



Die schmiedeten, die Römer!

Augusta Raurica ist für ihren Silberschatz und ihre Bronzearbeiten berühmt. Jetzt konnte ein Basler Archäologe nachweisen, dass in der Römerstadt auch schon Stahl hergestellt wurde. **Von Andreas Hirstein**

Das Objekt, das der Basler Archäologe Alex R. Furger in den Händen hält, sieht aus wie der missratene Versuch aus einem Töpferkurs. Und in einem gewissen Sinne ist es das auch: rötliche Tonscherben mit rauer Oberfläche ohne Glasur und Verzierung. Die Bruchstücke mit Klebstoff wieder zusammengefügt. Furger hat den zigarrenförmigen Hohlkörper nach römischem Vorbild selbst aus einem Lehm geformt, den man heute noch in der Umgebung von Augusta Raurica im Kanton Basel-Landschaft finden kann.

In der Römerstadt lebten im 2. und 3. Jahrhundert vermutlich zwischen 15 000 und 20 000 Menschen, die hier eines der bedeutendsten Zeugnisse der Antike nördlich der Alpen errichteten. Sie bauten Tempel, Theater und Tavernen. Und sie schufen wertvollen Schmuck, Kultgegenstände und Tafelgeschirr aus Silber, Bronze und Messing.

Der Nachwelt hinterliessen sie aber auch die weniger kostbaren Tonscherben, deren Zweck zunächst rätselhaft blieb und auch niemanden besonders interessierte: «Solche Funde sind selbst für Archäologen der letzte Drecks», sagt Furger. Denn warum sollte man seine Zeit mit primitiven Scherben vergeuden, wenn man seinen Ehrgeiz auch auf einen bedeutenden Silberschatz oder römischen Tempel richten kann?

Dabei sind es gerade die Abfallprodukte früherer Kulturen, die aus dem Alltag unserer Vorfahren erzählen. Fragmente von Tierknochen etwa verraten, welche Tiere sie gezüchtet oder gejagt haben. In den Küchenböden von Augusta Raurica fanden sich Knochenreste von Schweinen, Rindern, Pferden, von Hausgänzen und Wildvögeln. Und

natürlichen Gräten von Fischen aus dem Rhein. Pflanzliche Nahrungsreste haben sich in Latrinen erhalten. An ihnen lässt sich ablesen, welches Getreide, Obst und Gemüse die Römer assen und mit wem sie Handel trieben, um zur Abwechslung auch einmal Nahrungsmittel aus weit entfernten Gegenden heranzuschaffen: Kichererbsen, Feigen und Datteln sowie Pfeffer und andere exotischere Gewürze.

Die unscheinbaren Tonscherben hüten Geheimnisse, die unsere bisherigen Vorstellungen von der Handwerkskunst der Römer korrigieren. Mit einer modernen Analysetechnik, der Röntgenfluoreszenz-Methode, stellten die Archäologen auf der Innenseite der Scherben fest. Der Keramikspezialist Markus von der Universität Frankfurt vermutete deshalb, dass in den gebrannten Lehmumhüllungen Eisen unter grosser Hitze behandelt worden war. Möglicherweise hatten die Römer das Metall mit Holzkohlepulver und Lehm ummantelt und in einem Ofen bei grosser Hitze gebrannt.

Unter Luftabschluss im Ofen

Ein solches Verfahren war Furger von mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Handwerkern bekannt, die das sogenannte Aufkohlen des Eisens beherrschten. Dabei wird Eisen zusammen mit einem kohlenstoffhaltigen Material unter Luftabschluss mehrere Stunden oder gar Tage auf rund 1000 Grad Celsius erhitzt. Weil der Kohlenstoff ohne den Sauerstoff der Luft nicht verbrennen kann, wandern die Atome langsam in das Metall. Je höher die Temperatur ist und je länger die Hitze anhält, desto tiefer dringt der Kohlenstoff in das Eisen vor. Dieses Aufkohlen ist der erste Schritt zur Herstellung von hartem Stahl.

Handelt es sich bei den Funden aus Augusta Raurica also nicht um Ausschussware von Töpfern, sondern um Lehmumhüllungen, in denen die Römer bereits im 1. Jahrhundert einen Hightech-Werkstoff herstellten, der zwar nicht so teuer wie Gold und Silber war, durch seine mühevollen Herstellung aber Seltenheitswert hatte?

Der Luxus antiken Stahls verbarg sich nicht so sehr in den Ausgangsmaterialien Eisen und Holzkohle, die nicht teuer waren, als vielmehr im Geschick der Handwerker und in der energieintensiven Herstellung des gehärteten Stahls. Für die Käufer eines teuren Messers oder Werkzeugs mag dieser Unterschied ziemlich akademisch gewesen sein, für die Geschichte der Menschheit aber war er entscheidend. Denn er war eine Bedingung dafür, dass der technische Fortschritt den einstmals kostbaren Stahl im Verlauf der Menschheitsgeschichte zu einem alltäglichen Werkstoff machen konnte. Gold und Silber dagegen blieben teuer, weil sie natürlicherweise selten sind - es bedürfte schon eines alchemistischen Wunders, um daran etwas zu ändern.

Stahl dagegen wurde zum Massenprodukt, das neben der Kohle die Grundlage der industriellen Revolution bildete. Ohne Stahl gäbe es keine Dampfmaschine und keine Eisenbahn, keinen Verbrennungsmotor,

Ohne Stahl gäbe es keine Dampfmaschine und keine Eisenbahn, keinen Verbrennungsmotor, keinen Stahlbeton und keine Wolkenkratzer.

keinen Stahlbeton und keine Wolkenkratzer. Heute produzieren die Stahlwerke weltweit 60 Tonnen Stahl, in jeder Sekunde, rund um die Uhr. Die grössten Produzentenländer sind China, Japan und Indien. Die englischen Pioniere der Industrialisierung sind längst in der Bedeutungslosigkeit verschwunden.

Aber was heisst schon «Pioniere»? Stahl haben Menschen nicht nur in Europa erfunden. Bei uns waren die Kelten noch vor den Römern die Ersten, die dieses spezielle Schmiedehandwerk beherrschten. Aber auch in Ostafrika am Westufer des Victoriaisees produziert das Volk der Haya Stahl schon seit Jahrhunderten.

Der beste Stahl der Antike

Über eine besonders lange Tradition der Stahlherstellung verfügt Indien. So nennt eine lokale Schrift aus dem 13. und 14. Jahrhundert bereits sechs verschiedene Begriffe für Stähle von verschiedener Qualität und unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt. Von herausragender Güte war der indische Tegelstahl, der vermutlich seit etwa 700 v. Chr. produziert wurde. Dieser Stahl wird nicht durch oberflächliches Aufkohlen erzeugt, sondern in einem Tiegel direkt in einer Eisenschmelze.

Das Metall wird dabei in hitzebeständigen Tongefässen mit kohlenstoffhaltigen Materialien vermischt und bei sehr hohen Temperaturen geschmolzen. So entsteht ein durchgängig und nicht nur an der Oberfläche kohlenstoffreicher Stahl hoher Güte, der unter anderem in Damaskus zum berühmten Damaszener Stahl weiterverarbeitet wurde. «In Europa gelang der Schritt zur direkten Stahlherzeugung erst mit den Hochöfen ab dem 15. Jahrhundert, und noch die Engländer probierten im 19. Jahrhundert lange und

intensiv, das asiatische Geheimnis des Tiegelstahls zu lüften», erklärt Furger.

Der vermutlich beste Stahl der römischen Antike wurde in der heutigen Steiermark hergestellt. Schon der keltische Stamm der Noriker hatte hier Stahl produziert. Im römischen Reich wurde dieses *Ferrum Noricum* dann zum Inbegriff guten Messerstahls, wie zahlreiche römische Autoren bezeugen.

Auch dieser Stahl wurde wie der indische Tegelstahl direkt in der Eisenschmelze erzeugt. Ausschlaggebend waren die Konstruktion der Öfen, das Mischungsverhältnis von Eisenerz und Holzkohle sowie die präzise Steuerung von Temperatur, Luftzufuhr und Dauer der Verhüttung.

«Ähnliche Voraussetzungen gab es bei den Römern möglicherweise noch auf Elba und auf dem Gebiet der heutigen Türkei», sagt Furger. Jedoch seien dortige Fundorte bisher noch kaum untersucht worden.

In jedem Fall dürften das norische Zentrum der Stahlherstellung und die dort praktizierte Stahlherzeugung in der Schmelze eine Ausnahme gewesen sein. Andersorts stellten die Römer ihren Stahl durch oberflächliches Aufkohlen von Eisen in kleineren Schmieden her - so wie in Augusta Raurica.

Lehm aus dem Jura

Um diese Hypothese zu überprüfen, hat Alex Furger die beim Aufkohlen erforderlichen Arbeitsschritte mit den in der römischen Antike bekannten Techniken rekonstruiert. Der Archäologe war 25 Jahre lang Direktor von Augusta Raurica. Drei Jahre vor der Pensionierung 2013 gab er die Leitung der Römerstadt ab und widmete sich der Erforschung der dort entdeckten Bronzearbeiten und ihrer Herstellung. «Im Umkreis von 50 Kilometern habe ich alle Lehmvorkommen

Was ist Stahl?

2%

Stahl ist ein überwiegend aus Eisen bestehender Werkstoff, der bis zu 2 Prozent Kohlenstoff (C) enthalten kann. Bei höherer C-Konzentration spricht man von Gusseisen. Dieses lässt sich nicht schmieden, weil es zu spröde ist.

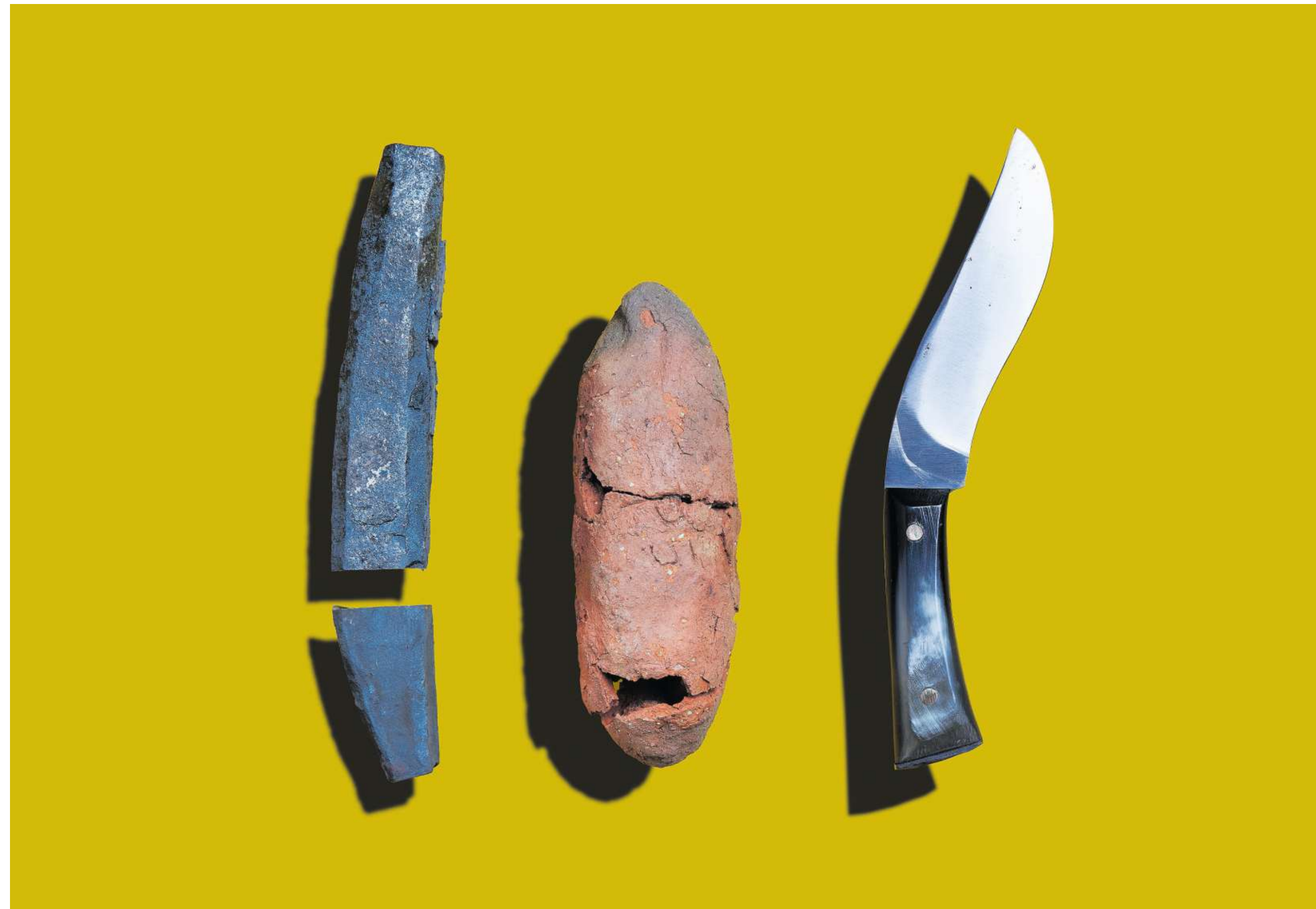
aufgesucht und Proben entnommen», sagt Furger. Er wollte herausfinden, wo die Römer den Lehm für die Schmelztiegel bezogen, in denen sie mehrere Kilogramm Bronze oder Messing aufschmolzen und die Temperaturen von über 1200 Grad aushielten. «Über neunzig Prozent der Tiegel wurden aus dem Lehm einer Tongrube bei Moutier im Jura gefertigt», sagt Furger, «einem hellen, nicht rötlichen Lehm.»

Geschmiedete Barren

«In weniger als fünf Prozent der Tiegel kam Lehm aus der direkten Umgebung der Kolonie zum Einsatz.» Dieser von Eisenoxid rötlich gefärbte Lehm musste durch Zugabe von Quarzsand allerdings erst noch hitzebeständig gemacht werden. Für das Aufkohlen von Eisen genügte den römischen Schmieden aber offenbar die Qualität des lokalen Produkts, wie chemische Analysen zeigen. Diesen Lehm aus Kaiseraugst nutzte auch Alex Furger in seinen Experimenten.

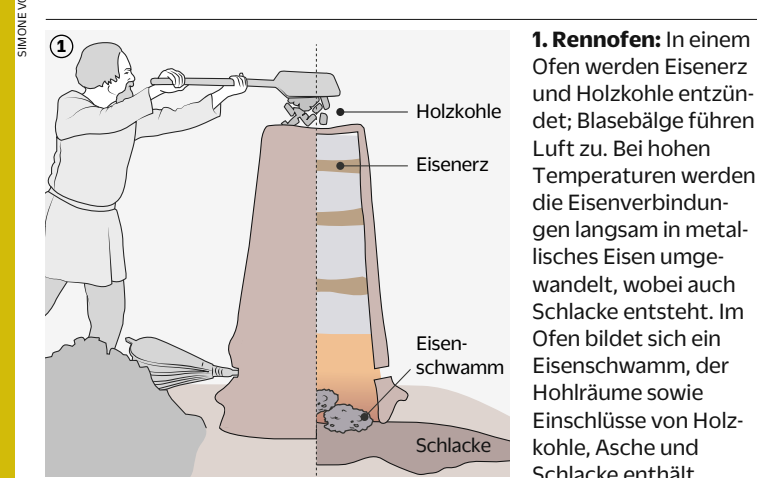
Weicheisen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt beschaffte er von einem Händler aus Deutschland. Beim Basler Kunstschmied Bernard Pivot konnte er die Stäbe zu Barren verschiedener Grösse schmieden. Für die Kohlenstoffträger experimentierte Furger mit Holzkohle und anderen organischen Materialien - von Sägespänen und Gräsern bis zu Tierhäuten, Knochenasche und Grafit.

Die geschmiedeten Eisenbarren und das kohlenstoffhaltige Material wickelte der Archäologe in Lehm und brannete die zigarrenförmigen Stäbe in einem aus Ziegelsteinen gebauten Ofen. «Das Experiment dauerte 24 Stunden und erforderte eine ununterbrochene Aufmerksamkeit», sagt Furger. «Mit dem Keramiker Hannes Weiss haben wir die ganze Nacht fingerdicke Tan-



Archäologische Experimente: Ein Eisenbarren, der in einer Lehmumhüllung (ähnlich wie in der Bildmitte) thermisch behandelt (-aufgekühlt-) wurde. Rechts: Rekonstruktion eines römischen Messers.

Vom Eisenerz zum Stahl



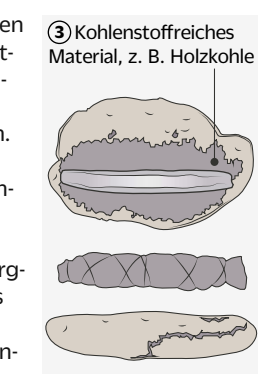
1. Rennofen: In einem Ofen werden Eisenerz und Holzkohle entzündet; Blasebälge führen Luft zu. Bei hohen Temperaturen werden die Eisenverbindungen langsam in metallisches Eisen umgewandelt, wobei auch Schlacke entsteht. Im Ofen bildet sich ein Eisenschwamm, der Hohlräume sowie Einschlüsse von Holzkohle, Asche und Schlacke enthält.



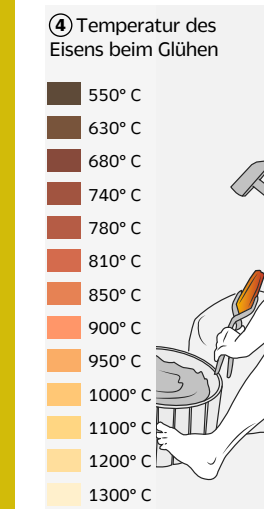
2. Schmieden eines Eisenbarrens: Der Eisenschwamm wird im weiss glühenden Zustand gehämmert, bis Verunreinigungen und Hohlräume verschwinden.



3. Aufkohlen: Das Eisen aus dem Rennofen enthält nur wenig Kohlenstoff und ist deshalb vergleichsweise weich. Zur Stahlherstellung umhüllt man das Eisenstück zusammen mit einem kohlenstoffreichen Material mit Lehm, trocknet dieses sorgfältig und gibt das Paket für mindestens 24 bis 48 Stunden in einen etwa 1000 Grad heissen Ofen. Dabei wird der Ton gebrannt, und Kohlenstoff wandert langsam einige Millimeter in das Eisen hinein.



4. Härten: Das oberflächlich aufgekohlte Eisen kann durch langwieriges Umschmieden homogenisiert werden. Vor dem Härten wird ihm durch Schmieden bei Rotglut die definitive Form gegeben. Um es zu härten, macht man das Werkstück hellrot glühend (mind. 850 Grad Celsius) und schreckt es anschliessend in Wasser oder Öl ab. Dabei entsteht ein hartes Materialgefüge, der sogenannte Kohlenstoff- oder Karbonstahl.



5. Anlassen: Der gehärtete Stahl ist spröde und brüchig. Er muss deshalb noch einmal bis zur sogenannten Anlasstemperatur von 200 bis 350 Grad Celsius gebracht werden. Dadurch werden Spannungen im Material abgebaut. Es wird wieder etwas elastischer und weicher. Die richtige Anlasstemperatur erkennt der Schmied an der charakteristischen Verfärbung einer blank polierten Oberfläche. (Hir.)

INFOGRAFIK: ELISA FOSTER



Der Archäologe Alex R. Furger war 25 Jahre lang Direktor der Römerstadt Augusta Raurica. Seine Forschungsresultate zur dortigen Stahlherstellung hat er soeben in einem Buch des Basler Verlags Librum Publishers & Editors veröffentlicht.

nenholzscheite gehackt, um die erforderliche hohe Temperatur von 1000 Grad zu erreichen und aufrechtzuerhalten.»

Nicht alle Lehmumhüllungen überstanden das Feuer unbeschadet. Bei den meisten bildeten sich Risse, wodurch Kohlenstoff entweichen konnte. Für die römischen Schmiede wäre der Ausschuss vermutlich existenzbedrohend gewesen. Denn nur wenn das Aufkohlen erfolgreich ist, lässt sich der Rohstahl anschliessend härten.

Dazu muss das aufgekohlte Metall nochmals zur Weissglut gebracht und in Wasser oder Öl abgeschreckt werden. Beim schnellen Abkühlen entsteht ein Materialgefüge von besonderer Härte. Gleichzeitig verhält sich das thermisch behandelte Material nun

aber auch ausgesprochen spröde: Es bricht schnell und lässt sich nicht schmieden. Für technische Anwendungen muss der Stahl daher einen weiteren thermischen Prozess durchlaufen, das sogenannte Anlassen mit Temperaturen zwischen 200 und 350 Grad. Dabei gewinnt das Material an Biegsamkeit zurück, verliert aber etwas an Härte. Welche Anlasstemperatur die richtige ist, hängt vom späteren Verwendungszweck des Stahls ab. Rasierklingen zum Beispiel müssen sehr hart bleiben, weswegen sie nur wenig angelassen werden. Massive Werkzeuge wie Meissel oder Ackergeräte benötigen höhere Temperaturen. Den optimalen Wert erkennt der Schmied an der Verfärbung des blanken Stahls, die sich beim Erwärmen durch Oxidationsreaktionen an der Oberfläche bildet.

«Die chemische Analyse der Lehmumhüllungen und die experimentelle Rekonstruktion erhärten die Hypothese, dass die Römer in Augusta Raurica schon im frühen 1. Jahrhundert Stahl herstellten», sagt Furger. Vergleichbare Funde aus dieser Zeit und in dieser Region waren bisher nicht bekannt.

Weil Stahl teuer war, haben römische Schmiede häufig Verbundstoffe aus Eisen und darauf aufgeschweissten Stahlelementen hergestellt. «Die Schneide eines Messers bestand zum Beispiel aus Stahl, der übrige Teil aus Eisen», sagt Furger. Vorhalten war diese Technik aber vermutlich neben Messern nur wegen Haushaltgeräten, Werkzeugen (Meisseln, Stacheln, Sägen) und Waffen (Schwertern und Pfeilbolzen).

Das Know-how der Stahlherzeugung aber war vorhanden, wurde gepflegt und von Schmied zu Schmied bis in die Neuzeit weitergegeben. Bis es die Welt in der industriellen Revolution veränderte - wie vielleicht keine andere Erfindung des Menschen.