



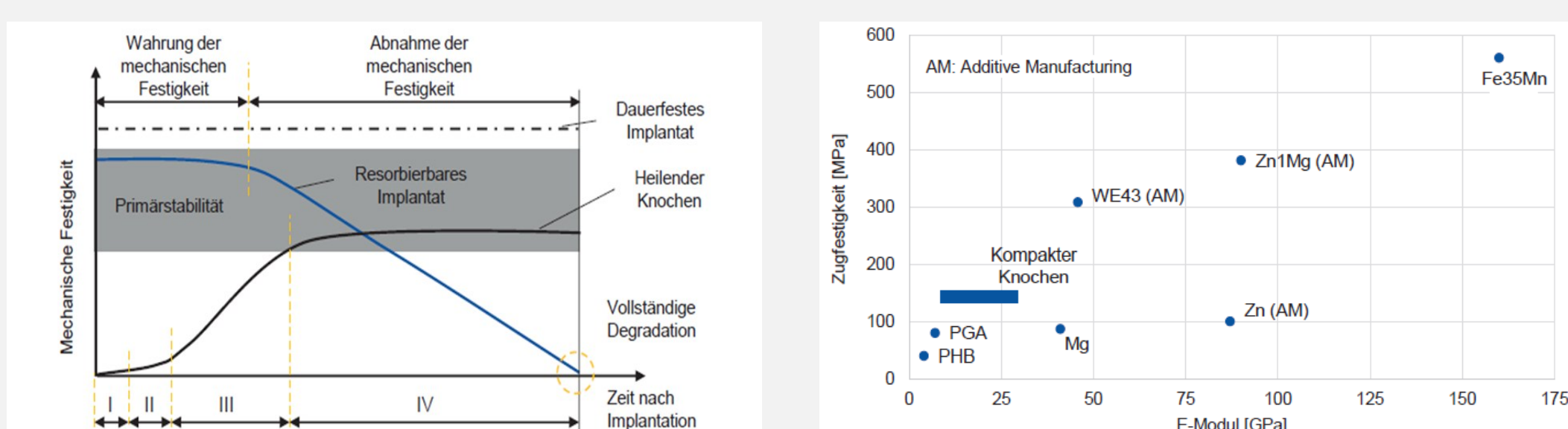
3D-Druck von resorbierbarem Zn1Mg-Pulver für medizinische Anwendungen

Tenzin Gehr

Bachelor-Thesis, Studienrichtung Medizintechnik

Expert/in: Dr.med.dent. Valentin Herber UZB Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel Klinik für Oralchirurgie
Verantwortliche/r: Dr. Romy Marek Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Life Sciences IM2

Vision: Personalisierte & resorbierbare Implantate



- Ideale Degradationsrate
- Verbesserung E-Modul gegenüber Fe35Mn
- Verbesserung Zugfestigkeit gegenüber Zn & Mg

Herausforderungen mit Zn1Mg:

- Feine Partikel
- Mg reaktiv
- ➔ **Staubexplosion/Brandgefahr**
- Zn wassertoxisch
- ➔ **Sachgemässe Entsorgung**

Zielsetzung:

- Ziel 1: Erstellen einer Risikoanalyse (RIA) und Arbeitsvorschrift für Druckprozess mit Zn1Mg auf Realizer SLM 125
- Ziel 2: Charakterisierung des Zn1Mg-Metallpulvers
- Ziel 3: Erste Druckversuche mit neu definiertem und seitens HLS homologierten Prozess.

➔ **Zn1Mg hat grosses Potential!**

Ziel 1 - Aufgaben

- Fertigstellen und Optimieren von RIA & Laborvorschrift
- Homologierung des ausgearbeiteten Prozesses durch Genehmigungsinstanzen HLS

Risikobewertung NACH Massnahmen

Wahrscheinlichkeit W ↓	Schutzziel der HLS = Grüner Bereich				
A > 1/1 y					
B 1/1 y					
C 1/10 y	1x				
D 1/30 y			4x		
E 1/100 y		3x	9x	1x	
F 1/1000 y	2x	2x	14x	13x	
Tragweite T →	V (unbedeutend)	IV (klein)	III (mittel)	II (kritisch)	I (katastrophal)

➔ **Freigabe des Druckprozesses von Zn1Mg**

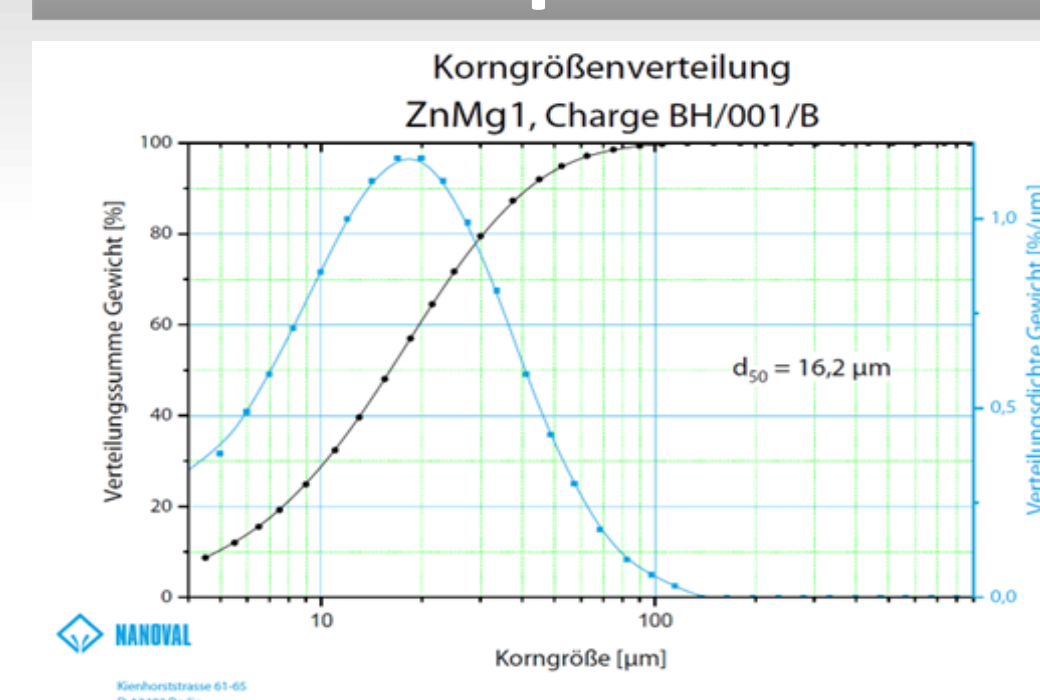
Risiko	Massnahmen
Staubexplosion in Glovebox/Baukammer	<ul style="list-style-type: none"> • ESD-Schutz (Material & Person) • Inertisierung mit Argon
Brand in Baukammer	<ul style="list-style-type: none"> • BiB-Sicherheitsbox • Keine gefährliche Wärmeentwicklung durch Lasereinwirkung
H ₂ -Explosion bei Abfallagerung	<ul style="list-style-type: none"> • Inertisierung mit CuSO₄ • H₂-Bildung nur bei Lagerung von Abfall kontaminierte Hilfsmittel möglich (Gasmenge extrem gering und Lagerung in Kapelle mit Abzug).
Unsachgemässe Entsorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsvorschrift • Beschriftete Gebinde mit Warnhinweise • Erst am Tag vor Abholung gut verschlossen in Entsorgungsraum abstellen.



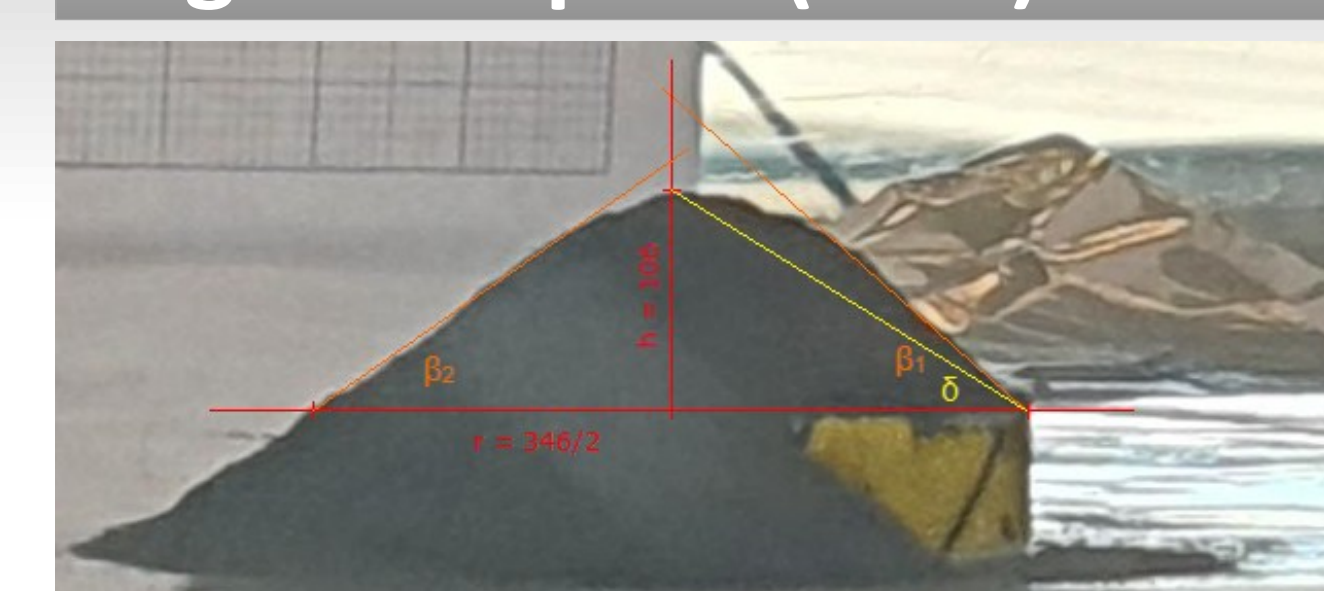
Ziel 2 - Aufgaben

- Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop (REM): Grösse/Verteilung, Form/Oberfläche, Porosität, Zusammensetzung
- Schüttwinkelanalyse für angle of repose (AOR)

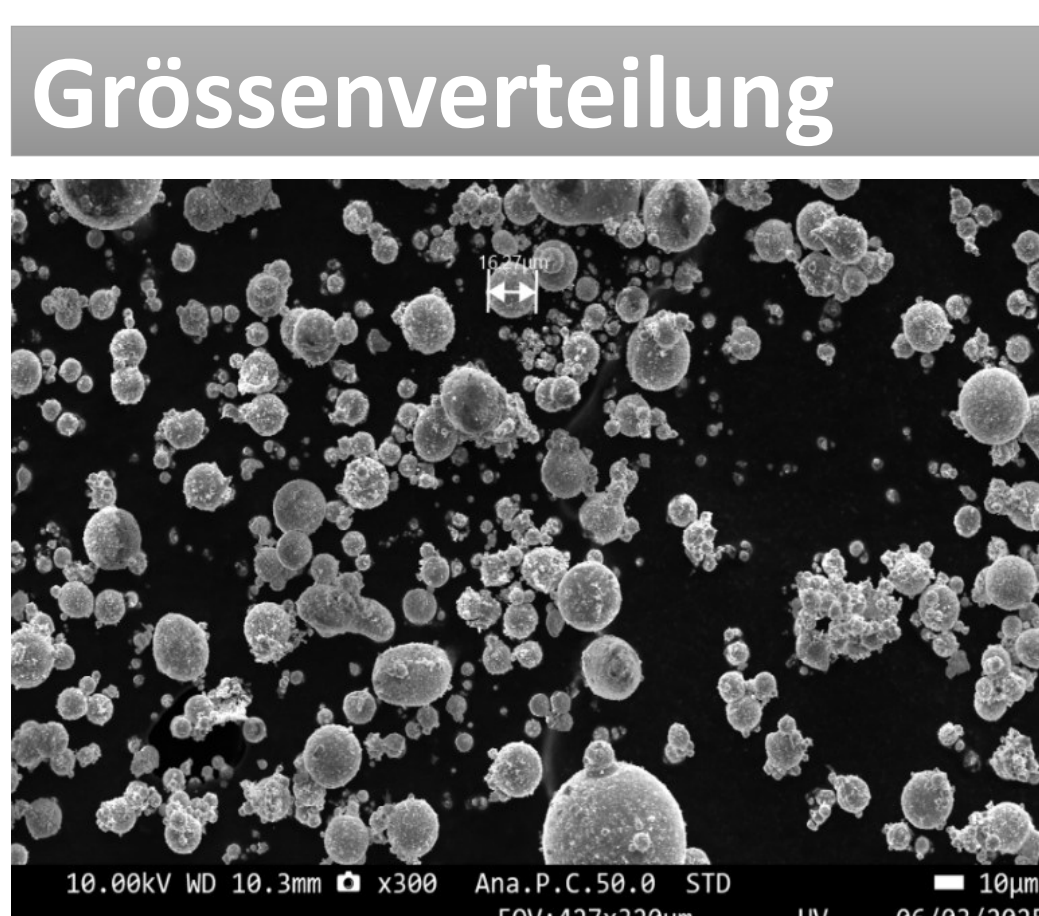
Herstellerspezifikation



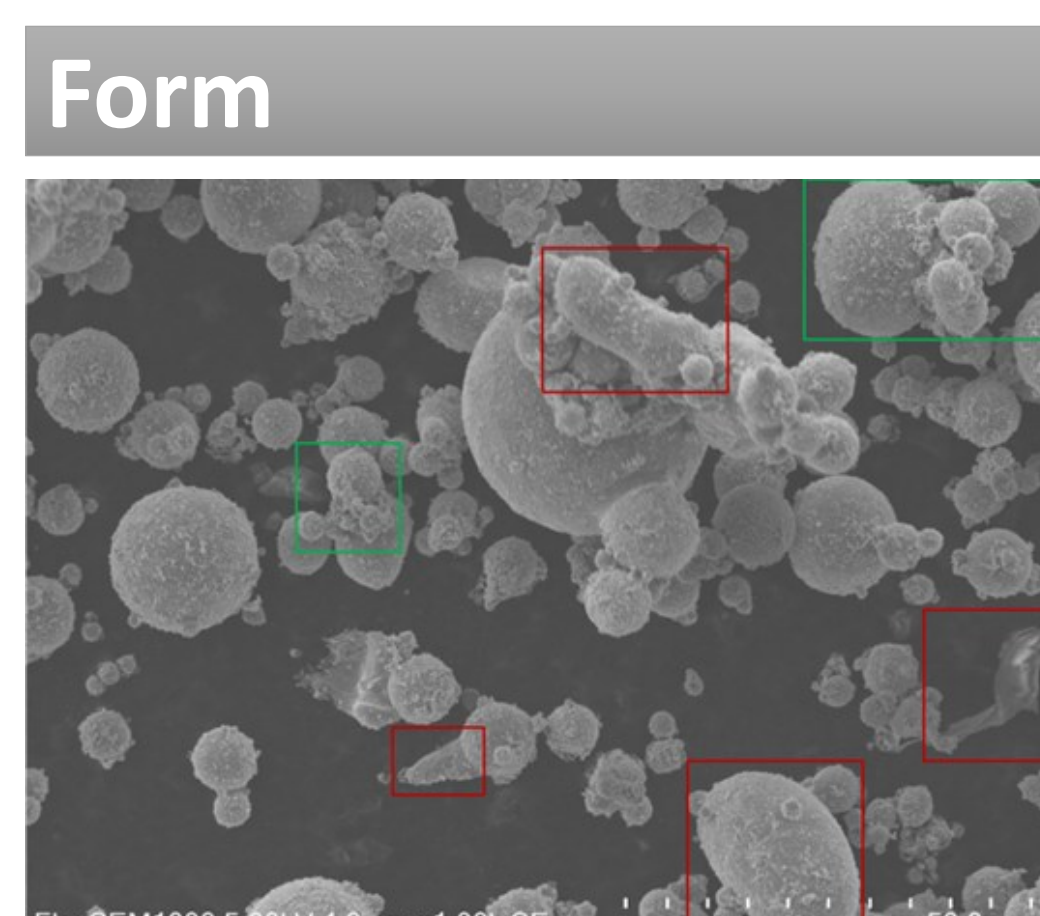
angle of repose (AOR)



➤ Gute Fliesseigenschaften



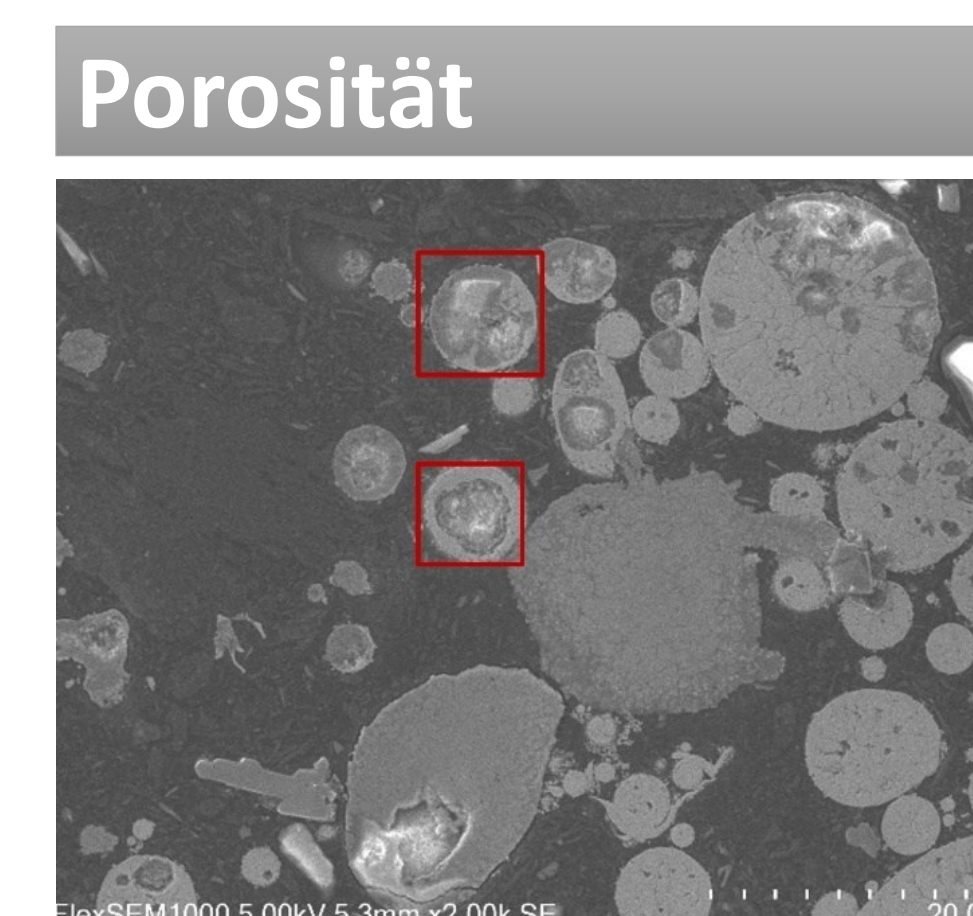
➤ Gemäss Spezifikation des Herstellers



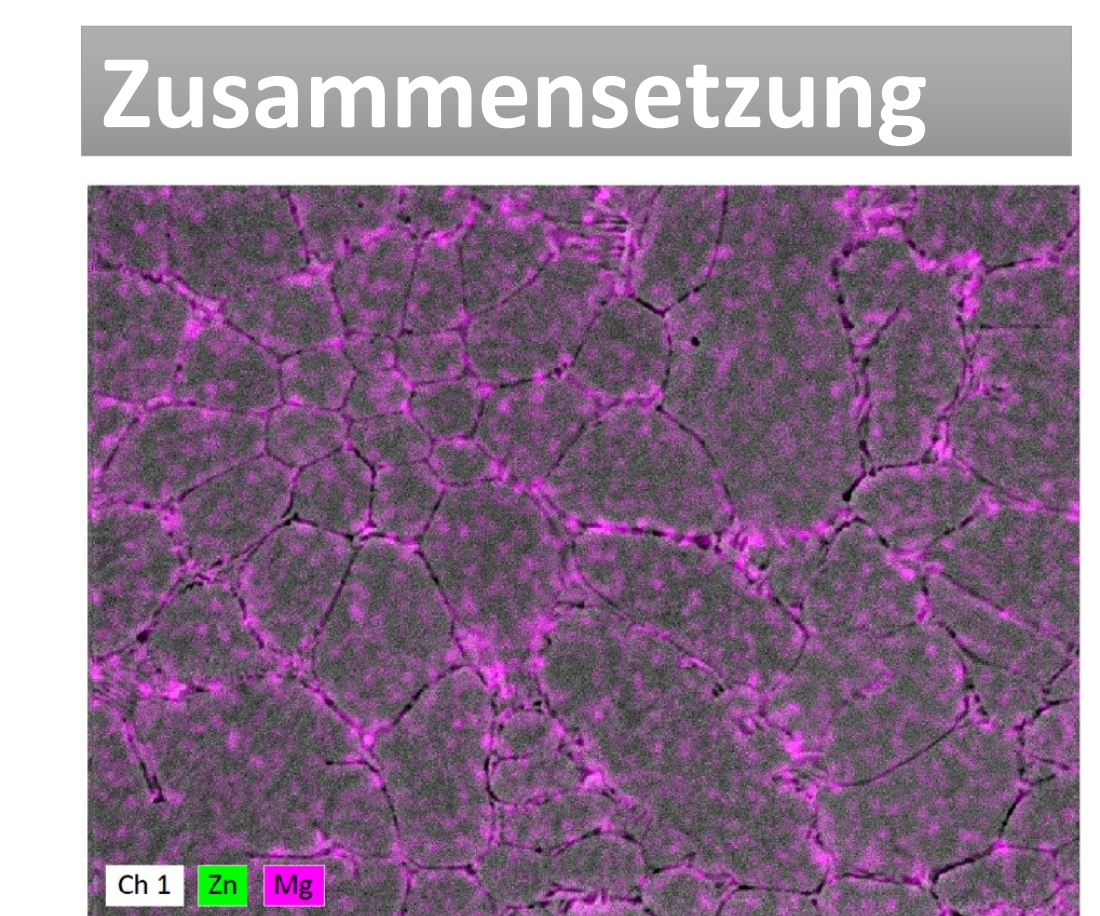
➤ Sphärisch, Ausreisser (rot), Cluster (grün)



➤ Fraktale Geometrie Partikel auf Partikel



➤ Generell hohe Dichte, Ausreisser (rot)



➤ EDX: Mg in Korngrenzen
➤ 99.5 % Zn zu 0.5 % Mg

Ziel 3 - Aufgaben



- Druck mit Zn1Mg
- Analyse Druckprozess und Druckproben
- Optimierung von Druckprozess mittels Modifikation von Druckparametern

➤ **SLM 125 DEFEKT – keine Druckversuche möglich**

Diskussion / Limitierung / Ausblick

- **Prozess in RIA und Laborvorschrift für Zn1Mg genehmigt und Prozessablauf im Rahmen eines Pilotdruckversuches mit alternativem CoCrF90 erfolgreich validiert**
- **Massnahmen der RIA stark einschränkend, insbesondere Einsatz von BiB mit vielen Herausforderungen verbunden**
- **Weitere Druckversuche mit Zn1Mg nach Reparatur und nach Möglichkeit schrittweiser Rückbau aktueller Auflagen aus der RIA**