

Spurensuche: Reste keltischer Eisenverhüttungsanlagen in Baden-Württemberg

Guntram Gaßmann



■ 1 Neuenbürg „Schnaizteich“ (Enzkreis). Ausgrabung eines Kuppelofens mit Vorgrube und Ansatz des aufgesetzten Schachtes in Fundlage.

Die Wurzeln des Industrielandes Baden-Württemberg reichen weit in die Vergangenheit zurück. Ein wichtiger Wirtschaftsfaktor war seit alters her der Umgang mit Metallen. Metallverarbeitung, wenn auch in bescheidenem Umfang, spielte bereits seit dem Ende der Jungsteinzeit und in der folgenden Bronzezeit eine Rolle, wobei anfangs vor allem Kupfer und Gold, später auch Zinn, Blei und Silber verarbeitet wurden. Ob diese Metalle aus einheimischen Lagerstätten stammten oder im Tauschhandel erworben werden mußten, läßt sich noch nicht zweifelfrei klären, mit Ausnahme für das Zinn, das im Land nicht vorkommt.

Einen großen Aufschwung nahm die Verwendung von Metallen mit der Entdeckung und Ausbeutung der einheimischen Eisenerzlagerstätten. In Zentraleuropa entwickelte sich die Eisenmetallurgie innerhalb der keltischen Einflußsphäre nach einer kaum faßbaren Anfangszeit bereits während der Späthallstattzeit, etwa seit dem 8./7. Jahrhundert v. Chr., zu einem wichtigen Faktor. Nun hat die Eisenzeit begonnen! Die Anregungen

zur keltischen Eisenproduktion kommen vermutlich aus dem mediterranen und vorderasiatischen Kulturraum auf mehreren Wegen über die Alpen und westlich und östlich an diesen vorbei nach Mitteleuropa. In der Anfangszeit wird Eisen noch relativ bescheiden und oft in Gesellschaft mit Bronze verwendet, dies ändert sich aber grundlegend innerhalb der folgenden Jahrhunderte. Während der Latènezeit, in deren Verlauf, spätestens im 2. und 1. Jahrhundert v. Chr., stadtartige Siedlungen entstanden sind, nimmt Eisen zur Waffen-, Geräte- und Werkzeugproduktion eine unangefochtene Vorrangstellung ein. Eisen ist in vielen Bereichen des täglichen Lebens allgegenwärtig und trägt maßgeblich zur Entwicklung einer eigenständigen Fertigungs- und Verarbeitungstechnik bei. Zeitgleich zirkulieren in Mitteleuropa zahlreiche Eisenbarren in Form von bipyramidalen Spitz- und Schwertbarren, möglicherweise mit Zahlungsfunktion. Bereits in der frühen Eisenzeit wurde mit der Verwendung des neuen Materials also der Grundstock für eine Entwicklung gelegt, die noch weit in die Zukunft wirken sollte. Viele Geräte, Waffen und

Werkzeuge haben seit ihrem ersten Auftreten ihre ursprüngliche Form beibehalten oder nur geringfügig geändert: ein Hammer, ein Beil oder ein Messer von damals würden bei idealen Erhaltungsbedingungen in einem modernen Eisenwarengeschäft kaum auffallen, allenfalls durch ihre hervorragende Verarbeitung. In diesem Zusammenhang sei der Hinweis erlaubt, daß die moderne Sprachforschung das Wort „Eisen“ auf keltische Ursprünge zurückführt.

Das Landesdenkmalamt befaßt sich seit 1989 im Rahmen eines Forschungsschwerpunktes der Volkswagen-Stiftung mit den Anfängen der einheimischen Eisenproduktion. Seit 1995 werden die ältesten Verhüttungsanlagen systematisch kartographisch erfaßt und exemplarisch durch archäologische Ausgrabungen untersucht. Neben Belegen für die Metallverarbeitung konnten durch die archäologischen Ausgrabungen erstmals die Reste von Rennofenanlagen (rennen = schmelzen) aufgefunden werden, in denen während der frühen Eisenzeit die lokal vorkommenden Erze verhüttet wurden. Die ein-

heimischen Kelten haben also nachweislich ihr Eisen selber produziert! Als besonders vorteilhaft für diese Entwicklung mag sich der schier erschöpfliche Holzreichtum, besonders der Berggegenden, erwiesen haben.

Erzregionen mit Eisenerzen finden sich in Südwestdeutschland in erstaunlicher Zahl, jedoch sind die Vorkommen meist so klein, daß sie mit modernen Abbaufahren nicht wirtschaftlich genutzt werden können und daher meist in Vergessenheit geraten sind. Teilweise sind sie noch nicht einmal in den geologischen Karten verzeichnet, da es sich nicht um Lagerstätten im heutigen Sinne handelt. Die wichtigsten Erzvorkommen liegen auf der Schwäbischen Alb und am westlichen Schwarzwaldrand (Bohnerze und Doggererze) sowie im Schwarzwald (Gangerze). Darüber hinaus gibt es Bohnerze auf den Muschelkalkverbergungsflächen und Sumpferze in Talniederungen und Feuchtgebieten.

Bisher lassen sich in Baden-Württemberg als Ergebnis umfangreicher Geländeprospektionen in drei Erzrevieren – im Markgräflerland, auf der Mittleren Schwäbischen Alb und im Nordschwarzwald – anhand von charakteristischen Schlackenarten die Reste von keltischen Rennofenstandorten der frühen Eisenzeit nachweisen. Durch gezielte archäologische Ausgrabungen wurden einzelne Anlagen systematisch untersucht. Hierbei wurden zwei Grundformen von Ofentypen freigelegt, die im überregionalen Vergleich für die keltische Zeit charakteristisch zu sein scheinen: Schachtöfen mit eingetiefter Schlackengrube und Kuppelöfen mit Vordergrube und aufgesetztem Schacht.

Liel im Markgräfler Land

Reste des Schachtofen-Typs konnten in Südwestdeutschland bisher nur im Markgräfler Land nachgewiesen werden. Hier finden sich inmitten ausgedehnter Bohnerzorkommen an mittlerweile sieben Fundstellen Schlacken von grob fragmentierten Schlackenklötzen, die von Schachtofen mit integrierter, eingetiefter Schlackengrube stammen. Ein Grubenfeld wurde exemplarisch in Liel (Kreis Lörrach) „Schnepfenstöbe“ im Frühjahr 1996 während einer zehnwöchigen Grabungskampagne archäologisch untersucht, nachdem zuvor umfangreiche Begehungen und Magnetfeldmessungen zur genauen Ortung der Ofenstandorte durchgeführt worden waren. Das Untersuchungsareal liegt an einem Nordosthang 200 m unterhalb eines Felsabbruchs im Bereich

beginnender Hangverflachung. Die Verflachung ist auf den hier anstehenden Oxfordton mit Lößlehmauflage zurückzuführen, der die Morphologieänderung verursachte. Darüber hinaus wirkt der Ton als Wasserstauer; 150 m nordwestlich der Grabungsfläche entspringt eine Quelle. Die nächsten Bohnerzvorkommen befinden sich oberhalb des Hanges auf dem Hochplateau. Wassernähe und anstehender Ton zum Ofenbau haben vermutlich die Standortwahl beeinflusst.

Nach dem maschinellen Humusabtrag kamen in Teilbereichen der Grabungsfläche ausgedehnte Schlackenschichten zutage, die aus grobfragmentierten Klötzen und angeziegelten Ofengrubenteilen und untergeordneten Ofenbauteilen bestanden. Die Schichten lassen den Schluß zu, daß hier Ofengrubenfüllungen zusammengetragen wurden, die ursprünglich an einem anderen Ort entstanden sind. Vermutlich waren sie zur Zerkleinerung und Gewinnung eingeschlossener Metallreste gesammelt worden, was nicht vollständig durchgeführt wurde. An die Schlackenschichten schlossen sich Schichten mit kleingepochtem Material an, die als die Überreste dieser Weiterverarbeitung gedeutet werden. Bei der Tätigkeit scheint es sich um einen jüngeren nachgeordneten Vorgang zu handeln, der zu einem Zeitpunkt vorgenommen wurde, als die Verhüttungsaktivitäten vermutlich schon lange abgeschlossen waren. Ein Zusammenhang mit der Primärproduktion ist auch deshalb auszuschließen, weil die Aufarbeitung nur sehr unvollständig erfolgte.

Neben diesen für die technikgeschichtliche Stellung der Verhüttungsanlagen wenig aussagekräftigen Bereichen konnten noch in situ zwei sehr große Schlackenklötze freigelegt werden. Die Klötze weisen Durchmesser von ca. 1 m auf und sind um 0,5 m dick. An der Oberseite sind Fließwülste angedeutet, nach unten scheint die Schlacke getropft oder senkrecht abgeflossen zu sein. Die Klötze zerfallen in einzelne bis zu 70 kg schwere Segmente, ausgelöst durch Wurzelsprengung. Oben auf der Oberseite treten bräunliche Partien auf, die als die anreduzierten Relikte der letzten, unvollständig reduzierten Charge gedeutet werden, der übrige Schlackenkörper besteht aus grauer Eisensilikat-schlacke. Nach unten sind darin zunehmend verkohlte Hölzer eingeschlossen. Beide Schlackenklötze sind seitlich und unten mit 0,1 m dickem, reduzierend grau gebranntem Lehm der Ofengrube umgeben, nach außen schließt sich eine etwas dicke-

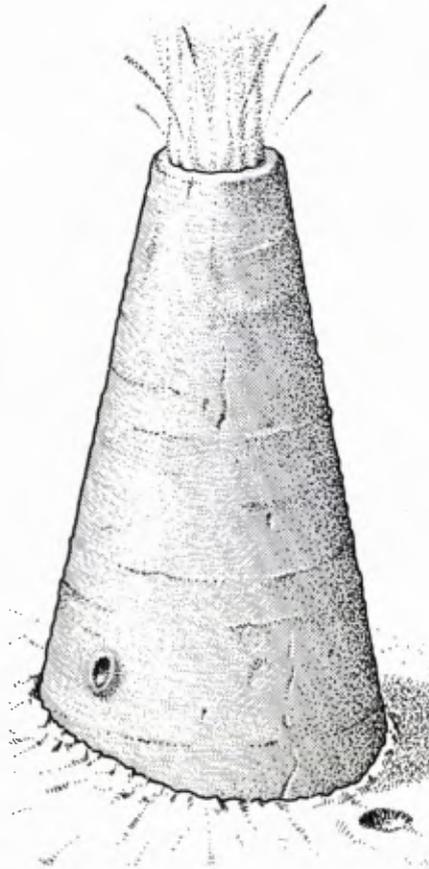
re Schicht mit oxidierend gebranntem Grubenmaterial an. Die ungestörte Reduktions- und Oxidationszone zeugt davon, daß sich beide Befunde in situ befinden.

Einer der beiden Klötze weist randlich die Reste des aufgesetzten, vermutlich konischen Schachtes auf, die jedoch nur undeutlich erhalten sind und keine genaueren Aussagen zulassen. Vermutlich überdeckt aber der postulierte Schacht den ganzen Schlackenklötz und weist damit an seiner Basis einen Durchmesser von ca. 1 m auf. Die ehemalige Schachthöhe wird aus Gründen der Proportionalität ca. 2 m betragen haben. Öffnungen für die nötige Luftzufuhr sind im unteren Schachtbereich zu vermuten.

Bemerkenswert, daß bei den Klötzen an der hangabwärts geneigten Seite ein röhrenförmiger Hohlraum auftritt, der von unten, von der Basis der Klötze mit schräg nach oben geflossener Fließschlacke ausgefüllt ist. Dieser „Kanal“ reicht jeweils ungefähr bis zur halben Höhe des Klotzes. Hier scheint etwas Schlacke fächerförmig oberflächlich ausgetreten und in situ erstarrt zu sein. Vermutlich wurde der „Kanal“ erst in einem fortgeschrittenen Stadium des Verhüttungsganges mit noch unbekannter Intention gefüllt.

Archäologisch datierbare Keramik stammt aus den Schichten mit kleingepochtem Material. Diese Keramik datiert die Nachlese in die 2. Hälfte des 1. Jahrhunderts n. Chr. Für die Verhüttung liegen einige Daten aus den in den Schlacken eingeschlossenen Holzkohlen vor, die mit hoher Wahrscheinlichkeit ins 3./2. Jahrhundert v. Chr. datieren.

Schachtofen mit eingetiefter Schlackengrube kommen relativ selten in der keltischen Einflußsphäre vor. Nach jedem Ofengang mußte eine neue Schlackengrube ausgehoben werden, der kompakte Schlackenklötz verblieb im Boden. Meist finden sich an einem Fundort mehrere Schlackenklötze. Ob diese mit nur einem mobilen Ofenschacht produziert werden konnten, oder ob nach jedem Ofengang die gesamte Anlage neu errichtet werden mußte, wird noch kontrovers diskutiert. Vergleichsbeispiele gibt es in England, in Mittelfranken und im Burgenland. Nach der römischen Besetzung Mitteleuropas erlebte der Ofentyp in den ersten Jahrhunderten n. Chr. in Nord- und Osteuropa einen enormen Aufschwung. Allein aus Polen wurden mittlerweile mehrere Tausend Rennofenanlagen bekannt.



■ 3 Rekonstruktionszeichnung eines Ofenschachtes. Unter dem Schacht liegt die nicht sichtbare Schlackengrube, von der aus schräg nach oben ein röhrenförmiger Kanal führt, dessen Austrittsstelle rechts unten vor dem Schacht angedeutet ist. Wenig oberhalb der Standfläche befand sich vermutlich eine Düsenöffnung.

Reste von *Kuppelöfen* finden sich auf der Schwäbischen Alb bei St. Johann (Kreis Reutlingen) und im Nordschwarzwald bei Neuenbürg (Enzkreis). Diese Ofenform scheint im keltischen Einflußbereich in zahlreichen Varianten weit verbreitet zu sein.

St. Johann-Würtingen auf der Schwäbischen Alb

In einer Vorkampagne im Herbst 1996 wurden drei Verhüttungsöfen auf dem Fohlenhofer Feld innerhalb des Gestütsgeländes bei St. Johann-Würtingen archäologisch untersucht. Die Befunde sind Bestandteile einer größeren Ofenansammlung, deren ungefähre Ausdehnung durch Oberflächenprospektion und Magnetfeldmessungen ermittelt werden konnte. Die Befunde liegen an einem leichten Abhang in Sichtweite des Eulenbrunnens, einer der seltenen Quellen auf der Albhochfläche, in der Nähe einer keltischen Siedlung der Hallstatt- und Frühlatènezeit. Als Erzgrundlage ha-

ben vermutlich „Eisenschwarten“ und Bohnerze gedient, die in der Umgebung anstehen.

Für die Voruntersuchungen wurden zwei Kleinstflächen mit nur wenigen Quadratmetern zur Vermeidung von Flurschäden von Hand eröffnet, die sofort drei Rennofenreste und eine Grube unbekannter Funktion freigaben. Die Befunde liegen unmittelbar im und unter dem Pflugbereich, und es ist nur der schonenden Bodenbearbeitung im Landesgestüt zu verdanken, daß sich die Objekte im Ackerland überhaupt noch erhalten haben; die Erosion wird sich jedoch nicht aufhalten lassen, so daß die Ofenreste möglicherweise schon bald vollständig abgepflügt sein werden. Mindestens fünf weitere Ofenstandorte sind lokalisiert, wurden aber noch nicht näher untersucht. Darüber hinaus gibt es Hinweise auf eine größere Anzahl bereits weitgehend zerstörter Objekte. Ein zweites Ofengrubenfeld im Wiesengelände direkt beim Eulenbrunnen wurde bisher noch nicht untersucht. Es soll mit einer Gruppe von freiwilligen Helfern in Angriff genommen werden.

In der Nordwestfläche fand sich der untere Bereich eines Rennofens mit Vorgrube, der im Zentrum zweimal nacheinander vermutlich auf der verzweifelten Suche nach etwas „Wertvollem“ durchgegraben worden war. Lediglich der rückwärtige Teil und die Spitze der Schlackengrube blieben original erhalten. Am Ofenheck konnte eine von innen angesetzte Reparaturstelle nachgewiesen werden. Dies bedeutet, daß der Ofen mehrmals in Betrieb war, bevor er aufgegeben wurde.

In der südöstlichen Grabungsfläche lagen zwei Unterteile ehemaliger Rennöfen. Einer der beiden Öfen war komplett ausgeräumt, wahrscheinlich in Vorbereitung einer neuen „Ofenreise“, zu der es dann aber nicht mehr kam. Der andere war mit den Resten des letzten Ofengangs – Schlacken, Holzkohlen und Erzen – verfüllt, die auf einer Holzkohlebasisschicht ruhten. Bei den Schlacken handelt es sich um Brocken von holzkohlereichen, kaum geflossenen Eisensilikatschlacken mit zahlreichen Hohlräumen, die für diesen Ofentyp charakteristisch zu sein scheinen. Im Holzkohlebasisset lagen vereinzelt ebenso charakteristische dünne, längliche Schlackenschnüre, die in das Unterlager eingedrungen waren. Das Holzkohlebett muß aber insgesamt so dicht gewesen sein, daß es nicht vollständig von Schlacken durchdrungen wurde. Beide Ofenreste weisen einen innen reduzierend verziegelten 0,6 m

■ 2 Liel „Schnepfenstöße“ (Kr. Lörrach). Segment eines großen Schlackenklotzes. Blick von oben.





■ 4 St. Johann „Fohlenhofer Feld“ (Kr. Reutlingen). Südliche Grabungsfläche mit den Resten zweier Rennöfen mit Vorgrube während ihrer Freilegung.

durchmessenden und – soweit erkennbar – überkuppelten Brennraum auf, der nach vorne vermutlich durch einen Kanal in die nach außen ansteigende Schlackengrube mündet, in der oxidierende Bedingungen herrschten. Im Umfeld der Öfen, vornehmlich an dem gestörten Befund in der Nordwestfläche, fand sich Keramik der Latènezeit, vermutlich vom Ende der Frühlatènezeit, die eine ungefähre zeitliche Einordnung zulässt. Holzkohleproben aus den Ofenresten datieren die Anlagen außerdem mit einiger Wahrscheinlichkeit ins 4. Jahrhundert v. Chr. und bestätigen damit die Keramikdatierungen. Unterhalb des gestörten Ofens kam eine ovale ca. 1 m durchmessende flachbodige Grube mit steilen Wänden zum Vorschein, deren Funktion noch unklar ist. Daraus stammen ebenfalls Frühlatènescherben sowie Verhüttungsabfälle und, als besondere Rarität, eine vollständige Metalluppe und weitere metallische Reste. Es wäre ein schöner Zufall, wenn es sich bei der Luppe um das gesuchte Objekt handeln würde, wegen dem der nahe Rennofen zweimal umgegraben worden war.

Neuenbürg im Nordschwarzwald

Typische Schlacken von Kuppelöfen finden sich nicht nur auf der Schwäbischen Alb, sondern vor allem auch im Nordschwarzwald im Neuenbürger Eisenerzrevier mit seinen 71 Braunei-

senerzgingen. Am Nordwestrand des Erzreviers liegt eine frühkeltische Höhensiedlung auf dem Neuenbürger Schloßberg, die seit ihrer Entdeckung mit möglichen Bergbauaktivitäten in Zusammenhang gebracht wurde. Diese Theorie wurde überprüft und konnte durch die Geländearbeiten des derzeitigen Forschungsprojektes erhärtet werden. Mittlerweile wurden in der weiteren Umgebung von Neuenbürg sechs Areale bekannt, an denen jeweils größere Schlackenvorkommen liegen, allerdings fanden sich auf dem Schloßberg selbst, entgegen den Angaben des Ausgräbers, bisher noch keine Verhüttungsschlacken. Die Funktion der Siedlung wäre also wahrscheinlich dem logistischen Bereich zuzuordnen. Bei den Schlacken handelt es sich jeweils um sehr zäh geflossene oder locker zusammenhängende Eisensilikatbrocken und Klötze bis 20 kg Gewicht, die partiell stark mit Holzkohlen durchsetzt sind. An einer Fundstelle bei Neuenbürg „Schnaizteich“ wurden während zweier Grabungskampagnen im Herbst 1995 und Sommer 1996 insgesamt sieben Kuppelöfen mit Vorgrube untersucht, die zu einer beiderseits eines Tälchens angesiedelten Ofengruppe gehören. Insgesamt dürften sich an der Fundstelle weit über fünfzig Öfen befinden, wie durch Begehungen und Magnetfeldprospektion geschätzt wird.

Das Grabungsgelände liegt oberhalb des Schnaizbaches in Hanglage in einem Bereich natürlicher Verflachung, der zusätzlich im Nordteil künstlich terrassiert war. Auch hier gibt es wieder in der Nähe Quellen. Bei der Anlage der Grabungsflächen mußte sowohl auf die Morphologie als auch auf den Baumbestand Rücksicht genommen werden, so daß nicht alle bei den Voruntersuchungen festgestellten Ofenstandorte freigelegt werden konnten. Maschinen ließen sich nur sehr bedingt einsetzen. Bei den Grabungen wurde eine Serie von bisher sechs in regelmäßigem Abstand aneinander gereihten Rennöfen mit zugehörigen, hangabwärts vorgelagerten Arbeitsgruben von ca. 1 m Durchmesser aufgedeckt, die nach Süden durch einen alten Weg abgeschnitten werden. Unterhalb verläuft dazu eine zweite Ofenreihe in größerem Einzelabstand, von der ein Ofen untersucht wurde; die restlichen Öfen verblieben ungeöffnet als Forschungsreserve. Die Öfen waren ursprünglich in den Hang eingetieft worden und haben deshalb eine hervorragende Erhaltung. Es handelt sich um Kuppelöfen mit aufgesetztem Schacht und Vorgrube, die durch einen Kanal von ca. 0,2 m Durchmesser mit der Basis des Brennraumes ver-

bunden war. Ein vorne beschädigter Ofen war noch 0,6 m hoch erhalten, ein weiterer, etwas kleinerer Ofen wurde nahezu komplett entdeckt, lediglich sein Schacht war nicht mehr vollständig. Dieses Exemplar wurde geborgen und befindet sich derzeit zur wissenschaftlichen Bearbeitung im Archäologischen Landesmuseum Konstanz. Der Ofen ist noch 0,5 m hoch. Die Außenmaße der Kuppelstandfläche betragen 1,2 m × 0,8 m, darüber wölbt sich die 0,4 m hohe Kuppel, auf welcher der noch 0,1 m hoch erhaltene Schacht aufsetzt. Der Schacht weist einen Außendurchmesser von 0,4 m auf. Die Dicke der Ofenwand beträgt im Bereich der Kuppel 0,1 m, am Ofenschacht ist sie etwas dicker. Während des Betriebs war der Rennofen nur von vorne, von der ebenfalls eingetieften Arbeitsgrube aus und von oben über die Gichtöffnung zugänglich. Dies brachte den Vorteil von geringem Wärmeverlust, dafür traten erhebliche Schwierigkeiten beim Ofenbetrieb auf, da alle Bedienungselemente an der Stirnseite untergebracht werden mußten.

Aus einem der kleinen Öfen wurden mehrere Bruchstücke von nicht näher bestimmbarer Späthallstatt-/Frühlatènekeramik geborgen. Die Holzkohleproben aus mehreren Ofenfüllungen, legen eine Datierung spätestens ins 5. Jahrhundert v. Chr. nahe, einzelne Proben können sogar noch älter sein. Aus den Öfen und deren Nahbereichen konnten als Besonderheit einige unbearbeitete Metallreste geborgen werden, die vermutlich übersehen worden waren.

Unter Berücksichtigung der Befunde von St. Johann, die – soweit sich dies trotz der unterschiedlichen Erhaltung erkennen läßt – weitgehende Übereinstimmung mit dem Neuenbürger Material aufweisen, wird als Rekonstruktionsversuch ein in seiner Gesamtansicht sowie als Quer- und Längsschnitt abgebildeter Kuppelofen mit ausgesetztem Schacht vorgeschlagen (Abb. 5). Die Lage des aus dem Ofen führenden Kanals kann sowohl mittig als auch seitlich versetzt rekonstruiert werden, da es Grabungsbefunde für beide Varianten gibt.

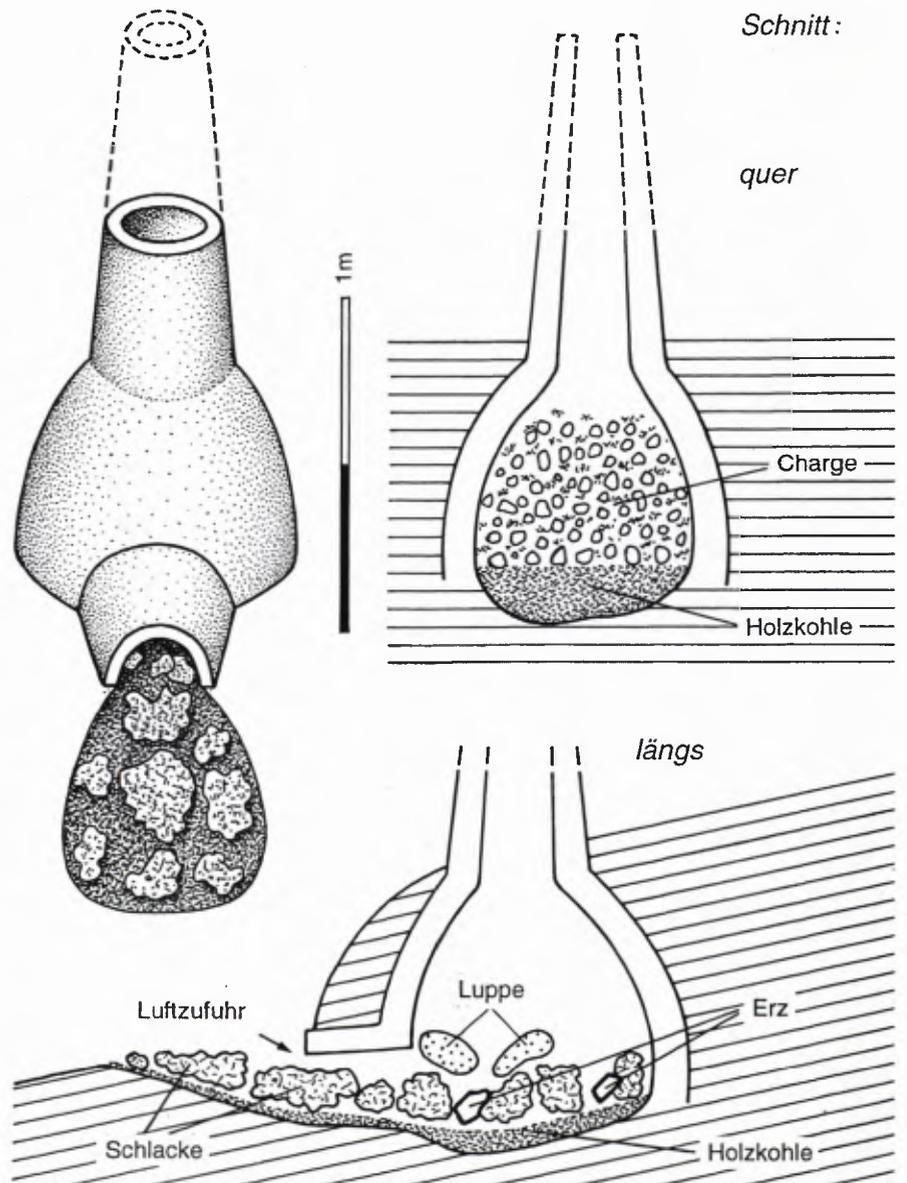
Der Querschnitt soll den Beginn des Verhüttungsganges darstellen, der Längsschnitt das Ende. Die Ofenkonstruktion legt nahe, daß man zunächst eine Grube in den Hang eingetieft hat, in die die Ofenkuppel eingepaßt wurde. Die Ofensole wird direkt vom Anstehenden gebildet, auf das eine dicke, vermutlich festgestampfte Holzkohleschicht aufgetragen wurde. Auf der Kuppel ruhte ein Schacht, der

bis zu 1 m hoch war, wie sich aus dem Versturzmateriale in einer Brennkammer von Neuenbürg schließen läßt. Die Beschickung erfolgte von oben, indem entweder abwechselnd Lagen von Erz und Holzkohle oder eine Mischung von beiden eingefüllt wurde. Der Einbau in den Hang und die Holzkohleschicht bewirkten eine sehr gute Isolierung und verhinderten gleichzeitig ungewollten Wasserzutritt von unten. Die während des Betriebs entstandene Schlacke setzte sich auf und in dem Holzkohlebett ab, ohne die Holzkohle komplett zu durchdringen. Größere Klötze wurden vermutlich von außen durch den Ofenmund von Zeit zu Zeit mechanisch entfernt und auf Halde geworfen. Das Abfließen der Schlacke wurde dadurch unterbunden, daß die Sohle der Schlackengrube nach außen anstieg. Hierdurch wurde ein plötzlicher Wärmeverlust beim Schlack-

kenabstich verhindert. Das Problem der Luftzufuhr ist noch nicht hinreichend geklärt; möglich ist, daß die Luftzufuhr durch den Ofenmund erfolgte, vielleicht durch natürlichen Zug. Metallisches Eisen kam vermutlich oberhalb der Schlacke im Bereich der höchsten Ofentemperatur vor. Durch das Holzkohlebett, das die Luppe vermutlich wie ein Gitterrost an seiner Oberfläche festhielt, blieb diese wahrscheinlich weitgehend von der nach unten abtropfenden Schlacke getrennt.

Kuppelöfen mit Vorgrube und aufgesetztem Schacht scheinen in der keltischen Einflußzone mehrfach vorzukommen. Vergleichsbeispiele gibt es im Siegerland, in Bayern, im Burgenland, in Südengland und in Mittelfrankreich.

Das bei den Grabungen gewonne-



■ 5 Rekonstruktionszeichnung eines Kuppelofens mit Vorgrube und aufgesetztem Ofenschacht.

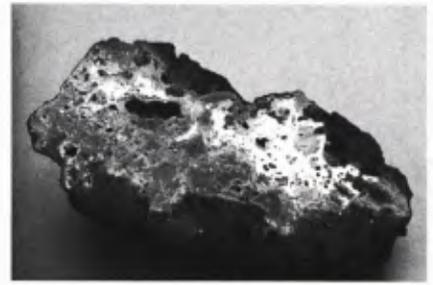
ne Probenmaterial, Verhüttungsabfälle (Schlacken) und Metallreste, wird derzeit in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum naturwissenschaftlich analysiert, um weitere Daten zur Prozeßrekonstruktion, zu den verwendeten Erzen und zur Qualität des entstandenen Eisens zu erlangen. Als große Besonderheit konnten sowohl in St. Johann als auch in Neuenbürg die Reste von metallenen Luppen in der unmittelbaren Umgebung der Rennöfen geborgen werden. Diese Luppen werden derzeit besonders intensiv untersucht, da sie eine ungefähre Vorstellung von den Endprodukten vermitteln können.

Nach der Lehrmeinung ist die europäische Eisenherstellung bis zur Einführung der Hochöfen im ausgehenden Mittelalter ausschließlich an das direkte Verhüttungsverfahren im Rennofen verknüpft. Die Herstellung erfolgt durch Reduktion des Eisens im teigigen Zustand, ohne daß das Metall verflüssigt wird, wie es Schürmann 1958 sehr detailliert beschrieben hat. Beim Rennofenprozeß wird eine sehr eisenreiche Schlacke gebildet, die alle störenden Fremdstoffe aufnimmt. In dieser Schlacke existieren Eisenoxide als Puffer, die ein Aufkohlen der eisernen Luppe verhindern. Mit dieser Prozeßführung entsteht auf direktem Weg Weicheisen bei der Verhüttung, das sich ohne komplizierte Zwischenschritte in der Schmiede weiterverarbeiten läßt. Bei heutigen Hochofenverfahren wird im Gegensatz dazu zunächst nichtschmiedbares hochaufgekohltes Roheisen hergestellt, die Vorstufe von Gußeisen, das erst umständlich und energieaufwendig entkohlt werden muß, bevor es in der Schmiede verarbeitet werden kann. Der Nachteil des Rennprozesses besteht in der geringen Effektivität, da ein sehr hoher Eisenanteil zur Schlackenbildung verbraucht wird; dem steht als sehr wichtiger Vorteil gegenüber, daß sich das entstandene Produkt mechanisch verformen läßt. In der Regel liegt die Metallausbeute unter 20 Prozent und erfordert möglichst reichhaltige Erze.

Bei den bisherigen Untersuchungen der unverarbeiteten Metallreste aus St. Johann und Neuenbürg wurde bei allen Proben unerwartete Kohlenstoffgehalte im Eisen nachgewiesen, die beim Rennverfahren eigentlich nicht auftreten dürften. Die Gehalte liegen im Stahlbereich, so daß davon ausgegangen wird, daß es sich um erwünschte Produktionsrelikte handelt, denn dieses Material läßt sich noch direkt in der Schmiede verformen. Anhaftende Schlackenreste an zwei Metallproben sind identisch mit Schlackenproben aus den Öfen, so daß eine nachträgliche Aufkohlung auszuschließen ist. Es scheint also in den ausgegrabenen kuppelförmigen Rennöfen bei entsprechender Prozeßführung auf mehr oder weniger direktem Weg, entgegen den theoretischen Vorgaben, die Herstellung von kohlenstoffhaltigem Stahl gelungen zu sein. Gegenüber dem normalerweise anfallenden Weicheisen stellt dieser Stahl wenigstens aus heutiger Sicht einen höherwertigen Artikel dar, dessen Herstellung, sofern man sie beherrschte, sicherlich vorteilhaft war und zu einer eigenständigen Eisenmetallurgie der Kelten beitrug. Die Einzelheiten des Verfahrens, eines wahrscheinlich spezifizierten Rennofenprozesses, sollen durch die zukünftige Forschungen am Deutschen Bergbau-Museum weiter entschlüsselt werden. Es drängt sich die Frage nach dem Umfang der unterstellten, vermuteten absichtlichen Stahlproduktion auf. Wurden hier die Ausnahmen von uns entdeckt, oder handelt es sich um eine gängige Technologie in der Frühphase der Eisenherstellung? Gibt es zeitgleiche Verhüttungsanlagen, in denen Weicheisen produziert wurde, das in Form der bereits weiter oben erwähnten Barren zirkulierte, oder konnte sowohl aufgekohlter Stahl als auch kohlenstoffarmes Weicheisen in denselben Öfen hergestellt werden?

Literatur:

H. Behagel: Eine latènezeitliche Eisenverhüttungsanlage in der Minnerbach bei Siegen. *Germania* 23, 1939, 228–237.



■ 6 Polierter Anschliff einer Fundluppe von St. Johann „Fohlenhofer Feld“. Die glänzenden Partien stellen Metallreste dar, die von einem mächtigen Korrosionsssaum umgeben sind.

K. Bielenin: Frühgeschichtliche Eisenverhüttung im Heilig-Kreuz-Gebirge. *Etnographisch-Archäologische Zeitschrift* 37, 1996, 293–308.

C. Dunikowski, C. S. Cabboi: *La sidérurgie chez les Sénonis: les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne)* (Paris 1995).

I. Jensen: Der Schloßberg von Neuenbürg. Eine Siedlung der Frühlatènezeit im Nordschwarzwald. *Materialhefte Vor- u. Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 8 (Stuttgart 1986).

M. Kempa: Die Erforschung der vor- und frühgeschichtlichen Eisenverhüttung. Beiträge zur Eisenverhüttung auf der Schwäbischen Alb. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 55 (Stuttgart 1995).

E. Schürmann: Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. *Stahl und Eisen* 78, 19, 1958, 1297–1307.

Ü. Yalcin, A. Hauptmann: Zur Archäometallurgie des Eisens auf der Schwäbischen Alb. In: *Beiträge zur Eisenverhüttung auf der Schwäbischen Alb. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 55 (Stuttgart 1995) 269–309.

Dr. Guntram Gaßmann
LDA · Archäologische Denkmalpflege
Alexanderstraße 48
72 070 Tübingen