

# Norischer Stahl – Beurteilungsergebnisse römischer Funde vom Magdalensberg in Kärnten

Hubert Preßlinger, Trieben; Otto Helmut Urban, Wien, und Erwin Maria Ruprechtsberger, Linz

## Einleitung

Der „Norische Stahl“ wird in der römischen Literatur mehrmals als Qualitätsprodukt zitiert (1) (2). Plinius der Ältere führte die Qualität des „Ferrum Noricum“ auf die verhütteten Eisenerze zurück, indem er folgendes schrieb (2) (3): „In unserem Herrschaftsbereiche gibt es Orte mit Erzlagerstätten, die durch ihre Güte hervorragen, wie etwa bei den Norikern“.

So schien es uns gleichermaßen notwendig wie reizvoll zu sein, datierbare Stahlprodukte aus dem Kerngebiet der Noriker, dem Magdalensberg/Gemeinde Magdalensberg in Kärnten, zu untersuchen.

## Probenauswahl

Zum einen wurden vom Fundort Magdalensberg vor allem Messer ausgewählt, da Noricum für die Klingenerzeugung berühmt war, zum andern norische Äxte, da diese nachweislich gehandelt wurden. Weiters entnahm man für die Untersuchung auch Proben aus Hämmern, die sich für Vergleichszwecke besonders empfehlen, nachdem derartige Werkzeuge in den Depots am Gründberg (4) in verschiedenen Varianten vorhanden waren.

Bei der Probenauswahl wurden auch denkmalpflegerische und museale Aspekte berücksichtigt und nur solche Stücke ausgewählt, bei denen eine Beprobung und die damit verbundene Beschädigung aus der Sicht des Archäologen und Restaurators vertretbar sind. Dem Metallurgen standen daher im Vergleich zu den Gründbergproben viel geringere Probenmengen, d. h. örtlich begrenzte Stahlschliffflächen, zur Verfügung.

**Tabelle 1: Zusammenstellung der Bezeichnungen der untersuchten Stahlfunde sowie deren Datierung.**

Probe Nr.	Kat. Nr.	Bezeichnung	Datierung
33	ME 70	Messerfragment	spätaugusteisch
34	ME 75	Ringgriffmesser	augusteisch
35	M 36	Griffzungenmesser	frühtiberisch
36	ME 79	Ringgriffmesser	augusteisch
37	L 10	Bogensichel	tiberisch
38	F 6	Norische Axt	tiberisch
39	W 214	Tüllenbeil	claudisch
40	W 3	Hammerfragment	n. d.
41	W 4	Hammerfragment	tiberisch

n. d. = aus nicht datiertem Schichtkomplex

Die Probennummerierung in **Tabelle 1** erfolgte fortlaufend im Anschluss an die Gründbergproben (5). Die Kat.Nr., die Bezeichnung der Werkstücke sowie deren Datierung sind der Literatur (6) entnommen.

Aus den in **Tabelle 1** aufgelisteten Werkstücken wurden jeweils aus der Schneide der Messer, der Sichel, der Axt und des Beiles kleine Keilproben herausgeschnitten. Die den Hämmern entnommenen Proben stammen aus der Finne. Die Präparierung der Keilprobe und die Untersuchung an der Mikrosonde erfolgten in der voestalpine Stahl/Linz.

## Untersuchungsergebnisse

Mit der Mikrosonde wurden zunächst je nach Probendimension großflächige Bereiche von 1x6 bis 9x6 mm analysiert, um eine Aussage über die chemische Zusammensetzung der Stahlmatrix zu bekommen. Danach wurden die metallographische Schlißbeurteilung an den geätzten Proben sowie eine Mikrohärteprüfung durchgeführt.

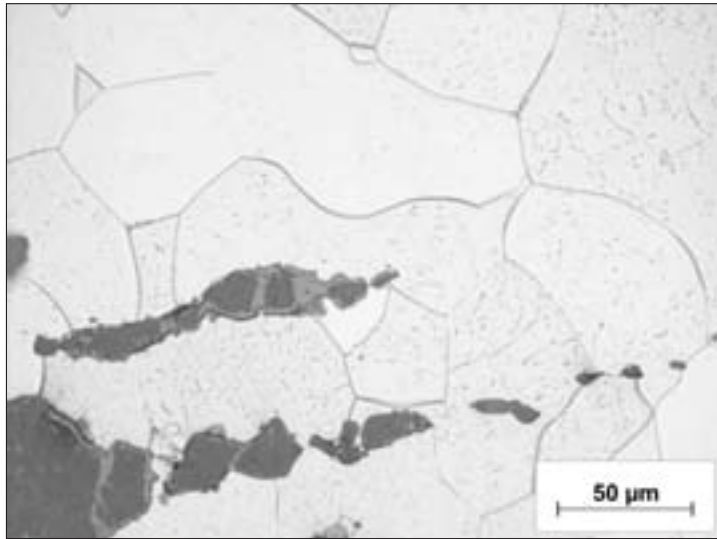
### a) Mikroanalytisches Untersuchungsergebnis

Die mikroanalytischen Untersuchungsergebnisse sind in **Tabelle 2** aufgelistet.

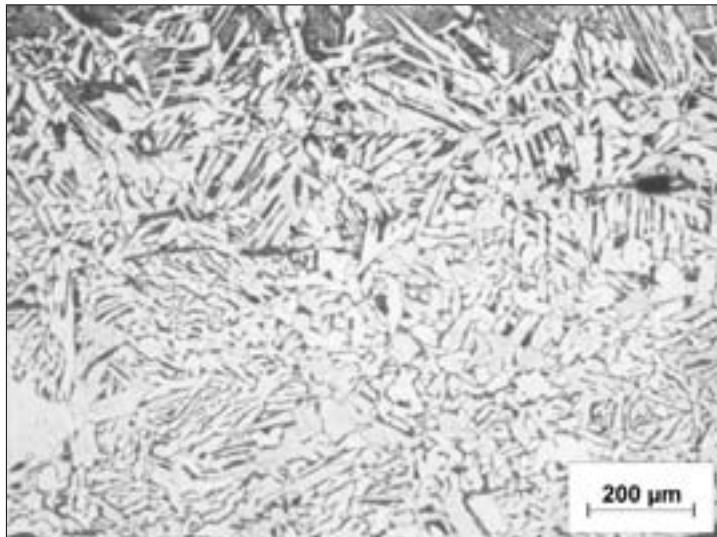
**Tabelle 2: Zusammenstellung der chemischen Analyseergebnisse der römischen Stahlfunde, Angaben in Masse-%.**

Probe Nr.	Kat. Nr.	Element				
		C	Mn	P	Cu	C <sub>max</sub>
33	ME 70	0,42	0,01	<0,01	0,02	0,75
34	ME 75	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03
35	M 36	0,37	0,05	0,01	0,02	0,77
36	ME 79	0,52	0,01	0,01	0,02	1,50
37	L 10	0,04	0,01	0,02	0,05	0,16
38	F 6	0,08	0,01	0,01	0,02	0,81
39	W 214	0,60	0,02	0,01	0,02	0,78
40	W 3	0,98	0,02	0,01	0,02	1,21
41	W 4	0,23	0,01	0,01	0,02	0,77

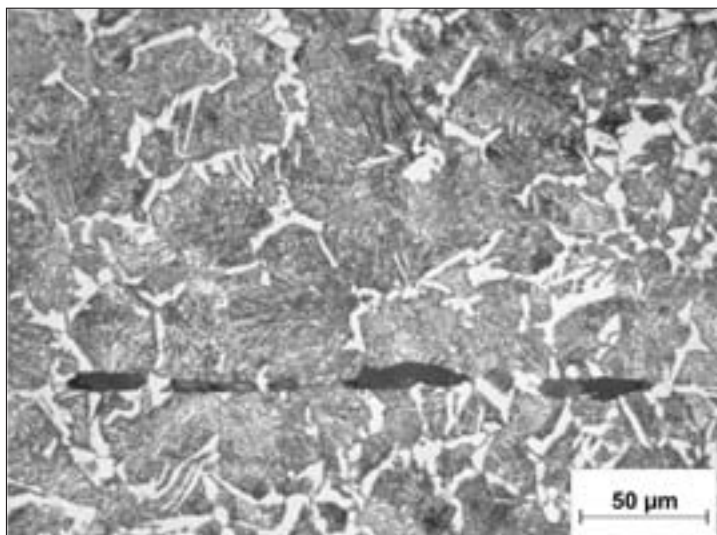
Die in **Tabelle 2** eingetragenen mikroanalytischen Untersuchungsergebnisse zeigen klar auf, dass im Wesentlichen nur der Kohlenstoff als Legierungselement in den Stahlproben vom Magdalensberg eine Rolle spielt. Die in der rechten Spalte angeführten C<sub>max</sub>-



**Abb. 1:** Schliffbild der Probe Nr. 37; Ferrit und heterogene Schlackeneinschlüsse; Nital-Ätzung.



**Abb. 2:** Schliffbild der Probe Nr. 38; aufgekohlter Randbereich oben, Widmannstättengefüge, Ferrit/Perlit; Nital-Ätzung.



**Abb. 3:** Schliffbild der Probe Nr. 36; Perlit, Korngrenzenferrit, glasige Schlackeneinschlüsse; Nital-Ätzung.

Konzentrationen wurden in den aufgekohlten Bereichen gemessen. Die Elemente Mangan und Phosphor sind in einer so geringen Konzentration (um 0,01 Masse-%) vorhanden, dass sie keinen nennenswerten Einfluss auf die Werkstoffeigenschaften wie Härte oder Schneidehaltigkeit ausüben.

Die untersuchten Werkstücke sind jeweils aus mehreren Stahlstäben durch Feuerschweißen geschmiedet worden. Dieses Erkenntnis wird einerseits durch eine zonare Ausbildung der Elementeverteilung von Phosphor und Mangan, andererseits durch die Form der Schlackeneinschlüsse bestätigt. Die Anzahl an Schlackeneinschlüssen ist vor allem in den Funden Nr. 37, 38, 40, 41 und 35 sehr hoch.

Die Phosphorgehalte in den Stahlstäben bewegen sich zwischen 0,005 und 0,060 Masse-%, die Mangangehalte liegen im Mittel bei 0,02 Masse-%. Nur ein Stahlstreifen in Probe 35 zeigt mit 0,21 Masse-% Mangan einen erhöhten Wert.

#### b) Metallographische Beurteilung der Stahlschliffe

Die Beurteilung der angewandten Schmiedetechnik zur Herstellung der einzelnen Werkstücke ist insofern schwierig, als nur sehr kleine Keilproben zur Befunderstellung in Bezug auf die Fertigungstechnik zur Verfügung standen. Die beschriebenen Ergebnisse gelten daher nur für einen kleinen Abschnitt über die Werkstückdicke.

Einen Überblick über die Gefügebestandteile geben die **Abb. 1 bis 6**. Diese Gefügebilder wurden deshalb ausgewählt, da sie das technologische Können der keltischen Schmiede im inneralpinen Raum zur Zeit um Christi Geburt sehr gut wiedergeben.

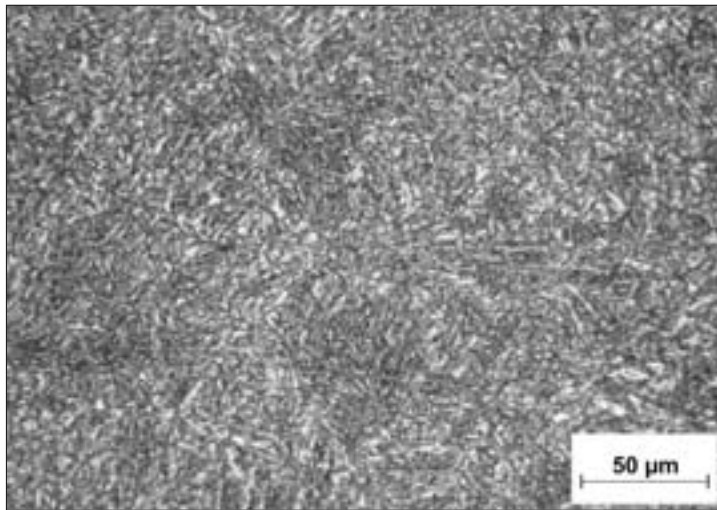
In den Schliffen in den **Abb. 1 bis 6** sind die Gefüge von Ferrit, Ferrit/Perlit, (auch Widmannstättenstruktur), Perlit/Ferrit, Perlit, Zwischenstufengefüge sowie Martensit zu erkennen. Eine grobe anteilmäßige Auflistung der Gefügebestandteile in den einzelnen Stahlschliffen der Funde enthält **Tabelle 3**.

Klar geht aus den **Abb. 2 bis 6** hervor, dass bei den Werkstücken, von denen Härte, Schneidehaltigkeit sowie Einsatzdauer von den Benutzern gefordert wurden, diese Eigenschaften durch Glühen in einem Holzkohlebett bei etwa 1.000°C erreicht wurden (Beispiel Probe Nr. 38). Der Übergang von der aufgekohlten Phase, dem Perlit, zur Phase des Ferrits wird durch ein Widmannstättengefüge in **Abb. 2** ausgewiesen. Das Widmannstättengefüge zeigt an, dass das Werkstück langsam vermutlich im Holzkohlebett abgekühlt wurde.

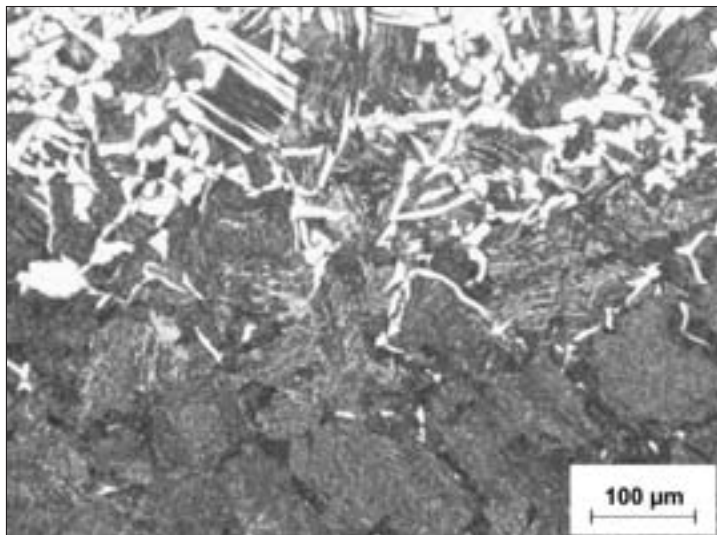
Bei den beiden Hammerfragmenten Proben Nr. 40 und 41 konnte auch Martensit nachgewiesen

**Tabelle 3: Zusammenstellung der metallographischen Beurteilungsergebnisse an den einzelnen Stahlschliffproben.**

Probe Nr.	Kat. Nr.	Phasen	Härte HV 1N/10s
33	ME 70	Zwischenstufengefüge, Perlit	247 - 273
34	ME 75	Ferrit	98 - 116
35	M 36	Zwischenstufengefüge, Ferrit/Perlit	172 - 392
36	ME 79	Perlit/Ferrit	169 - 200
37	L 10	Ferrit	107 - 131
38	F 6	Ferrit/Perlit, Widmannstättengefüge, Perlit	92 - 146
39	W 214	Zwischenstufe, Perlit	306 - 351
40	W 3	Martensit, Zwischenstufengefüge, Perlit, Ferrit/Perlit	168 - 868
41	W 4	Martensit, Zwischenstufengefüge, Perlit, Ferrit/Perlit	177 - 831



**Abb. 4: Schliffbild der Probe Nr. 33; Zwischenstufengefüge; Nital-Ätzung.**



**Abb. 5: Schliffbild der Probe Nr. 41; Ferrit und Zwischenstufengefüge; Nital-Ätzung.**

werden. Martensit bedeutet, dass die Werkstücke nach dem Glühen rasch abgekühlt wurden. Die beschriebenen Ergebnisse der Schmiedetechnik werden durch die Mikrohärteprüfergebnisse, die in **Tabelle 3** angeführt sind, bestätigt.

### Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Die Funktionstauglichkeit des jeweiligen Werkstücks war zweifelsfrei vom technologischen Können der Schmiede abhängig. Diesen – sie waren in den Siedlungen tätig – standen einerseits Sekundärrohstoffe (Altmetall) zur Verfügung, die zu Stäben ausgeschmiedet wurden. Andererseits benutzten sie die in Schachtöfen erschmolzenen Eisenluppen (Primärrohstoffe), die ebenfalls zu Stahlstäben verarbeitet wurden.

Die Qualität der Eisenluppen war von den örtlich vorkommenden Eisenerzlagerstätten abhängig. Den Kelten in den inneralpinen Gebieten, z. B. in Hüttenberg in Kärnten, standen nur phosphorarme Erze für die Stahl-luppenherstellung zur Verfügung. Die in den Schachtöfen erschmolzenen Stahlluppen waren daher unlegiert, Phosphor und Mangan waren nur in Spuren (<0,02 Masse-%) vorhanden. Um die Werkstücke mit den vom Kunden verlangten Eigenschaften zu erzeugen, mussten die inneralpinen keltischen Schmiede eine mehrstufige Schmiedetechnik anwenden.

Zunächst wurden aus Stahlluppen oder aus dem Altmetall Stahlstäbe ausgeschmiedet, mit denen durch Gärben und Rohformschmieden mit Feuerschweißen die gewünschte Rohform, z. B. Messer, Sichel, erzeugt wurde. Als nächste Prozessstufe wurde bei einem Messer die Härte der Schneide durch partielles Glühen in einem Holzkohlebett bei 1.000°C erzielt. Durch unterschiedliche Abkühlbedingungen – im Holzkohlebett, an Luft, in Öl oder Wasser – konnten je nach geforderter Qualität Perlit, Zwischenstufengefüge oder Martensit im beanspruchten Werkzeugteil eingestellt werden (3) (7)-(13). Die an Spurenelementen armen Stahlstäbe, ein chemisch konstanter Rohstoff, erleichterten dabei das Einhalten der notwendigen Behandlungstemperatur und -zeit. Diese mehrstufige Schmiedetechnologie, bedingt durch den Rohstoff „phosphorarmes Eisenerz“, beherrschten die inneralpinen Schmiede bereits perfekt.

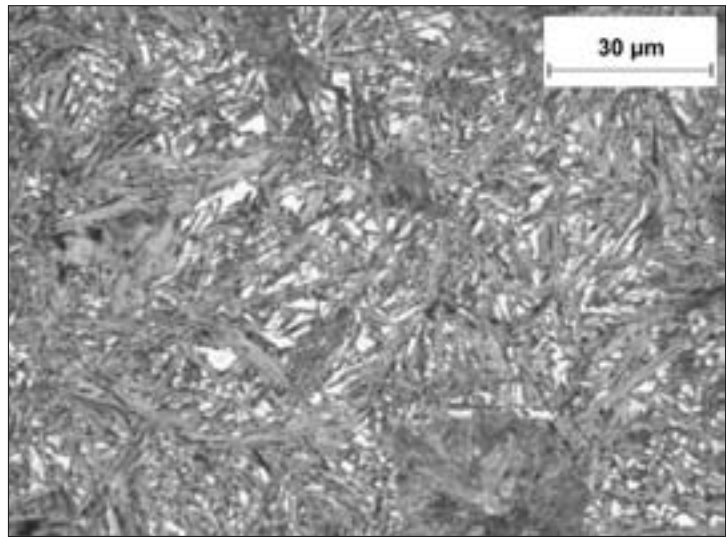
Die keltischen Schmiede konnten sehr gut die Qualität der einzelnen Rohprodukte, vermutlich durch die Beobachtung beim Ausschmieden zu Stahlstäben oder danach durch Begutachtung der Bruchflächen, beurteilen. Daher war es ihnen auch möglich, für die Erzeugung des jeweiligen Werkstückes die am besten geeigneten Stahlstäbe einzusetzen. Der in den Regionen aufgrund der Rohstoffbasis bedingte qualitative Unterschied der Rohprodukte wurde durch die örtlich besonders perfektionierte Technik des Schmiedens ausgeglichen.



Die Untersuchungsergebnisse der Werkstücke (siehe **Abb. 1 bis 6**) zeigen beeindruckend, dass mit dieser Schmiedetechnologie der „Norische Stahl“ in der römischen Literatur (1) (2) als Qualitätsprodukt (eigener Handelsname) beschrieben wird und diese Bezeichnung auch verdient.

### Danksagung

Dem langjährigen Ausgräber am Magdalensberg und em. Direktor des Kärntner Landesmuseums, Prof. Dr. Gernot Piccottini, und dessen Nachfolger am Berg, Doz. Dr. Heimo Dolenz, dem Leiter der Abteilung für Provinzialarchäologie und Feldforschung am Kärntner Landesmuseum, danken wir für die großzügige und prompte Bereitstellung der Stahlproben. Dem Restaurator in der Studiensammlung des Nordico-Museums der Stadt Linz, Franz Gillmayr, danken wir für seine kompetenten Arbeiten.



**Abb. 6:** Schliffbild der Probe Nr. 40; Martensit und Zwischenstufengefüge; Nitral-Ätzung.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes Nr. P16070-G02 durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) in Wien finanziell unterstützt.

### Anmerkungen

- (1) Horaz, epod. 17,71; carm. 1.16,9-10. Ovid, met. 14,712. Petron, sat. 70,3.
- (2) Plinius, n. h. 34, 145.
- (3) VETTERS Hermann: Ferrum Noricum: Anz. Phil.-Hist. Klasse der österr. Akademie der Wissenschaften 103 (1966) 167/185.
- (4) RUPRECHTSBERGER, Erwin Maria; URBAN, Otto Helmut: Zur Situation der Kelten im Norden des Regnum Norikum, in: Ad Fontes! Festschrift f. G. Dobesch (Wien 2004) 718/731.
- (5) PRESSLINGER, Hubert; MAYR, Michael: Celtic steel – an evaluation of depot finds, Steel research 72 (2001), No. 8; 283/290.
- (6) DOLENZ, Heimo: Eisenfunde aus der Stadt auf dem Magdalensberg, Kärntner Museumsschriften 75 (Klagenfurt 1998).
- (7) SCHAABER, Otto: Berichte über die Untersuchungen der Eisenwerkstoffe aus den Ausgrabungen am Magdalensberg; Härtereitechn. Mitt. 18 (1963), Nr. 4; 257/262.
- (8) SCHAABER, Otto: Metallkundliche Grundlagen und Untersuchungen an Funden vom Magdalensberg; Carinthia I 153 (1963), Nr. 1/2; 195/204.
- (9) SCHAABER, Otto: Metallkundliche Untersuchungen alter Fundstücke von den Ausgrabungen am Magdalensberg in Kärnten; Arch. Eisenhüttenwes. 35 (1964), Nr. 6; 502/506.
- (10) NAUMANN, Friedrich Karl: Untersuchung alter Fundstücke von den Ausgrabungen am Magdalensberg in Kärnten; Arch. Eisenhüttenwes. 35 (1964), Nr. 6; 495/502.
- (11) MITSCHE, Roland: Untersuchungen an Norischen Meißeln vom Magdalensberg/Kärnten; BHM 106 (1961), Nr. 11; 460/465.
- (12) STRAUBE, Harald: Beitrag zur antiken Stahlerzeugung im Raume Kärnten; Radex-Rundschau (1973), Nr. 2; 479/498.
- (13) STRAUBE, Harald: Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg; Springer-Verlag Wien-New York; 1996.