

Forschungsseminar des MDZWP 2024

Metallographie an bronzezeitlichen Randleistenbeilen

O. Michael^{1,2}, S. Dieck¹, T. Halle², M. Wilke², C.-H. Wunderlich³, J.-H. Bunnefeld³, H. Meller³

¹ DeltaSigma Analytics GmbH

² Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Werkstoff- und Fügetechnik

³ Landesmuseum für Vorgeschichte Halle

Beile der Urgeschichte



Steinzeit

Jungsteinzeit

frühe Bronzezeit

mittlere Bronzezeit

1+2 <https://steine-scherben.de/pages/was-man-so-findet/neolithikum/beile-aexte-keulen/feuersteinbeile.php>
3 Kienlin, T.L. Frühes Metall im nordalpinen Raum Teil 2, S.421

Untersuchungsobjekte

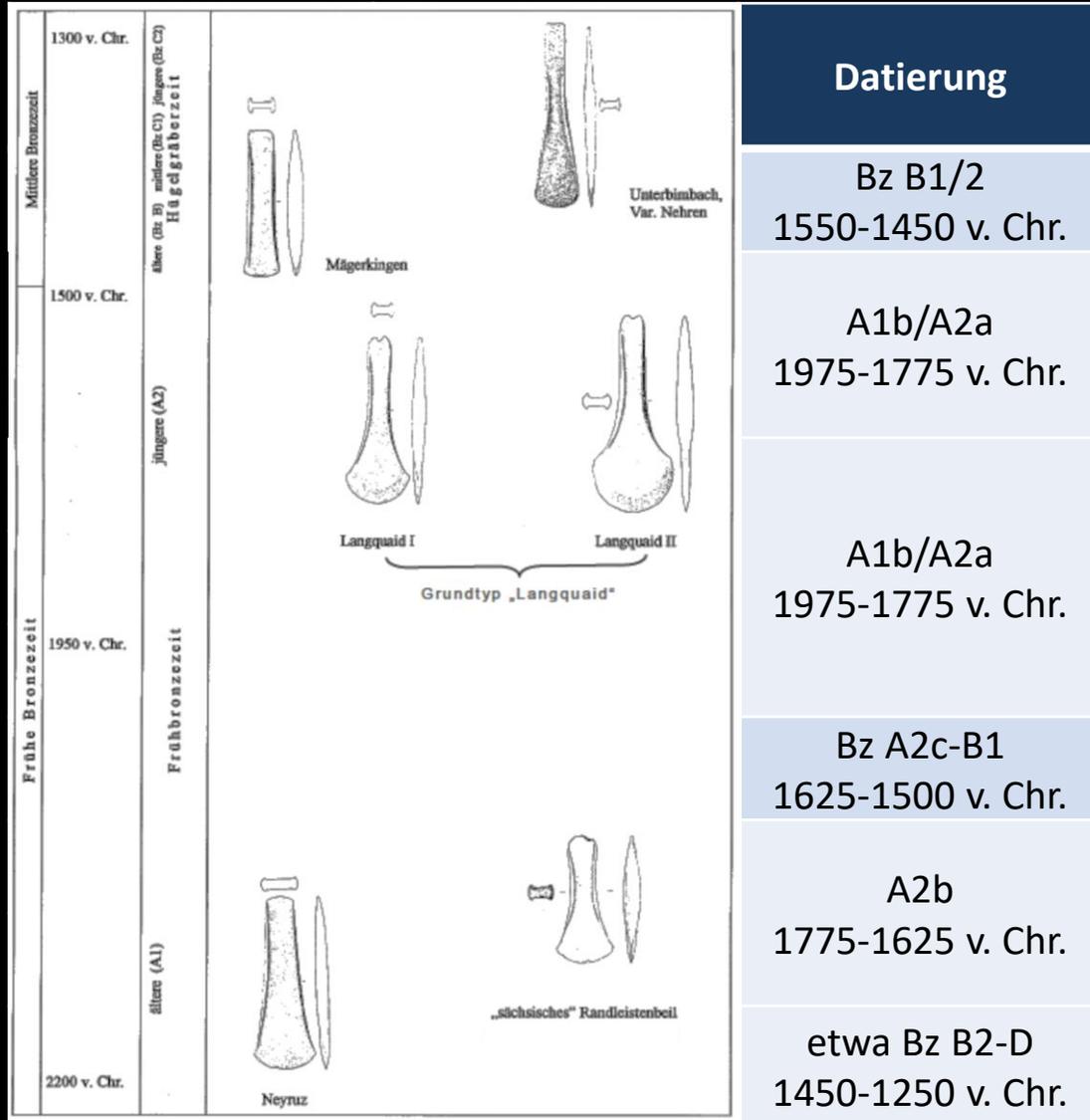
- 10 Beile

Probenbezeichnung	Fundort	Datierung
P1	Beichlingen	Bz B1/2 1550-1450 v. Chr.
P2	Kanena III (Halle)	A1b/A2a 1975-1775 v. Chr.
P3		
P4	Dieskau III	A1b/A2a 1975-1775 v. Chr.
P5		
P6		
P7	Benndorf	Bz A2c-B1 1625-1500 v. Chr.
P8	Bennewitz	A2b 1775-1625 v. Chr.
P9		
P10	Halberstadt	etwa Bz B2-D 1450-1250 v. Chr.



Untersuchungsobjekte

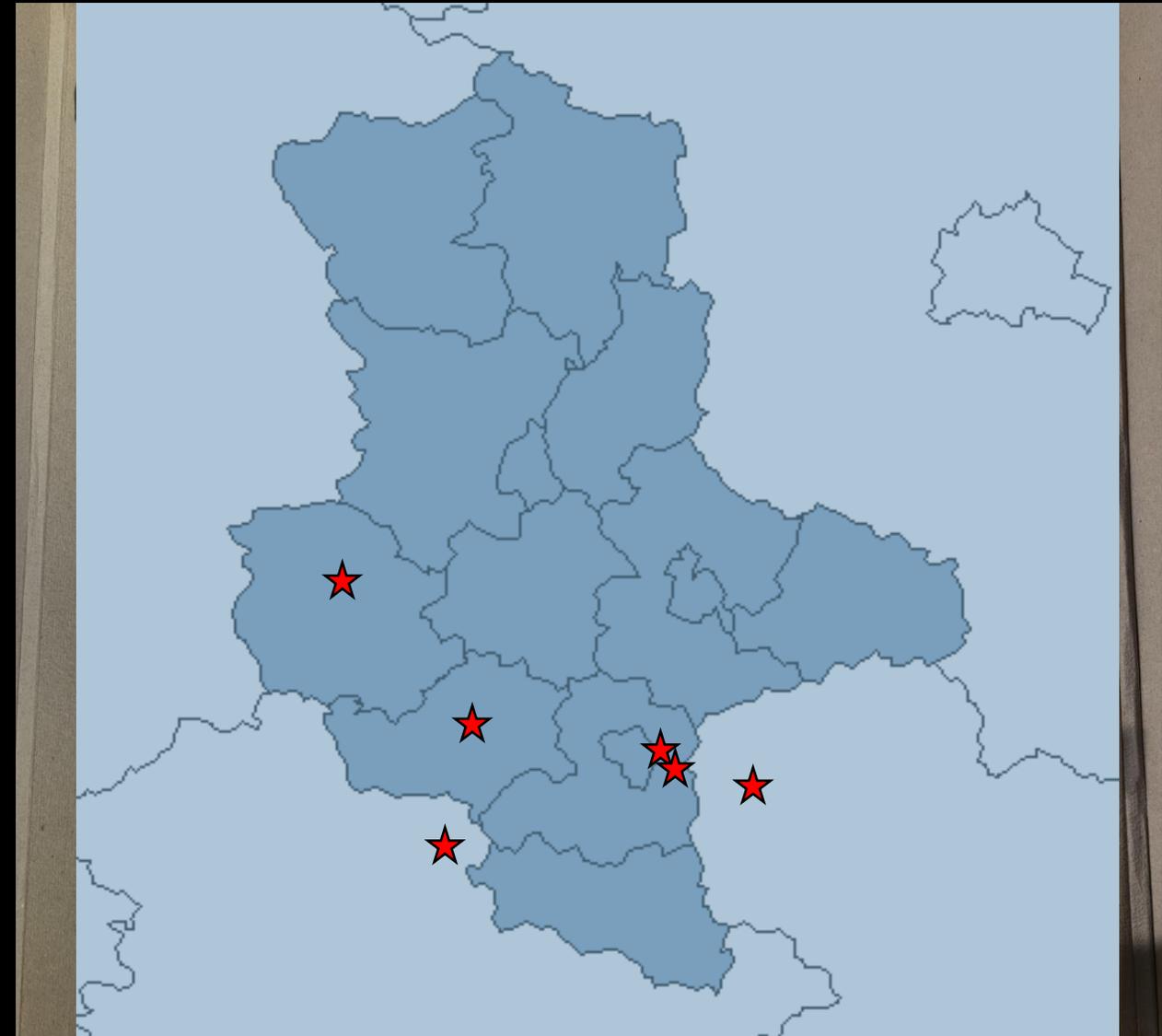
- 10 Beile



Untersuchungsobjekte

- 10 Beile

Probenbezeichnung	Fundort	Datierung
P1	Beichlingen	Bz B1/2 1550-1450 v. Chr.
P2	Kanena III (Halle)	A1b/A2a 1975-1775 v. Chr.
P3		
P4	Dieskau III	A1b/A2a 1975-1775 v. Chr.
P5		
P6		
P7	Benndorf	Bz A2c-B1 1625-1500 v. Chr.
P8	Bennewitz	A2b 1775-1625 v. Chr.
P9		
P10	Halberstadt	etwa Bz B2-D 1450-1250 v. Chr.



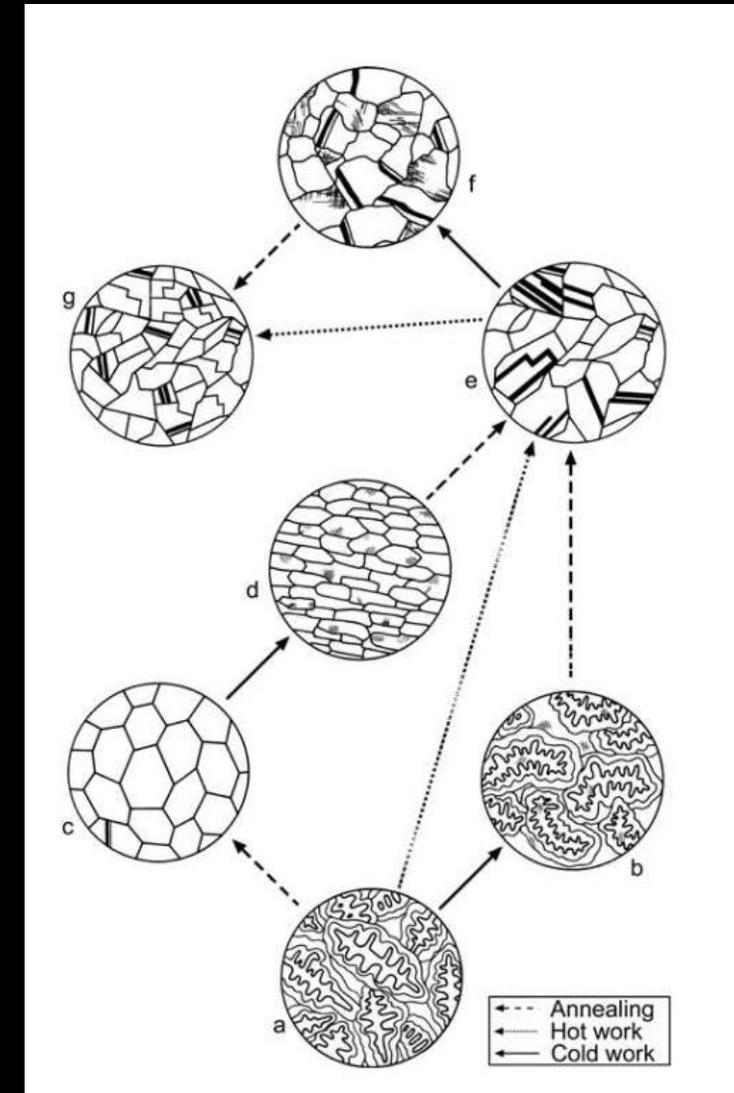
Chemische Zusammensetzung

- Zumeist gut untersucht:
 - Zusammensetzung
 - Herkunft der verwendeten Materialien
- Zusammensetzung Randleistenbeile
 - Fahlerzbronzen → nicht gebrauchsfertig → Weiterverarbeitung obligatorisch
 - Bronze → Grad der Nachbearbeitung?
- Fragestellung: wie und wo nachbearbeitet

Probe	Zusammensetzung in Masse-%											
	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Ag	Sn	Sb	Au	Pb	Bi
P1	0,13	0,63	90	<0,2	0,37	<0,005	0,007	8,6	0,185	<0,01	0,05	<0,01
P2	<0,02	<0,01	97	<0,2	1,14	<0,005	1,21	<0,005	0,90	<0,01	<0,01	0,02

Untersuchungsziele

- Fragestellung: Herstellung und Verarbeitung (Schneide, Grundkörper, Randleisten)
- Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen
 - minimalinvasive Beprobung
 - Erodieren
 - metallographische Präparation
 - Schleifen
 - Polieren
 - Ätzen
 - werkstofftechnische Analyse der Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen
 - AES
 - Lichtmikroskopie
 - Elektronenmikroskopie
 - Mikrohärte
 - Zusammensetzen der Schnittteile



nach Scott D.A., Metallography and microstructure of ancient and historic metals, S.7-8

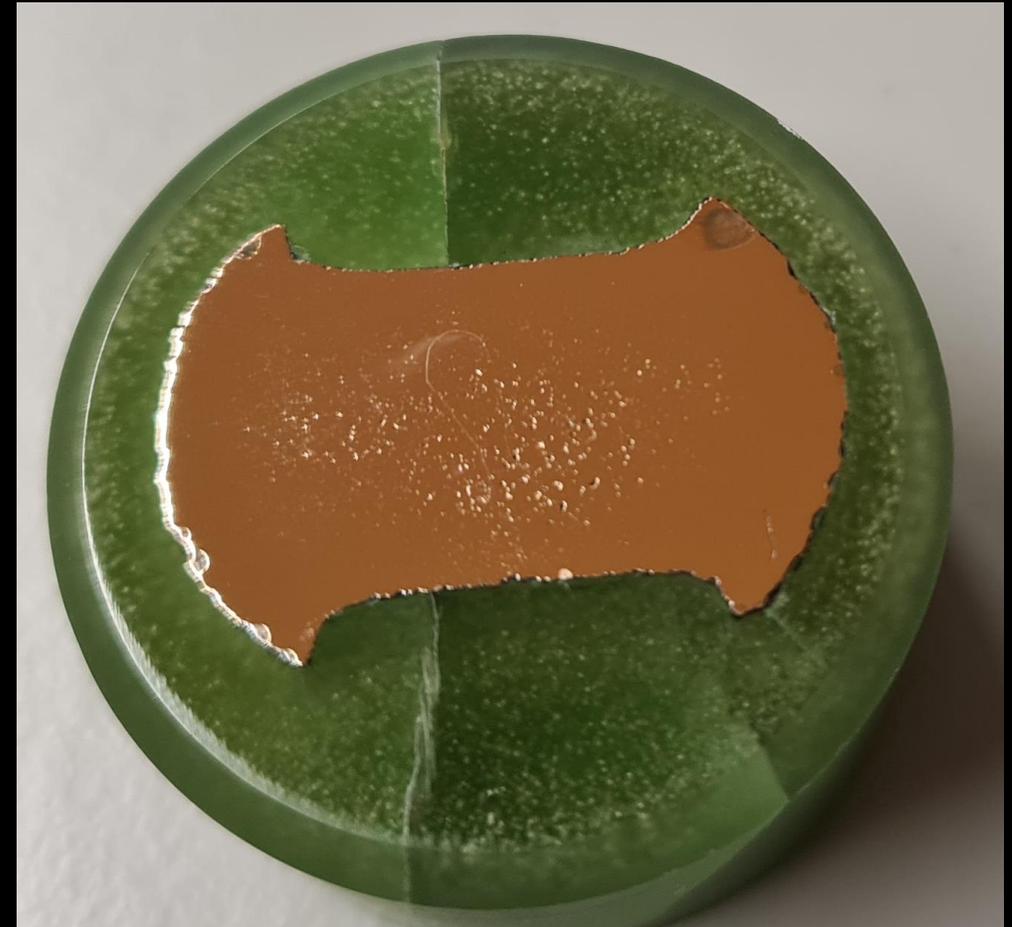
Metallographie

- Aufschlüsselung der Mikrostruktur-Eigenschafts-Beziehungen
- Herstellung von Mikroschliffen



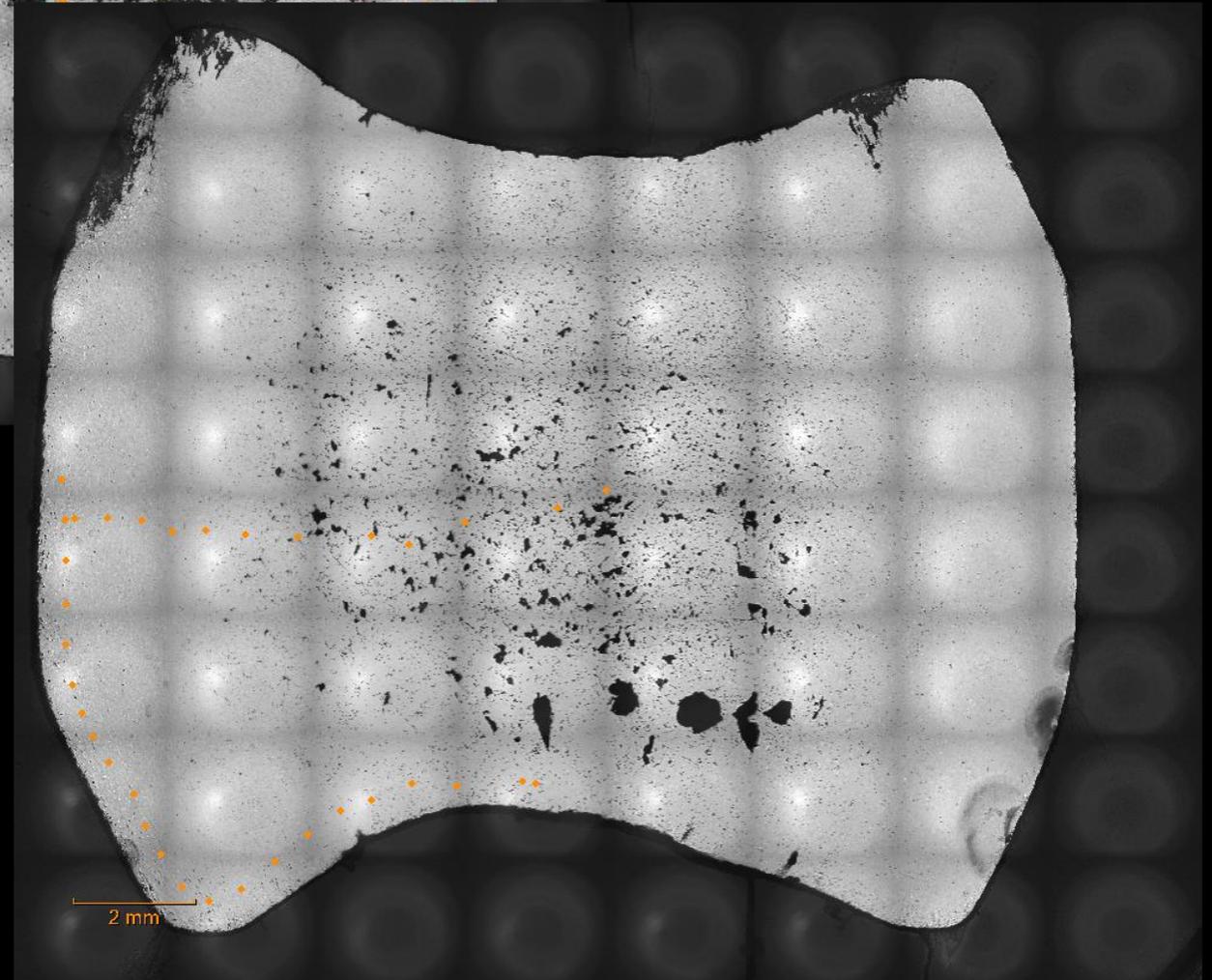
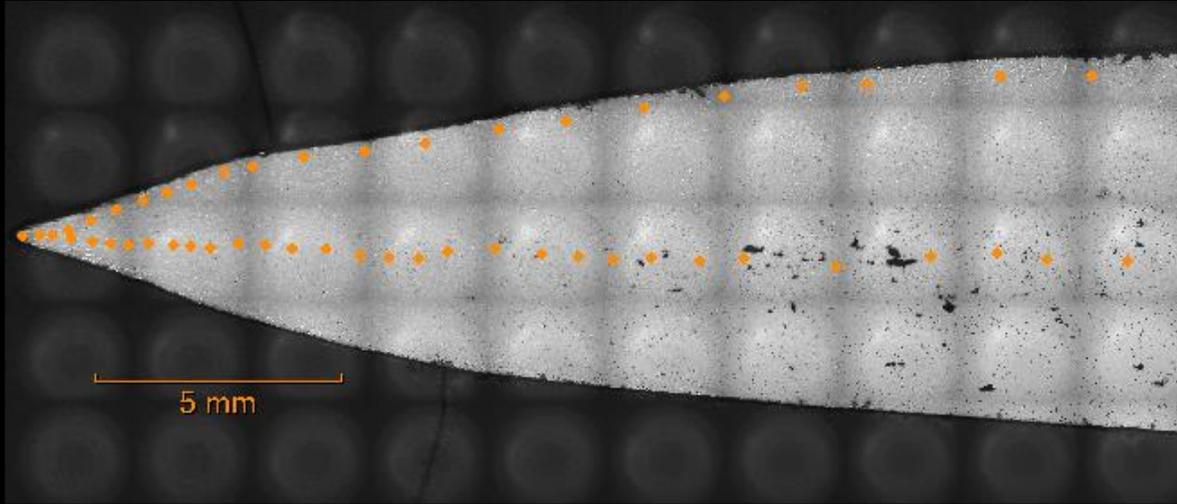
Metallographie

- Aufschlüsselung der Mikrostruktur-Eigenschafts-Beziehungen
- Herstellung von Mikroschliffen

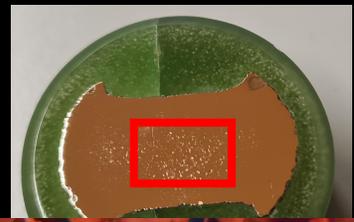


Makroskopie

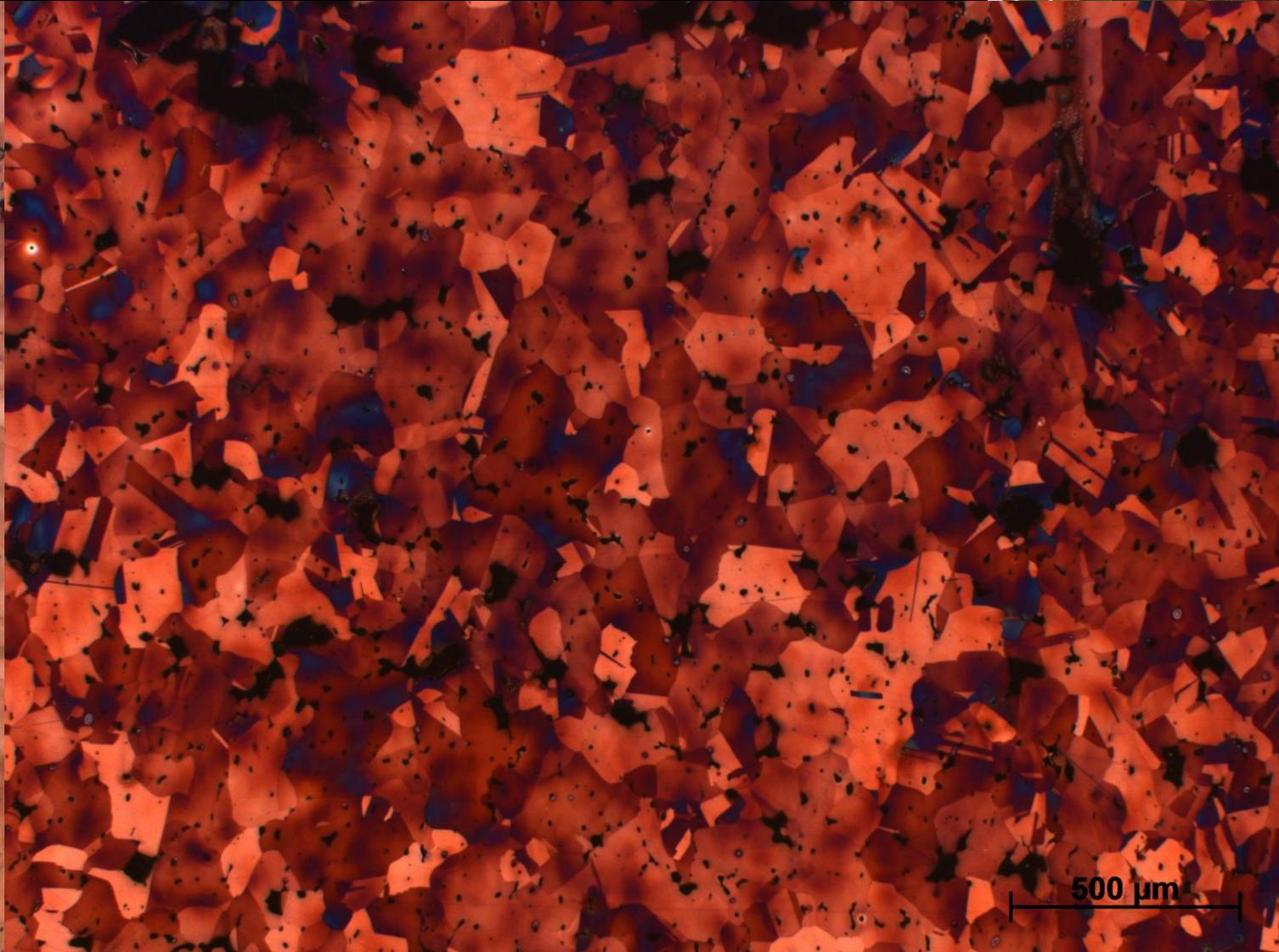
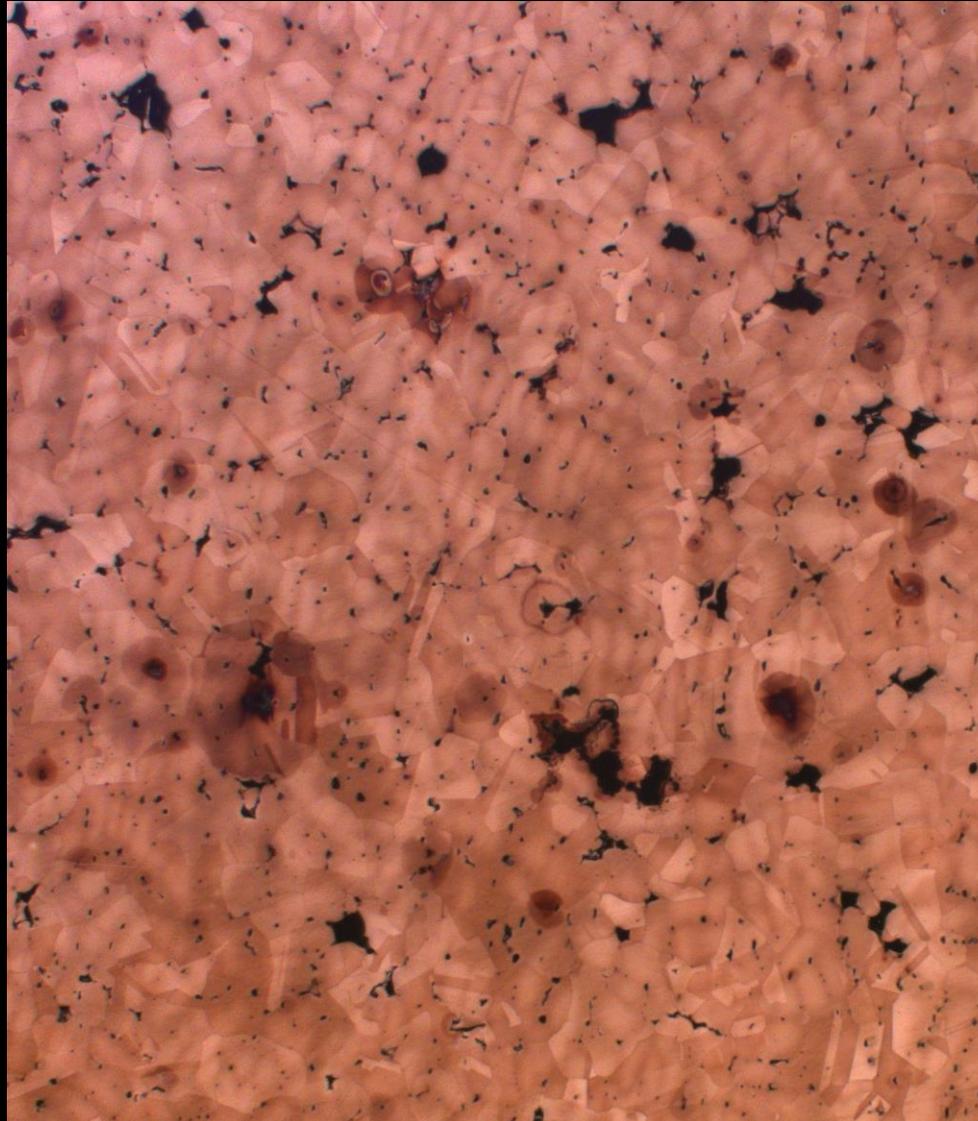
- P4: Fahlerzbronze



Lichtmikroskopie



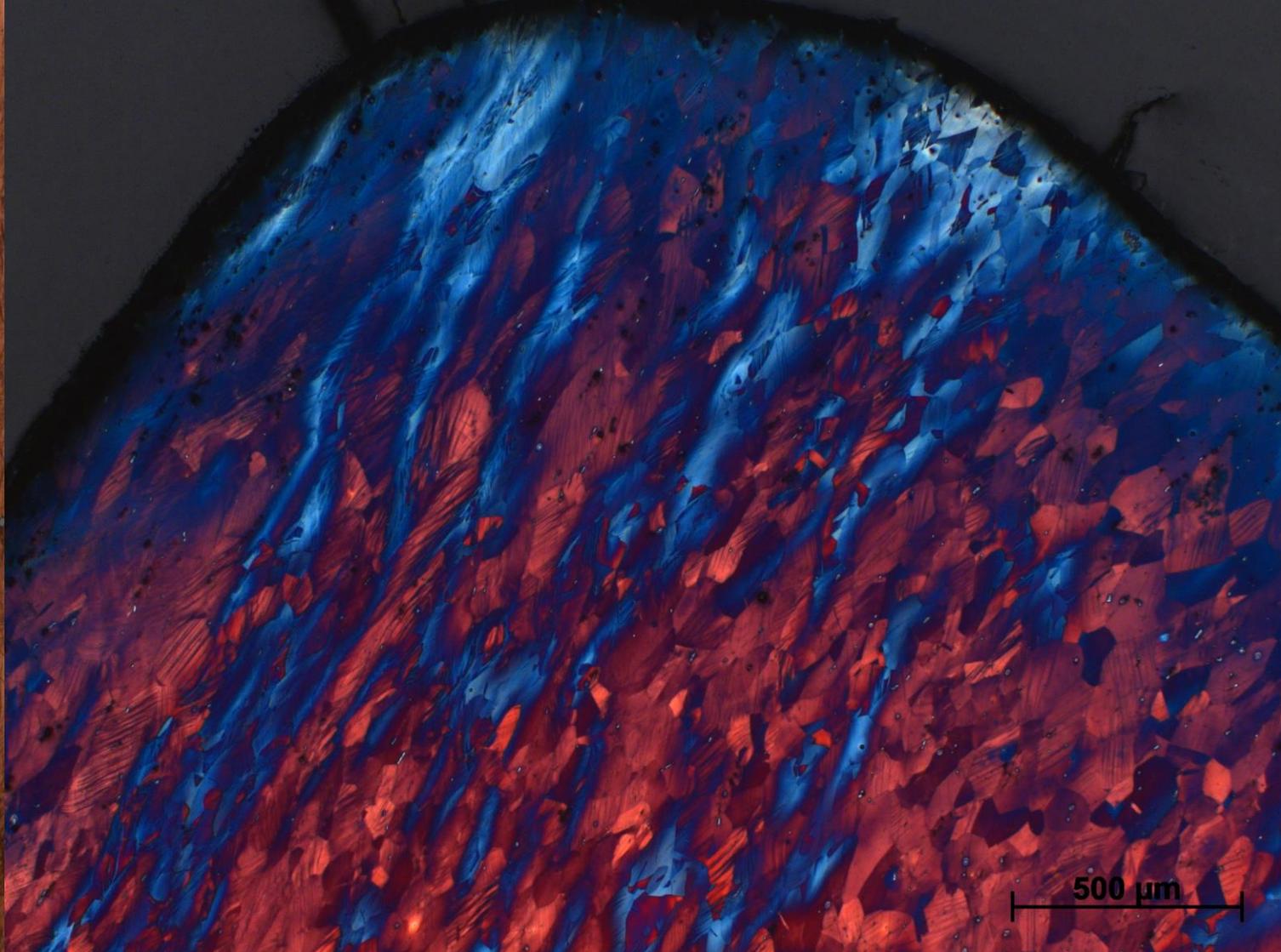
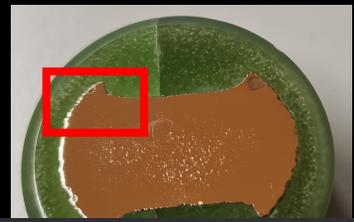
- P4 (Zentrum)



500 μm

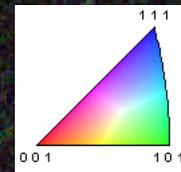
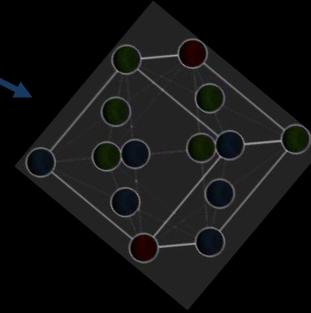
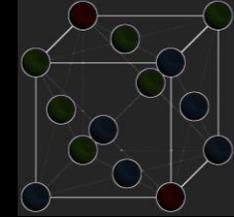
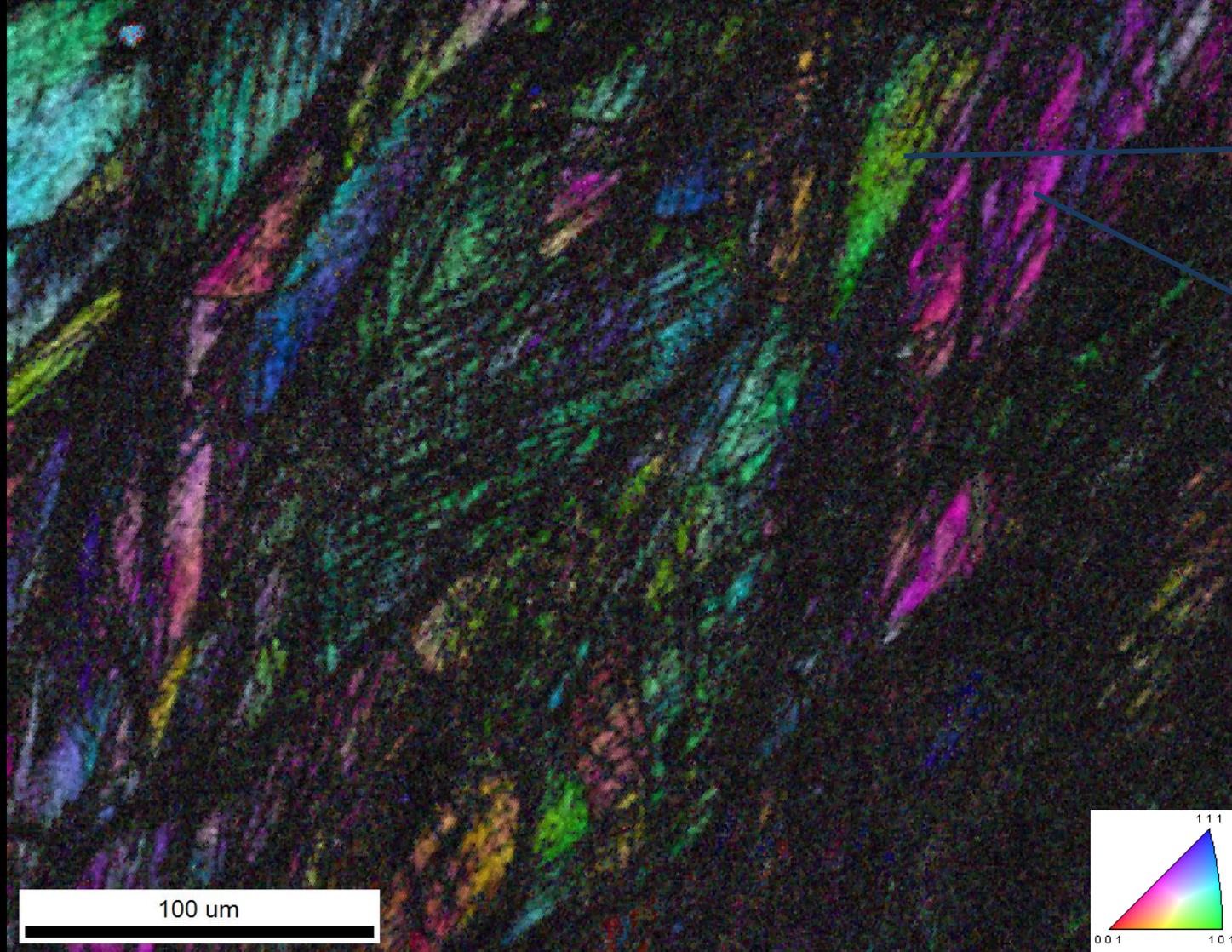
Lichtmikroskopie

- P4 (Randleiste) – rekristallisiert + stark deformiert



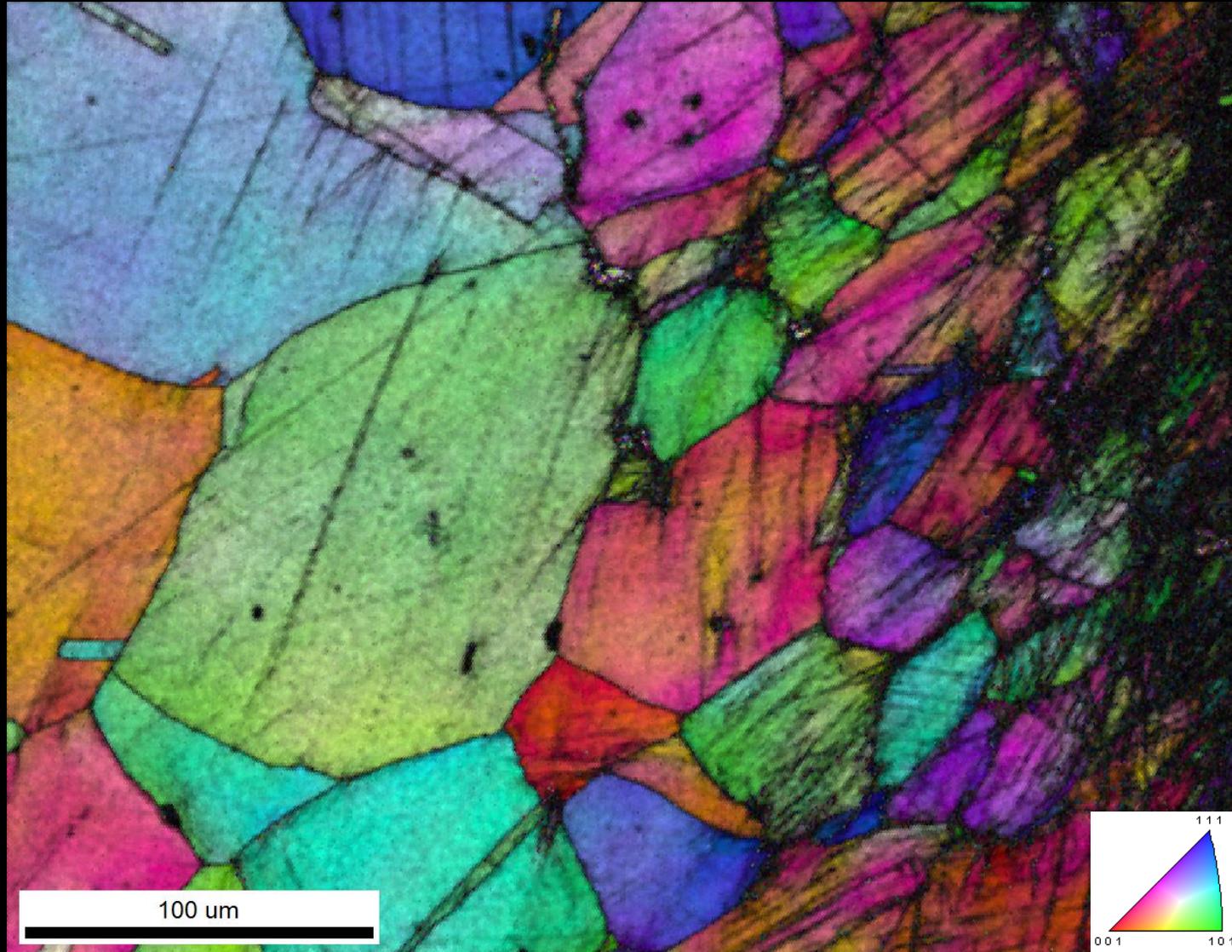
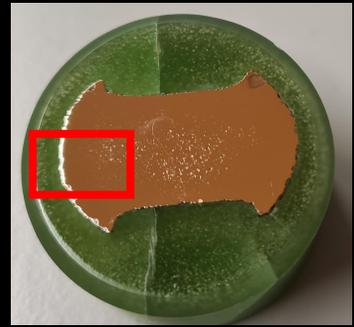
Elektronenbeugung

- P4 (Randleiste-Spitze) – rekristallisiert, stark deformiert



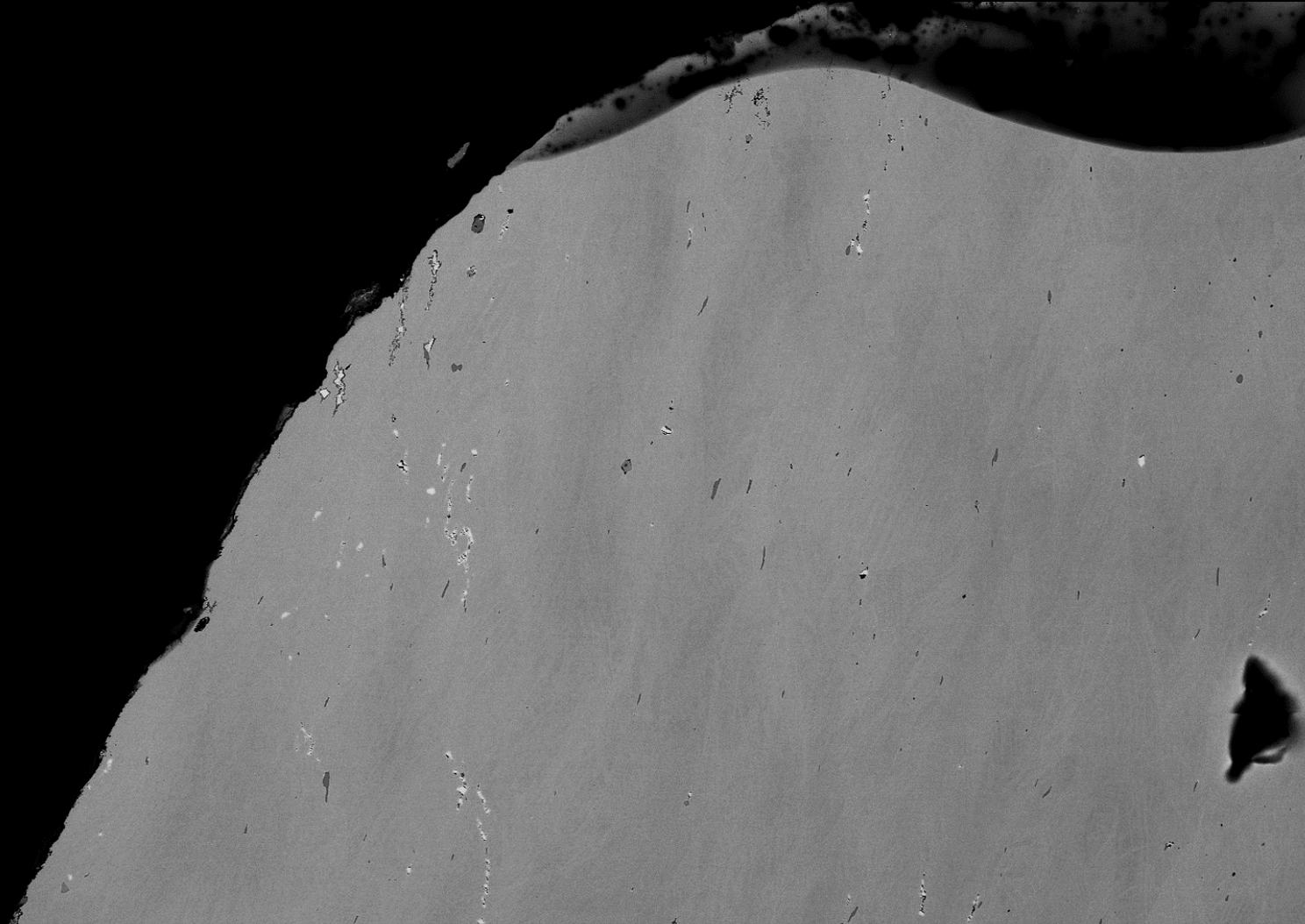
Elektronenbeugung

- P4 (Randleiste-Seite) – rekristallisiert, deformiert



Röntgenspektroskopie

- P4 (Randleiste-Spitze) – verschiedene Ausscheidungen

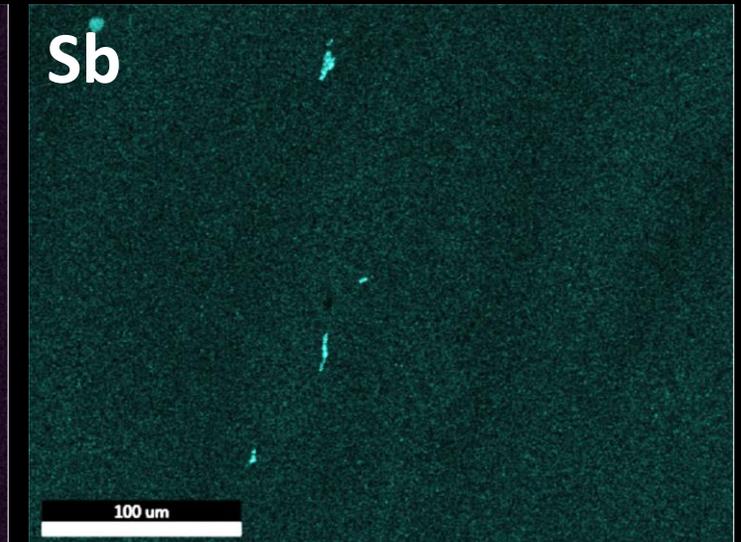
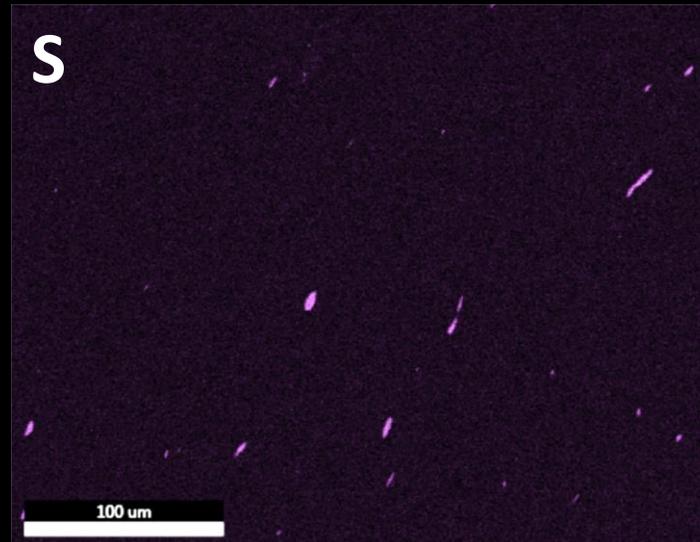
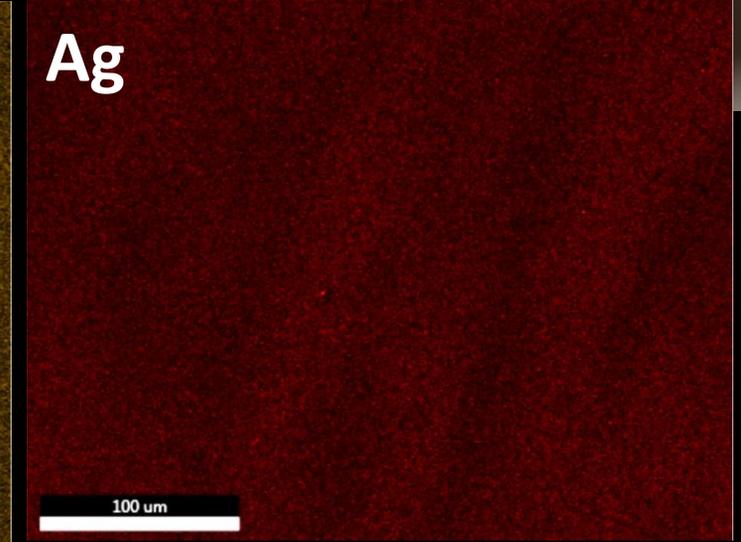
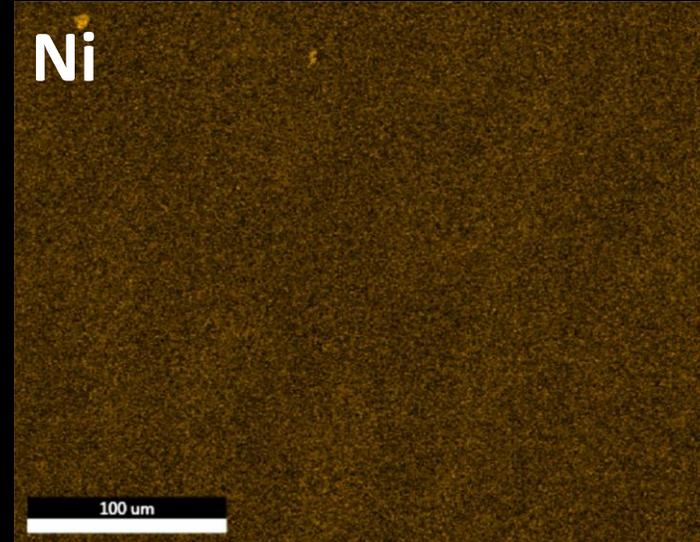
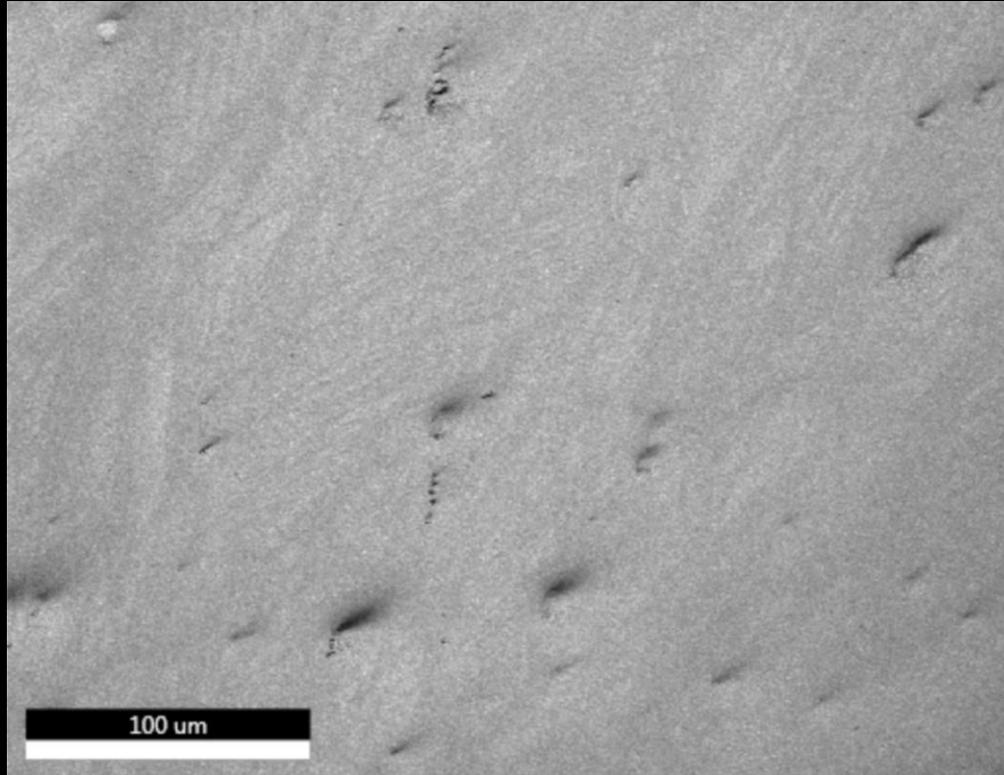
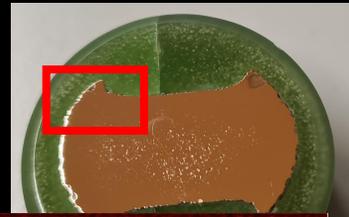


	HV	curr	det	mode	WD	mag	HFW	tilt
	20.00 kV	3.2 nA	ABS	All	6.7 mm	200 x	1.04 mm	0.0 °

400 µm
OvGU Magdeburg

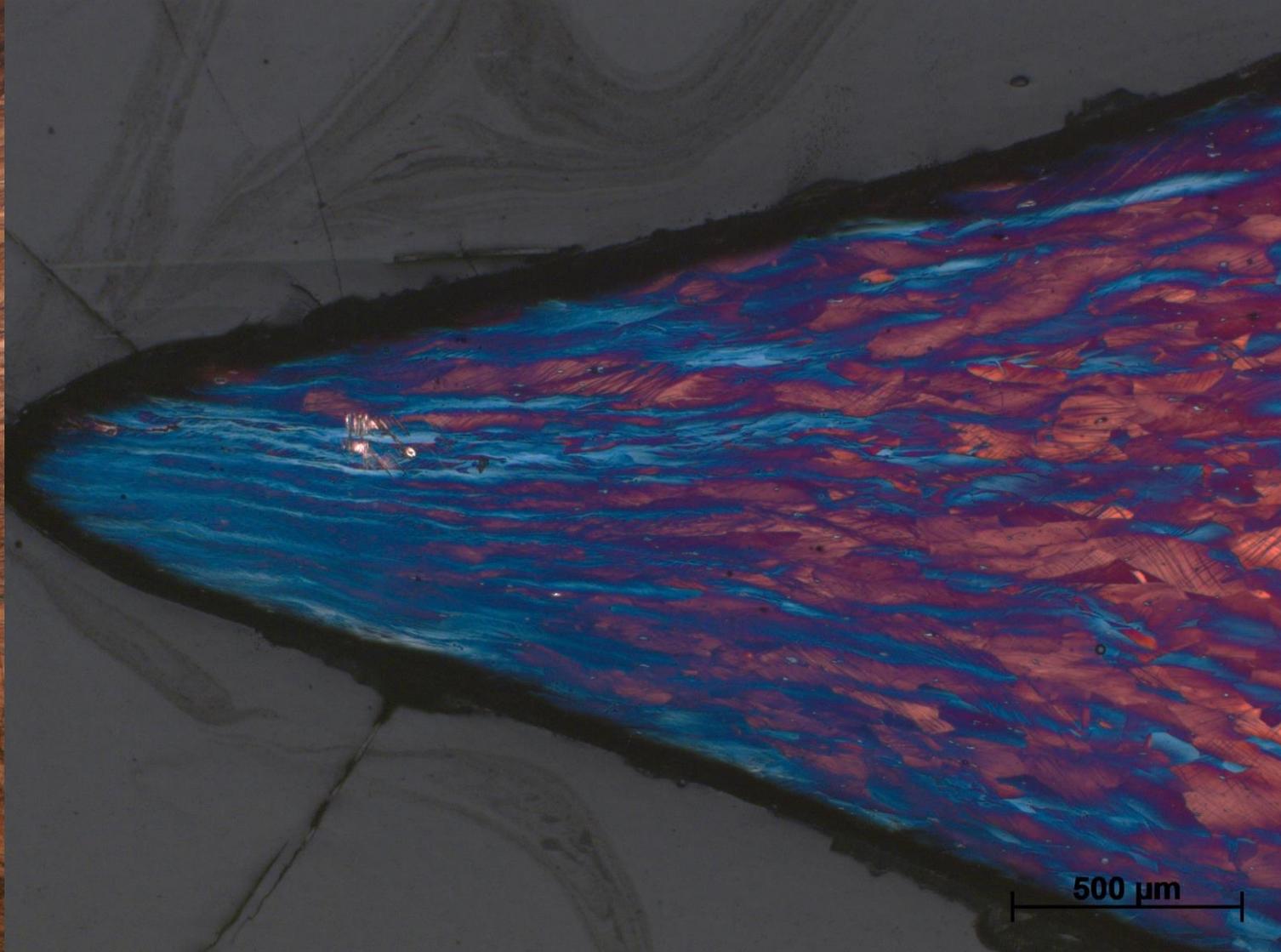
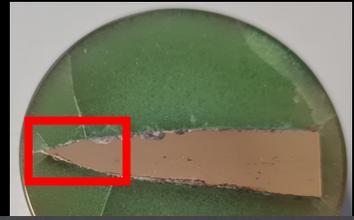
Röntgenspektroskopie

- P4 (Randleiste-Spitze) – EDX-Mapping



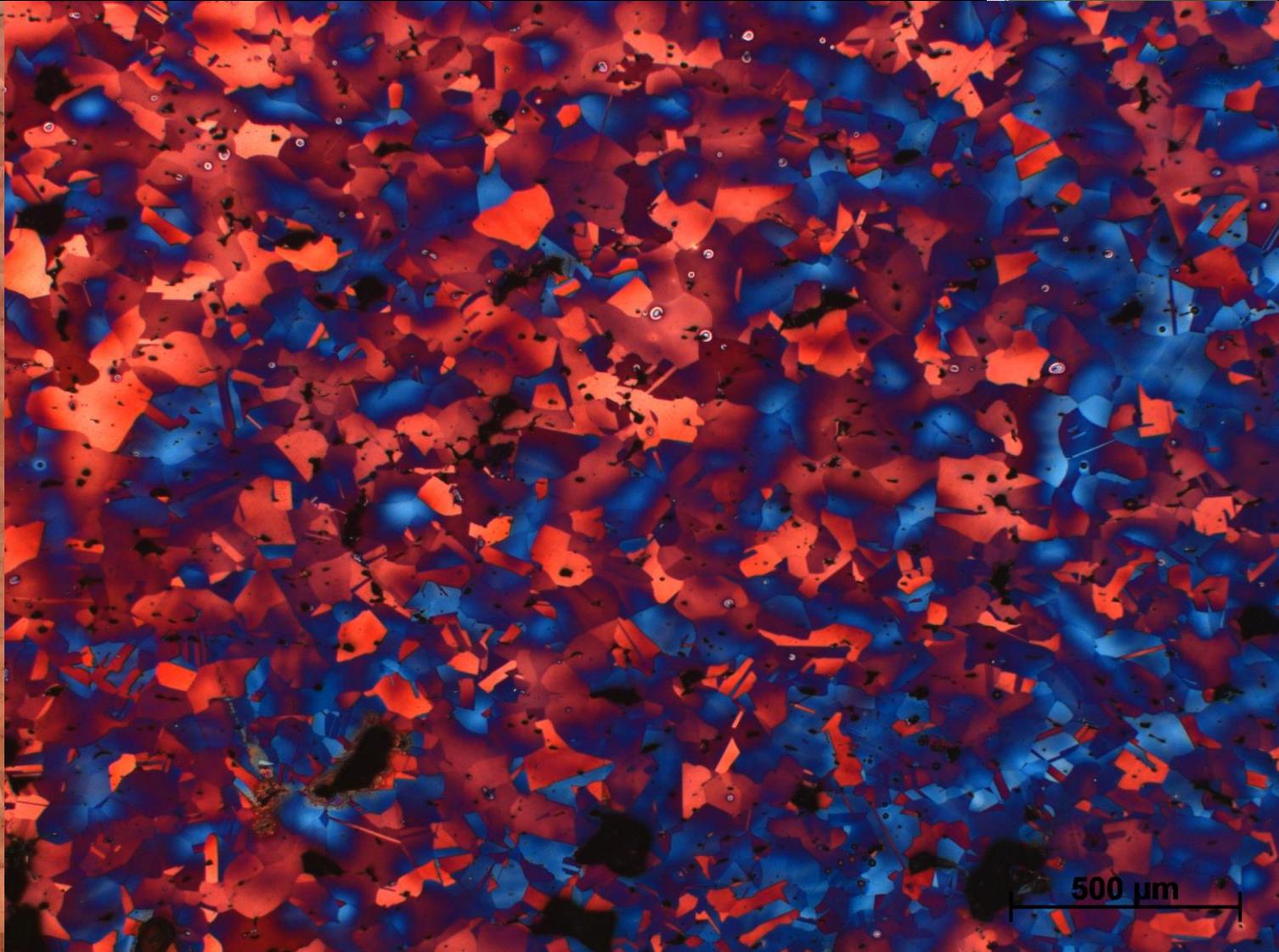
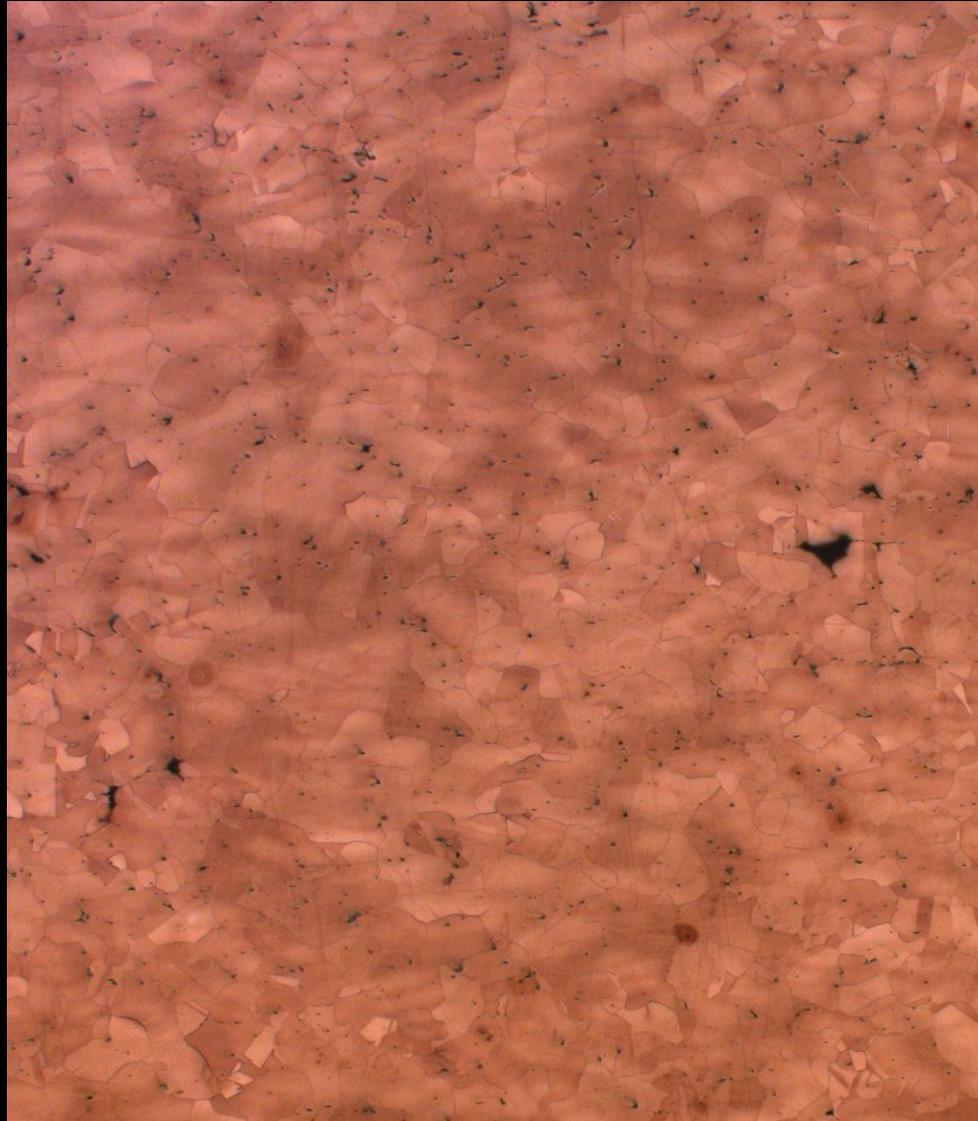
Lichtmikroskopie

- P4 (Klingenspitze) – rekristallisiert, sehr stark deformiert



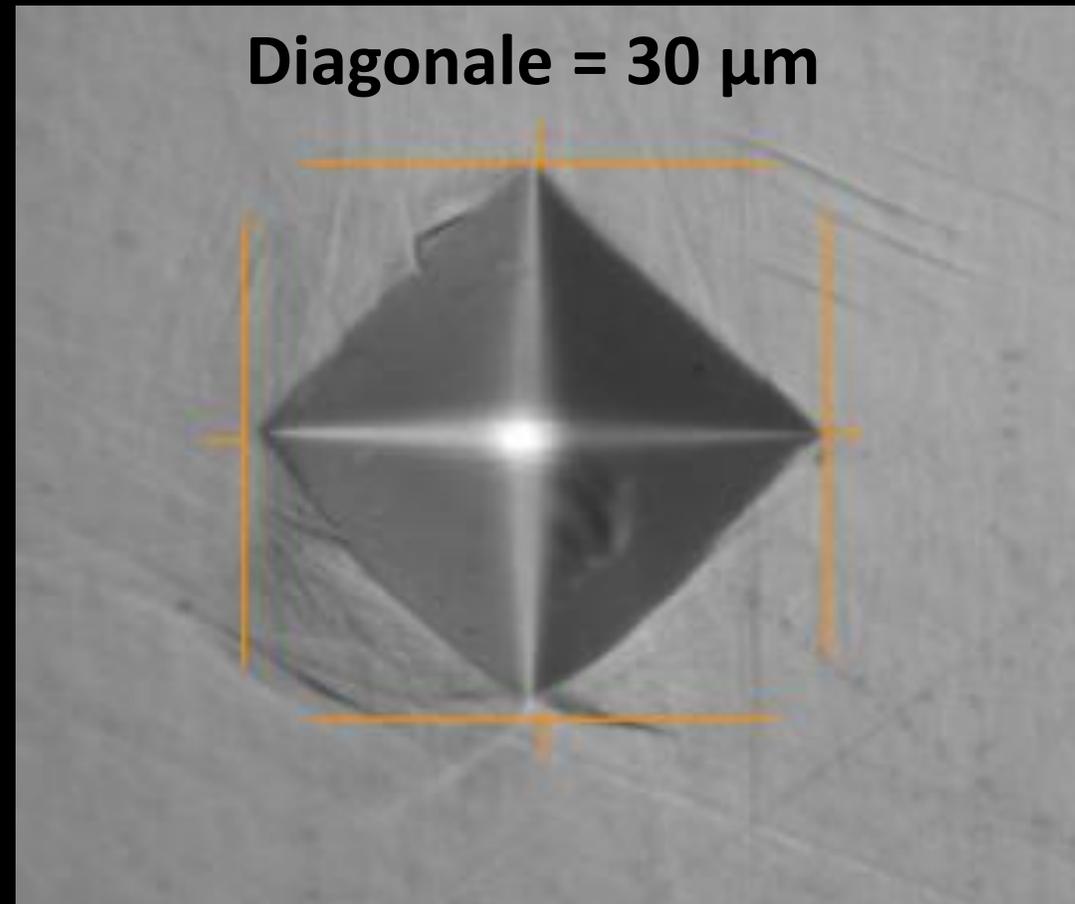
Lichtmikroskopie

- P4 (Mitte) – rekristallisiert



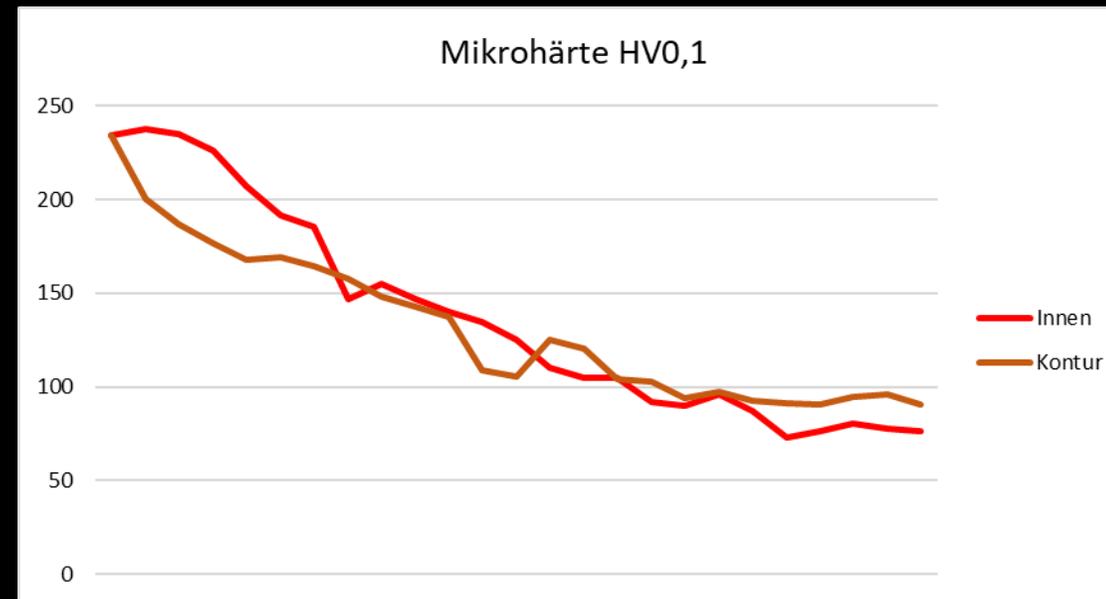
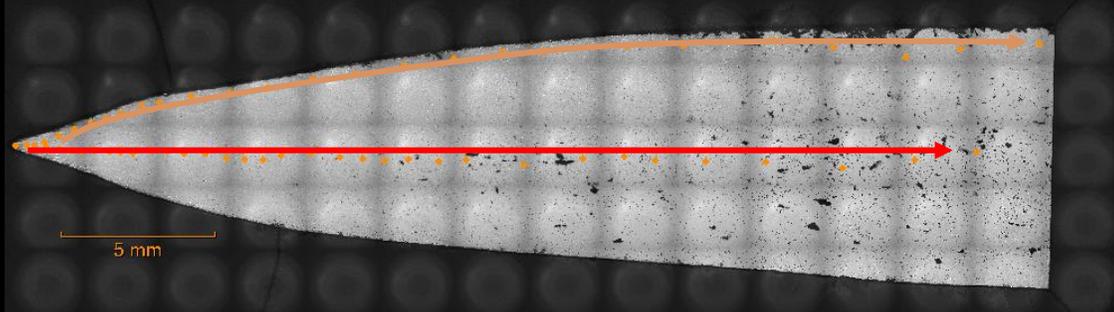
Härte

- Mikrohärtie → Ermittlung lokaler Festigkeitseigenschaften



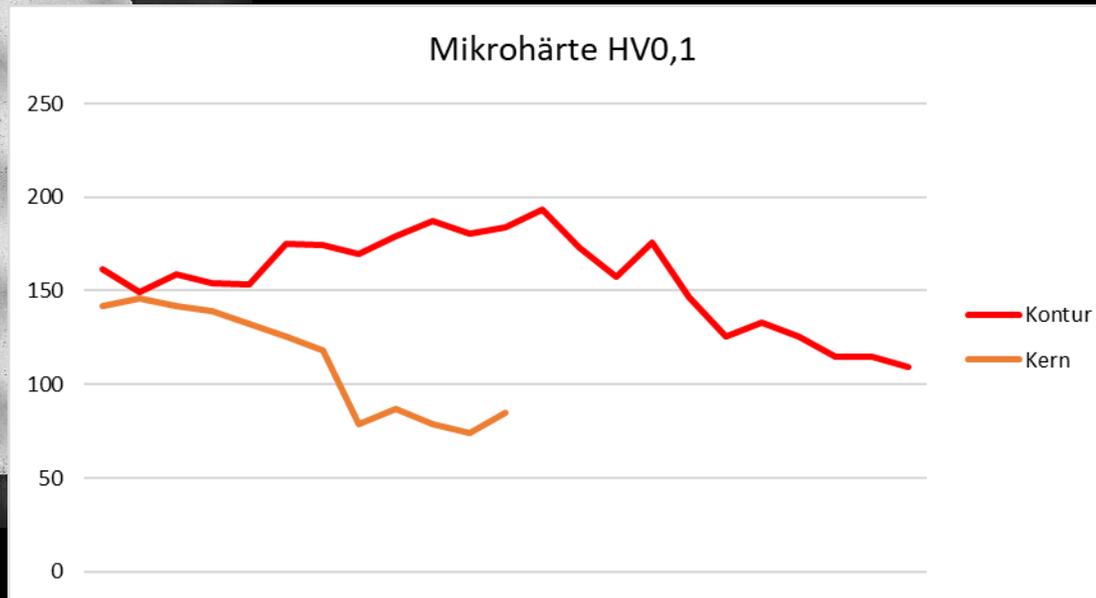
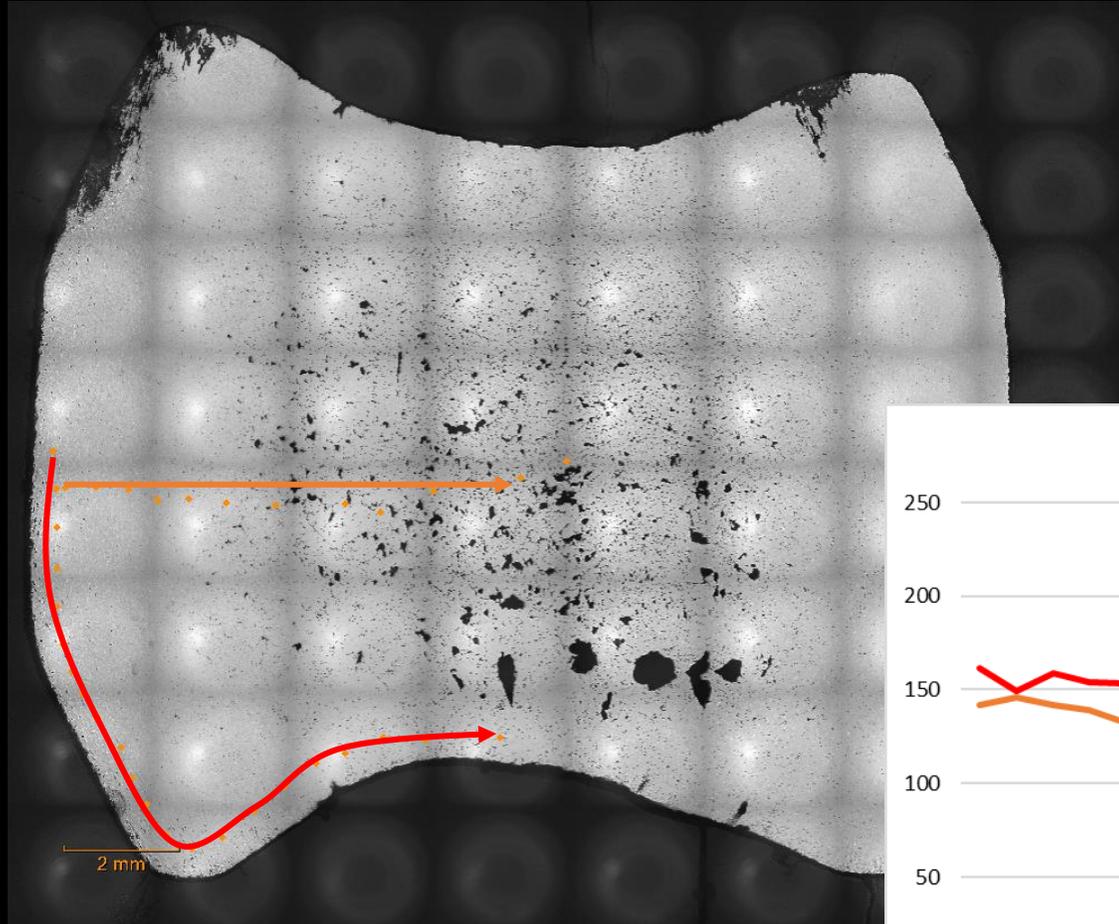
Härte

- Mikrohärtigkeit → Ermittlung lokaler Festigkeitseigenschaften



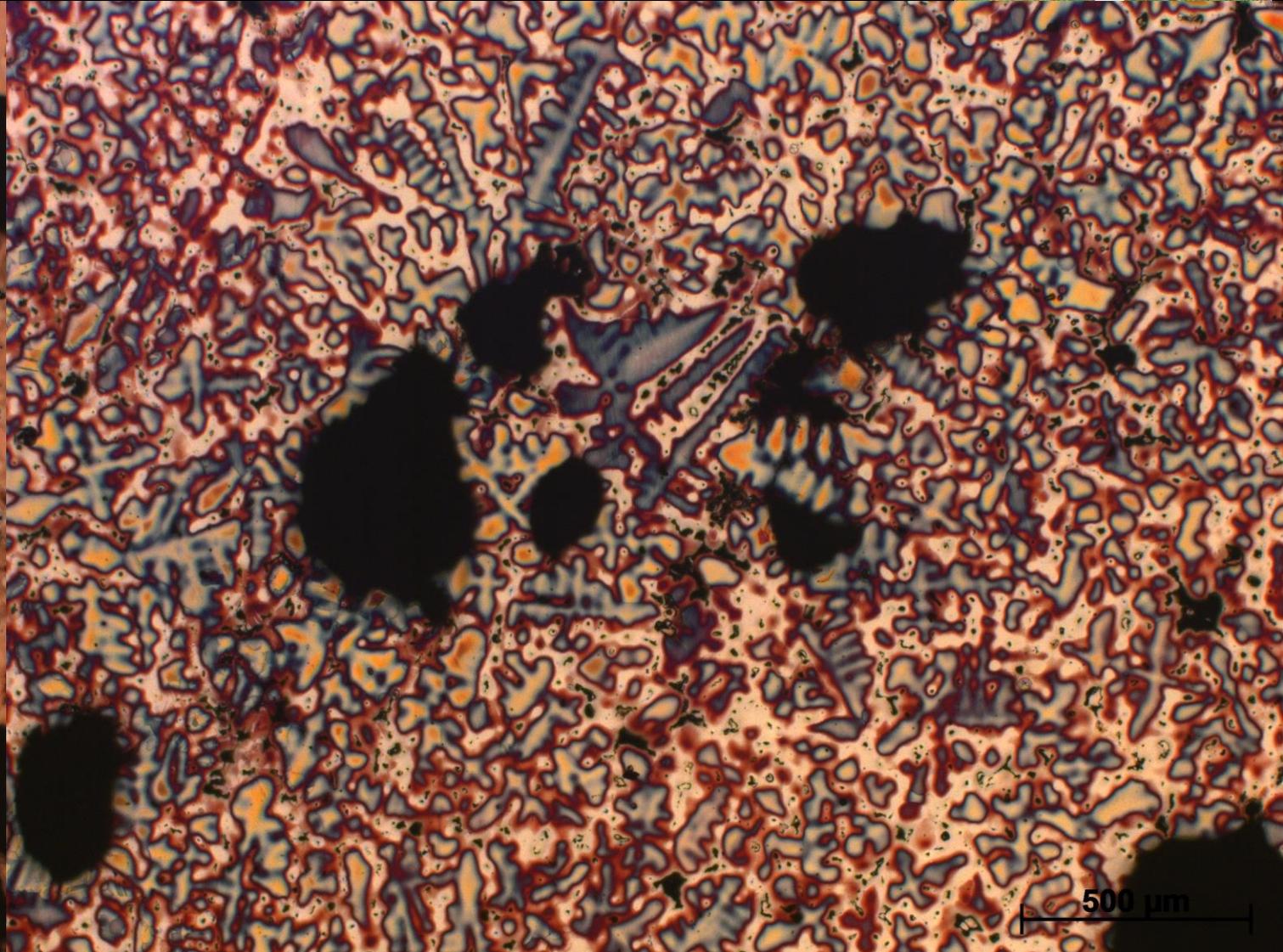
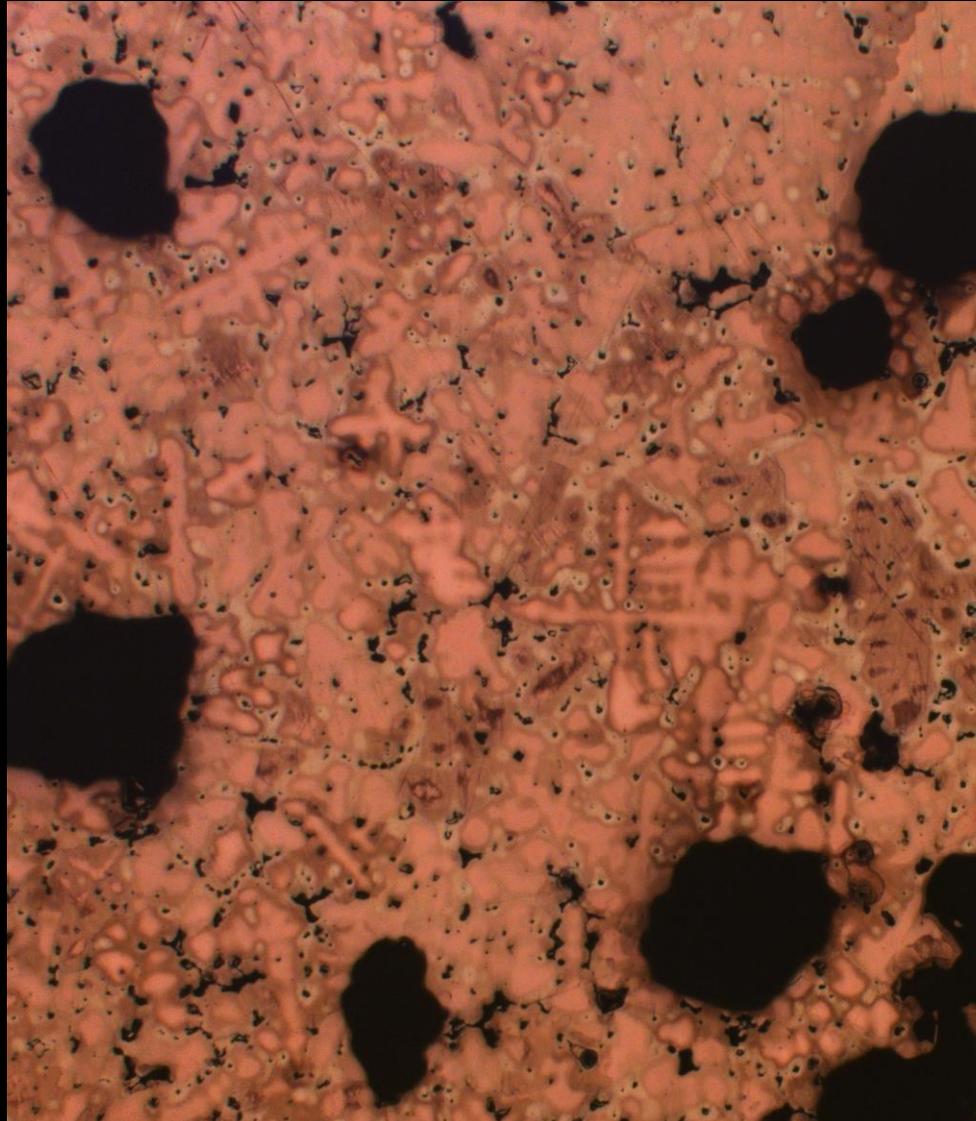
Härte

- Mikrohärtigkeit → Ermittlung lokaler Festigkeitseigenschaften



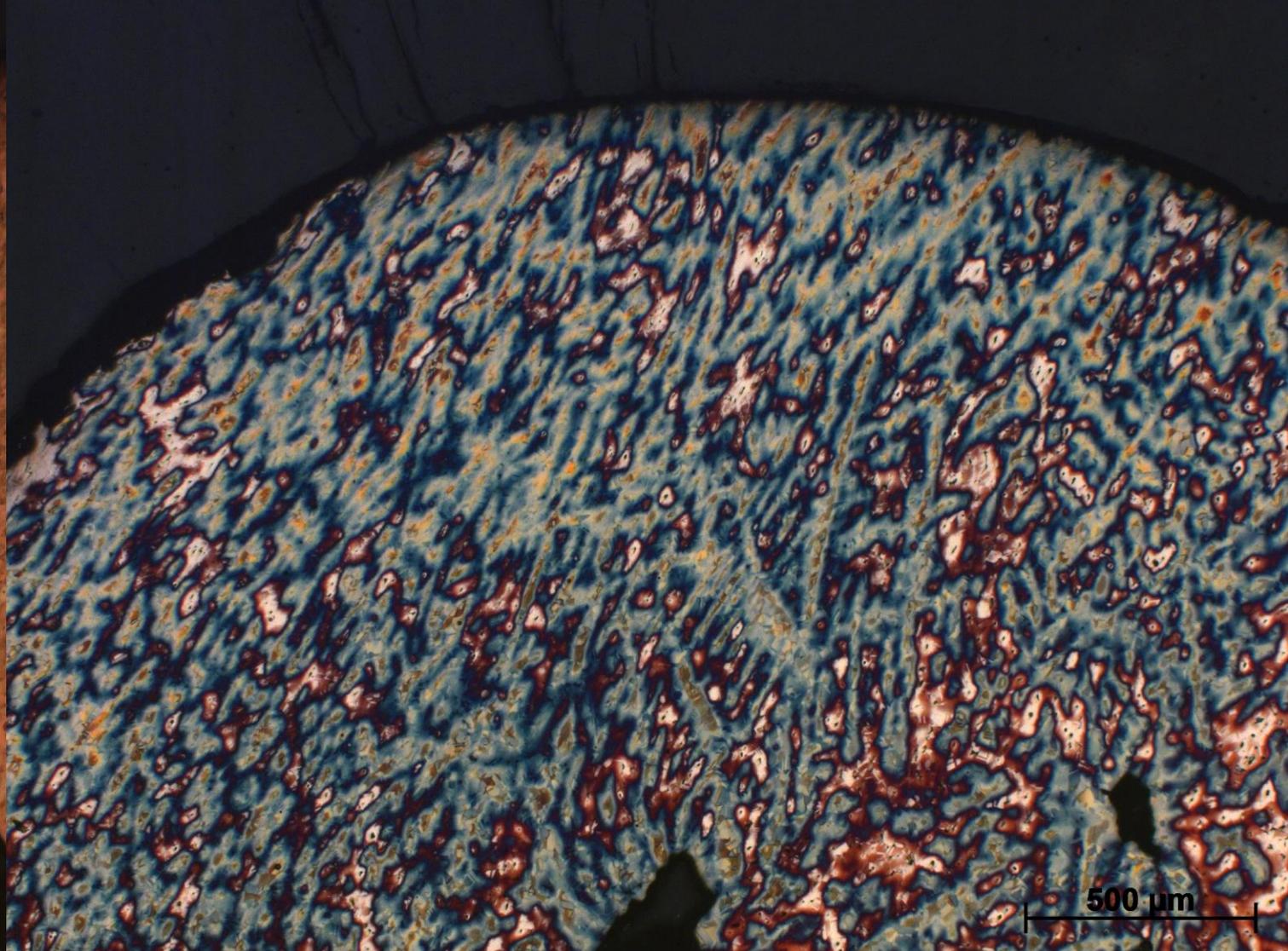
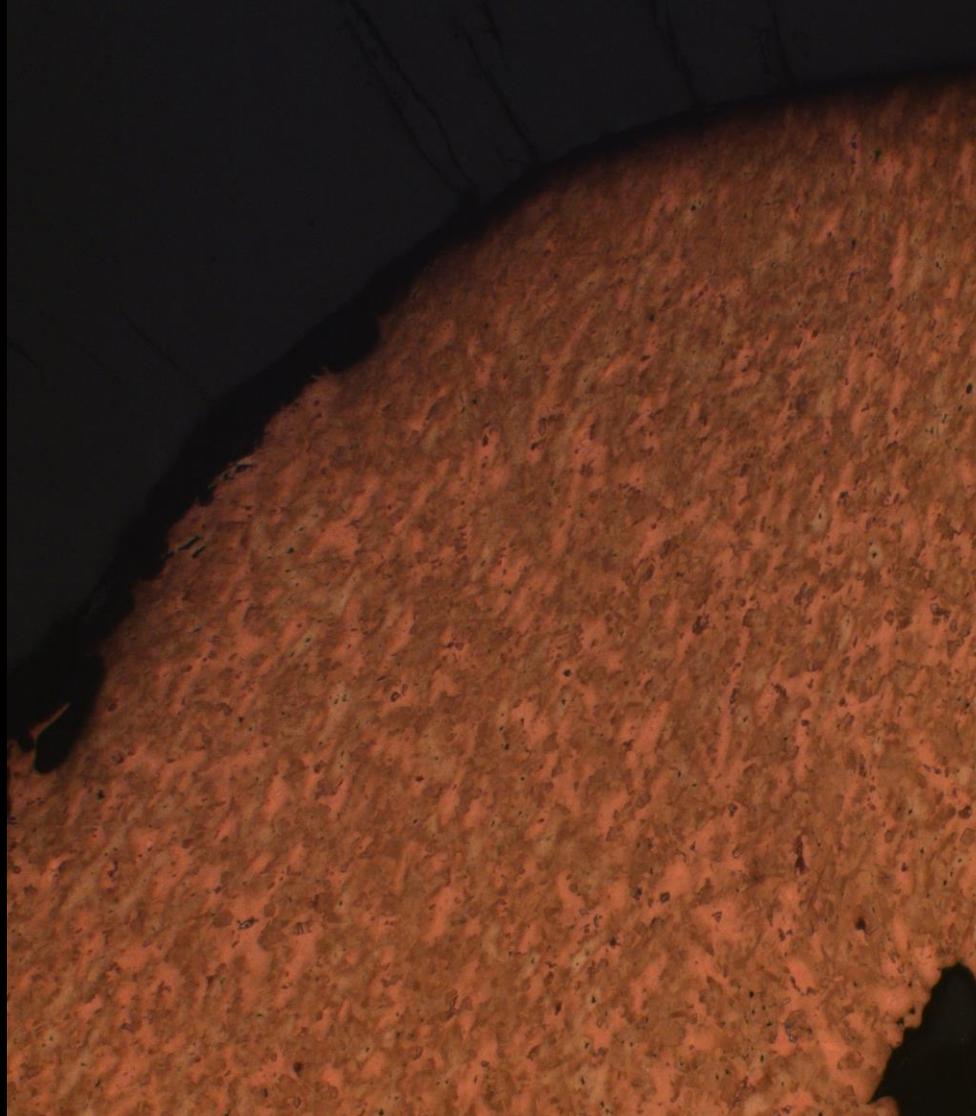
Lichtmikroskopie

- P9 (Zentrum) – unveränderte Gussstruktur

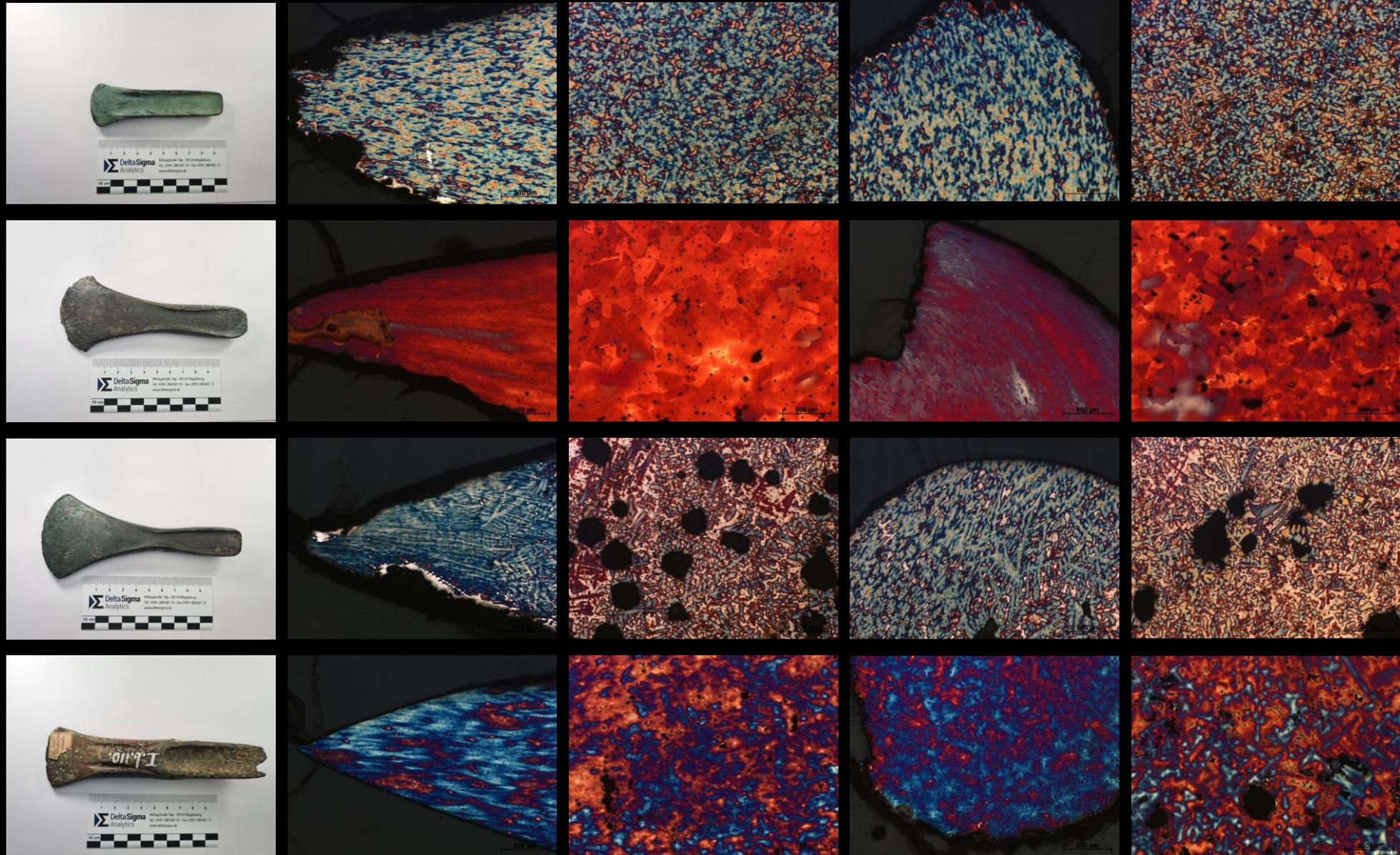


Lichtmikroskopie

- P9 (Randleiste) – teilrekristallisierte leicht umorientierte Gusstruktur

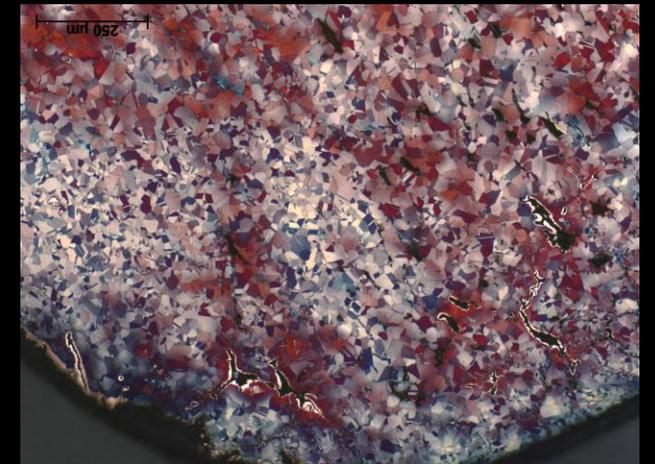
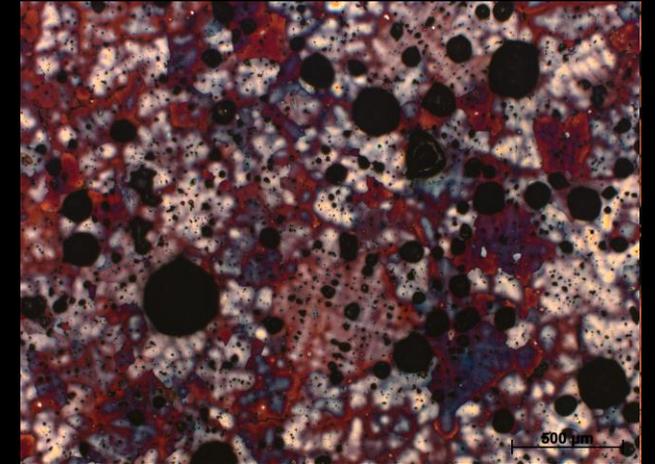


Gegenüberstellung



Zusammenfassung

- Untersuchungsobjekte: Randleistenbeile der frühen und mittleren Bronzezeit
- Untersuchungen: Metallographie
 - minimalinvasiv zerstörend aber rekonstruierbar
- Ergebnisse:
 - Herstellung: Guss → Schneide / Randleisten geschmiedet (entgegen der aktuellen Lehrmeinung)
 - mehrstufige thermomechanische Behandlung
 - signifikant unterschiedliche Qualität / Eigenschaften



Danksagung

 LANDESAMT FÜR DENKMALPFLEGE UND ARCHÄOLOGIE SACHSEN-ANHALT
**LANDESMUSEUM FÜR VORGESCHICHTE
HALLE (SAALE)**

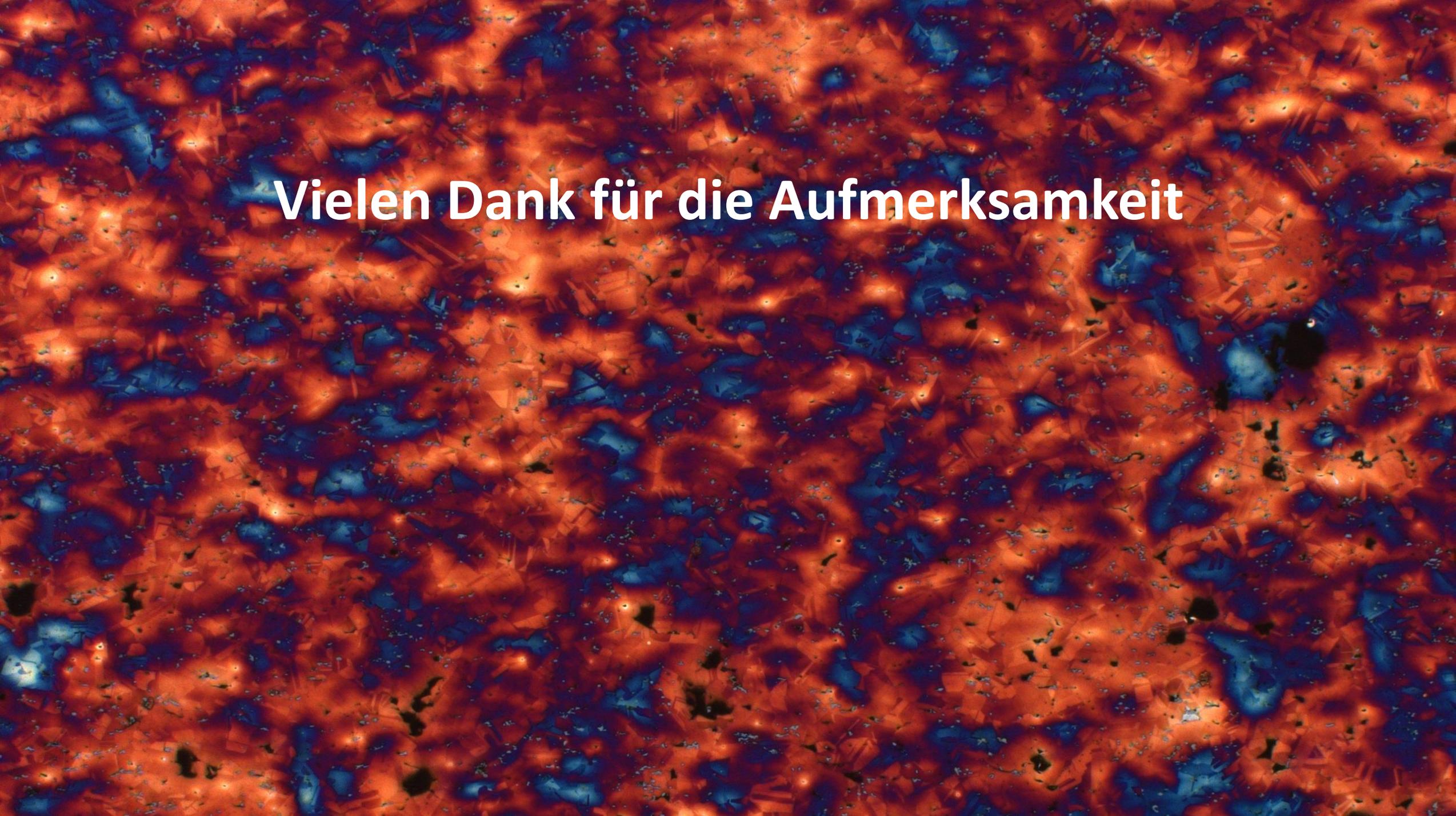
C.-H. Wunderlich, J.-H. Bunnefeld, H. Meller



M. Wilke, T. Halle

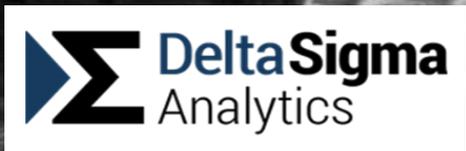


S. Dieck



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

**Ihr Partner für
Werkstofftechnik**



Ansprechpartner:

Oliver Michael

Tel.: 0391-288 601 70

Mail: oliver.michael@deltasigma.de

DeltaSigma Analytics GmbH

Mittagstraße 16 p

39124 Magdeburg

Tel.: 0391-288 601 71

Fax: 0391-288 601 72

Internet: www.deltasigma.de