischen Tontäfelchen, *Der Anschnitt* 28, 2, 1976, 38–49
- Weisgerber 1976b** G. Weisgerber, Altägyptischer Bergbau auf der Sinaihalbinsel, in W. Kroker (Hrsg.), *Technikgeschichte als Vorbild moderner Technik. Schriften der Georg-Agricola-Gesellschaft* 2, 1976, 27–43
- Weisgerber 1978** G. Weisgerber (Hrsg.), Eisen + Archäologie. Eisenerzbergbau und -verhüttung vor 2000 Jahren in der VR Polen, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 14 (Bochum 1978)
- Weisgerber 1979** G. Weisgerber, Das römische Wasserheberad aus Rio Tinto in Spanien im British Museum London, *Der Anschnitt* 31, 2/3, 1979, 62–80
- Weisgerber 1982** G. Weisgerber, Ältestes Bergeisen bei den Urartäern gefunden, *Der Anschnitt* 34, 4, 177
- Weisgerber 1987** G. Weisgerber, Vier Jahrzehnte Montanarchäologie am Deutschen Bergbau-Museum, *Der Anschnitt* 39, 5/6, 1987, 192–208
- Weisgerber 1989/90** G. Weisgerber, Montanarchäologie – Grundzüge einer systematischen Bergbaukunde für Vor- und Frühgeschichte und Antike I, *Der Anschnitt* 41, 6, 1989, 190–204; II, *Der Anschnitt* 42, 1, 1990, 2–18
- Weisgerber 1991** G. Weisgerber, Bergbau im alten Ägypten, *Das Altertum* 37, 3, 1991, 140–154
- Weisgerber 1993** G. Weisgerber, Römischer Bergbau in Deutschland, in Steuer – Zimmermann 1993b, 60–61
- Weisgerber 1995** G. Weisgerber, Aufgaben der Montanarchäologie, *Archäologie Österreichs* 6, 2, 1995, 23–29
- Weisgerber 1996a** G. Weisgerber, Montanarchäologie – mehr als Technikgeschichte. Das Beispiel Fenan (Jordanien), in W. Kroker (Hrsg.), *Montantechnologie an technischen Schnittstellen, Schriftenreihe Georg-Agricola-Gesellschaft* 20, 19–34
- Weisgerber 1996b** G. Weisgerber, Mittelalterliche Bergbau-Funde aus der Grube Bliesenbach im Oberbergischen Kreis, *Der Anschnitt* 48, 1, 1996, 2–18
- Weisgerber 1996c** G. Weisgerber, Mittelalterliches Montanwesen und seine Wirkung auf Landschaft und Umwelt, in A. Jockenhövel (Hrsg.), *Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter, Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beiheft* 121 (Stuttgart 1996) 128–139
- Weisgerber 1997** G. Weisgerber, Zur Geschichte der Bergbauarchäologie, *Nachrichten aus Niedersachsen Urgeschichte* 66, 1, 1997, 7–19
- Weisgerber 2001** G. Weisgerber, Wallerfanger Bergblau – seit der Römerzeit stark gefragt, *Archäologie in Deutschland* 2001, 2, 8–13
- Weisgerber 2002a** G. Weisgerber, Montanarchäologie, in J. Hoops, *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde* 20 (Berlin 2002) 180–199
- Weisgerber 2002b** G. Weisgerber, Attisch-schwarzfigurige Schale ›Bergwerkssklave‹, *Der Anschnitt* 54, 2002, 6
- Weisgerber 2003a** G. Weisgerber, Spatial Organisation of Mining and Smelting at Feinan, Jordan. Mining Archaeology beyond the History of Technology, in Craddock – Lang 2003, 76–89
- Weisgerber 2003b** G. Weisgerber, Ältere und neuere Forschungen zur vorgeschichtlichen Siegerländer Eisenproduktion, in *Abbau und Verhüttung von Eisenerzen im Vorland der mittleren Schwäbischen Alb, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 86, 2003, 250–258
- Weisgerber 2004** G. Weisgerber, Prähistorischer und historischer Bergbau in Afghanistan, *Der Anschnitt* 56, 2004, 126–151. 190–211
- Weisgerber 2006a** G. Weisgerber, Montanarchäologie – Allgemeines und Einzelnes, in S. Brüggerhoff – M. Farrenkopf – W. Geerlings (Hrsg.), *Montan- und Industriegeschichte. Dokumentation und Forschung, Industriearchäologie und Museum. Festschrift Rainer Slotta zum 60. Geburtstag* (Paderborn 2006) 67–103
- Weisgerber 2006b** G. Weisgerber, Chuquicamata und anderer indianischer Bergbau vor Kolumbus, *Der Anschnitt* 58, 1–2, 2006, 2–17
- Weisgerber 2008** G. Weisgerber, Mine or Quarry That is the Question, in Z. Sulgostowska – A. Jacek Tomaszewski (Hrsg.), *Man – Millennia – Environment. Studies in Honour of Romuald Schild* (Warsaw 2008) 307–314
- Weisgerber – Goldenberg 2004** G. Weisgerber – G. Goldenberg (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alp*, *Der Anschnitt, Beiheft* 17 (Bochum 2004)

- Weisgerber – Sprave 2000** G. Weisgerber – O. Sprave, Neue Ausgrabungen in den römischen Bergwerken von St. Barbara, Gemeinde Wallerfangen/Saar, Fischbacher Hefte zur Geschichte des Berg- und Hüttenwesens 6, 1, 2000, 38–47
- Weisgerber – Willies 2000** G. Weisgerber – L. Willies, The Use of Fire in Prehistoric and Ancient Mining-Firesetting, *Paléorient* 26, 2, 2000, 131–149
- Weisgerber et al. 1980** G. Weisgerber – R. Slotta – J. Weiner (Hrsg.), 5000 Jahre Feuersteinbergbau – Die Suche nach dem Stahl der Steinzeit (Bochum 1980)
- Weisgerber et al. 1999** G. Weisgerber – R. Slotta – J. Weiner (Hrsg.), 5000 Jahre Feuersteinbergbau – Die Suche nach dem Stahl der Steinzeit³ (Bochum 1999)
- Wertime – Muhly 1980** A. Wertime – J. D. Muhly, The Coming of the Age of Iron (New Haven 1980)
- Wiese – Brodbeck 2004** A. Wiese – A. Brodbeck, Tutankhamun. The Golden beyond. Tomb Treasures from the Valley of the Kings. Katalog Bonn/Basel 2004/2005 (Basel 2004)
- Willies 1995** L. Willies, Kestel Tin Mine, Turkey. Interim Report 1995, *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society* 12, 5, 1995, 1–11
- Wilsdorf 1952** H. Wilsdorf, Bergleute und Hüttenmänner im Altertum bis zum Ausgang der Römischen Republik. Ihre wirtschaftlich, soziale und juristische Lage, *Freiberger Forschungshefte D/1* (Berlin 1952)
- Wilsdorf 1964** H. Wilsdorf, Aspekte der Montanethnographie, zugleich Rückblick auf die Montanarchäologie, *Deutsches Jahrbuch für Volkskunde* 10, 1964, 54–71
- Wirth 2003** M. Wirth, Rekonstruktion bronzezeitlicher Gießertechniken mittels numerischer Simulation gießtechnologischer Experimente und werkstofftechnischer Untersuchungen an Nachguss und Original, *Gießerei-Institut Forschung, Entwicklung, Ergebnisse* 40 (Aachen 2003)
- Wojciechowski 1984** W. Wojciechowski, Neolithic Mining of Lower Silesian Serpentine in the Light of Excavations on Janska Góra, *Przegląd Archeologiczny* 31, 1984, 5–46
- Wollmann – Santimbranu 1974** V. Wollmann – A. Santimbranu, Aspecte tehnice le exploatarea aurului in perioada romana la Alburnus Maior (Rosia Montana), *Ampulum* 12, 1974, 240–279
- Wulff 1966** H. E. Wulff, *The Traditional Crafts of Persia* (Cambridge/Mass. 1966)
- Yalçın 2000** Ü. Yalçın, Anfänge der Metallverwendung in Anatolien, in Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal I, Der Anschnitt, Beiheft 13* (Bochum 2000) 17–30
- Yalçın 2003** Ü. Yalçın, Metallurgie in Anatolien, in Th. Stöllner – G. Körlin – G. Steffens – J. Cierny (Hrsg.), *Man and Mining. Studies in Honour of Gerd Weisgerber, Der Anschnitt, Beiheft 16* (Bochum 2003) 527–536
- Zeiler 2013** M. Zeiler, Latènezeitliche Eisenwirtschaft im Siegerland. Bericht über die montanarchäologischen Forschungen 2009–2011, *Metalla* (Bochum) 20, 1, 1–194
- Zettler – Horne 1998** R. L. Zettler – L. Horne (Hrsg.), *Treasures from the Royal Tombs of Ur. Exhibition Catalogue Pennsylvania Museum* (Philadelphia 1998)
- Zimmermann 1995** A. Zimmermann, Austauschsysteme von Silexartefakten in der Bandkeramik Mitteleuropas, *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 26 (Bonn 1995)
- Zimmermann 2000** A. Zimmermann, Auf der Suche nach einer Wirtschaftsarchäologie. Gesellschaften zwischen sozialer Harmonie und individuellem Gewinnstreben, in B. Gehlen – M. Heinen – A. Tillmann (Hrsg.), *Zeit-Räume. Gedenkschrift für Wolfgang Taute, Archäologische Berichte* 14 (Bonn 2000) 19–31
- Zschocke – Preuschen 1932** K. Zschocke – E. Preuschen, *Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen* (Wien 1932)

Resumos

O termo ›arqueologia mineira‹ (*mining archaeology*, em inglês; *Bergbauarchäologie*, em alemão) aplica-se a um ramo interdisciplinar de investigação, cujo objetivo é compreender melhor as diferentes funções de cada matéria-prima dentro da sociedade de uma determinada época, assim como as relações que daí decorrem, em particular as ramificações sociais e económicas geradas pelo seu aproveitamento. No passado, a arqueologia mi-

neira focou-se primordialmente nas antigas tecnologias de extração, raramente investigando os aspetos socio-históricos ou histórico-económicos relacionados com as ditas práticas. Os princípios tradicionais desta disciplina viriam a ser objeto de crítica, fundamentada no entendimento dos sistemas em estudo, enquanto entidades subordinadas a processos históricos de longa duração (a *longue durée* de Fernand Braudel), influenciados por

diversas tecnologias, inovações e pelo acesso a matérias-primas. O estudo da antiga atividade mineira deve, por conseguinte, abarcar um vasto leque de diferentes áreas relacionadas com os fenómenos sociais inerentes à exploração mineira, tais como o comércio, a estrutura civilizacional e, porventura, os sistemas socioeconómicos no seu todo. Assim sendo, no nosso entender, deixa de se justificar a utilização do termo ›arqueologia mineira / *mining archaeology* / *Bergbauarchäologie*‹ enquanto ciência autónoma, utilizando antes termos como ›arqueologia da matéria-prima‹ (*Rohstoffarchäologie*), ›*Montanarchäologie*‹ e ›arqueologia da economia‹ (*Wirtschaftsarchäologie*).

Palavras-chave: *Montanarchäologie*, Metalurgia, Extração Mineira, Fundação, Organização

Als ›Arqueologia Mineira – Mining Archaeology (Bergbauarchäologie)‹ bezeichnet man heute eine interdisziplinäre Forschungsrichtung, deren Ziel es ist, die Bedeutung der Nutzung mineralischer Rohstoffe für historische und prähistorische Gesellschaften besser zu verstehen, im Besonderen deren soziale und wirtschaftliche Voraussetzungen und Folgen. Früher sah man die ›Arqueologia Mineira – Mining Archaeology (Bergbauarchäologie)‹ vorwiegend als das Studium der Bergbautechnik in der Vergangenheit, und in der Tat beschäftigte man sich nur selten auch mit den wirtschafts- und sozialgeschichtlichen Aspekten des Montanwesens. Die Kritik an diesem traditionellen Forschungsansatz ging von der Erkenntnis aus, dass im Zusammenhang mit dem Bergbau ganze Systeme studiert werden müssen, die langfristigen, durch Technologien, Innovationen und den Zugang zu Rohmaterialien beeinflussten historischen Prozessen (*longue durée* nach Fernand Braudel) unterworfen sind. Das Montanwesen ist durch seine Anforderungen und Erzeugnisse mit vielen Bereichen der Gesellschaft eng vernetzt und beeinflusst Siedlungsentwicklungen, den Handel und ganze sozioökonomische Systeme. Deshalb sollte man unseres Erachtens nicht länger von einer selbständigen ›Arqueologia Mineira – Mining Archaeology (Bergbauarchäologie)‹

sprechen, sondern diese in weiterreichende Konzepte wie ›Rohstoffarchäologie‹, ›Montanarchäologie‹ und ›Wirtschaftsarchäologie‹ einbeziehen und dem auch terminologisch Rechnung tragen.

Schlagwörter/Keywords: *Montanarchäologie*, Metallurgie, Bergbau, Verhüttung, Organisation.

Mining Archaeology is a multi-disciplinary approach to understanding people's roles and relations to raw materials, especially with respect to the social and economic consequences of their exploitation. Mining Archaeology has traditionally been seen as a study of the mining technologies used in the past, but only rarely has it engaged with the socio-economic and cultural aspects of these practices. Critical to the advancement of this field has been the realization that Mining Archaeology is the study of systems used to describe long-term historical processes that have been influenced by technologies, innovations and raw materials equally. Looking at ancient mines, there is always a broad vision to further related subjects such as trade, settlement patterns, and socio-economic systems necessary. We have therefore argued not to speak about Mining Archaeology on its own but to use terms like the Archaeology of Raw Materials, Montan-Archaeology (*Montanarchäologie*) and Economic Archaeology).

Keyword: Mining-Archaeology, Montan-Archaeology, Archaeometallurgie, Smelting, Organisation

Endereço:

Prof. Dr. Thomas Stöllner
 Institut für Archäologische Wissenschaften
 Ruhr-Universität Bochum
 Deutsches Bergbau-Museum
 Abteilung Forschung
 Montanarchäologie
 Haus der Archäologien
 Am Bergbaumuseum 31
 44791 Bochum