

Elektronenstrahlschweißen am IWS – ein Überblick aktueller Projekte

Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik

19.05.2015

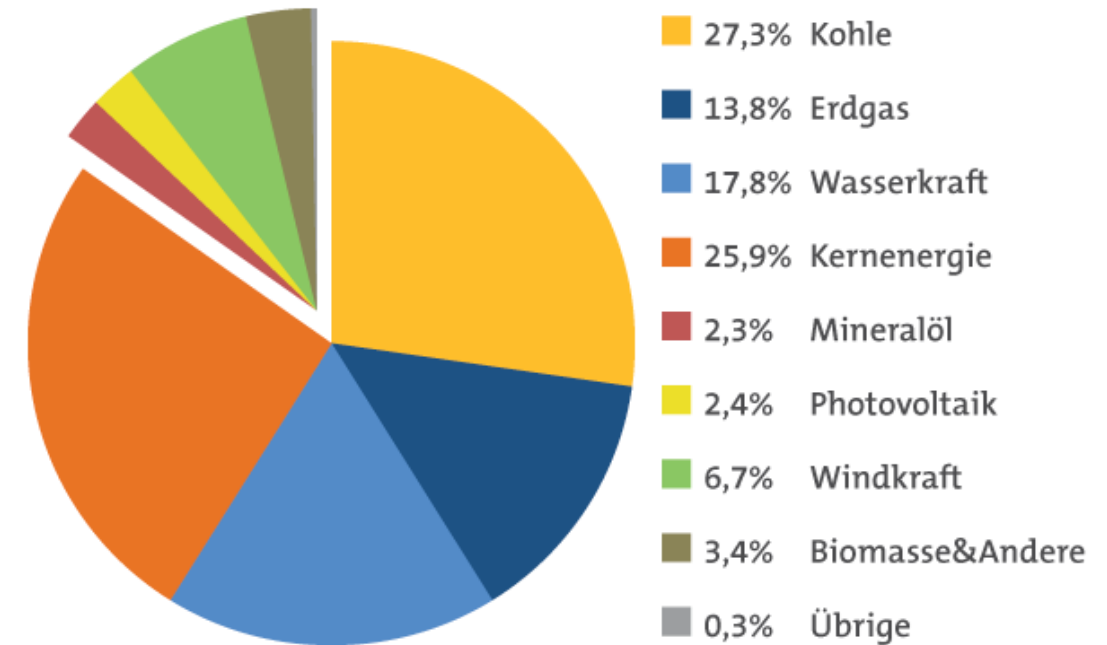
C. Wiednig, N. Enzinger, M. Stütz

EB Projekte am IWS

- Schweißen von **hochtemperaturfesten** Werkstoffe
 - Nickelbasis Legierungen
 - 9-12%ige Chromstähle
 - Oxid-Dispersions-gehärteter Stahl (ODS)
 - Titan Zirkon Molybdän Legierungen (TZM)
- **Oberflächenmodifikation**
 - Aluminiumlegierungen
 - Titanlegierungen für Implantate
- **Legierungsentwicklung** mittels EB
- Schweißen von **Kupfer**

Motivation

- Weltweit steigender Energiekonsum
 - **70%** von Fossilen Kraftwerken abgedeckt
- Steigerung des Wirkungsgrades
 - Erhöhung der Dampfparameter (700°C, 30MPa)
 - Hochwarmfeste Werkstoffe
 - Schwer schweißbar



Strommix 2013, 3312TWh

Bild: www.repower.com

Schweißen von artfremden NiBas-Legierungen

(DA: C. Großegger, voestalpine)

- **A625** (Guss) zu **A718** (Schmiedewerkst.)
- Vergleich EBW und MIG
 - Schweißprozess
 - Mikrostruktur
 - Mechanische Eigenschaften
- WPS erstellung
 - EBW (ISO 15614-11) **PASS**
 - MIG (ISO 15614-1) **FAIL**

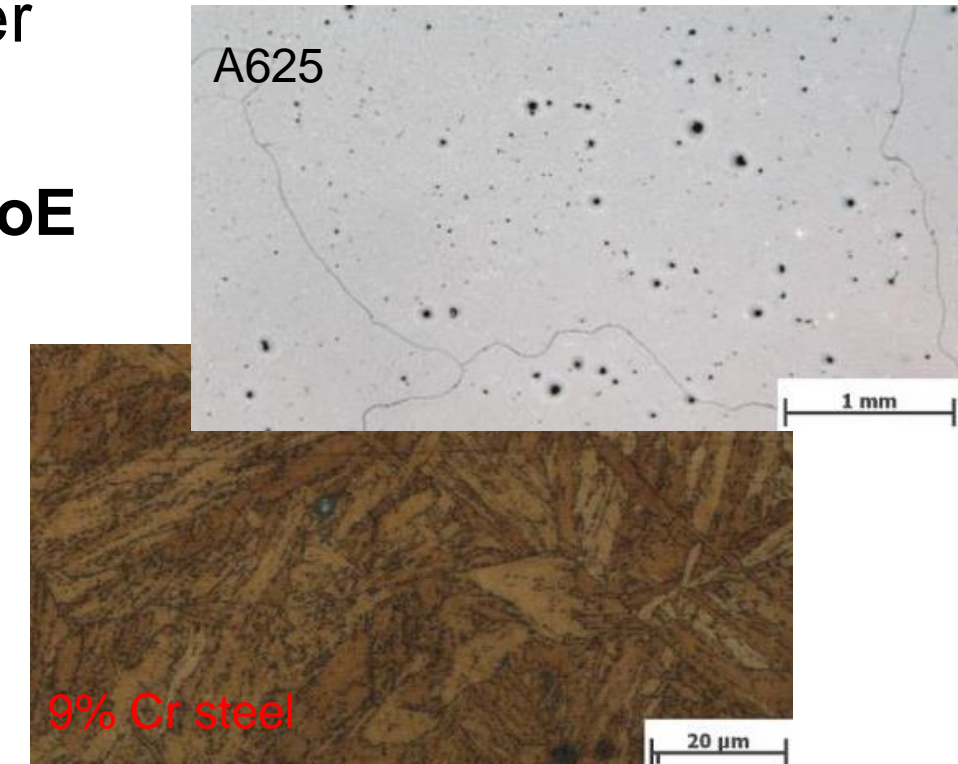


EB vs. MIG Schweißung

EB Schweißen von A625 zu 9% Cr-Stahl

(DA: C. Wiednig, voestalpine)

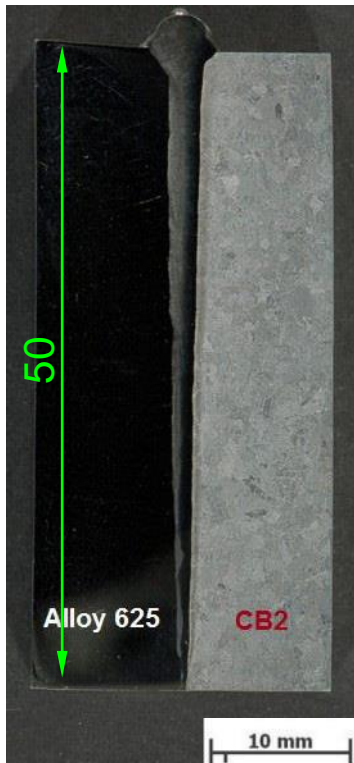
- Unterschiede in Verarbeitung / Parameter
- EB Parameterstudien
 - Einflussanalyse Schweißparameter mit **DoE**
 - Ableiten von „**Mischparametern**“
- Untersuchen der Verbindung
 - Mikrostruktur
 - Mechanische Eigenschaften
 - Unbehandelt vs. Wärmenachbehandelt
- WPS (ISO 15614-11) **PASS**
 - mit und ohne Wärmenachbeh.



Mikrostrukturen

Schweißen von A625 zu 9% Cr-Stahl – EB vs. E-Hand

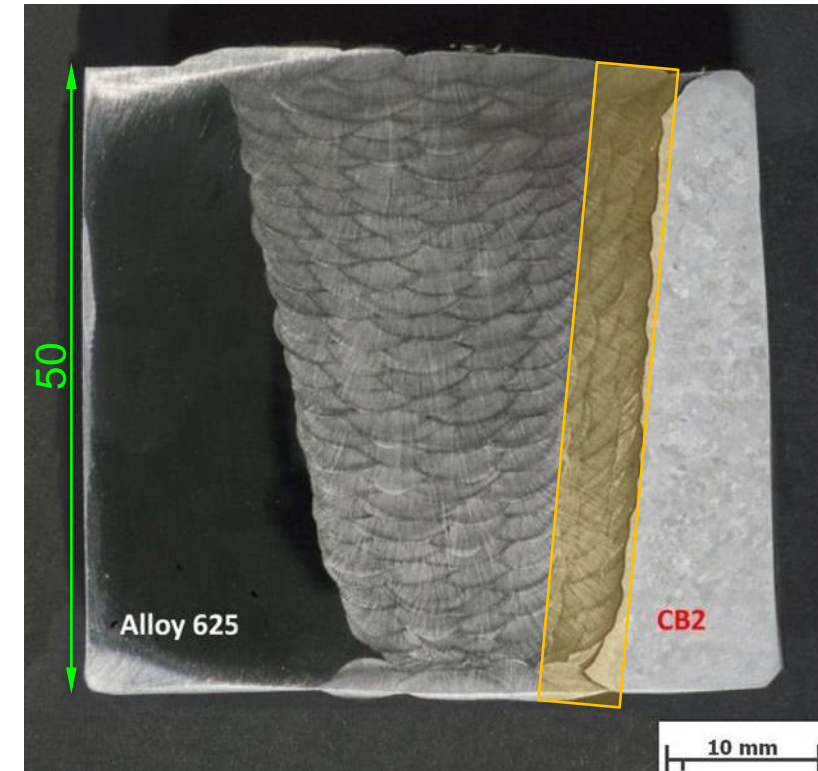
(DA: C. Wiednig, voestalpine & DA: B. Berger, voestalpine)



EB Schweißung

EBW		E Hand
I	Vorbereitung	U
-	Pufferlagen	vorwärmen + gesteuert abkühlen
NEIN	Wärmbeh.	JA
0 kg	Füllmaterial	4 kg
1	Lagen	~ 25
30s	Schweißzeit	8h

WPS Probestück,
50mm Blechdicke, 350mm lang

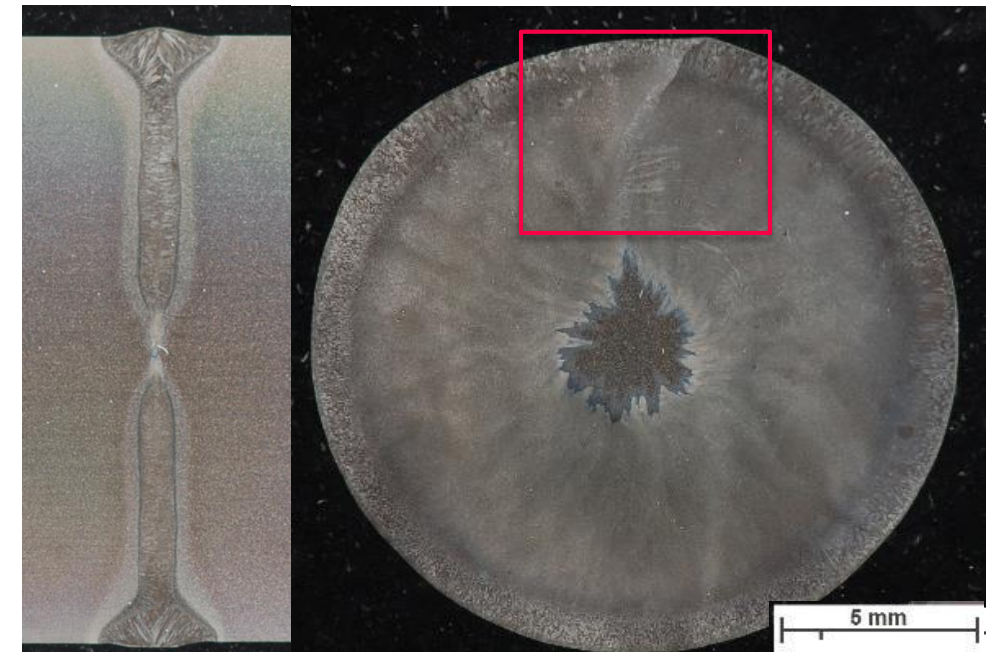


Schweißung mit Stabelektrode

Radialschweißung von A718 für Turbinenbauteile

(Forschungskoop: TU Graz & Tsinghua University China; C. Wiednig, N. Enzinger)

- Parameterstudie EB
 - Slope IN/OUT Strategien
 - Überschweißungsgrad
 - Bindefehler vermeiden
 - Mikrostruktur (angelassen)
- Zweiachsiger Dauerfestigkeitstest
 - Zugbeanspruchung
 - Torsionsbeanspruchung



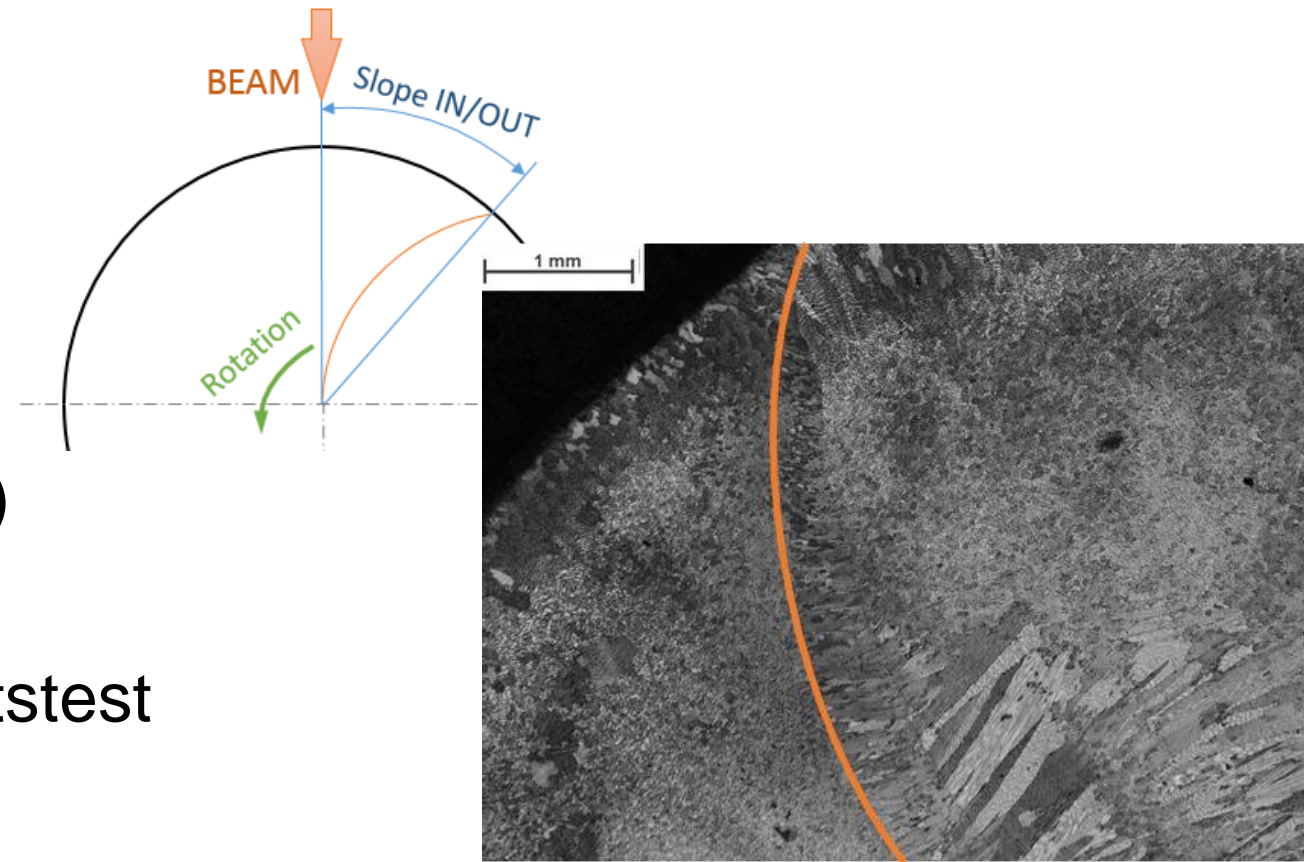
Radialschweißung

Radialschweißung von A718 für Turbinenbauteile

(Forschungskoop: TU Graz & Tsinghua University China; C. Wiednig, N. Enzinger)

- Parameterstudie EB
 - Slope IN/OUT Strategien
 - Überschweißungsgrad
 - Bindefehler vermeiden
 - Mikrostruktur (angelassen)

- Zweiachsiger Dauerfestigkeitstest
 - Zugbeanspruchung
 - Torsionsbeanspruchung



Slope IN / OUT

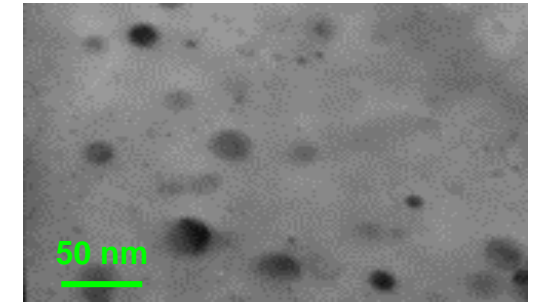
Oxid-Dispersions-gehärteter Stahl (ODS)

(Forschungskoop: TU Graz & INSA Lyon FRA; C. Beal, C. Wiednig, D. Fabregue)

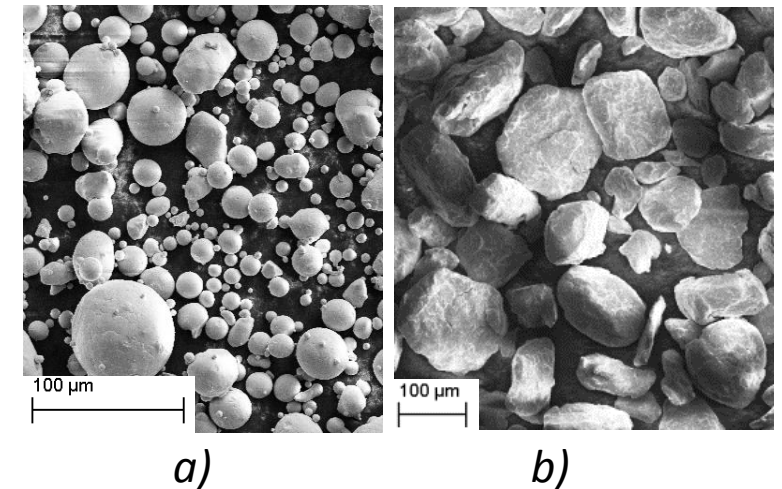
- Anwendung
 - Nukleare Anw: Kriech- & Strahlungsbeständigkeit
 - Cr-Stahl verfestigt mit **Nano-Oxidpartikeln** (Y_2O_3)

- Problemstellung
 - Pulvermetallurgischer Herstellungsprozess
 - Schweißen ändert die Mikrostruktur
→ Auflösung bzw. **Agglomeration** d. Partikel

 - Eigenschaften Schweißung/



ODS; TEM Aufnahme



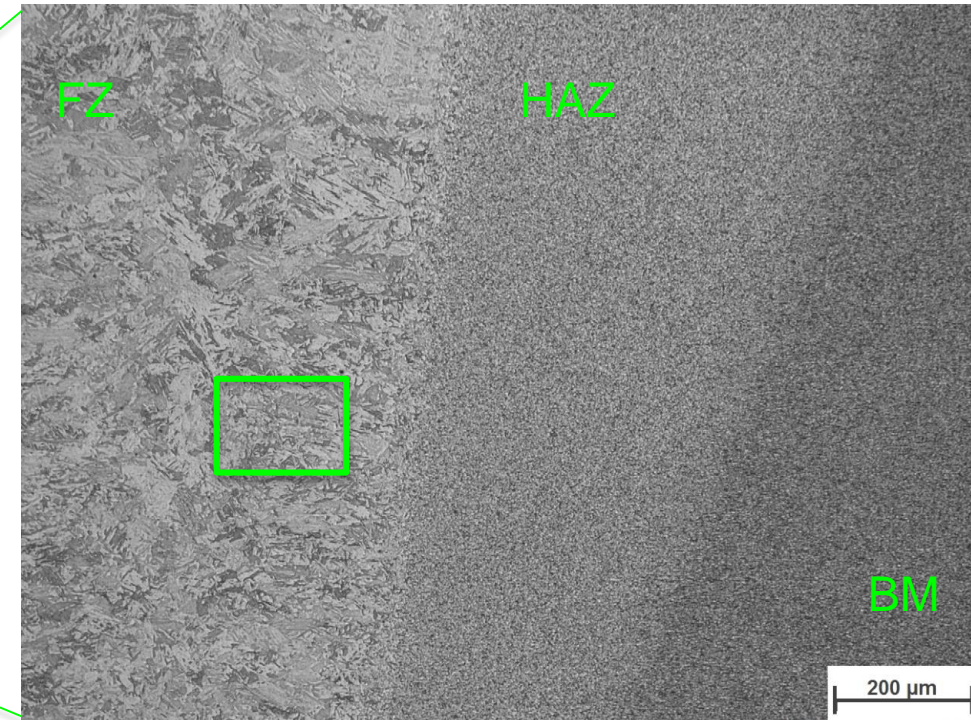
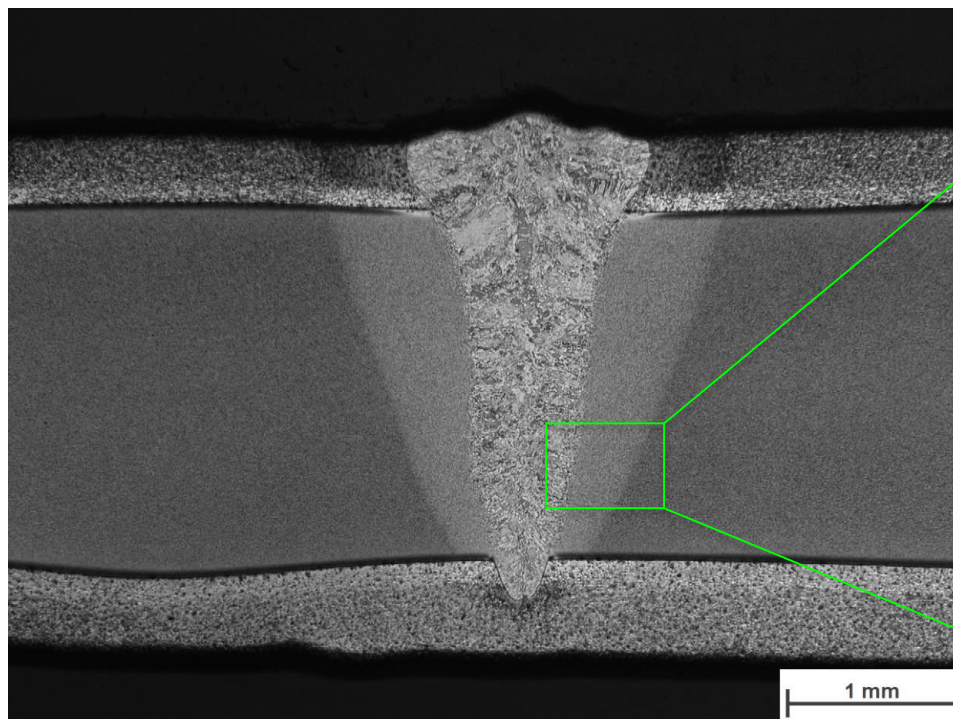
Mikrolegiertes Pulver; REM – a) Fe-14Cr b) Y_2O_3

Bild: INSA Lyon, MATEIS

Oxid-Dispersions-gehärteter Stahl (ODS)

(Forschungskoop: TU Graz & INSA Lyon FRA; C. Beal, C. Wiednig, D. Fabregue)

EB Schweißung ODS Material (eingebettet in unleg. Stahl)

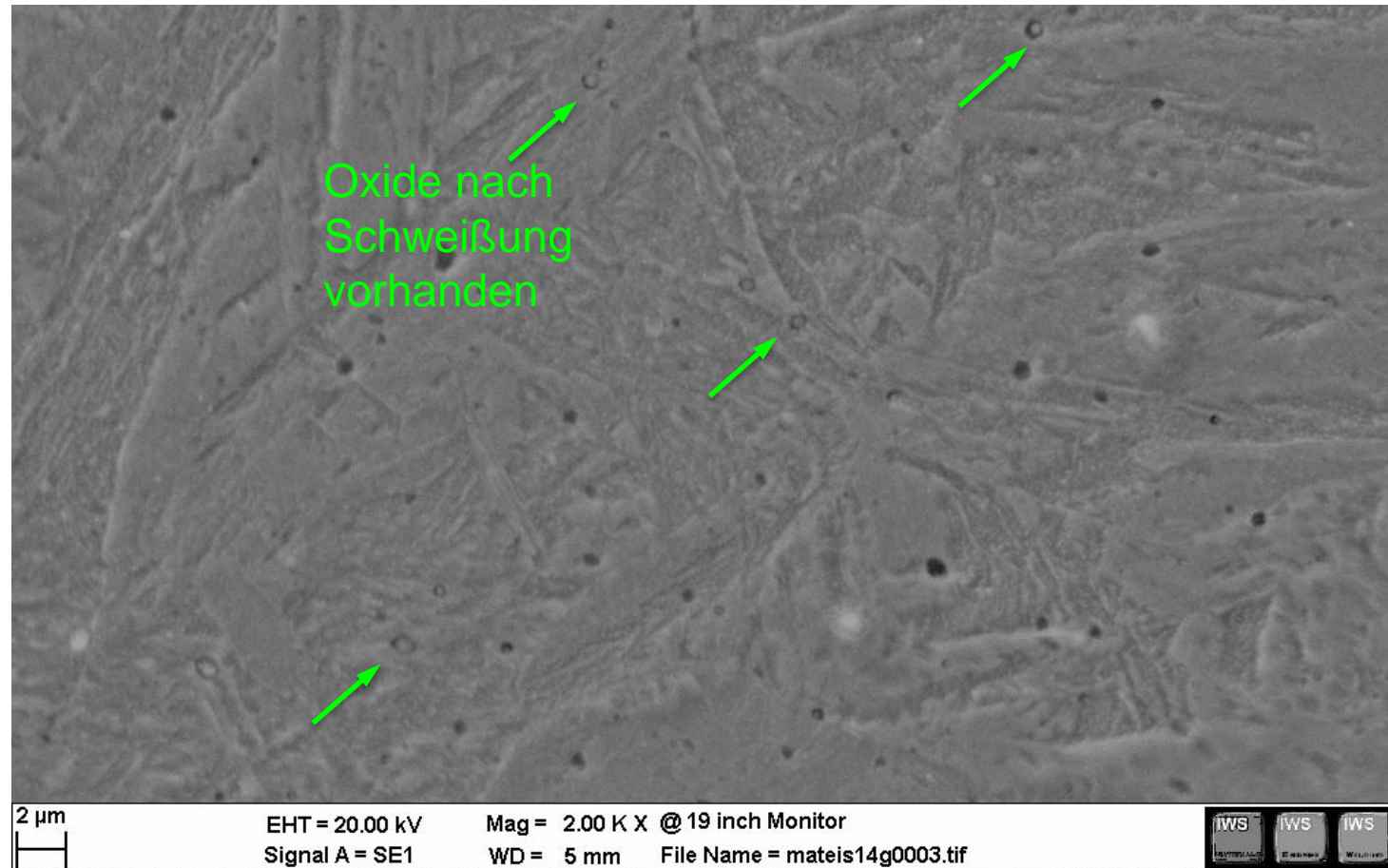


EB Schweißung ODS Material (Verbundmat. mit unleg. Stahl)

Detail

Oxid-Dispersions-gehärteter Stahl (ODS)

(Forschungskoop: TU Graz & INSA Lyon FRA; C. Beal, C. Wiednig, D. Fabregue)



Fügezone ODS Stahl; REM Aufnahme

Schweißen von Titan Zirkon Molybdän Legierungen

(DA: D. Oliveira, *Plansee*)

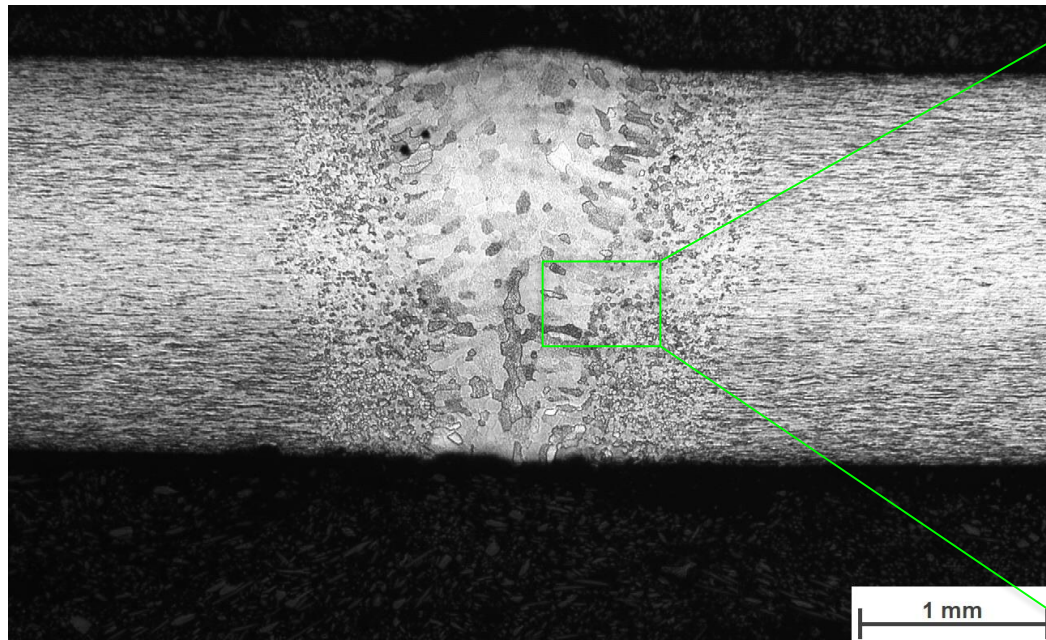
Autor: DI (FH) M. Rüttinger, *Plansee SE*

- Anwendung
 - Höchsttemperaturbeständig und Kriechfest
 - Isotherme Schmiedegesenke, Spritzgusswerkzeuge & Röntgentargets
- Problemstellung
 - Sehr schwierig zu Schweißen
 - Kornvergrößerung Korngrenzenausscheidung → Versprödung FZ
 - Rekristallisation setzt mechanischen Eigenschaften herab
- EB Schweißung
 - Geringer Energieeintrag

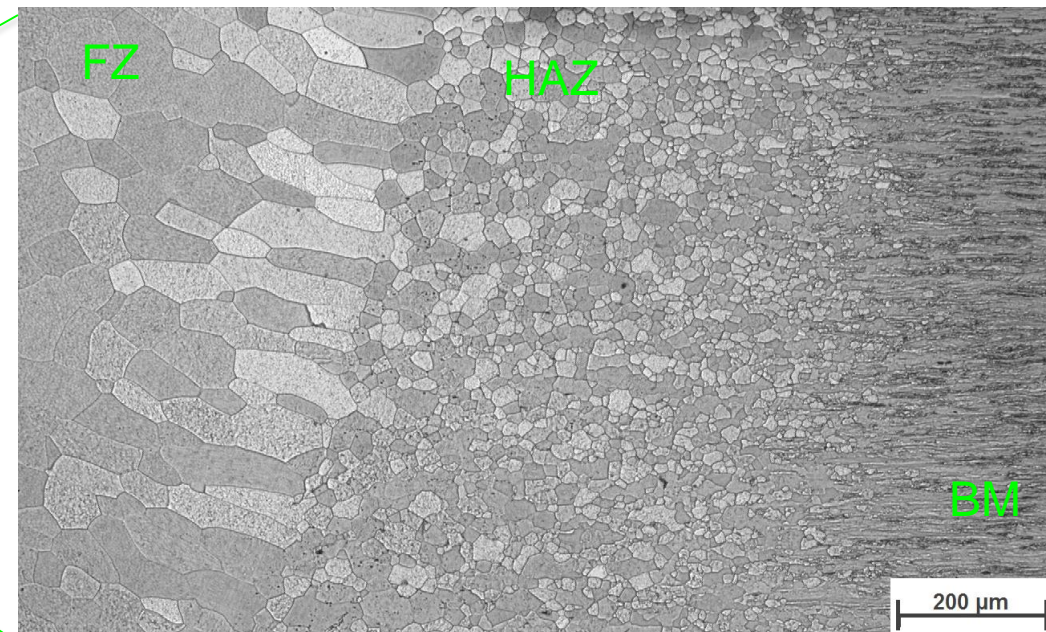
Schweißen von Titan Zirkon Molybdän Legierungen

(DA: D. Oliveira, *Plansee*)

Autor: DI (FH) M. Rüttinger, *Plansee SE*



EB Schweißnaht in TZM

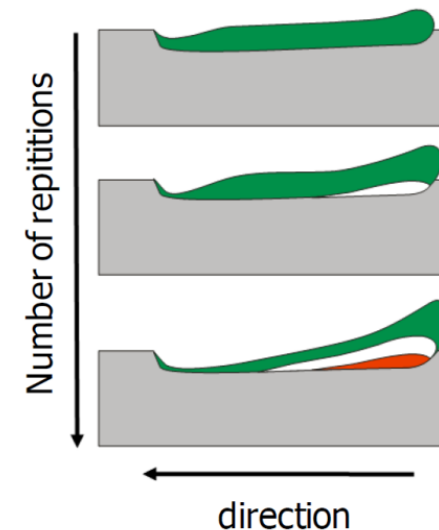


Kornvergrößerung im TZM

Oberflächenstrukturierung von Al Legierungen mit dem EB

(Forschungspr.: J. Tändl)

- Motivation
 - Formschlüssige Unterstüztzung bei Klebeverbindung → Pins
 - Komposite Materialien im Automobil- und Flugzeugbau
- Funktionsprinzip
 - EB Strahl verdrängt Material entgegen die Schweißrichtung
 - Erhöhung Nahtanfang
 - Vertiefung Nahtende



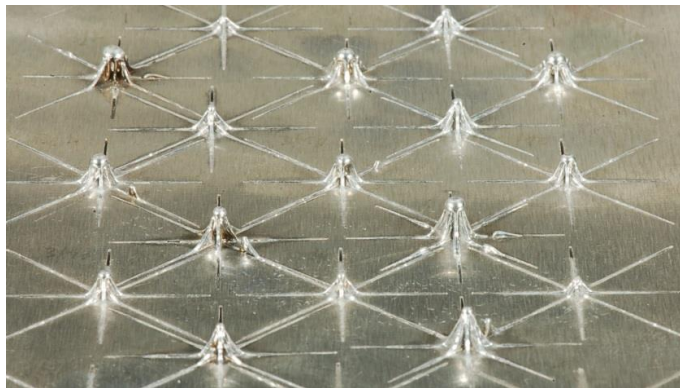
Prinzip Oberflächenmodifikation

*Bild: Reisgen, 2nd Internat EB Conf.,
Aachen 2012*

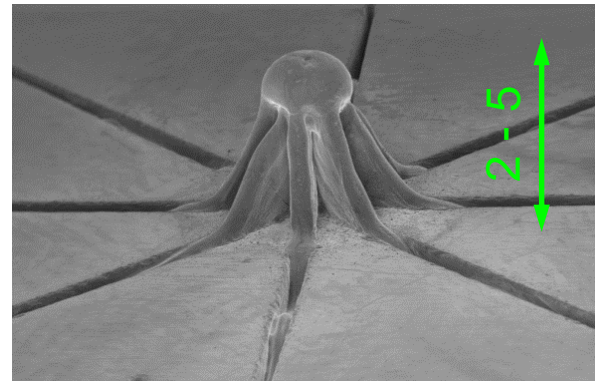
Oberflächenstrukturierung von Al Legierungen mit dem EB

(Forschungspr.: J. Tändl)

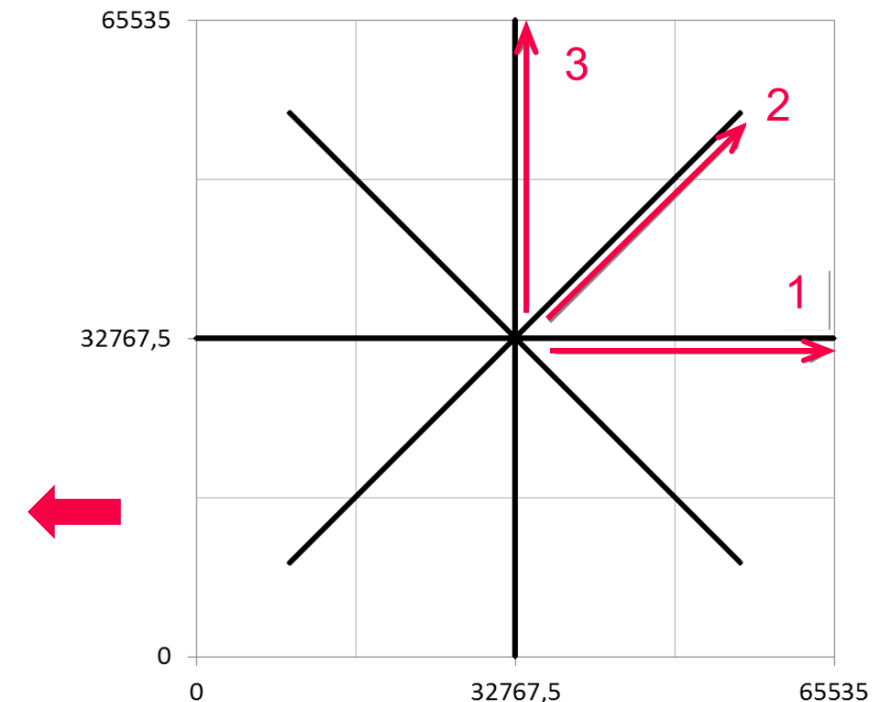
- Definition von Strahlfiguren
 - Punktmatrix
 - Punkte werden sequenziell abgefahren
 - Frequenz – Durchlauf Punkte



Muster



Pin

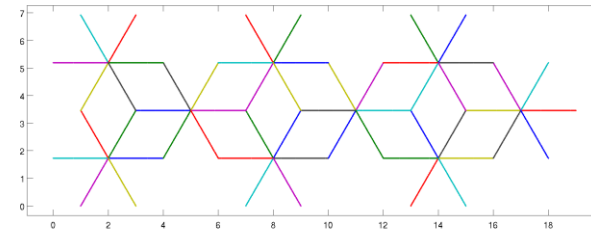


Punktmatrix

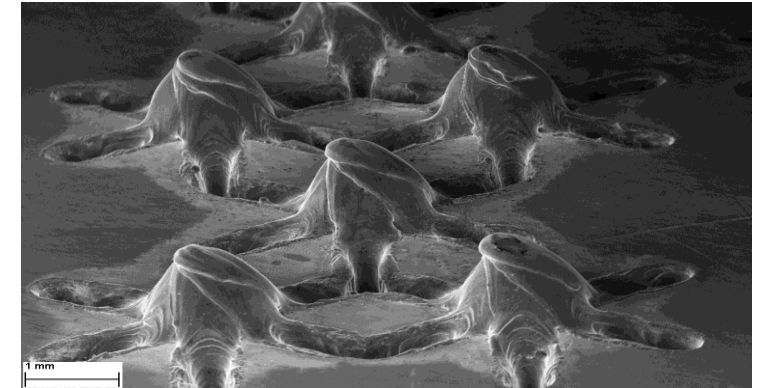
Oberflächenstrukturierung von Al Legierungen mit dem EB

(Forschungspr.: J. Tändl)

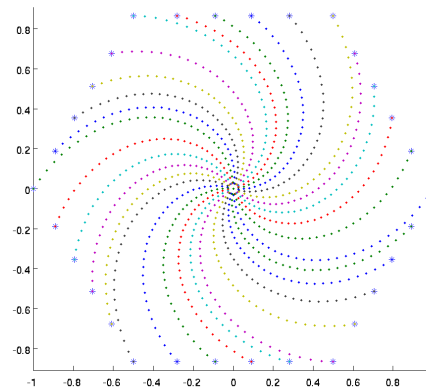
- Strahlfiguren
 - Frei definierbar
 - Skalierbar



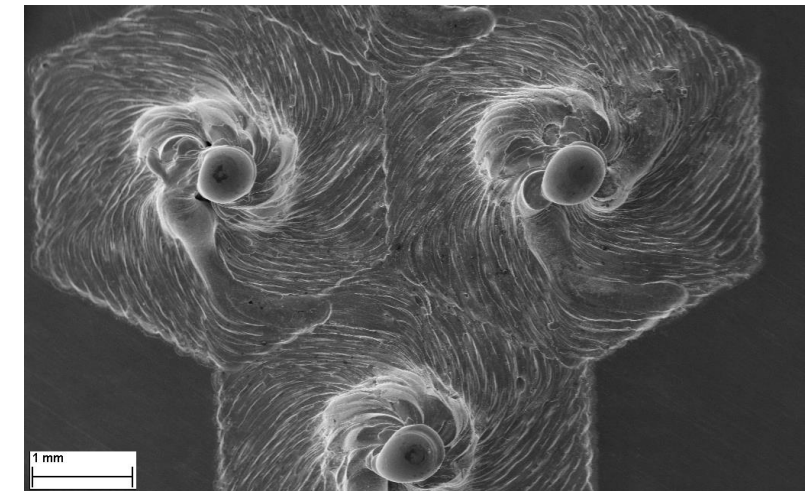
Pin - Sternmuster



Pin Array 4x4, 360 Arme



In-sich gedrehte Pins



Oberflächenmodifikation von Titanimplantaten

(Diss: C. Ramskogler, *Med Uni Graz*)

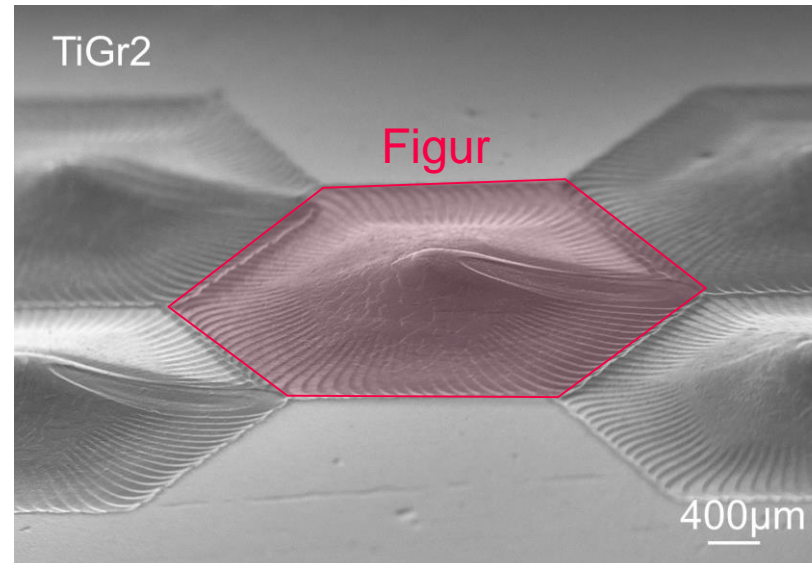
- Motivation
 - Lebenserwartung der Menschheit steigt an
 - Knochen werden in höherem Alter bruchanfällig
 - Mehr Implantierungen
- Verbesserung Implantate
 - Schnelleres einwachsen
 - Mechanische Eigenschaften ändern

→ EB Oberflächenstrukturierung

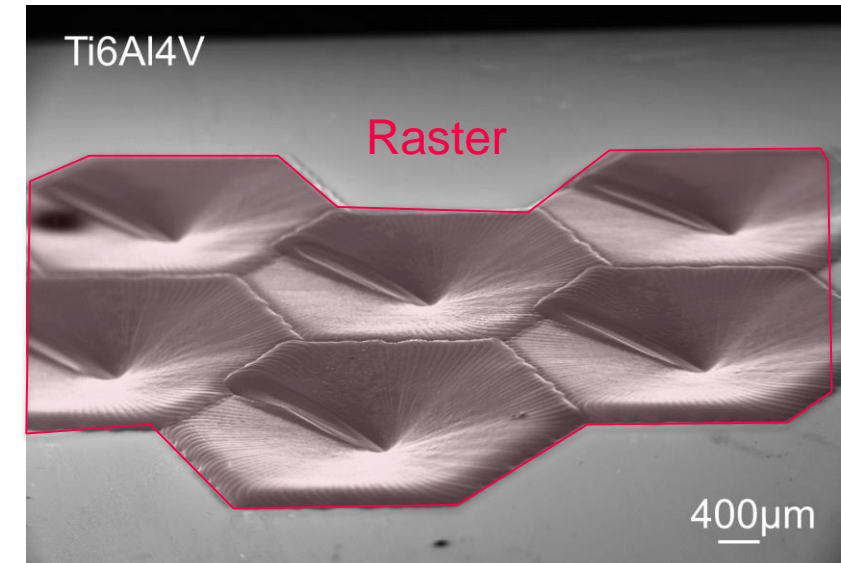
Oberflächenmodifikation von Titanimplantaten

(Diss: C. Ramskogler, *Med Uni Graz*)

- EB Oberflächenstrukturierung mit **Strahlfiguren**
- Figurparameter
 - Form
 - Punktanzahl
 - Reihenfolge
 - Frequenz
- Anordnung
 - Raster
- Strahlleistung



Raster von Extrusionsfiguren



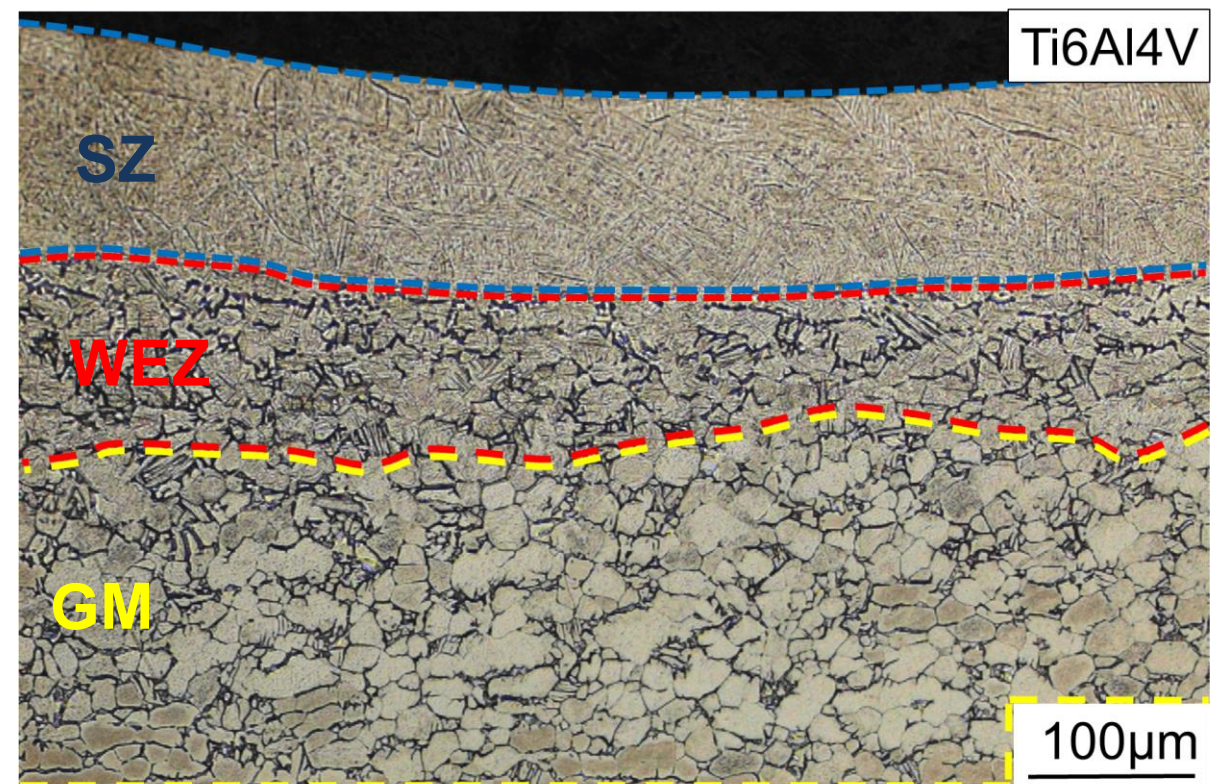
Raster von Intrusionsfiguren

Oberflächenmodifikation von Titanimplantaten

(Diss: C. Ramskogler, *Med Uni Graz*)

- Anpassung der mech. Eigenschaften
- Mikrostruktur TiAl4V
 - SZ 450 HV_{0,03}
 - WEZ 440 HV_{0,03}
 - GM 360 HV_{0,03}

→ Martensitische Umwandlung der Schmelzzone



Querschliff EB Figur

Tantalbeschichtung von Titanimplantaten

(DA: P. Christöfl, *Med Uni Graz*)

- Motivation
 - **Verschleißfestigkeit** von hochbeanspruchten Implantaten erhöhen (z.B. Hüftgelenk)
 - Keine hochfesten Materialien $E_{Implantat} < E_{Knochen}$
 - Knochenabbau bei andauernder Entlastung
 - Konventionelle Beschichtungstechniken nicht erfolgreich

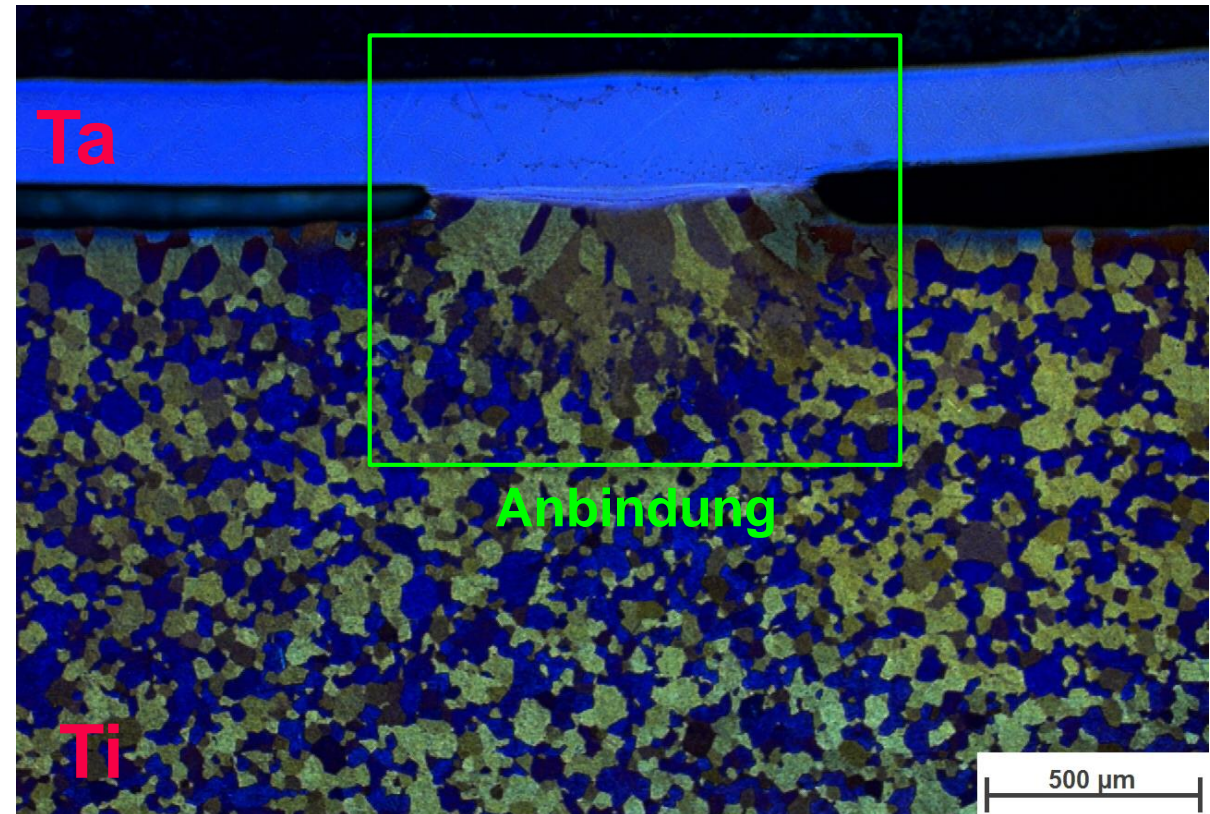
→ Beschichtung mittels EB

- Tantal -Folie auf Titan Substrat
- *Pilotstudie*

Tantalbeschichtung von Titanimplantaten

(DA: P. Christöfl, *Med Uni Graz*)

- Flächige Anbindung
- Anbindung mit geringer Aufmischung
- Parameterfindung
 - Energieeinbringung
 - Strahlfigur
 - Fokus

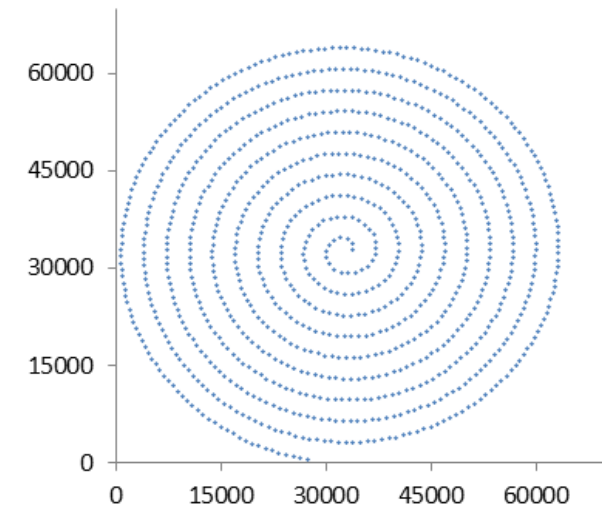


Tantalfolie auf Titansubstrat

Legierungsherstellung mit dem Elektronenstrahl

(DA: T. Spenger, Clever & Smart)

- Motivation
 - Herstellung neuartiger Legierungen im kleinen Maßstab
 - Grundlagenforschung CuNi-Legierungen
- Problemstellung
 - Sehr unterschiedliche Schmelzpunkte
 - Minimal Kontamination der Probe
 - EB Parameter
 - Energieeinbringung: I (mA), t (s)
 - Wärmeeinbringungskonzept: **Strahlfigur**



Strahlfigur Spirale

Legierungsherstellung mit dem Elektronenstrahl

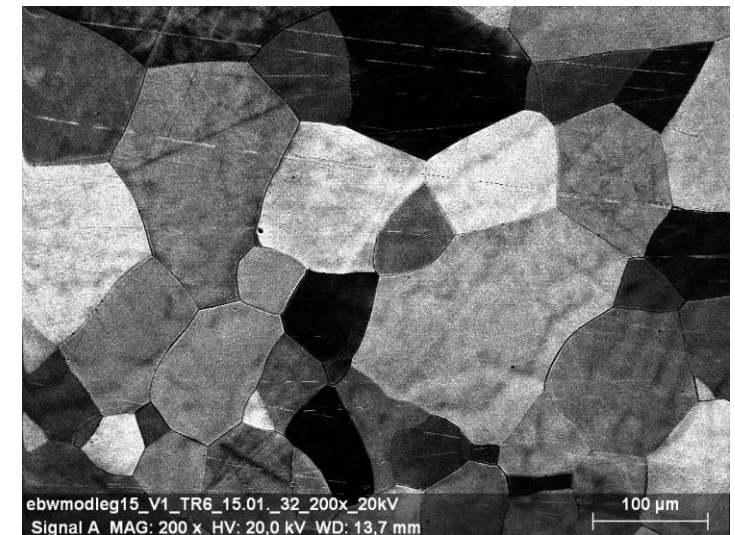
(DA: T. Spenger, Clever & Smart)

1. Cu & Ni in Molybdän Schmelztiegel Aufschmelzen
2. Aufschmelzen der Ausgangsprodukte
3. – 5. Umschmelzen der Legierung → Homogenisierung

Umschmelzprozesse - Homogenisierung



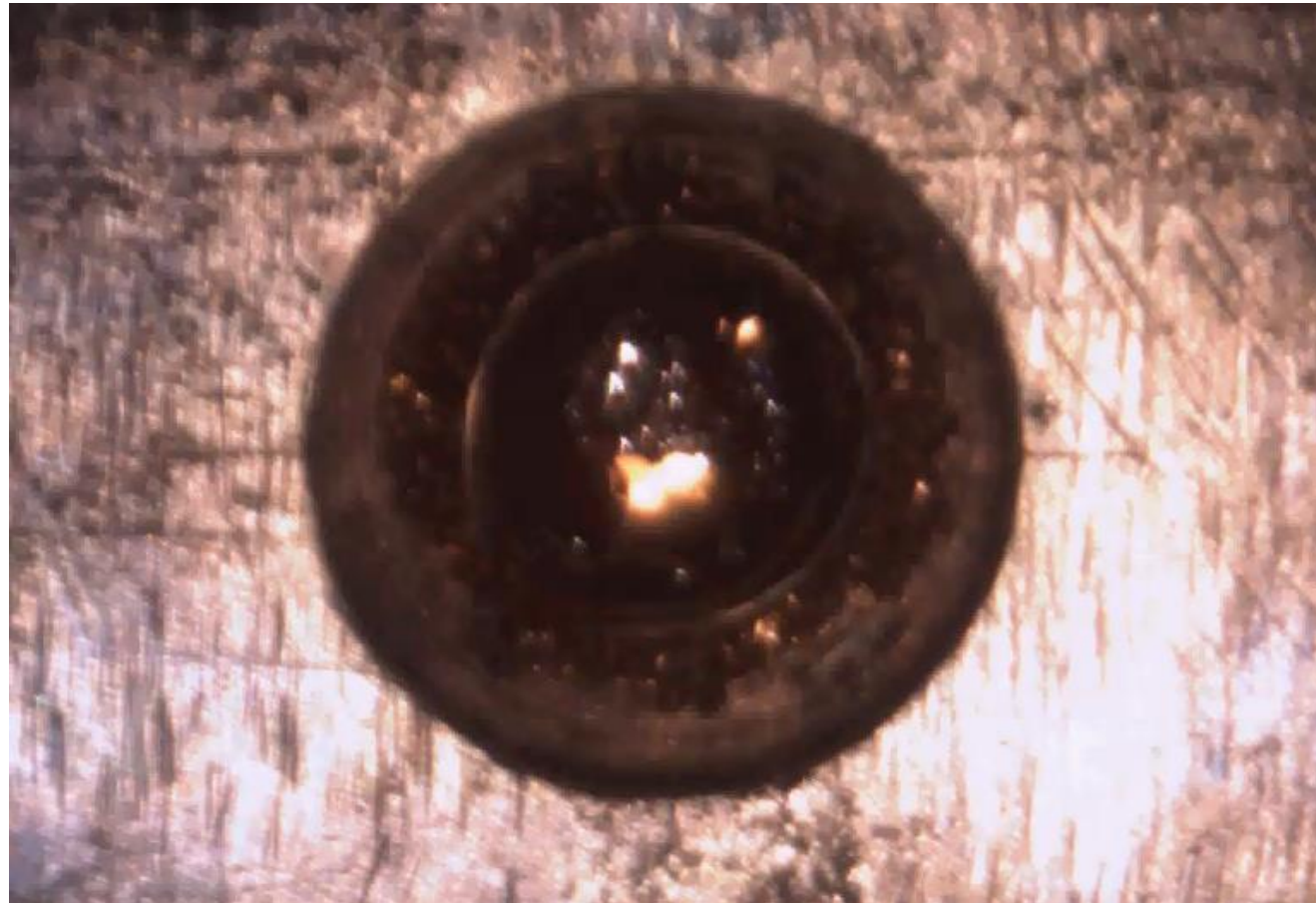
CuNi Legierungsherstellung



Schliffbild; CuNi Mischkristalle

Legierungsherstellung mit dem Elektronenstrahl

(DA: T. Spenger, Clever & Smart)



1. Schmelzprozess; Nickelball mit Kupferkugeln

EB Schweißen von Kupferwerkstoffen

(Forschungsproj.: P. Loidolt, von *Dobeneck-Technologie Stiftung*)

- Motivation
 - Hohe Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit
 - Wärmetauscher, Kokillen, Strohabsauger, ...
- Problemstellung
 - Sehr hohe Wärmeleitfähigkeit
 - Hohe Schweißenergie benötigt
 - Hohe Vorwärmtemperaturen
- EB Schweißen
 - Wurzelfehler



a)

CU EB Schweißung – a) Ansicht Wurzel



b)

Schliff

EB Schweißen von Kupferwerkstoffen

(Forschungsproj.: P. Loidolt, M. Stütz, *probeam*)

- Wurzelfehler
 - Parameterunabhängig
 - Schmelzpunkt bei rein Cu
 - Viskosität der Schmelze gering

- Legierungskonzept
 - Schmelzbereich
 - Erhöhung der Viskosität

	σ	ν	ΔT_s
Fe	↑	↑	↑
Ni	↑	↑	↑
Sn	↓	↓	↑

σ ... Oberflächensp.
 ν ... Viskosität
 ΔT_s ... Schmelzbereich

Einfluss der Legierungselemente

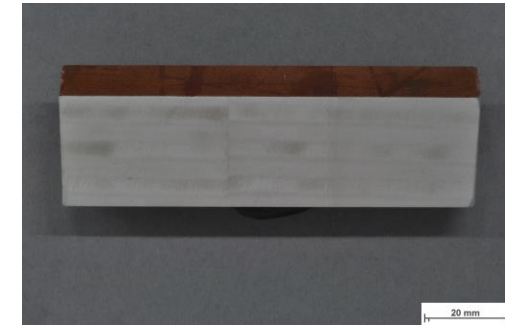


Wurzelausbildung mit Zusatzwerkstoff

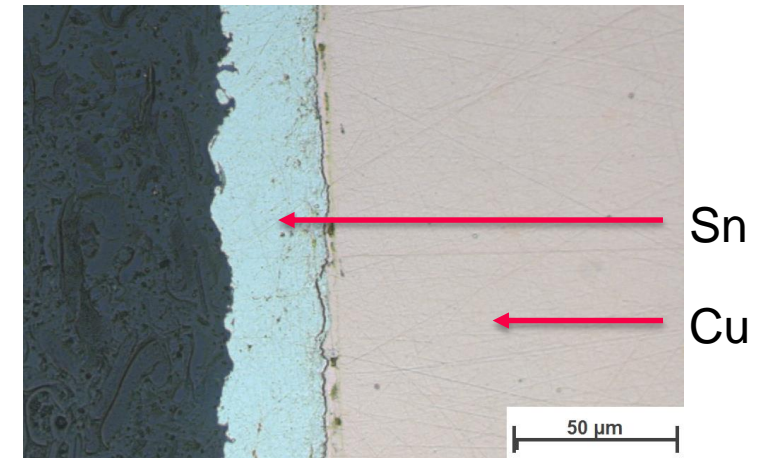
EB Schweißen von Cu - Zusatzwerkstoffkonzept

(Bak.: C. Vogelreiter)

- Motivation
 - Bereitstellung des Zusatzwerkstoff
- Plasmabeschichten der Fügeflächen
 - Verarbeitungsfreundlich
 - Konstante Schichtdicke
 - Gleichmäßige Auflegierung

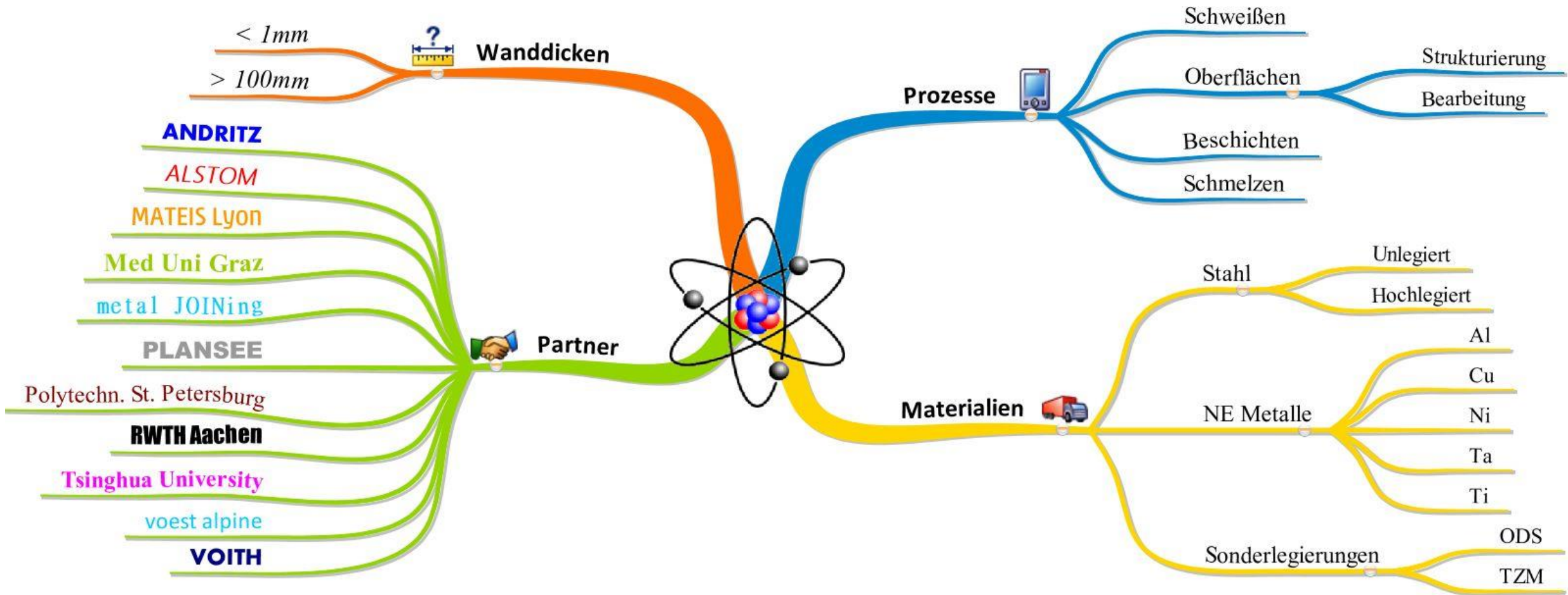


Beschichtete Probe

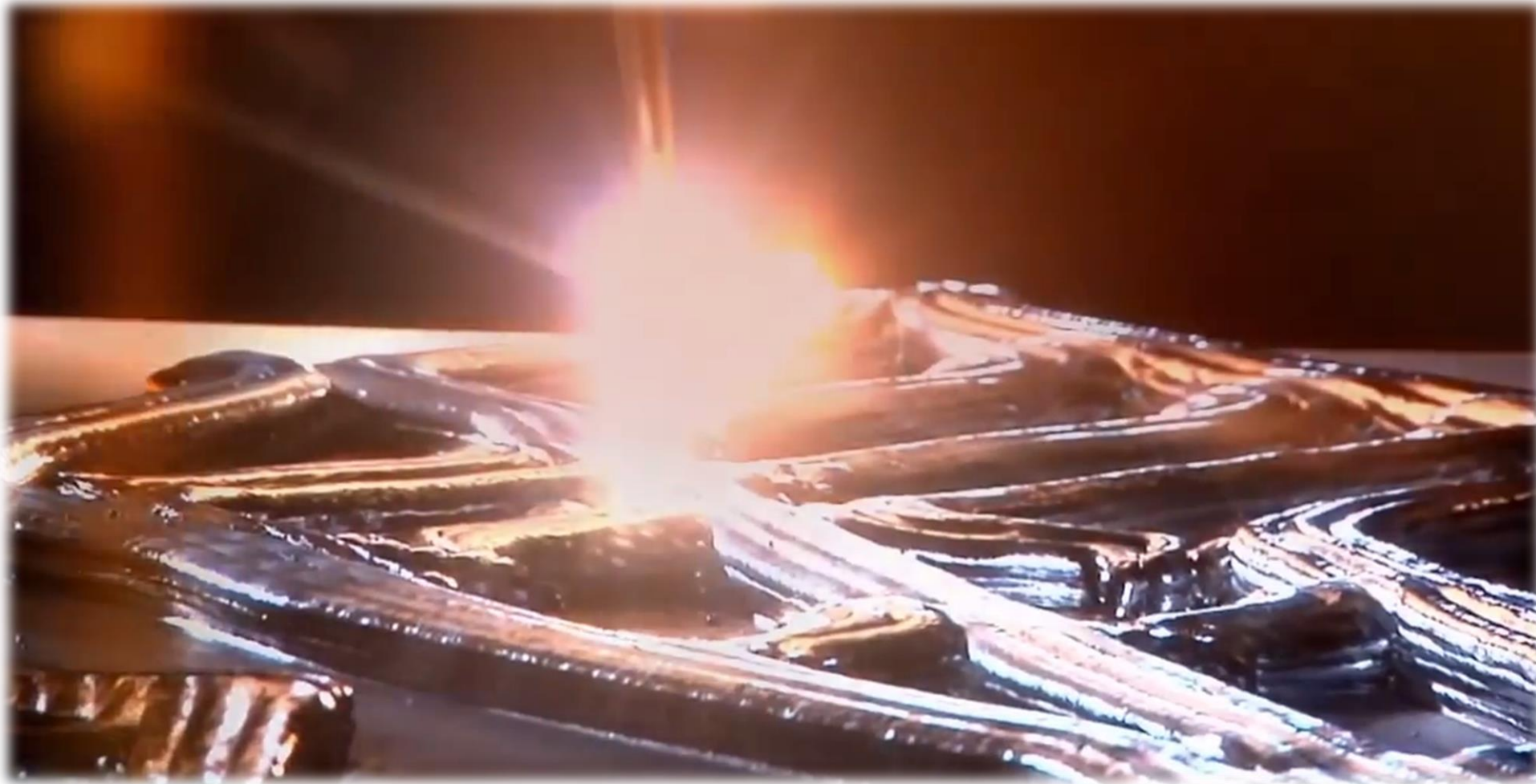


Schliffbild Schichtdicke

EBW @ IWS



....Coming Soon



EB Additive Manufacturing

Bild: www.sciaky.com

Elektronenstrahlschweißen am IWS – ein Überblick aktueller Projekte

Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik

19.05.2015

C. Wiednig, N. Enzinger, M. Stütz