

SPÄTKAISERZEITLICHE UND VÖLKERWANDERUNGSZEITLICHE  
STAHLKLINGEN AUS NORDWESTBÖHMEN  
IM LICHT DER METALLOGRAPHIE

Die europäische Archäologie verfügt heute über Tausende von metallographischen Untersuchungen an Eisenwerkzeugen aus verschiedenen geschichtlichen Perioden seit der Latènezeit bis ins Mittelalter. Eine Forschungslücke ist jedoch in der jüngeren römischen Kaiserzeit und in der Völkerwanderungszeit in Mitteleuropa zu beobachten. Die römerzeitlichen Werkzeuge aus dem Barbarikum folgen keineswegs der keltischen Überlieferung: Sie beschränken sich auf die meisterhafte Warmverformung und beruhen auf der einfachen Technologie der Geräte- und Waffenherstellung aus Eisen, heterogen aufgekohltem Stahl oder aus kohlenstoffreichem Stahl, jedoch ohne kompliziertere und eine Kombination von Eisen und Stahl ausnützende Aufbautechnik anzuwenden. Das gilt, soweit es die bis jetzt nicht allzu zahlreich durchgeführten Untersuchungen zeigen, auch für die ausgehende Römerzeit. Ausnahmen bilden die eingeführten oder als Beute gewonnenen wurmbunten Schwerter römischen Ursprungs. Das Schrifttum über die Untersuchungen römischer Schwerter aus dem Barbarikum ist umfangreich und wird hier nicht angegeben. Die Nachbildungen von solchen Waffen zeigen zwar Versuche, den Schweißdamast durch Verdrehen und Verschweißen der Metallbänder zu kopieren, jedoch in weichem, kohlenstoff-freiem Material (Pleiner 1976).

In den letzten Jahren wurde in Nordwestböhmen ein Brandgräberfeld des 3.-4. Jahrhunderts u. Ztr. ausgegraben. Der Fundort heißt Opočno. Bis jetzt wurden nur vier Eisenklingen der klassischen metallographischen Untersuchung unterzogen, deren vorläufige Ergebnisse ich mir hier vorzustellen erlaube.

Das Messer Probe 622 stammt aus Brandgrab 3 (mit drei Bestattungen). Ein Querschliff der Klinge zeigt, daß das Metall verhältnismäßig frei von Schlackeneinschlüssen ist. Ihre Menge ist nach der schwedischen Järnkotoret-Norm in die Stufen 1-2 einzureihen. Sie sind glasig, grau und unregelmäßig über den Schliff verteilt. Nach der 2%-Nital-Ätzung sieht man eine vollstählerne Struktur mit lamellarem Perlit (bis 0,8%); die Schneide und die Seiten sind jedoch stark entkohlt (grober Ferrit), allem Anschein nach sekundär durch langes Glühen im Brandstoß. Die Mikrohärtemessung zeigt demzufolge niedrige Werte, die sich im Stahlbereich um 200-270 mHV 30g und in den entkohlten ferritischen Zonen um 150 mHV bewegen (Schneide um 175 mHV). Alle möglichen Härtungsspuren wurden durch Erwärmen verwischt. Es steht aber fest, daß das Messer ursprünglich aus Hartstahl erzeugt wurde und zu den einfachen aber guten Werkzeugen gehörte (Abb. 1).

Das Messer Probe 623 wurde in Brandgrab 5b gefunden. Ein Querschliff, 16 mm breit, zeigt mehrere nichtmetallische Einschlüsse (3-4 nach der Järnkotoret-Skala, in der Schneide Stufe 2); die Schlacke ist glasig oder mit ausgeschiedenen helleren Wüstitphasen. Das Metallgefüge gleicht im wesentlichen dem im Messer 622: lamellarer Perlit mit Ferrit in Widmannstätten-Anordnung. Diese überhitzte Struktur erlaubt es kaum, den Kohlenstoffgehalt zu schätzen.

Es handelt sich jedoch um einen Stahl mit mittlerem Kohlenstoffgehalt. Der Mikrohärteverlauf zeigt Werte um 250 mHV für Perlit und um 150 mHV für Ferrit. Auch hier sehen wir eine einfache aber wirksame Vollstahlklinge (Abb. 2).

Das Messer Probe 624 weicht in seinem Material von den zwei vorhergehenden ab. Es stammt aus Brandgrab 10 (mit Beigaben in Gestalt von Glasperlen, Bronzeblechbruchstücken und Knochenkamm). Der 16 mm breite Querschliff zeigt nur Schweißisen: Ferrit, auch mit ausgeschiedenen Nitridnadeln und mit Perlitspuren an den Korngrenzen. Das Material enthält einen höheren Anteil an Kupfer (bis 0,171%). Die Klingemitte zeigt eine deformierte Kette von Einschlüssen, was auf Verbiegen oder Zusammenrol-

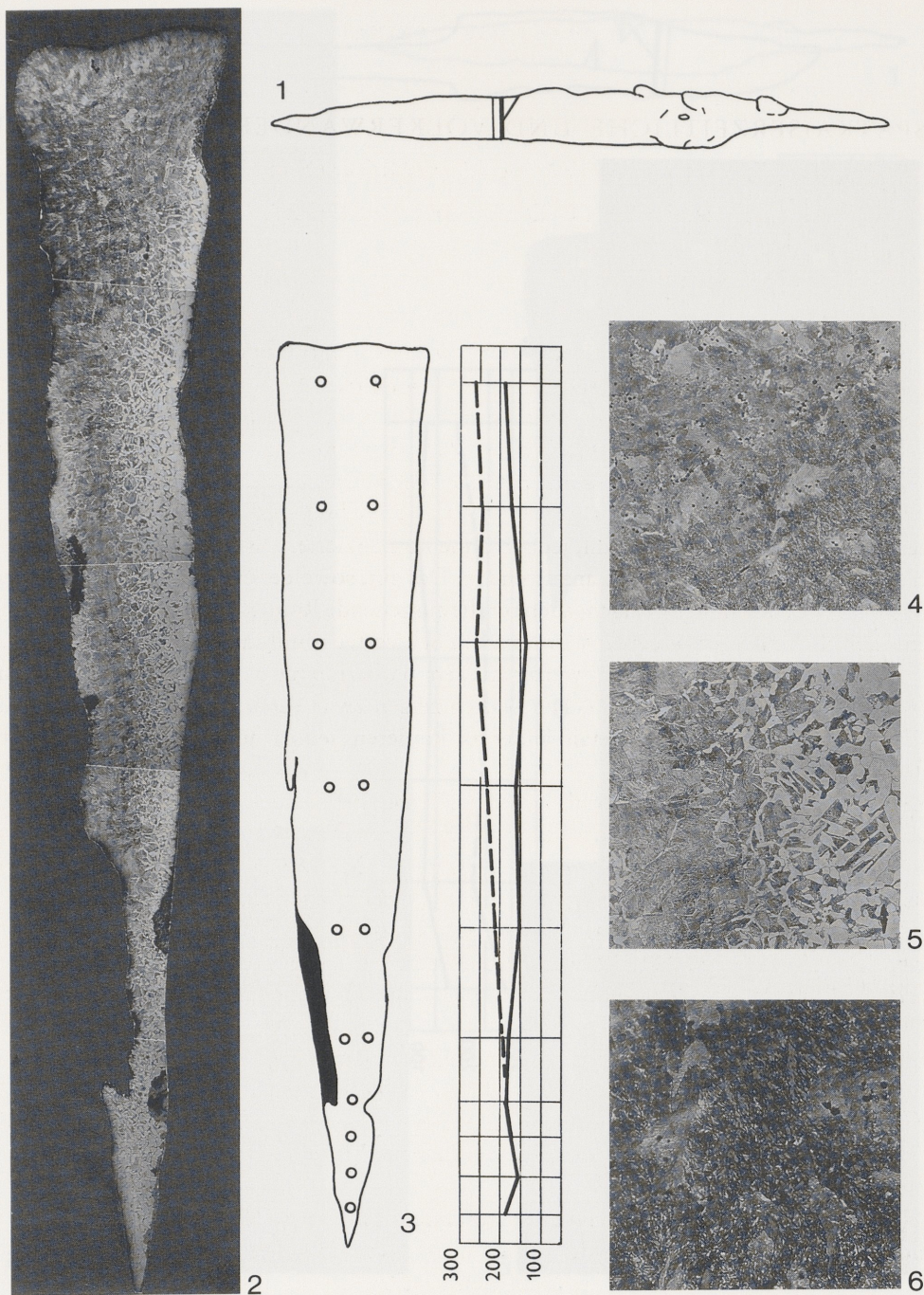


Abb. 1 Opočno, Kr. Louny, Nordwestböhmen: 1 Messer 622 mit der Probeentnahme (späte röm. Kaiserzeit). – 2 Querschnitt aus zusammengesetzten Mikroaufnahmen: Stahlgefüge, beiderseits entkohlt (12,5x). – 3 Querschnitt (schematisch) und Mikrohärteverlauf. – 4 Rücken: Perlit (70x). – 5 Klingenmitte: ferritisch-perlitisches Gefüge (Widmannstätten) (70x). – 6 Klingenmitte: lamellarer und sphäroidisierter Perlit (105x). Geätzt mit 2% Nital.

len des Metallbandes hindeutet. Einige Schlackeneinschlüsse enthalten auch Wüstitdendriten. Hier haben wir ein anspruchsloses Eisenfabrikat vor uns (Abb. 3).

Ganz anders sieht das Schwertfragment Probe 625 aus. Es handelt sich um einen Streufund aus den gestörten Gräbern. Die Klinge (etwa die Hälfte der Länge ist abgebrochen) endet mit einer Griffzunge

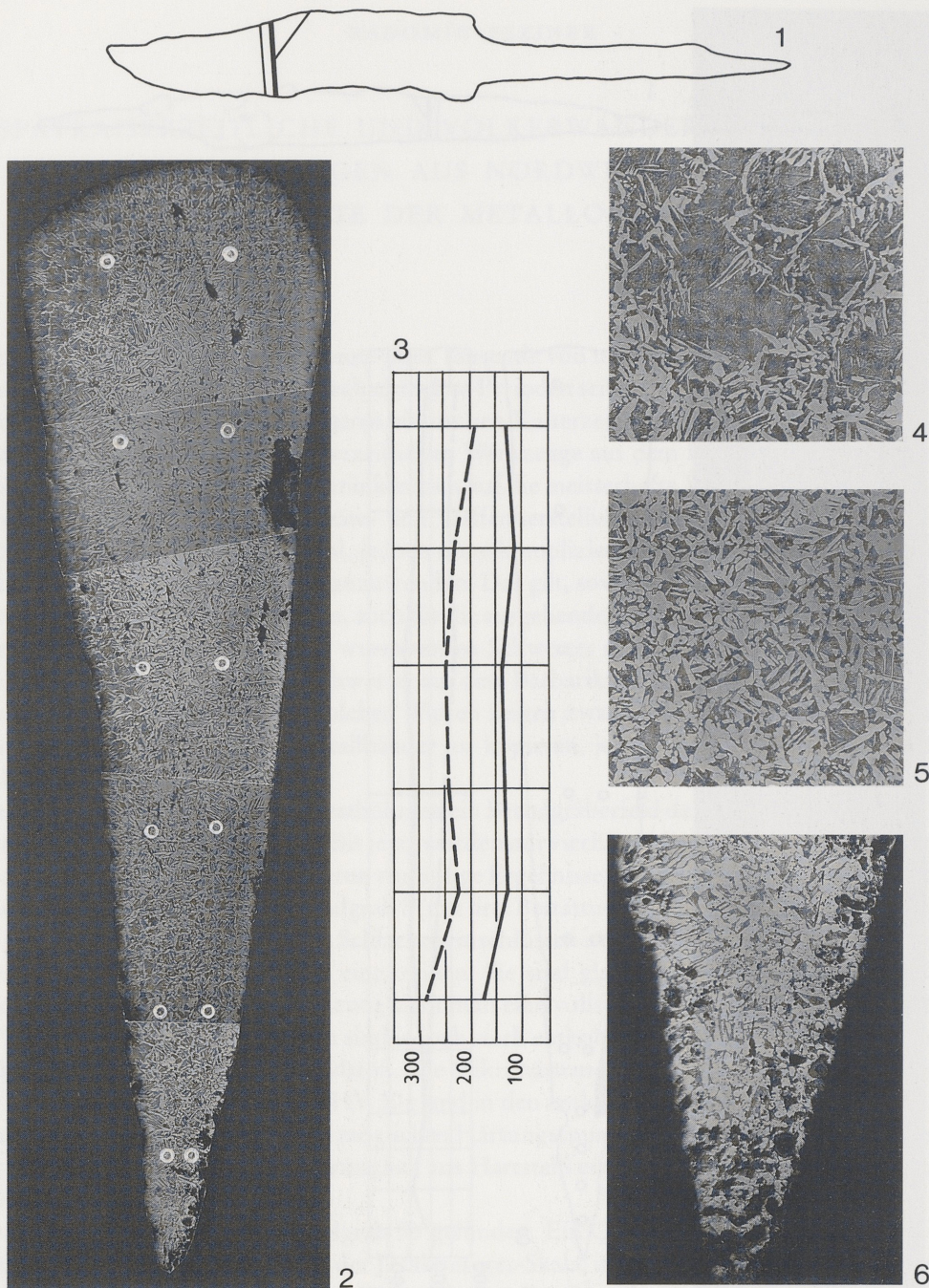


Abb. 2 Opočno, Kr. Louny, Nordwestböhmen: 1 Messer 623 mit der Probeentnahme (späte röm. Kaiserzeit). – 2 Aus Mikroaufnahmen zusammengesetztes Querprofil der Klinge: mittlerer Kohlenstoffstahl (14x). – 3 Mikrohärteverlauf auf dem Klingenschnitt. – 4-6 Ferritisch-perlitisches Gefüge in verschiedenen Stellen des Schliffes (105x).

mit Ansätzen eines wohl abgebrochenen Ringes, der ursprünglich wohl den Knauf bildete. Die Klinge ist 36mm breit und konnte im Bruch im vollständigen Querschnitt untersucht werden. Die Schlackeneinschlüsse sind fein, glasig, unregelmäßig verteilt oder in kurzen Ketten angeordnet. Die Verunreinigungsstufe kann anhand der Järnkotoret-Skala als 2-3 abgeschätzt werden (Mittelwerte).

Bei den Mikroätzungen (Heyn, 5%-Nital, Oberhoffer) erscheinen an der Schliff-Fläche schräge sowie

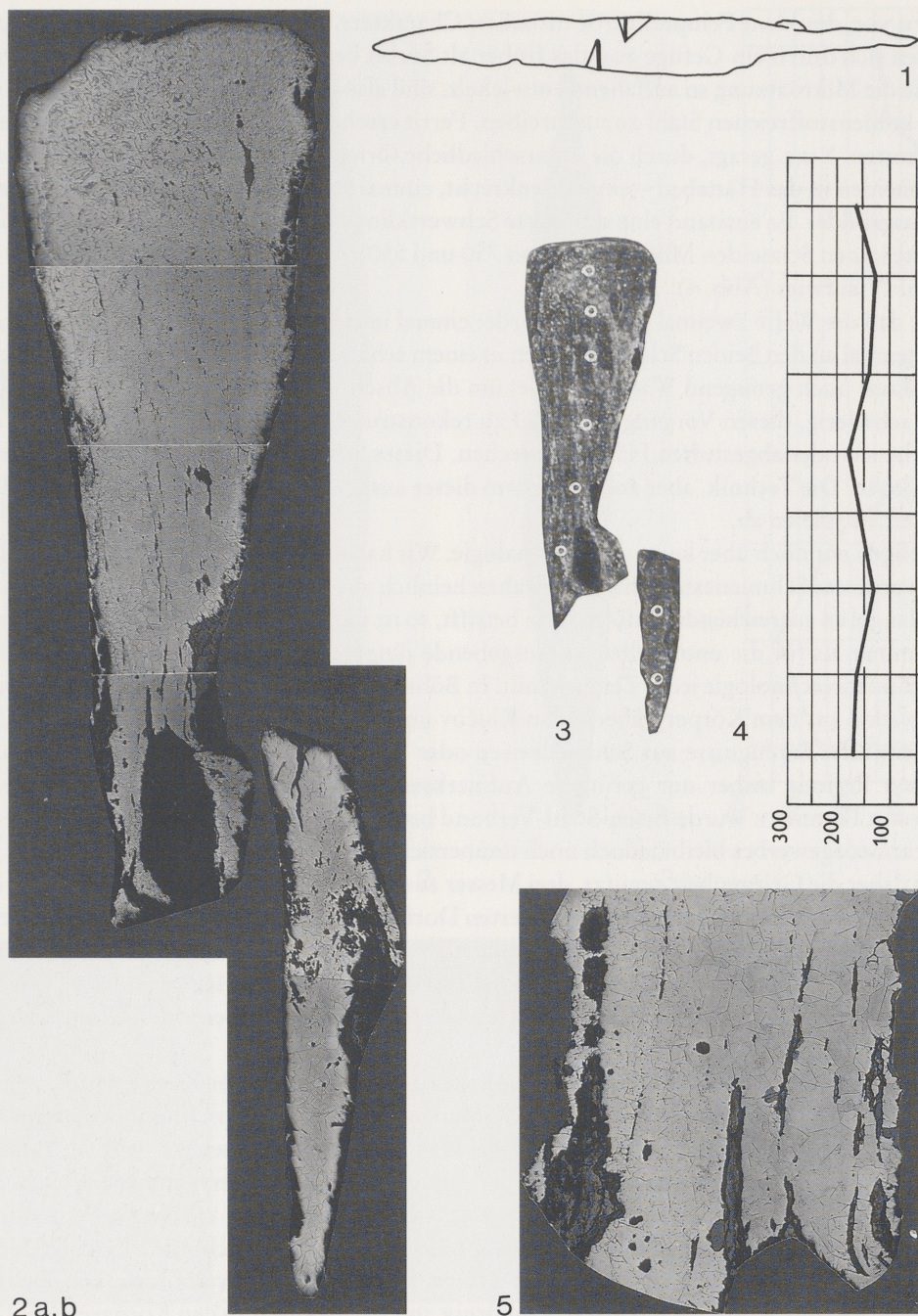


Abb. 3 Opočno, Kr. Louny, Nordwestböhmen: 1 Messer 624 mit der Probeentnahme (späte röm. Kaiserzeit). – 2a,b Querschnitt der Klinge, zusammengestellt aus beiden Proben: weiches Schweißeisen, im Rücken etwas Perlit unter den Ferritkörnern (14x). – 3 Klingenschnitt, mit 5% Nital geätzt (6,5x). – 4 Mikrohärteverlauf. – 5 Schneide: Ferrit mit dunklen Nitridnadeln (70x). – 2.5: mit 2% Nital geätzt.

quer verlaufende dunkle Schatten, deren Grenzen aber in keinem Fall durch schräge oder transversale Schlackenzeilen markiert sind und somit offenbar auch keine zusammengeschweißten Barren anzeigen. Es sind keine Schweißnähte festzustellen. Die Mikrostrukturen der einzelnen dunklen und hellen Flächen stellen verschiedene Arten des beim Härten entstehenden Gefüges dar: sehr feinkörnigen Martensit

mit Feldern von dunklem Feinperlit troostitischen Charakters. Die helleren Zonen sind feinperlisch. Sie zeichnen sich durch ein Gefüge aus, das früher als Sorbit bezeichnet zu werden pflegte. Die Unterschiede, die die Mikroätzung so auffallend entwickelt, sind also dem Temperaturgradienten im warmbehandelten kohlenstoffreichen Stahl zuzuschreiben. Ferrit erscheint nur dicht an den gestreckten kurzen Schlackenketten. Kurz gesagt, durch die unterschiedliche Orientierung der Klinge beim Eintauchen der beiden Schneiden in das Härtebad – einmal senkrecht, einmal schräg – haben sich verschiedene Gefügebereiche ausgebildet. Es entstand eine sehr harte Schwertklinge aus manganreichem Stahl (0,363% Mn). Sie erreichte in den Schneiden Mikrohärtungen von 750 und 550 mHV 30g, wobei das sorbitische Zentrum etwa 400 mHV aufwies (Abb. 4).

Es scheint, daß die Waffe zweimal gehärtet wurde: einmal in einem mild wirkenden Bad durchgehärtet, beim zweitenmal an den beiden Schneidekanten in einem schärfer wirkenden Mittel abgeschreckt. Doch hatte die Masse noch genügend Wärmeenergie, um die Abschreckstrukturen zusätzlich etwas anzulassen. Es ist schwierig, diesen Vorgang im Detail zu rekonstruieren; man könnte vielleicht von einer Art des gebrochenen oder abgestuften Härtens sprechen. Dieses Schwert wurde offenbar nicht dem Brandstoß beigegeben. Die Technik, aber auch die Form dieser ausgezeichneten Waffe weicht von allen bisher festgestellten Beispielen ab.

Leider verfügen wir noch über keine genaue Analogie. Wir haben also eher den Eindruck, daß es sich hier um ein importiertes Schmiedestück handelt, wahrscheinlich aus dem Süden oder Südosten.

Was den Mangel an ausreichender Information betrifft, so ist die Situation für die Völkerwanderungszeit noch schlimmer als für die unmittelbar vorausgehende jüngere römische Kaiserzeit. Zu wenig ist uns über die Schmiedetechnologie jener Zeit bekannt. In Böhmen wurden z. B. nur einige Lanzen spitzen und ein Schildbuckel aus dem Körpergräberfeld in Klučov untersucht (Pleiner 1962, 119-121, T. XXXVIII-XL). Nur einfache Erzeugnisse aus Schmiedeeisen oder Weichstahl wurden festgestellt. Auch in Polen wurde dieser Periode bisher nur geringere Aufmerksamkeit gewidmet. Im Falle eines Messers aus Lubieszewo in Pommern wurde Eisen-Stahl-Verbund beobachtet (Piaskowski 1976, 183). Die Gesamtlage des Schmiedegewerbes bleibt jedoch noch unübersichtlich.

Wir haben daher die Gelegenheit genutzt, drei Messer aus einer völkerwanderungszeitlichen, völlig freigelegten und um 500 unserer Zeitrechnung datierten Dorfsiedlung untersuchen zu können. Der Fundort heißt Březno (Pleinerová 1965; 1975) und liegt ungefähr 10 km nördlich des spätkaiserzeitlichen Brandgräberfeldes von Opočno. Die Werkzeuge stammen aus dem Bereich der Hausgrundrisse. Das bedeutet, daß keine sekundären Gefügeänderungen durch nachträgliches Erwärmen oder Glühen zu erwarten sind.

Probe 618 ist ein Messer aus dem Haus 8. Der vollständige Querschnitt der Klinge wurde angeschliffen (Breite 12 mm). Das Metall ist ziemlich rein. Die Menge der Schlackeneinschlüsse übersteigt kaum die Stufe 2. Die Einschlüsse sind grau und glasig. Dabei verdient eine zur Schneide schräg verlaufende Kette von Einschlüssen unsere Aufmerksamkeit: Bei der mikroskopischen Untersuchung erwies sich, daß sie eine Schweißnaht andeutet und die Grenze des Schneideteils mit etwas erhöhtem Perlitanteil bildet. Ansonsten sind noch zwei mehr oder weniger in der Längsachse des Querschnittes verlaufende Schweißnähte feststellbar, die aber keine verschiedenen Metallsorten miteinander verbinden. Die somit aus drei Lamellen verschweißte Klinge ist ferritisch, feinkörnig, mit Perlitspuren an den Korngrenzen. Die Phosphor- und Nickelgehalte sind mäßig erhöht (0,218% P, 0,178% Ni). Die Mikrohärtungen bewegen sich um 200 mHV für Ferrit und um 250 mHV für Perlit, wobei in der Nähe der Schweißnaht stellenweise Werte von 350 mHV gemessen wurden. Der Schmied war offensichtlich mit einigen fortgeschrittenen Klingenaufbautechniken vertraut: Stahlschweißen im Rahmen einer Dreischichtenklinge. Er verfügte aber in dem gegebenen Falle nicht über ausreichend harten Stahl, so daß als Ergebnis eine nicht allzu vorzügliche Messerklinge entstand (Abb. 5).

Anders ist es mit dem Messer Probe 619 aus dem Haus 43. Diese Klinge, 12 mm breit, quer untersucht, zeigt ein mit Schlacke sehr verunreinigtes Metall (Stufe 3-4 nach Järnkontoret, schlechtere Mittelwerte). Die glasigen Einschlüsse sind durch das Schmieden bei sinkender Temperatur teilweise zerbröckelt. In der Nähe der Schneide kumulieren sie zu einer schräg verlaufenden Kette. Das Gefüge besteht aus einem

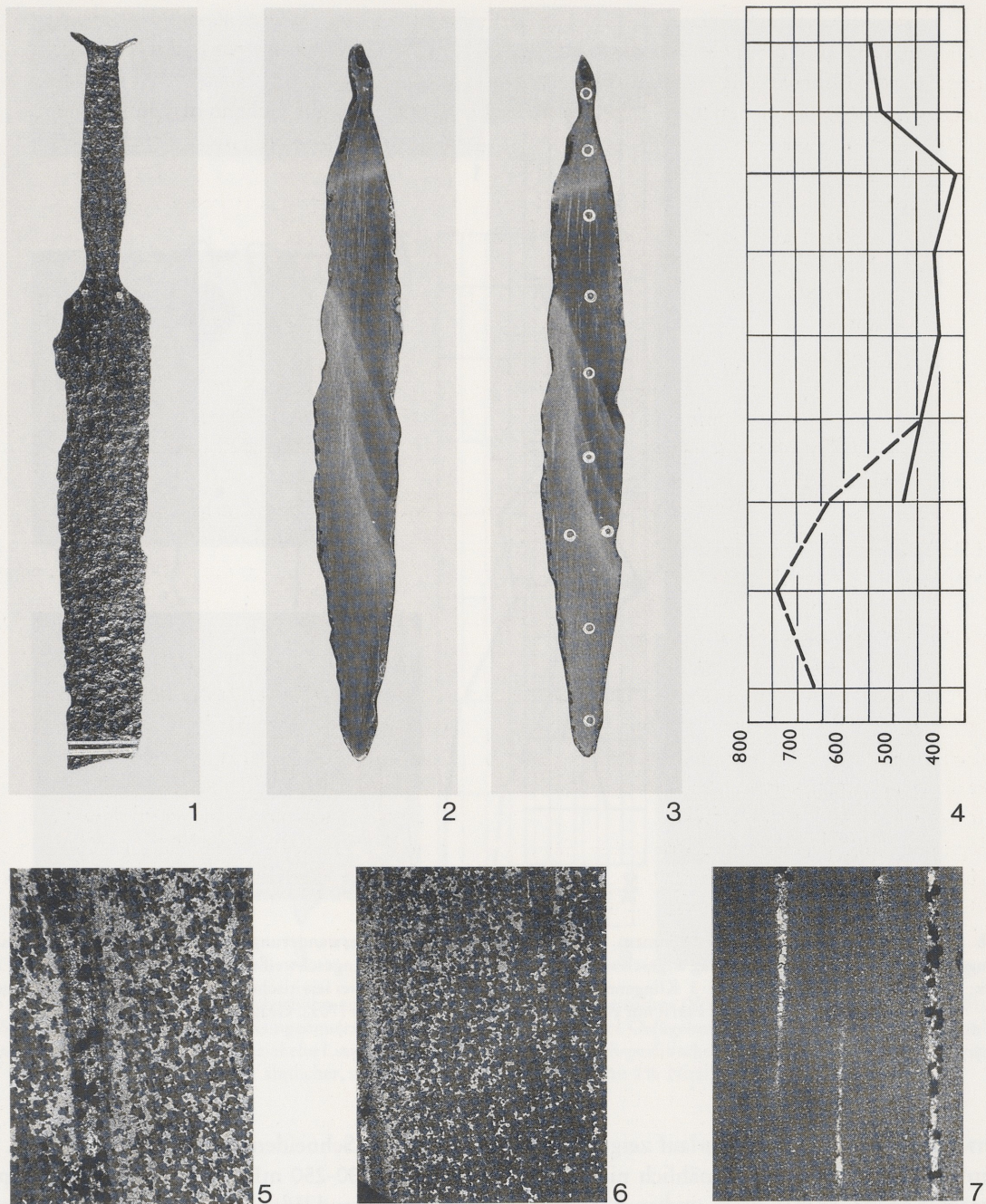


Abb. 4 Opočno, Kr. Louny, Nordwestböhmen: 1 Schwertfragment 625 mit der Probeentnahme (späte röm. Kaiserzeit). – 2.3 Makroätzungen des Klingenschnittes – Oberhoffer und 5% Nital (6,5x). – 4 Mikrohärteverlauf. – 5.6 Hellere Zonen: Martensit und dunkler Troostit (140x). – 7 Dunklere Zonen: sorbitähnlicher Feinperlit mit einigen ferritischen Zeilen (70x). – Mikroaufnahmen: mit 2% Nital geätzte Schlitze.

perlitisch-ferritischen Stahl mit Widmannstätten-Gefüge. An einer Seite ist der Kohlenstoffgehalt höher und die Struktur geht in Sorbit über.

Dasselbe gilt auch für die angeschweißte Schneide, wo sich ein feinperlitisches Gefüge sorbitischen Charakters ausgebildet hat. Nur eine der Rückenkanten ist ferritisch und offenbar an den Stahlkörper ange-

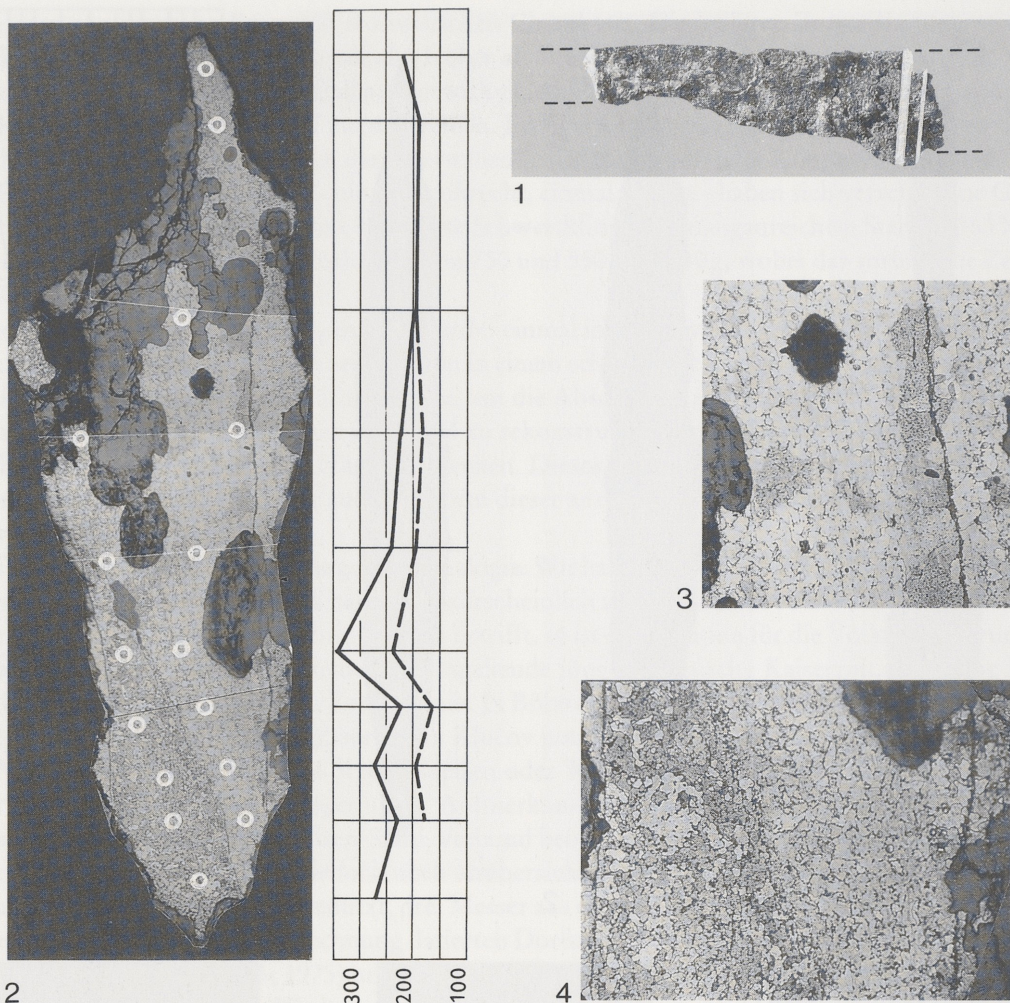


Abb. 5 Březno, Kr. Louny, Nordwestböhmen. 1 Messerbruchstück 618 (Völkerwanderungszeit). – 2 Querschnitt aus zusammengesetzten Mikroaufnahmen: schräg angeschweißte Schneide zwischen zwei angeschweißten Lamellen aus ferritischem Eisen (16x; Mikrohärteverlauf beigefügt). – 3 Klingenmitte: Schweißnaht zwischen zwei ferritischen Eisenbarren (70x). – 4 Schneide (Detail aus Bild 2): Ferrit mit Perlit Spuren an den Korngrenzen (70x). Geätzt mit 2% Nital.

schweißt. Der Mikrohärtenverlauf zeigt die höchsten Werte im Schneidenbereich (400-500mHV). Sie werden zum Rücken hin allmählich niedriger (300-400 bzw. 200-250 mHV). Der Gehalt an Kupfer beträgt 0,247%, an P 0,297% und an Ni 0,068%. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Klinge aus drei schräg zusammengeschweißten Barren aufgebaut wurde: einem eisernen im Rücken und je einem stählernen im Körper und in der Schneide. Hier wurde sie kurz gehärtet. Das Messer muß als vollkommen angesehen werden (Abb. 6).

Wenden wir uns unserem letzten Beispiel zu, dem Messer Probe 620 aus demselben Haus 43. Die Klinge wurde in ihrer ganzen Breite (16mm) untersucht. Die Schlackeneinschlüsse sind verhältnismäßig zahlreich. Ihre Anordnung ist außerordentlich auffallend: an der Schneide treten sie in schrägverlaufenden Ketten auf, die sich im Rückenteil spiralförmig verbiegen. Dieses Schema spiegelt sich auch im Ergebnis der Mikro-Ätzung wider, besonders klar erscheint die Phosphorverteilung nach der Oberhoffer-Ätzung. Die Schneide ist einwandfrei schräg angeschweißt und besteht aus feinem Martensit und überfeiner Perlitmatrix. Der Klingenkörper ist ferritisch-perlitisch und weist verbogene, mit Schlackenein-

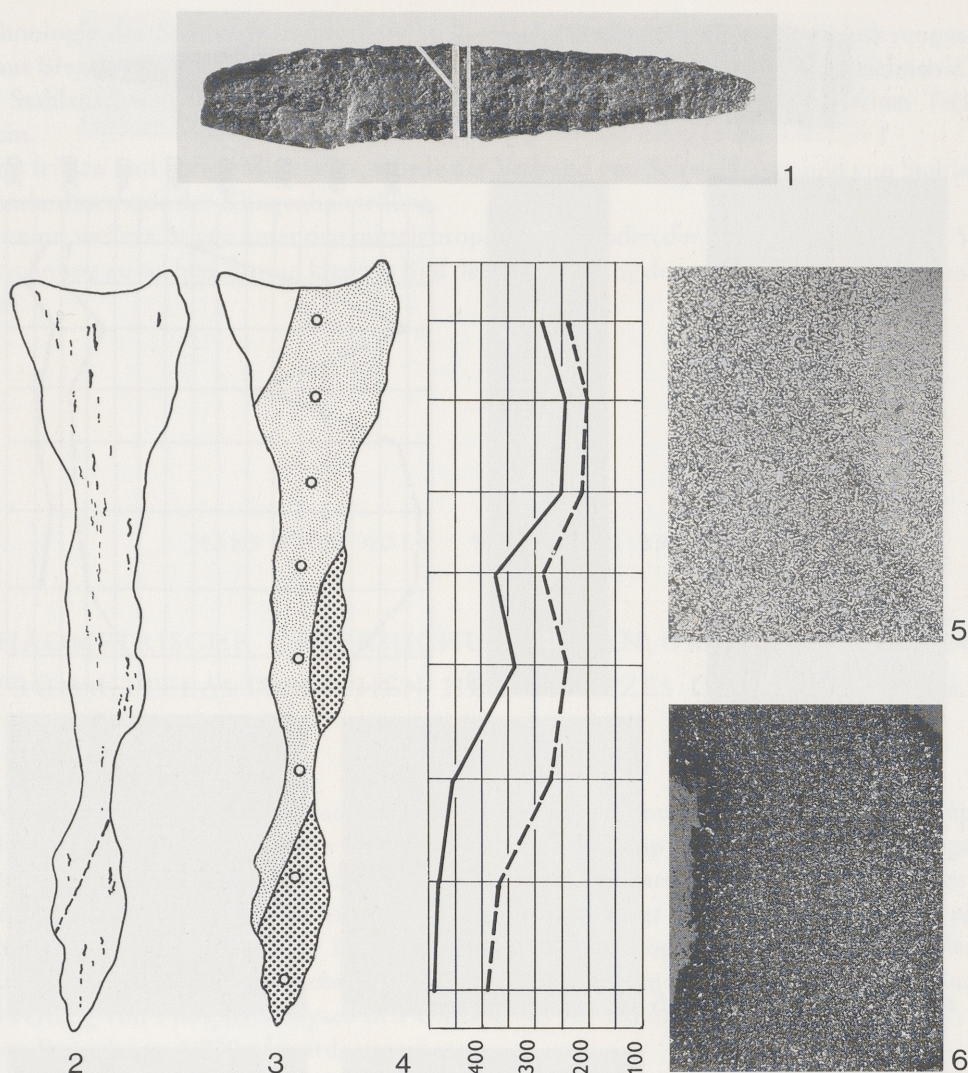


Abb. 6 Březno, Kr. Louny, Nordwestböhmen: 1 Messer 619 mit der Probeentnahme (Völkerwanderungszeit). – 2 Verteilung der Schlackeneinschlüsse auf dem Klingenschnitt (10x). – 3 Verteilung der Gefügebereiche: dunkel = stärker aufgekohltes Metall. – 4 Mikrohärteverlauf: gestrichelte Linie = Ferrit. – 5 Rücken: ferritisch-perlitisches Gefüge (70x). – 6 Schneide: sorbitähnlicher, sehr feiner Perlit (70x). Geätzt mit 2% Nital.

schlüssen voneinander abgesetzte Streifen auf. In der Rückenmitte befindet sich ein ovaler Martensitbereich, einem eingerollten Stahldraht vergleichbar.

Das martensitische Gefüge ist sehr hart (980 mHV 30 g), während die perlit- oder sorbitähnlichen Körner Mikrohärten von etwa 400 mHV aufweisen. Der Phosphorgehalt ist mit 0,262% etwas erhöht, Nickel ist mit 0,076% vertreten. Dieser Befund erlaubt die Herstellungstechnologie wie folgt zu rekonstruieren: Ein Stahlband, möglicherweise aus mehreren Blechen paketierte, wurde durch Feuerschweißen mit einer harten Stahllamelle versehen, das Ganze in der Längsachse um einen anderen Stahlbarren zusammengerollt und zu einer Messerklinge ausgeformt. Das Erzeugnis wurde schließlich gehärtet und erreichte eine vorzügliche Qualität (Abb. 7).

Die wenigen vorgestellten Beispiele erlauben keine umfassenden Schlussfolgerungen. Es ist jedoch bemerkenswert, daß die besseren Messer der spätkaiserzeitlichen Periode aus Opočno durch eine einfa-



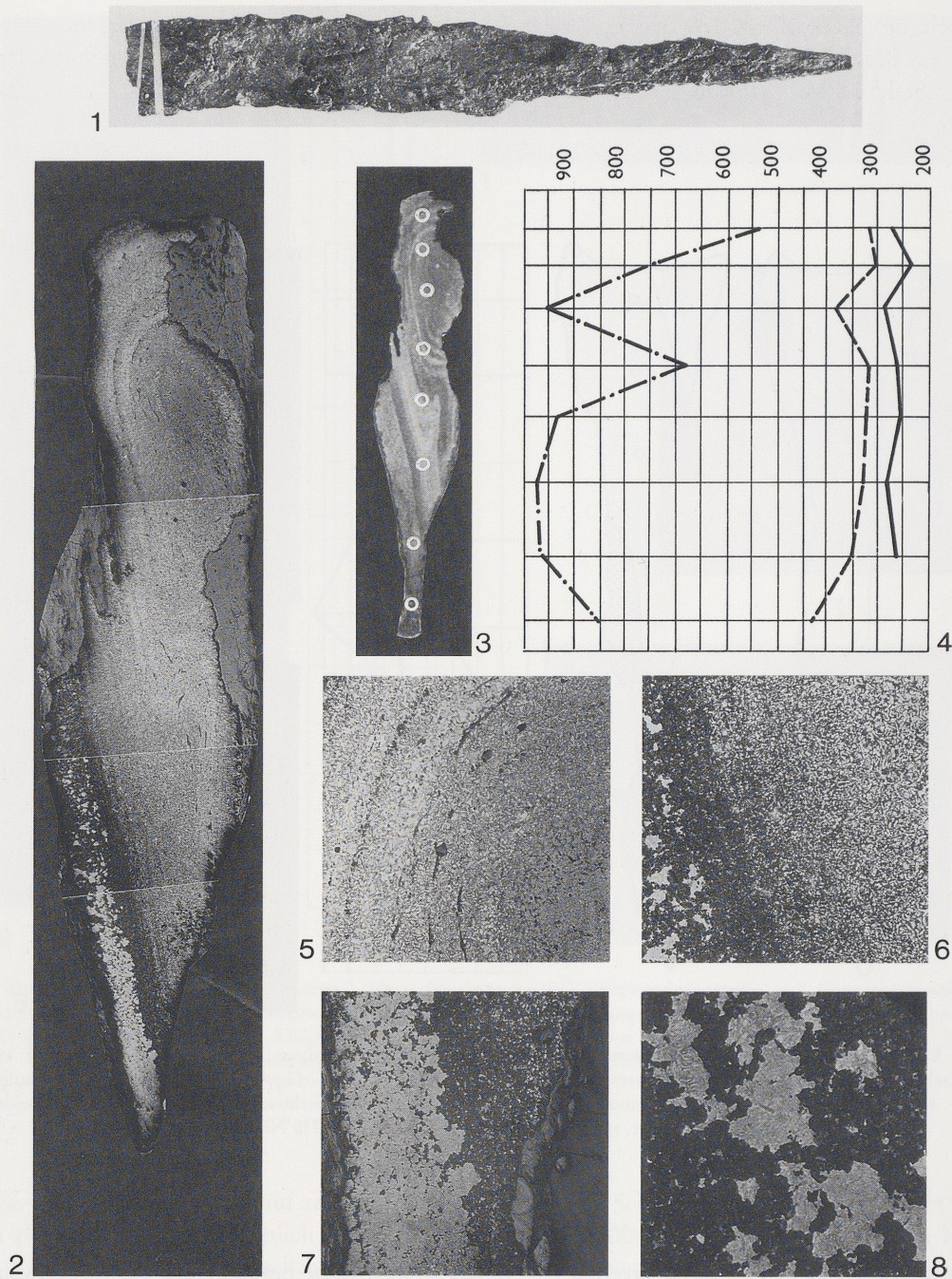


Abb. 7 Březno, Kr. Louny, Nordwestböhmen: 1 Messer 620 mit der Probeentnahme (Völkerwanderungszeit). – 2 Klingenschnitt aus zusammengesetzten Mikroaufnahmen: schräg angeschweißte Stahlschneide, eingerollter oder verdrehter Tragkörper mit eingelegtem Stahlbarren (18x). – 3 Querschliff, mit Oberhofferlösung geätzt: die Phosphorverteilung spiegelt das Aufbauschema wider (6,5x). – 4 Mikrohärteverlauf: strichpunktirt = Martensit und Troostit; gestrichelt = sorbitähnliches feinperlitisches Gefüge; ausgezogen = Ferrit. – 5 Rücken: ferritisch-perlitisch-martensitische Zeilen; rechts martensitischer Stahlbereich (70x). – 6 Übergang zur hellen martensitischen Struktur (links) (70x). – 7 Schweißnahtbereich in der Schneide: heller Martensit, dunkler Troostit bzw. Feinperlit (70x). – 8 Schneide: dunkler Troostit in heller Martensitmatrix (140x). Geätzt mit 2% Nital.

che Technologie der Stahlverformung hergestellt wurden, während die völkerwanderungszeitlichen Messer aus Březno sich durch eine fortschrittliche Methode des Klingenaufbaues auszeichnen. Das Prinzip des Stahlanschweißens in die Schneide wurde schon in der provinzialrömischen Technologie beherrscht.

Später, im frühen und hohen Mittelalter, wurde der Verbund von Schweißseisen und von Stahlsorten zu einer Standardmethode der Klingenerstellung.

Es bleibt nun, weitere Belege unter den mitteleuropäischen Funden der kritischen Periode um 500 unserer Zeitrechnung zu suchen, um ein klareres Bild der Entwicklung der europäischen Schmiedetechnik zu gewinnen.

HANS EMIL KOLB · WOLFGANG BROCKNER

## ARCHÄOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN AN GRABUNGSFUNDEN DES FRÜHMITTELALTERLICHEN HERRENSITZES DÜNA/OSTERODE\*

Ein in Aussicht genomener Umbruch einer bisher als Weide genutzten Fläche mit einer Hügelanlage führte durch die Aufmerksamkeit des Ortschronisten G. Bierkamp zur fünfjährigen Grabungstätigkeit (1981-1985) des Institutes für Denkmalpflege des Niedersächsischen Landesverwaltungsamtes Hannover. Zur Feststellung des Denkmalcharakters war eine kurzfristige Übersicht nur durch geophysikalische, geochemische und geologische Prospektionsmaßnahmen möglich. Geoelektrische Widerstands-, Erdradarmessungen und Peilstangenbohrungen zeigten vor Beginn der Grabung bereits zusammen mit der Auswertung von Phosphatanalysen den Umfang des Altsiedlungsgebietes von 20.000 m<sup>2</sup>. Nur der gefährdete Bereich von 6.000 m<sup>2</sup> wurde gegraben.

Die Grabung erbrachte den Nachweis einer Besiedlung seit der Spät-Latène-Zeit bis zum Wüstwerden im 13./14. Jahrhundert n. Chr. mit einem repräsentativen Steingebäude eines frühmittelalterlichen Herrnsitzes und umfangreicher gewerblicher Tätigkeit. Zum Land- und Gartenbau konnten paläobotanische Untersuchungen verlässliche Aussagen liefern. Überraschenderweise war die Siedlung Ort einer ausgedehnten Verhüttung mit Funden von Schlacken, Erzen, Holzkohle und Rohmetallen. Zur Aufklärung der Herkunft der Erze, der Art und des Umfanges der Verhüttung waren archäometallurgische Untersuchungen durchzuführen. Die Nähe des Grabungsortes zur Technischen Universität Clausthal, der vormaligen Bergakademie mit ihrer mehr als 200-jährigen montanistischen Lehr- und Forschungstradition, ließ aufgeworfene Fragen in erfolgreichen interdisziplinären Voruntersuchungen klären.

Durch das Zusammenwirken mit den Instituten und Abteilungen Mineralogie-Petrographie; Lagerstättenforschung und Rohstoffkunde; Geologie und Paläontologie; Erdölgeologie; Geophysik; Angewandte Physik; Metallkunde und Metallphysik; Aufbereitung und Veredelung; Lagerstättentechnik; Allgemeine Metallurgie, und Erdölforschung/Zentrale Analytik konnten Lagerstätten von Erzen und Bausteinen bestimmt, Schlacken charakterisiert und analysiert und Rohmetallfunde auf Werkstoffeigenschaften hin untersucht werden. Weitere Spezialuntersuchungen betrafen Blei-Isotopenverteilungen,

\* Wir danken den Damen Dr. G. Heimbruch, Dr. R. Horbach und Dipl.-Geol. S. Koerfer und den Herren Dr. R. Becker, Dr. L. Klappauf, Dipl.-Chem. F. Ludwig, Dr. G.

Siemeister und Dr. A. Schuster für ihre tatkräftige Hilfe und der Stiftung Volkswagenwerk für die gewährte Unterstützung.