

sachsen, Schleswig-Holstein, dem Alpengebiet und der Bretagne. Die Unterschiede innerhalb der Hallstatt D-Periode und in der Latènezeit sind aber nicht nur durch die verschiedenen Fremdeinflüsse zu erklären, sondern scheinen auch in der, jetzt nachweisbar, ethnisch unterschiedenen Bevölkerung in den einzelnen Teilen der Lage Landen ihren Grund zu haben. Mit der Nennung der keltischen und germanischen Stämme in Belgien und den Niederlanden schließt das letzte Kapitel des Buches.

Dem darstellenden Teil folgen (S. 197 ff.), da Anmerkungen dem Text nicht beigegeben sind, eine kurze Literaturübersicht, ein Verzeichnis der Tafel- und Textabbildungen, der Index sowie nochmals ein Dank an jene, die zur Gestaltung des Buches beigetragen haben. Der Leser dankt jedoch den Autoren für diese handliche, reich ausgestattete und gute Darstellung, die einen klaren Überblick bietet und hofft, daß auch die geplante Fortsetzung über „De Romeinen in de Lage Landen“ so viel Freude bereiten wird.

Heidelberg

Waldtraut Schrickel.

H. H. Coghlan, Notes on Prehistoric and Early Iron in the Old World. Pitt Rivers Museum, University of Oxford. Occasional Papers on Technology 8. Oxford 1956. 220 S., 57 Abb. u. 16 Taf.

Seit Jahren wird der Technikgeschichte wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt, nachdem sich herausgestellt hat, daß bei der Untersuchung von antiken Werkstücken mit bestem Erfolge die modernsten naturwissenschaftlichen Untersuchungs- und Meßmethoden zur Erschließung und Klärung der angewendeten technischen Verfahren herangezogen werden können. Dadurch ist heutzutage eine Einschätzung der alten Technik und die damit verbundene Beurteilung der fachlichen und handwerklichen Kenntnisse und Künste der alten Handwerker viel leichter möglich als früher. Seitdem im Jahre 1951 die erste geschichtliche Arbeit über die Gießereitechnik im Rahmen des Arbeitsplanes des neu gegründeten Geschichtsausschusses im Verein Deutscher Eisenhüttenleute erschien, haben auch viele andere Fachverbände, wie der Verein Deutscher Ingenieure, die Deutsche Gesellschaft für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik und neuerdings auch die Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute auf Tagungen, in ihren Fachveröffentlichungen und Schriftenreihen regelmäßig Themen behandelt, die sich nicht nur mit der Entwicklung der Eisentechnik beschäftigen, wie der eingangs erwähnte Geschichtsausschuß, sondern in die auch allgemeine Fragen der Technikgeschichte mit allen Randgebieten einbezogen werden. Leider fehlte jedoch vielfach, nicht nur in Deutschland, eine sinnvolle staatliche Unterstützung, ohne die nun einmal nicht eine Breitenwirkung für derartige langwierige und oft mit größerem technischen Aufwand verbundenen Untersuchungen erzielt werden kann. In England hatte sich eine Kommission von Ende der zwanziger bis Ende der dreißiger Jahre besonders der chemischen Untersuchung von alten Kupfergegenständen aus dem Orient angenommen, deren Tradition nach dem Kriege von dem neu gegründeten Ancient Mining and Metallurgy Committee unter Leitung von H. H. Coghlan mit bestem Erfolge fortgesetzt wurde. Eine ähnliche Zusammenfassung der Forschung wird jetzt auch bei uns in der Arbeitsgemeinschaft für Metallurgie des Altertums beim Römisch-Germanischen Zentralmuseum erstrebt.

Mitten in diese Entwicklung hinein führte nun das angezeigte Buch von Coghlan über die vorgeschichtliche Eisentechnik, worin die wesentlichsten Ergebnisse der einschlägigen Forschung bis zum Jahre 1956 zusammengefaßt sind. Schon einige Jahre vorher hatte Coghlan eine ausführliche Darstellung der alten Kupfer- und Bronze-

technik gegeben, die sich von vielen früheren in einem wesentlichen Punkte dadurch unterschied, daß nämlich durch eine Reihe von Experimenten und mit Hilfe von zahlreichen Probeschmelzungen und Probeabgüssen eine technische Nachprüfung der alten Methodik ermöglicht wurde, die mit einigen alten Vorstellungen endgültig aufräumte. Damals wurde z. B. der Theorie, daß durch zufälliges Ausschmelzen von Kupfererzen am Lagerfeuer das metallische Kupfer entdeckt worden sei, endgültig der Boden entzogen. Das gleiche gilt übrigens auch sinngemäß für die zufällige Entdeckung des Eisens.

Für das Eisen stand eine ähnliche Zusammenfassung bisher aus; es war daher sehr verdienstvoll, daß sich Coghlan als alter Hüttenfachmann dieses Themas angenommen hat und, unterstützt durch die Ergebnisse moderner Forschungsmethoden, den derzeitigen Stand der Kenntnis von der Eisenmetallurgie in vorgeschichtlicher Zeit beschrieben hat. Daß dabei vorwiegend Wert auf die Darstellung der technischen Kenntnisse gelegt wurde, ist zu begrüßen. Erst nach der Klärung und kritischen Überprüfung der komplizierten technischen Prozesse bei der Eisenherstellung können sie in das vorgeschichtliche Schema eingebaut werden. Die aus äußeren Gründen jetzt erst erfolgende Besprechung gestattet es außerdem noch, auch Ausblicke auf die Ergebnisse der in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten über dieses Forschungsgebiet zu geben und ferner noch einzelne Literaturangaben über die geschichtliche Abfolge der Forschung hinzuzufügen, da in der vorliegenden Arbeit darauf weniger Wert gelegt wurde und offensichtlich vorwiegend auf heimisches Schrifttum zurückgegriffen worden ist.

In vorgeschichtlicher Zeit sind zwei Rohstoffquellen ausgenutzt worden: Die Eisenerze mit einem Eisengehalt zwischen 30% und 50% und das Meteoreisen. Zwar setzte der Gebrauch des Meteoreisens besonders in bestimmten Ländern des Mittelmeerraumes sehr frühzeitig ein, aber durch die Benutzung und Ingebrauchnahme des metallischen Eisens kann sich keine Eisentechnik entwickeln. Sie nahm allein ihren Ausgang durch die Verwendung vorwiegend von Eisenhydroxyden, die dem sogenannten braunen (eisernen) Hut der Eisenerzlagertstätten entstammen, und die unter dem Sammelnamen Limonit (Brauneisenerz) zusammengefaßt werden. Derartige Erze wurden im großen Maße zur Hallstattzeit verarbeitet. Gelegentlich hat man später in der Latènezeit noch Hämatitlagertstätten (Fe_2O_3) vor allem im böhmisch-mährischen Raum zur Eisenerzeugung herangezogen. Eisenkarbonate und die durch Farbe und Glanz auffälligen Eisensulfide wurden zu Beginn der Eisenzeit nicht benutzt, da deren Verhüttung mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, die erst Jahrhunderte später gemeistert wurden, nachdem sich dafür besondere Röst- und Schmelzverfahren entwickelt hatten.

Trotz der weiten Verbreitung von Eisenerzlagertstätten ist jedoch alter Abbau nur ganz selten nachgewiesen worden, da die Eisenerzlager im Gegensatz zu den meisten Kupfererzlagertstätten nicht gangförmig auftreten und der nur an der Erdoberfläche umgehende Bergbau kaum alte Bergbauspuren hinterlassen hat. Gelegentliche Berichte alter Schriftsteller lassen aber deutlich das Ausmaß antiker Bergbauunternehmungen erkennen und geben schlagartige Einblicke in die technischen Einrichtungen und die alte Arbeitsorganisation¹.

Bisher hat man sich kaum damit befaßt, auf Leitelemente in den Eisenerzlagertstätten zu achten, eine Methode, mit der man bei vorgeschichtlichen Kupferlegierungen beste Erfolge erzielte und mit der sich vielleicht auch beim Eisen gewisse Her-

¹ A. Frantz, Eisen und Stahl im Alterthume. Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 41, 1882, 177-179, 197-199, 257-259, 377-379, 467-469, 557-560. - J. B. Willson, The use of iron in ancient times. The Princeton Theological Review 15, 1917, 250-276. - H. Wilsdorf, Bergleute und Hüttenmänner im Altertum bis zum Ausgang der römischen Republik. Freiburger Forschungsh. Reihe D, Kultur und Technik H. 1 (1952).

kunftsbestimmungen durchführen ließen². Nur ein Element, das gelegentlich in größerer Menge im Eisen vorhanden ist, wurde bisher dazu ausgenutzt. Es handelt sich um die Nickelbeimengungen, die als typisches Kennzeichen für das Meteoreisen angesehen werden. Wie eine eingefügte Tabelle (S. 36) zeigt (48 Funde von Meteoreisen), kommen Nickelgehalte zwischen 3% und 30% vor. Diese Eisensorten sind unter gewissen Voraussetzungen schmelzbar³. Die eiserne Klinge eines vielbesprochenen Dolches des Tut-anch-Amon ist kürzlich übrigens ebenfalls als Meteoreisen mit 9% Nickel und 0,5% Chrom bestimmt worden⁴. Man hat zwar gelegentlich vermutet, daß vielleicht nickelhaltiger Magnetkies (FeS mit natürlich beigemischttem Eisennickelkies) benutzt worden sei, jedoch ist aus den bereits erwähnten Gründen eine Verhüttung von sulfidischen Eisenerzen aus technischen Gründen undenkbar. Allgemein sind aber Untersuchungen besonders an kleinen, frühen Eisensorten, die zudem sehr selten nachgewiesen worden sind, oft schlecht durchführbar, da die Oxydation des Eisens in vielen Fällen so weit gegangen ist, daß nur noch Eisenoxyde vorliegen. Ferner wird häufig durch unklare Fundumstände die Glaubwürdigkeit sehr stark eingeengt. Die Aussagekraft derartiger Analysen ist natürlicherweise begrenzt, und dadurch ist auch immer noch der Anfang der Eisentechnik in Dunkel gehüllt.

Die Gewinnung eines brauchbaren Eisens aus oxydischen Erzen setzt eine Reihe von Kenntnissen und Erfahrungen voraus, die weit komplizierter und sehr viel umfangreicher als bei der Verhüttung von Kupfererz und der sich daraus ergebenden Herstellung von Bronzen sind. Der vorgeschichtliche Eisenhüttenmann konnte mit den damaligen Methoden das Eisen aus den Eisenerzen nicht als einheitliches Stück reduzieren. Es fällt vielmehr stets nur als schwammiges Eisen (Luppe) an, welches mit Schlackenresten und Kohle stark verunreinigt ist. Diese Beimengungen müssen durch mehrmaliges Schmieden herausgehämmert und auf diese Weise entfernt werden. Beim Kupfer vollzieht sich die Trennung des Metalls von der Gangart (Schlacke) im Laufe des Schmelzprozesses verhältnismäßig leicht, während sich beim Eisen im Gegensatz dazu der Eisenschwamm von der Gangart nicht rein absondert, auch wenn Zuschläge oder Flußmittel zum leichteren Fließen der Schlacke zugesetzt werden.

Um eine richtige, weiter verarbeitbare Luppe zu erzeugen, sind Temperaturen von etwa 1100° bis 1200°⁵ und darüber⁶ notwendig. Aus den Erweichungspunkten

² A. R. Weill, Exemple d'analyses comparées sur les objets en fer de Chine (époque Han) et d'Etrurie. *Revue Métallurgie* 54, 1957, 270–276.

³ L. Beck, Das Meteoreisen in technischer und culturgegeschichtlicher Beziehung. *Archiv f. Anthr.* 12, 1880, 293–314 (136 Funde besprochen). – R. Vogel, Über die Strukturformen des Meteoreisens. *Archiv f. Eisenhüttenwesen* 1, 1928, 605–611.

⁴ W. Jaschek, Der Einfluß von Legierungspartnern auf homologe Linienpaare (Spektralanalytische Untersuchung des Dolches des Tut-anch-Amon). *Spectrochimica Acta* 11, 1957, Sonderbd. S. 290.

⁵ H. B. Neumann u. H. Klemm, Der Gefügebau der Eisenoxysilikate der Rennfeuer- und Stückofenschlacken und die Vorgänge bei der Ausscheidung des metallischen Eisens aus solchen Schlacken. *Archiv f. Metallkde.* 3, 1949, 7–11. – W. Oelsen u. E. Schürmann, Untersuchungsergebnisse alter Rennfeuerschlacken. *Archiv f. Eisenhüttenwesen* 25, 1954, 507–514. – F. Morton, Analysen von Eisenschlacken und Eisenwerkzeugen aus der römischen Niederlassung in der Lahn und vom Grabfelde in Hallstatt. *Jahrb. d. Oberösterreichischen Musealvereines* 99, 1954, 177 bis 180; *Germania* 30, 1952, 106–109. – K. Bielenin, Results of present research on ancient slag in the region of the Swietokrzyskie mountains. *Wiadomości Arch.* 24, 1957, 101–112. – B. Osann, Eisenhüttenmännische Aussagen der Rennofen-, Rennstahl- und Rennschlackenfunde von Salzgitter-Lobmachersen. *Stahl u. Eisen* 79, 1959, 1206–1211.

⁶ R. Pleiner, Die Ergebnisse neuer Ausgrabungen an vor- und frühgeschichtlichen Eisenhüttenplätzen in Böhmen und Mähren. *Stahl u. Eisen* 78, 1958, 1748–1754.

alter Schlacken, die man daraufhin untersuchte, konnte man diese Temperaturen erschließen. Die chemische Untersuchung von Schlackenresten zeigte ferner an, daß gelegentlich zur Erzielung eines leichteren Schmelzanges besonders von der römischen Zeit ab je nach der Gegend Ton, Silikate usw. als Flußmittel zugesetzt worden sind. Allgemein gesehen ist jedoch der alte Schmelzprozeß mit seinem Ausbringen an metallischen Eisen sehr unrentabel gewesen, da ein großer Teil des Eisens in die Schlacke geht. Der hohe Eisengehalt alter Eisenschlacken gab auch hin und wieder Veranlassung für eine erneute Aufarbeitung alter Schlackenhalde auf Eisen in unserer Zeit.

Die Erzeugung von Eisenluppen erfolgte in Schmelzmulden, Herden, Meileröfen, Schachtöfen mit natürlichem Wind oder mit Gebläsen vorwiegend im Rennverfahren⁷, wofür sich heutzutage noch genügend viele ethnographische Beispiele als Parallelen anbieten⁸. Bevorzugt werden dabei Vergleiche aus Afrika herangezogen, das gelegentlich früher sogar als Wiege der Eisentechnik bezeichnet worden ist.

Nach allgemeiner Ansicht kann sich das Erschmelzen des Eisens nur in einer Gemeinschaft entwickelt haben, wo schon geschlossene Öfen z. B. für die Töpferei bekannt waren. Es ist mit großer Sicherheit anzunehmen, daß die erste Gewinnung von Eisen aus Eisenerz im Raume zwischen dem östlichen Kleinasien und Armenien erfolgt ist. Die Möglichkeit der Entdeckung in diesen Ländern ist auch noch dadurch gegeben, da dort nachweislich Eisenoxyde als Farbmateriale benutzt worden sind. Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß hier mit der Bearbeitung des gelegentlich entstandenen Eisenschwammes außerordentliche Schwierigkeiten aufgetreten sein müssen. Ob aus diesen Anfängen heraus eine Eisenbearbeitungstechnik entstanden ist, muß fraglich erscheinen. Schon etwa um 1000 v. Chr. setzt in Kleinasien eine verstärkte Eisengewinnung ein, die sich aber nicht zu einer Eisengewinnung größeren Stiles entwickelte. Das ist erst zur Hallstattzeit B der Fall. Es ist aber immer noch unklar, ob überhaupt Beziehungen zwischen dem mitteleuropäischen Erzeugungszentrum und dem kleinasiatischen bestanden haben. Wenn sich auch manche Ofenformen in weit auseinander liegenden Ländern und über 1000 Jahre hinweg gleichen und sich jahrhundertlang in ihrer eigentümlichen Form gehalten haben, kann jedoch aus diesen Ähnlichkeiten allein keine gegenseitige Beeinflussung abgeleitet werden.

In alten Berichten wird bekanntlich ferner darauf hingewiesen, daß die Chalyber schon Stahl durch Verschmelzen von eisenerzhaltigem Sand in Tiegeln hergestellt hätten. Man nimmt an, es hätte sich bei dem verwendeten Erz um Magnetit (Fe_3O_4) gehandelt, der sich gelegentlich anreichern läßt beim Waschen bestimmter Flußsande zum Zwecke der Goldgewinnung. Die Herstellung von Tiegelstahl setzt aber so viele Fertigkeiten voraus, die bei dem verhältnismäßig leichten Goldschmelzen nicht entdeckt worden sein können. Deshalb geht übereinstimmend die Meinung der heutigen Metallhüttenfachleute dahin, daß eine Herstellung von Tiegelstahl dort unwahrschein-

⁷ J. W. Gilles, Der Stammbaum des Hochofens. Archiv f. Eisenhüttenwesen 23, 1952, 407 bis 415.

⁸ F. Hupfeld, Die Eisenindustrie in Togo. Mitt. von Forschungsreisenden u. Gelehrten a. d. deutschen Schutzgebieten 12, 1899, 175–194. – C. V. Bellamy, A west African smelting house. Journal of the Iron Steel Inst. 66, 1904, 99–120. – F. v. Luschan, Eisentechnik in Afrika. Zeitschr. f. Ethn. 41, 1909, 22–59. – G. Teßmann, Ein Beitrag zur eisenhüttentechnischen Entwicklung der Naturvölker Kameruns. Beitr. z. Gesch. d. Technik 11, 1921, 95–126. – K. v. Klusemann, Die Entwicklung der Eisengewinnung in Afrika und Europa. Mitt. d. Anthr. Ges. Wien 54, 1924, 120 bis 140. – T. C. Crawhak, Iron working in the Sudan. Man 33, 1933, 225–240. – L. Carl u. J. Petit, Une technique archaïque de la fabrication au fer dans le Mourdi (Sahara Oriental). L'Ethnographie N. S. 50, 1955, 60 ff. – P. Hinderling, Schmelzöfen und Eisenverarbeitung in Nordkamerun. Stahl u. Eisen 75, 1955, 1263–1266.

lich sei und daß auch hier künftigen Untersuchungen die Aufhellung dieser Unklarheiten vorbehalten bleiben muß.

Viel besser sind wir über die Anfänge der mitteleuropäischen Eisenindustrie durch die im Laufe der Zeit entdeckten Schmelzstätten unterrichtet. Ihre Zahl ist in den letzten Jahren infolge der intensiven Forschung auf diesem Gebiete beträchtlich angewachsen⁹, so daß man sich jetzt genauere Vorstellungen vor allem über die Verbreitung und das Ausmaß der alten Eisengewinnung machen kann. Besonders bezüglich der Entwicklung des Ofenbaues sind viele Probleme geklärt worden, aber auch den Übergang in der Verhüttungstechnik von den offenen Rennfeuern zu den kleinen Stücköfen, von den Bauernrennfeuern zu den umherziehenden Waldschmieden, die später durch die Hammermeister abgelöst werden, kennen wir nunmehr in vielen Einzelheiten genauer als bisher. Wir wissen jetzt, daß gerade die manganhaltigen Eisenerze des Siegerlandes eine besonders gute Stahlsorte lieferten und daß die Verwendung dieser Erze für die Entwicklung der Eisenindustrie von besonderer Bedeutung war. Viele weiteren Einzelheiten können aus den zitierten Arbeiten entnommen werden.

Der Techniker unterscheidet heutzutage zwischen schmiedbarem Eisen, das jetzt allgemein als Stahl bezeichnet wird, und Gußeisen mit einem Kohlenstoffgehalt von über 2%. Die Eigenschaften des schmiedbaren Eisens werden ebenfalls durch den Kohlenstoffgehalt verändert. Härte und Festigkeit nehmen mit steigendem Kohlen-

⁹ A. Gurlt, Auffindung und Untersuchung von vorgeschichtlichen Metallgewinnungs- und Hüttenstätten. Bonner Jahrb. 79, 1885, 235–255. – O. Ohlshausen, Eisengewinnung in vorgeschichtlicher Zeit. Zeitschr. f. Ethn. 41, 1909, 56–107. – R. Schaur, Streiflichter auf die Entwicklungsgeschichte der Hochöfen in Steiermark. Stahl u. Eisen 49, 1929, 489–498. – O. Krassa, Vorgeschichtliche Eisenschmelzen im Siegerland. Stahl u. Eisen 57, 1931, 1287–1288. – P. Reinecke, Bodendenkmale spätkeltischer Eisengewinnung an der untersten Altmühl. 24.–25. Ber. RGK. 1934–35 (1937) 128 ff. – H. J. Seitz, Vorgeschichtliche Eisengewinnung im Donaumoos. Mannus 30, 1938, 458–479. – W. Schuster, Die Entwicklung der Eisenschmelztechnik in der Ostmark. Technikgeschichte 28, 1939, 132–143. – D. T. Hauge, Jernbrenning i Gudbrandsdalen i gamle dager. Viking 4, 1940, 41–83. – H. Behaghel, Eine Eisenverhüttungsanlage der Latènezeit im Oppidum auf dem Michelsberg bei Kelheim-Donau. Germania 24, 1940, 111 ff. – G. Fock, Ein germanischer Eisenschmelzofen von Oppeln-Hilbendorf. Altschles. Bl. 3, 1941, 160–163. – J. Maréchal, Histoire de la métallurgie du fer dans la vallée de la Vesdre (1942). – Behaghel, Die Eisenzeit im Raume des rechtsrheinischen Schiefergebirges (1943). – P. Weiershausen, Die Bauernrennfeuer des Westerwald- und Dillgebietes. Mannus 33, 1941, 154–200. – R. Herwig, Waldschmieden und Rennfeuerhütten im Solmsler Land. Archiv f. Eisenhüttenwesen 22, 1951, 343–354. – H. Hingst, Siedlung und Eisengewinnung auf dem Neumünsteraner Sander in vorgeschichtlicher Zeit. Ham-maburg 3, 1952, 191–205. – Ders., Die vor- und frühgeschichtliche Eisenverhüttung in Schleswig-Holstein. Stahl u. Eisen 77, 1957, 162–167 u. Neue Ausgrabungen in Deutschland (1958) 258–267. – H. R. Schubert, History of the British iron and steel industry from c. 450 B.C. to A.D. 1775 (1957). – R. de Tryon-Montalembert, La sidérurgie en Gaule aux époques: Primitive, Gauloise et Gallo-romaine jusqu'à la fin de l'Empire Romain. Techniques et Civilisations 4, 1955, 28 ff. bis 5, 1956, 99 ff. – W. U. Guyan, Die Eisenöfen im Hoftal b. Barga, Kt. Schaffhausen, Neuere Untersuchungen zur Geschichte der Eisenverhüttung in der Schweiz. Zeitschr. f. Schweiz. Arch. u. Kunstgesch. 17, 1957, 159–174. – W. Wegewitz, Ein Rennfeuerofen aus einer Siedlung der älteren Römerzeit in Scharmbeck (Kr. Harburg). Nachr. aus Niedersachs. Urgesch. H. 26, 1957, 2–25. – Bielenin, Studies on the antique iron production in Small Poland. Sprawozdania Arch. 3, 1957, 91–106. – Ders., Antique smelting furnaces in the Old Polish Basin. Z otchłani Wieków 24, 1958, 86–93. – K. Heymann, Beiträge zur Erforschung vor- und frühgeschichtlicher Eisengewinnung im Lahn-Dill-Gebiet. Stahl u. Eisen 78, 1958, 906–910. – Herwig, Das Waldschmiedegewerbe im mittelalterlichen Wirtschaftsleben des Lahn-Dill-Gebietes. Stahl u. Eisen 78, 1958, 1332–1337. – Gilles, Neue Ofenfunde im Siegerland. Stahl u. Eisen 78, 1958, 1200–1201. – E. Peyronnet, Les anciennes forges de la région du Perigord (1958).

stoffgehalt zu, die Zähigkeit nimmt entsprechend ab. Auch die Schmiedbarkeit selbst ist wesentlich vom Kohlenstoffgehalt abhängig. Das beim alten Rennverfahren entstehende schwach kohlenstoffhaltige Eisen besitzt Kohlenstoffgehalte, die bei etwa 0,1% und darüber liegen. Es gehört also zu den schmiedbaren Eisensorten, die unter gewissen Bedingungen zu Stahl gehärtet werden können. Vergleicht man die Festigkeitseigenschaften von vorgeschichtlichen Eisensorten mit heutigen, so kann man sagen, daß das alte Eisen durchaus den modernen weichen Stahlsorten entspricht. Die Aufkohlung des Eisens gelang allerdings früher nicht so weit, daß es zu flüssigem Roh-eisen werden konnte, wie es in den modernen Hochöfen bei Schmelztemperaturen zwischen 1600° und 1800° der Fall ist.

Die durch die Ausgrabungen erarbeiteten Ergebnisse geben im großen und ganzen die Abfolge der Eisentechnik richtig wieder, wie sich aus Versuchsschmelzen nachweisen läßt¹⁰, welche in nachgebauten Öfen unter den einfachen Bedingungen vorgenommen wurden, wie sie in vorgeschichtlicher Zeit vorlagen. Nach diesen Versuchen gelingt die Herstellung von Luppen gleichermaßen gut in niedrigen Schmelzmulden wie in kleineren Öfen. Das auf diese Weise erzeugte Eisen entspricht durchaus demjenigen aus vorgeschichtlicher Zeit. Ohne Gebläse, also allein mit natürlichem Wind, werden Temperaturen von 1100° bis 1200° erreicht, wie sie unter diesen Verhältnissen zur Reduktion des Eisens notwendig sind. Da bei diesen Probeschmelzen nicht nur der Zusatz des Erzes, die Größe der Erzstücke und die verwendeten Kohlen den aufgefundenen Schmelzstättenüberresten entsprechend angepaßt worden waren, sondern auch die Temperaturen meßtechnisch genau überwacht wurden, sind die daraus abgeleiteten Ergebnisse gut gesichert. Über die Weiterverarbeitung der Luppe bestehen allerdings nur wenig moderne Erfahrungen; dieses Forschungsgebiet wird jetzt neuerdings mehr beachtet.

Während die Werkzeuge für die Bearbeitung des Eisens seit langem gut bekannt sind, und sie, wie auf Grund der Werkzeugfunde ersichtlich ist, in ihrer Formgebung meist unverändert bis in die heutige Zeit reichen¹¹, hatte man bisher weniger gute Kenntnisse über die Art der verwendeten Kohlen. Es war zwar nachgewiesen worden, daß bevorzugt Holzkohle aus Eichen- oder Buchenholz benutzt wurde; neuere paläobotanische Untersuchungen haben aber besonders für den böhmisch-mährischen Raum den fast ausschließlichen Gebrauch von Kiefernholzkohle und gelegentlich auch solcher aus Tannenholz wahrscheinlich gemacht¹². In einigen römischen Eisenhütten Englands sollen sogar schon vereinzelt mineralische Kohlen benutzt worden sein. Die Deckung des Kohlenbedarfs war sicherlich ein äußerst wichtiges Problem. Es hing davon nicht nur die Güte des erzeugten Eisens ab, sondern auch die Beschaffung der notwendigen großen Holzkohlenmengen muß mit Schwierigkeiten verknüpft gewesen sein.

¹⁰ Gilles, 25 Jahre Siegerländer Vorgeschichtsforschung durch Grabungen auf alten Eisenhüttenplätzen. Arch. f. Eisenhüttenwesen 28, 1957, 179–185. – Ders., Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. Stahl u. Eisen 78, 1958, 1690–1695. – E. J. Wynne u. R. F. Tylecote, An experimental investigation into primitive iron-smelting technique. Journal of the Iron Steel Inst. 190, 1958, 339–348. – Schürmann, Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. Stahl u. Eisen 78, 1958, 1297–1308.

¹¹ A. Rieth, Eisentechnik der Hallstattzeit. Mannus-Bücherei 70 (1942). – B. A. Kolčín, Grobmetallurgie und Metallbearbeitung im alten Rußland (vormongolische Periode). Materialy Moskau-Leningrad 32 (1953).

¹² Pleiner, Die Grundlagen der slavischen Eisenindustrie in den Böhmisches Ländern. Entwicklung der direkten Erzeugung von Eisen aus Erzen von der Hallstattzeit bis zum 12. Jahrhundert. Monumenta Arch. 6 (1958).

Ein strittiger Punkt in der Eisengeschichte ist die Herstellung von Gußeisen. Die meisten der alten Funde sind von Coghlan kritisch besprochen worden, wobei er zu dem Schluß kommt, daß viele an Glaubwürdigkeit verlieren, wenn man die Fundumstände genauer überprüft¹³. Jedenfalls hat das Gußeisen in Mitteleuropa während der Hallstatt- und Latènezeit keine Rolle gespielt. Zur römischen Zeit ist vielleicht gelegentlich zufällig Gußeisen erzeugt worden, wie einzelne Funde z. B. in England zeigen sollen; auf die Entwicklung der Eisentechnik haben sie aber keinen nennenswerten Einfluß ausgeübt. Nur aus China ist bekannt, daß große Gegenstände, sogar ganze Pagoden aus Gußeisen hergestellt wurden¹⁴. Wahrscheinlich ist dort durch die Verwendung geeigneter Kohlen ein Eisen mit höherem Phosphorgehalt und sehr niedrigem Schwefelgehalt angefallen, welches schon unter 1000° zum Schmelzen gebracht werden kann.

Besonders anerkannt werden muß in dem Buch von Coghlan die Zusammenstellung von vielen chemisch¹⁵ und metallographisch¹⁶ untersuchten alten Eisenerzen, welche einen Zeitraum von 1000 v. Chr. bis 1000 n. Chr. umspannen. Für die vorliegende Arbeit wurden außerdem noch weitere 16 Funde aus Syrien, Ägypten und vorwiegend aus Mitteleuropa geprüft, die vom Pitt Rivers Museum, dem Reading Museum, den Museen in Basel, Wien und Newbury zur Verfügung gestellt worden waren. Ihre metallographischen Anschliffe und Röntgendurchleuchtungen sind auf ausgezeichneten Tafeln beigefügt. Danach ist z. B. schon im 6. Jahrhundert v. Chr. in Syrien die Kunst bekannt gewesen, dem Eisen durch lagenförmiges Verschweißen besondere Festigkeitseigenschaften zu geben. Später ist dieses Verfahren zur Herstellung sogenannter damaszierter Klingen¹⁷ nicht nur in Europa mit großer Meisterschaft ausgeübt worden. Anlässlich der Untersuchung der bekannten Nydam Schwerter wurde

¹³ V. Jareš, Is the prehistoric ring of Byčí Skala from cast iron? *Hutnické Listy* 2, 1947, 128–129; *Journal of the Iron Steel Inst.* 158, 1948, 413.

¹⁴ O. Vogel, Eisenkunstguß im fernen Osten. *Die Gießerei* 17 N. F. 3, 1930, 553–558. – R. M. Shaw, Cast iron – it dates back to 300 B.C. *The Iron Age* 137, 1936 Nr. 5 S. 24–36.

¹⁵ E. v. Bibra, Über alte Eisen- und Silberfunde (1873) (61 Analysen). – H. Rupe, Chemische Untersuchung einiger Bronze- und Eisenfunde der La Tène-Zeit. *Verhandl. Naturforsch. Ges. Basel* 21, 1910, 25–40 u. Diss. S. Krzyzankiewicz, Untersuchungen vorgeschichtlicher Eisenerzen (1909). – F. Morton u. H. Hauttmann, Chemische Analysen und metallographische Untersuchungen von Eisenerzen und Eisengegenständen von der Dammwiese und der römischen Niederlassung in der Lahn. *Jahrb. d. Oberösterreichischen Musealvereins* 102, 1957, 133–135.

¹⁶ Hauttmann u. Morton, Metallographische Untersuchung eines vom Hallstätter Grabfelde stammenden eisernen Hufeisendolches. *Jahrb. d. Oberösterreichischen Musealvereins* 100, 1955, 261–262. – C. A. Zappfe, Ein Schiffsnagel aus der Wikingerzeit. *Wire an Wire Products* 130, 1955, Nr. 12. – C. Panseri, C. Garino u. M. Leoni, Ricerche metallografiche sopra alcune lame etrusche di acciaio e sulla loro tecnica di fabbricazione (1955). – C. J. Livadefs, The structural iron of the Parthenon. *Journal of the Iron Steel Inst.* 182, 1956, 49–66. – E. Zoltay, L'examen métallographique de quelques objets de fer hongrois de l'époque de la Tène. *Arch. Értesítő* 83, 1956, 44–45. – J. Piaskowski, Metallographic methods supplement studies on archaeological relics. *Sprawozdania Arch.* 3, 1957, 284–298. – F. K. Naumann, Untersuchung eines eisernen luristanischen Kurzschwertes. *Archiv f. Eisenhüttenwesen* 28, 1957, 575–581. – Piaskowski, Metallographische Untersuchung urzeitlicher Eisengegenstände. *Arch. Rozhledy* 10, 1958, 234, 235, 246 bis 253. – Ders., Metallographical examinations of iron objects from barrows at Szvajcaria the Suwalki district. *Wiadomości Arch.* 25, 1958, 58–71.

¹⁷ B. Neumann, Römischer Damaststahl. *Arch. f. Eisenhüttenwesen* 1, 1927, 241–244. – F. Schmitz, Orientalischer Damaststahl. *Beitr. z. Gesch. d. Technik* 20, 1930, 81–86. – G. Hanack, Japanischer Damaststahl. *Beitr. z. Gesch. d. Technik* 20, 1930, 88–90. – E. Salin, La civilisation mérovingienne. 3. Les techniques (1957).

z. B. festgestellt, daß an die kohlenstoffreiche, gehärtete Mittelrippe kohlenstoffarme Schichten angeschweißt wurden und daß auch ein Stück aus elf zum Teil damaszierten Teilen zusammengeschweißt war. Nebenbei sei noch abschließend darauf hingewiesen, daß vor allem in Indien ein vorzüglicher Tiegelstahl hergestellt wurde, der unter dem Namen Wootz weit bekannt ist¹⁸.

Durch die Anwendung moderner Untersuchungsmethoden und mit Hilfe fachmännischer Beurteilungen der Überreste der alten Eisentechnik sind eine Reihe Probleme der Eisengeschichte geklärt worden, so daß nunmehr eine lückenlose Abfolge der Entwicklung bis zur allgemeinen Verwendung des Eisens als Nutzmateriale bekannt ist. Aus der Zusammenstellung von Coghlan ist deutlich der Hochstand der vorgeschichtlichen Eisentechnik ersichtlich, die sich eng anschließt an die Traditionen des bronzezeitlichen Handwerkers, der zwar weniger das Schmieden, dafür aber ausgezeichnet die Gießtechnik beherrschte, wie erst kürzlich wieder ausführlich dargestellt wurde¹⁹. Der neue Rohstoff Eisen mußte mit neuen Produktionsverfahren erzeugt und mit besonderen handwerklichen Methoden bearbeitet werden, die sehr umfangreich gewesen sind, denn sie umfassen die Kenntnis der Herstellung und Bearbeitung verschlackter Eisenluppen bis zur Entdeckung des Härtens und die Umwandlung des Schmiedeeisens in Stahl. Die latènezeitlichen Eisenhüttentechnik stellt die Grundlage der mitteleuropäischen Eisenindustrie dar und unsere heutigen Eisenschmiede können ihre Erfahrungen in direkter Linie von diesen alten Traditionen ableiten.

Aus den zahlreichen Untersuchungen der letzten Jahre, auf die in dieser Besprechung nur in einer beschränkten Auswahl hingewiesen wurde, läßt sich die Entwicklung der Eisentechnik besser übersehen als bisher. Ähnlich wie bei der Kupfermetallurgie sind aber nach wie vor noch die Anfänge der Eisentechnik in Dunkel gehüllt. Die Zusammenstellung von Coghlan liefert neue Ansatzpunkte und Hinweise für künftige Forschungen. Das gibt seinem Buch einen bleibenden Wert.

Leuna.

Helmut Otto.

¹⁸ G. Pearson, Experiments and observations to investigate the nature of a kind of steel, manufactured at Bombay, and there called Wootz. *Philosophic. Transactions* 1795 II, 322–246. – T. H. Henry, On the composition of wootz, or Indian steel. *Philosophic. Magazine* [4] 4 (1852) 42–45. – J. Needham, Remarks on the history of iron and steel technology in China. *Le fer à travers les âges* (1956) 93–102.

¹⁹ H. Drescher, Der Überfangguß. Ein Beitrag zur vorgeschichtlichen Metalltechnik (1958).

Heinrich Schliemann, Briefwechsel. Aus dem Nachlaß in Auswahl hrsg. von Ernst Meyer. Band 2. Von 1876–1890. Verlag Gebr. Mann, Berlin 1958. 488 S., 2 Textabb., 19 Taf.

Mit dem Erscheinen des 2. Bandes der Briefe von und an Heinrich Schliemann hat der Herausgeber sein Wort eingelöst (vgl. *Germania* 33, 1955, 429f.). Nicht nur die archäologische Wissenschaft ist ihm dafür zu Dank verpflichtet, denn die Kultur- und Geistesgeschichte des 19. Jahrhunderts überhaupt erfährt von hier aus eine bemerkenswerte Aufhellung. War der 1. Band dem vorvirchowschen Lebensabschnitt des großen Ausgräbers gewidmet, so geben jetzt 357 Briefe Aufschluß über die spannungsreichen Jahre, in denen Rudolf Virchow und Wilhelm Dörpfeld dem enthusiastischen Laienforscher den Weg weisen. Neben Troja treten Mykene, Orchomenos und Tiryns. Auch da fühlt sich Schliemann ständig im Banne der homerischen Geogra-