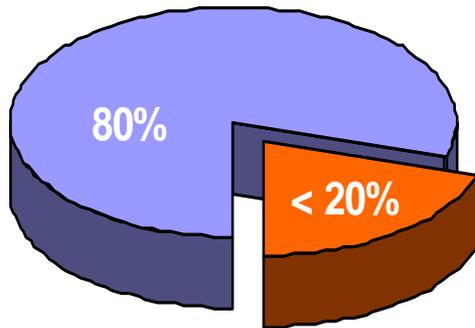


Standzeitoptimierung von Aluminium-Druckgießformen

Dr.-Ing. Zurab Liluashvili

- **Stand der Technik**
- **Verschleißmechanismen an Druckgießformen**
- **Lebenszyklus einer Druckgießform**
- **Optimierungsansätze zur Standzeitverlängerung**
- **Ausgewählte Ergebnisse**
- **Zusammenfassender Bewertung**

Stand der Technik



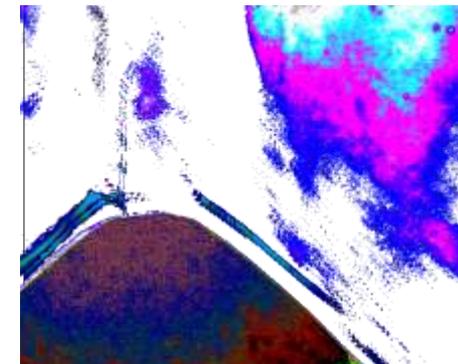
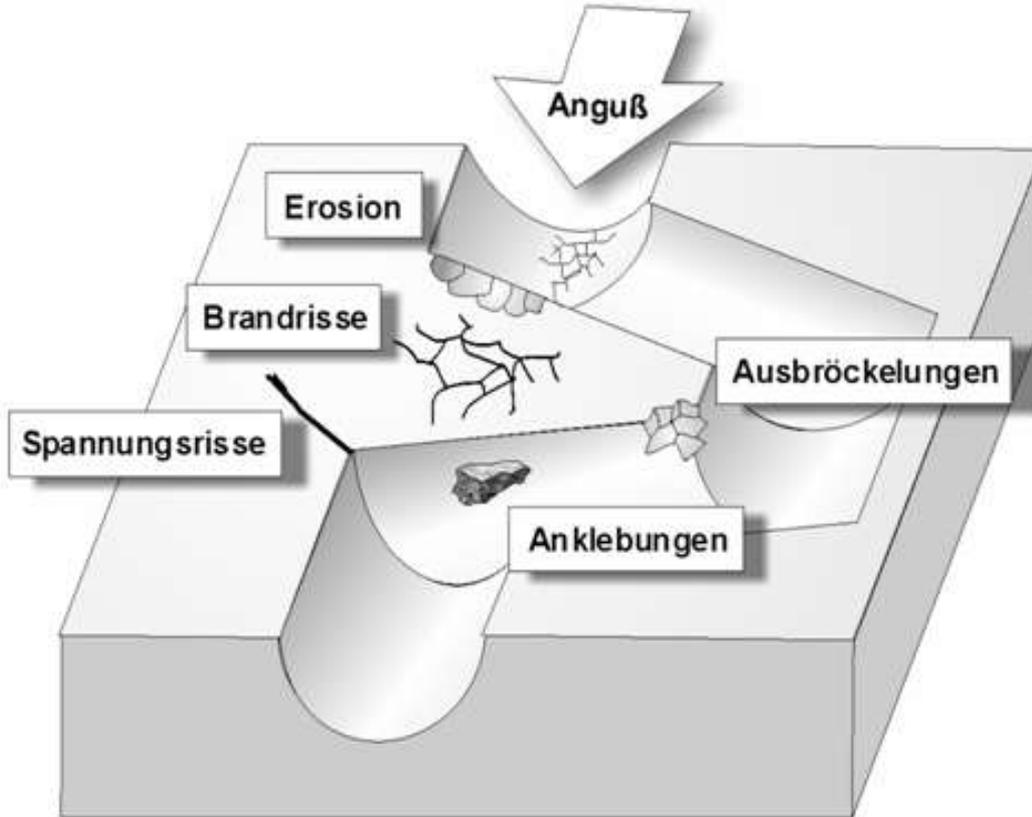
Bis zu 20 % der Herstellungskosten für Bauteile aus Al-Druckguss entfallen auf den Formenbau und der Formenreparatur



Probleme in den Gießereien :

- hohe Oberflächengüte der Druckgussteile**
- Forderung der Kunden nach Maßhaltigkeit**
- keine Möglichkeit zur Lebensdauervorhersage**
 - unerwartete Produktionsausfälle durch vorzeitigen Verschleiß/Versagen der Form**
- unzureichende Qualitätskontrolle beim Formenbau**

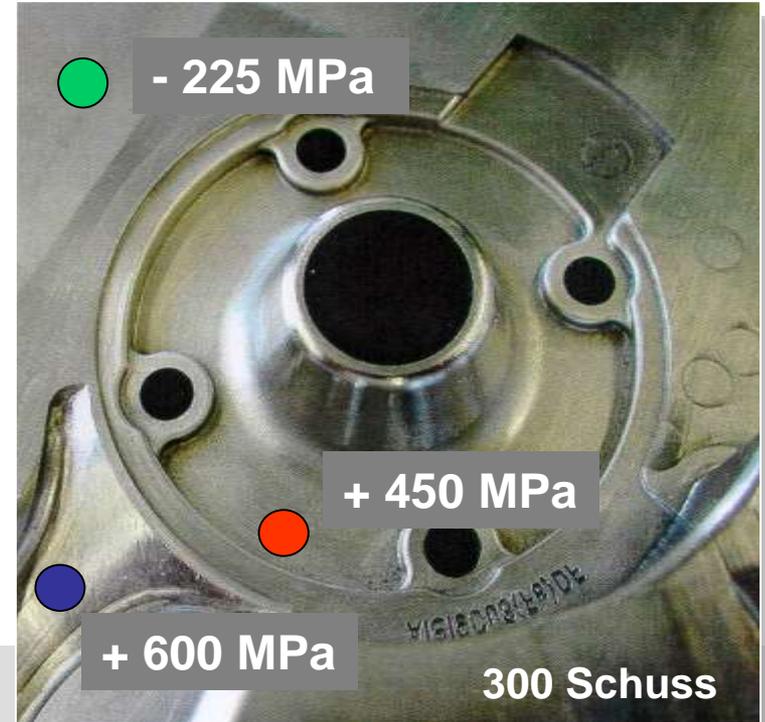
Verschleißmechanismen



Häufigste Ausfallursache von Druckgussformen sind Brandrisse durch die Thermowechselbelastung

Thermowechselbelastung

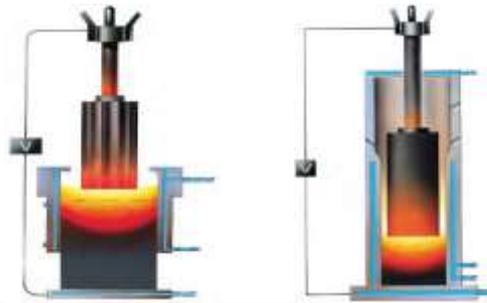
- Aufbau von **Zugeigenspannungen** durch periodische Temperaturwechsel und mechanische Belastungen
- Elastische/plastische Verformungen
- Lokale Risseinleitung in Bereichen
 - höchster Beanspruchung
 - mikroskopischer Fehler
 - mit Spannungskonzentration



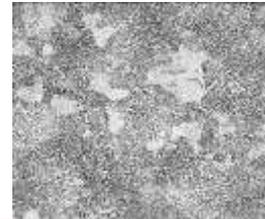
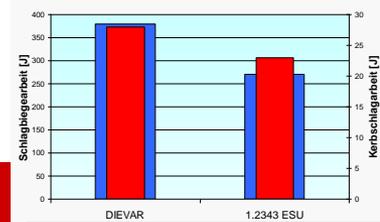
Thermowechselbelastung begrenzt die Standzeiten

Einflussfaktoren auf die Standzeiten

ESU-Verfahren



DESU-Verfahren



Homogenität

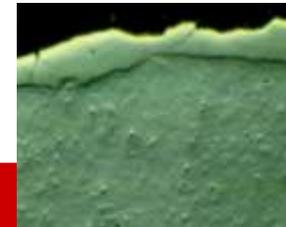
- Formengeometrie
- Ausgangsmaterial
- Vergüten
- Erodierprozess
- Polierprozess
- HSC-fräsen
- Musterung
- Nachbehandlung
- Produktion

Werkstoff

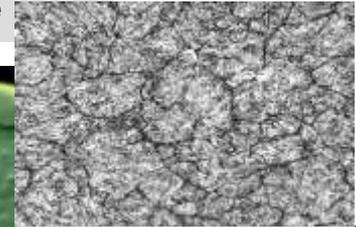
Formenbau

Produktion

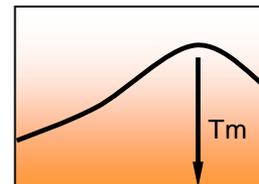
Kennwerte



Weißer Zone



Karbidsäume



Temperierung



Gießparameter Trennstoffe

Untersuchte Formen

Formenbau

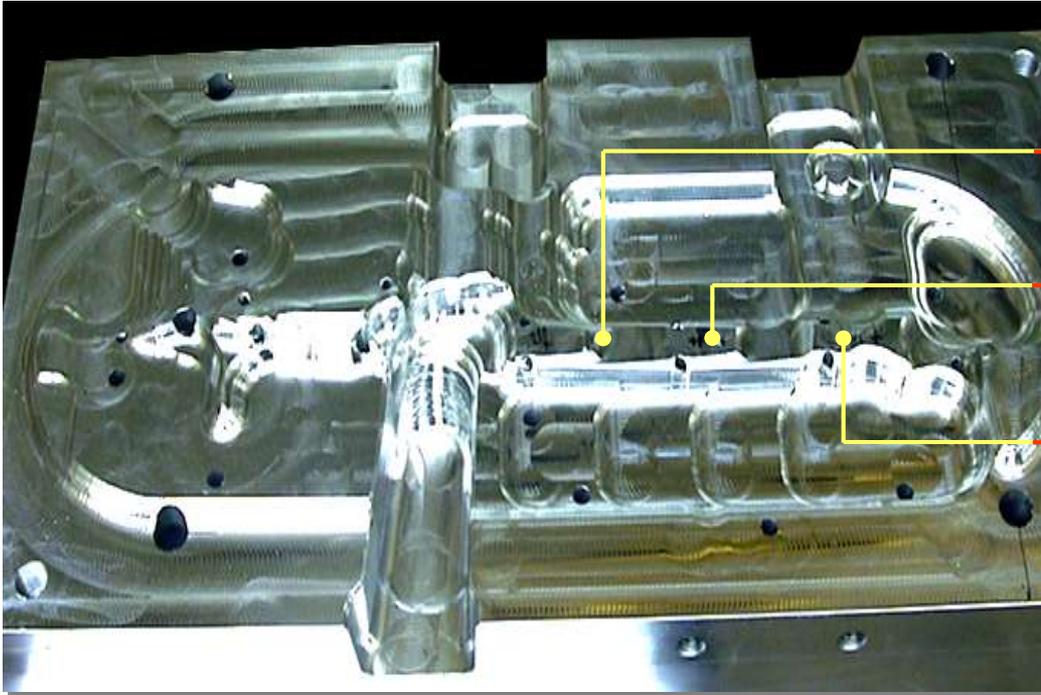
Musterung

Produktion

Schadensuntersuchung



Formenbau – Fräsen



+ 745 MPa

+ 470 MPa

+ 625 MPa

Rohmaterial,
3D geschmiedet
ohne Zunderschicht

Bohren
Vorfräsen

zu 70 – 80%
Fertigfräsen

Härten
Anlassen

Erodieren
Polieren

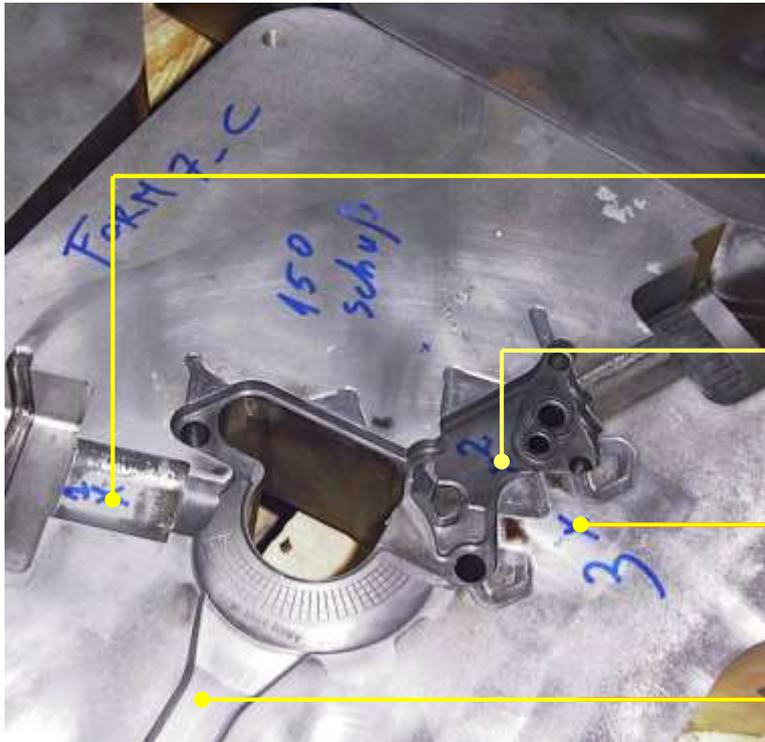
Musterung

Produktion



Durch die Bearbeitung entstehen Zugeigenspannungen, die sich bei der nachfolgenden Wärmebehandlung negativ auswirken können

Eigenstressentwicklung – Musterung

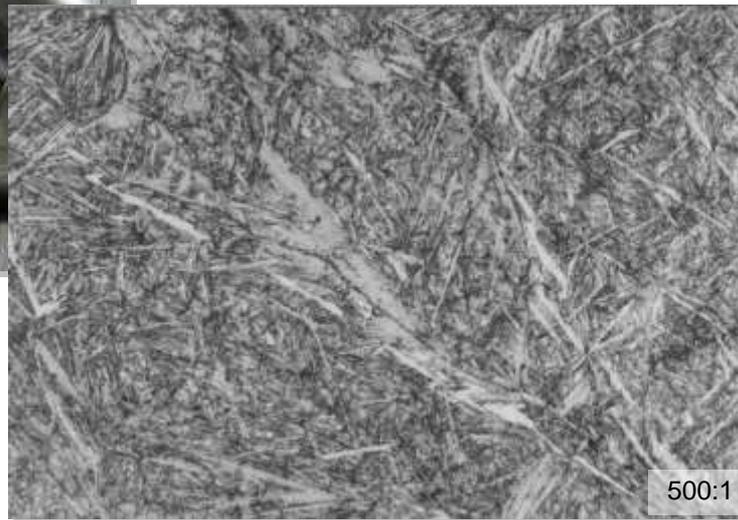


Vorher	Nachher	
unbelastet		Rohmaterial, 3D geschmiedet ohne Zunderschicht
-720 MPa	- 380 MPa	Bohren Vorfräsen
belastet		zu 70 – 80% Fertigfräsen
- 580 MPa	+ 105 MPa	Härten Anlassen
wenig belastet		
- 720 MPa	+ 15 MPa	Erodieren Polieren
hochbelastet		
- 700 MPa	+ 450 MPa	Musterung
		Produktion



Zugeigenstressungen nach 150 Schuss
in belasteten Bereichen

Formenbau – Wärmebehandlung



Rohmaterial,
3D geschmiedet
ohne Zunderschicht

Bohren
Vorfräsen

zu 70 – 80%
Fertigfräsen

**Härten
Anlassen**

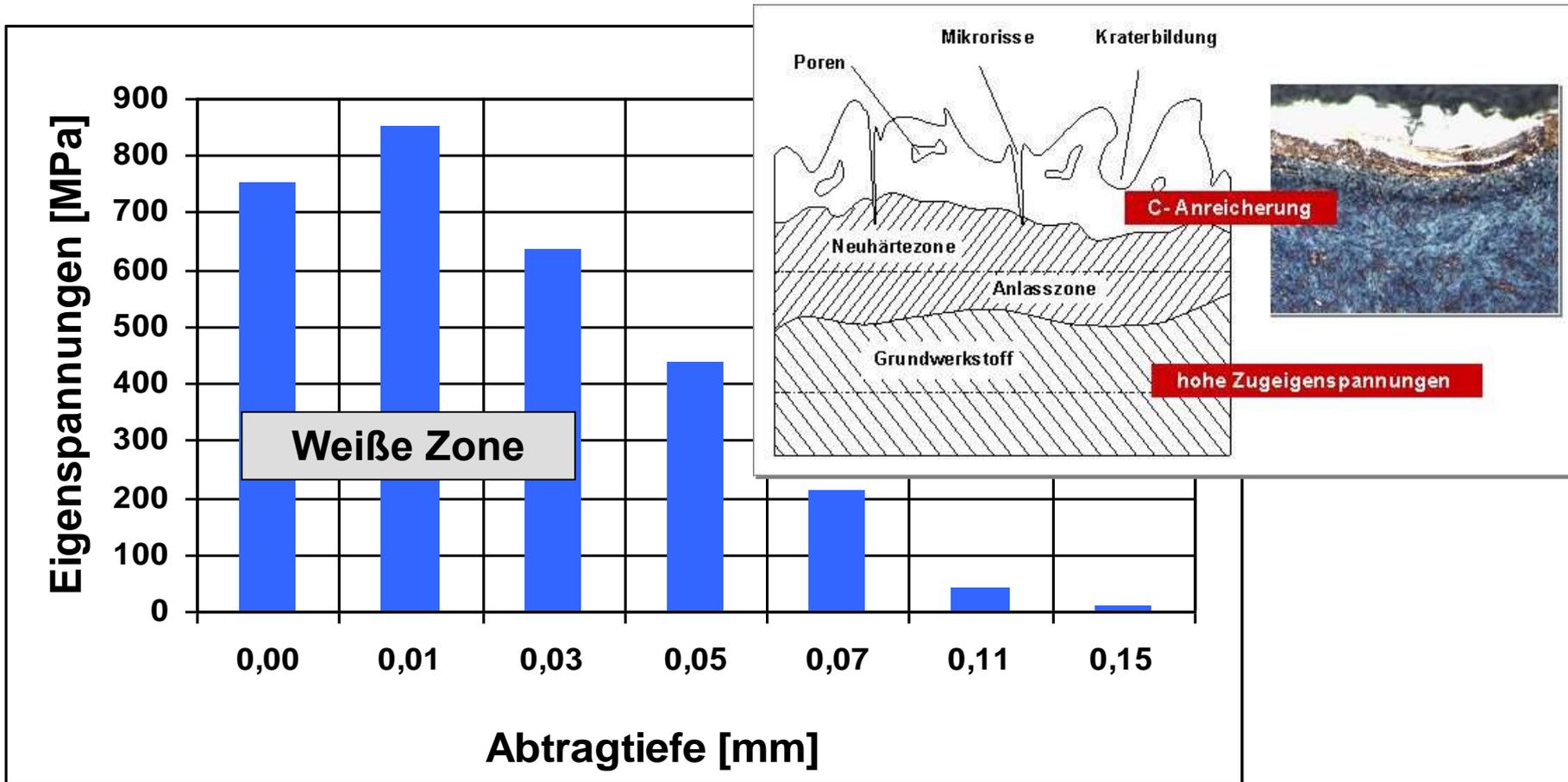
Erodieren
Polieren

Musterung

Produktion

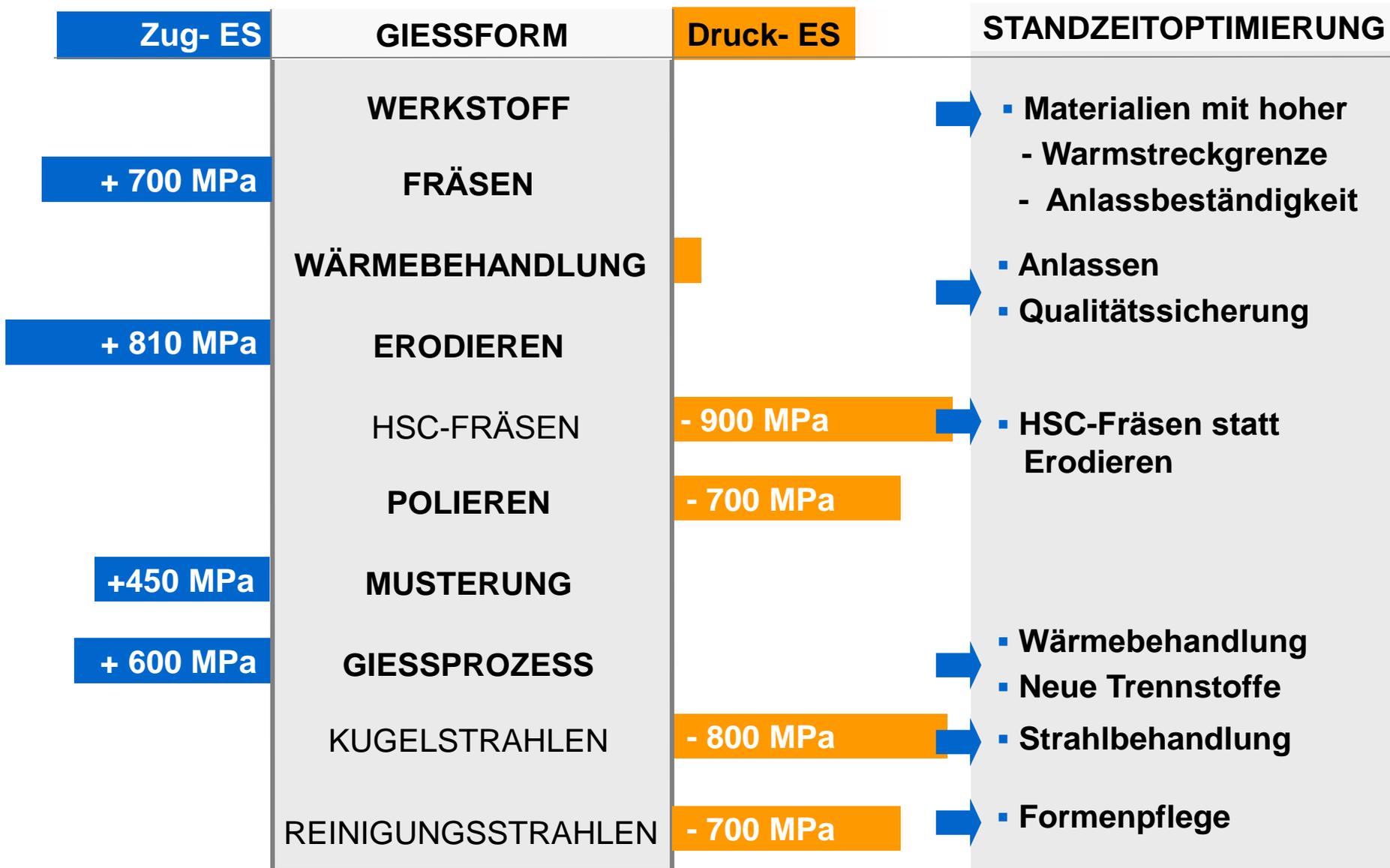
- Grobkornbildung durch eine unsachgemäße Wärmebehandlung
- Drastische Reduzierung der Standzeiten um 30000 Schuss

Eigenstressprofil – Erodieren

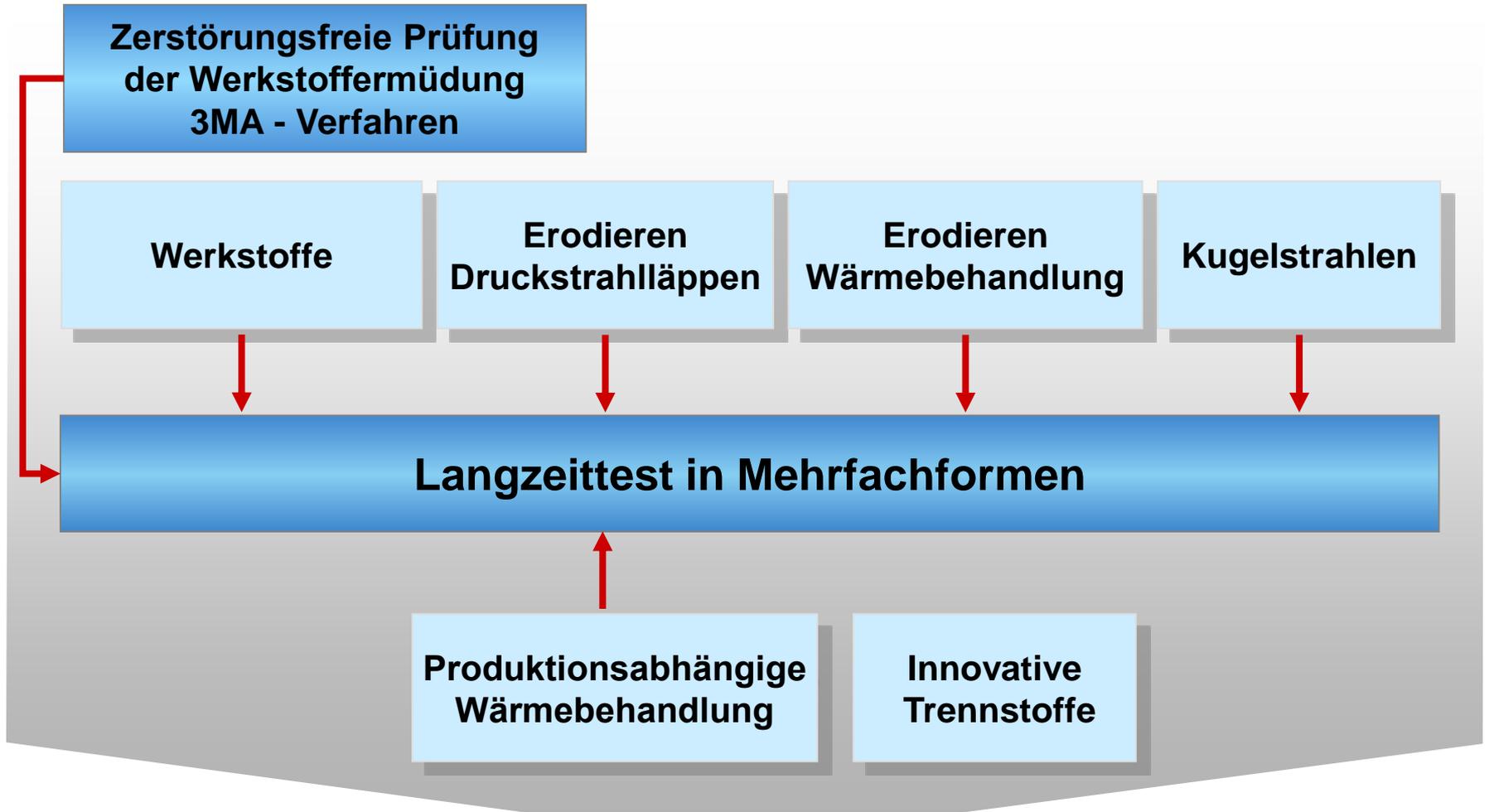


■ Zugeigenstressungen liegen bis zu einer Tiefe von 150 μm vor

Ansatzpunkte zur Standzeitverlängerung



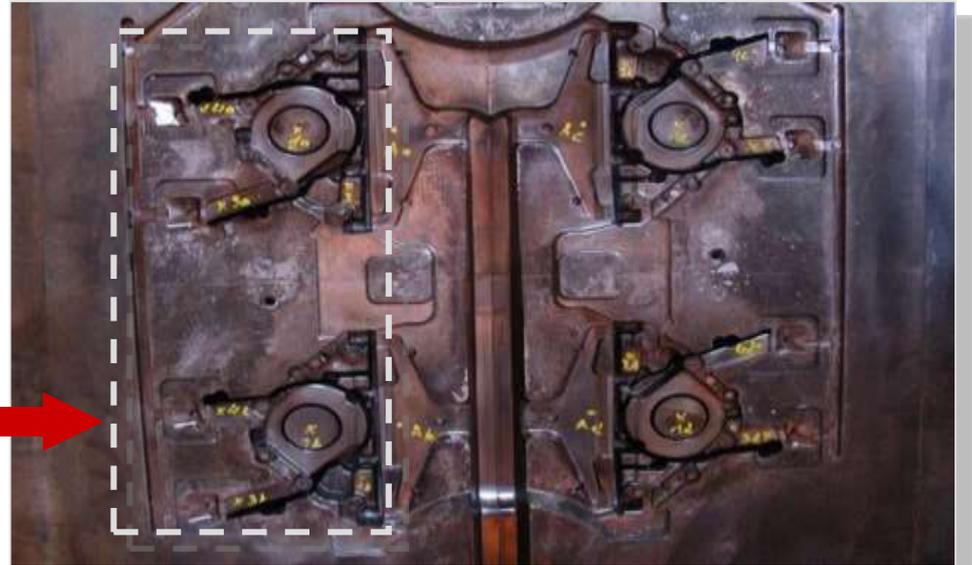
Standzeitversuche – Methodischer Ansatz



Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durch Vergleich der Standzeiten

Standzeitversuche – Langzeittest

- gleiche Geometrie
- gleiche Beanspruchung für
- konventionelle Einsätze
- modifizierte Einsätze



Untersuchungsmethoden



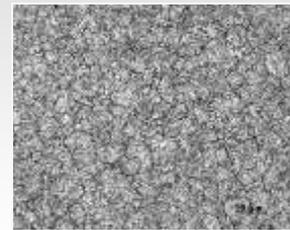
Rissbeurteilung



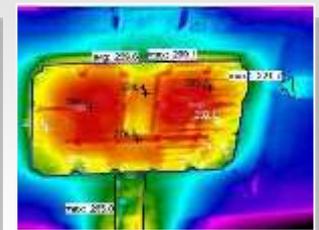
ES-Messung



3MA-Verfahren

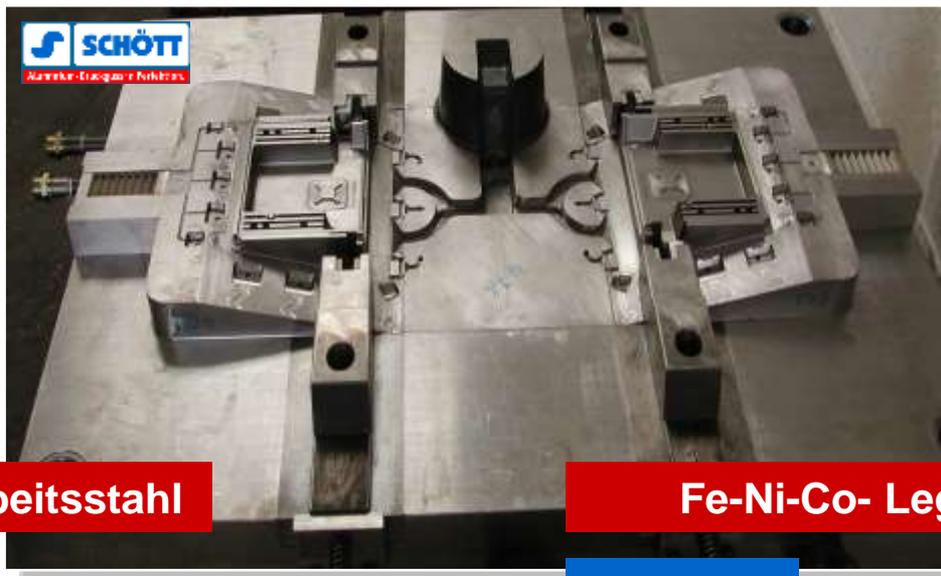


Metallographie



Thermographie

Optimierungsansatz - Werkstoffauswahl



Cr-Mo-V- Warmarbeitsstahl

Fe-Ni-Co- Legierung

Vorfräsen

Vorfräsen

Endfräsen

Ausscheidungs-
Härtung

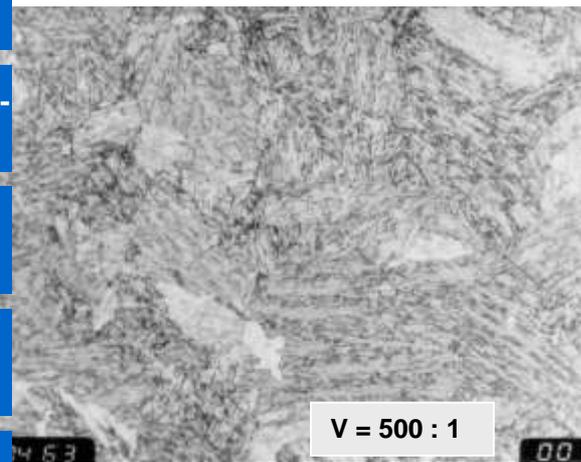
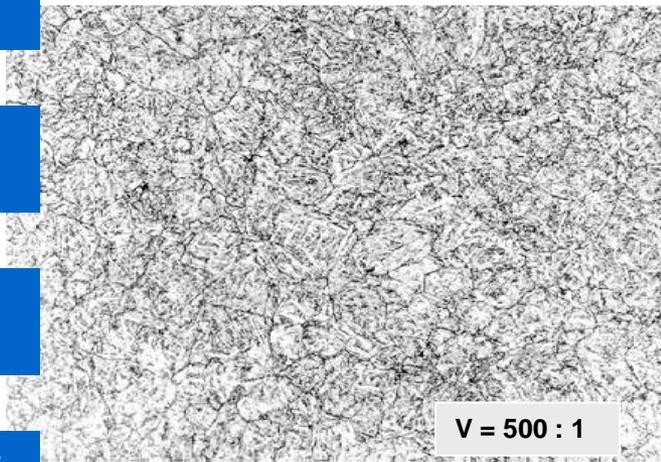
Härten /
Anlassen

Endfräsen

Erodieren /
Polieren

Erodieren

Nachhärten



Rissfortschritt - Dokumentation am Bauteil

Schädigung durch geometrisch bedingte Spannungsrisse und Erosion

1.2343 ESU



7.000 Schuss



12.000 Schuss



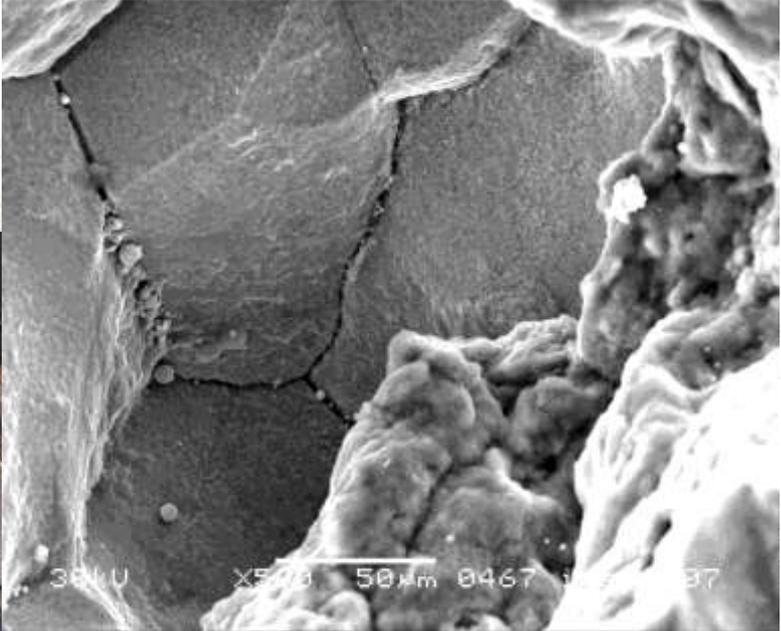
17.000 Schuss

Marlok C1650

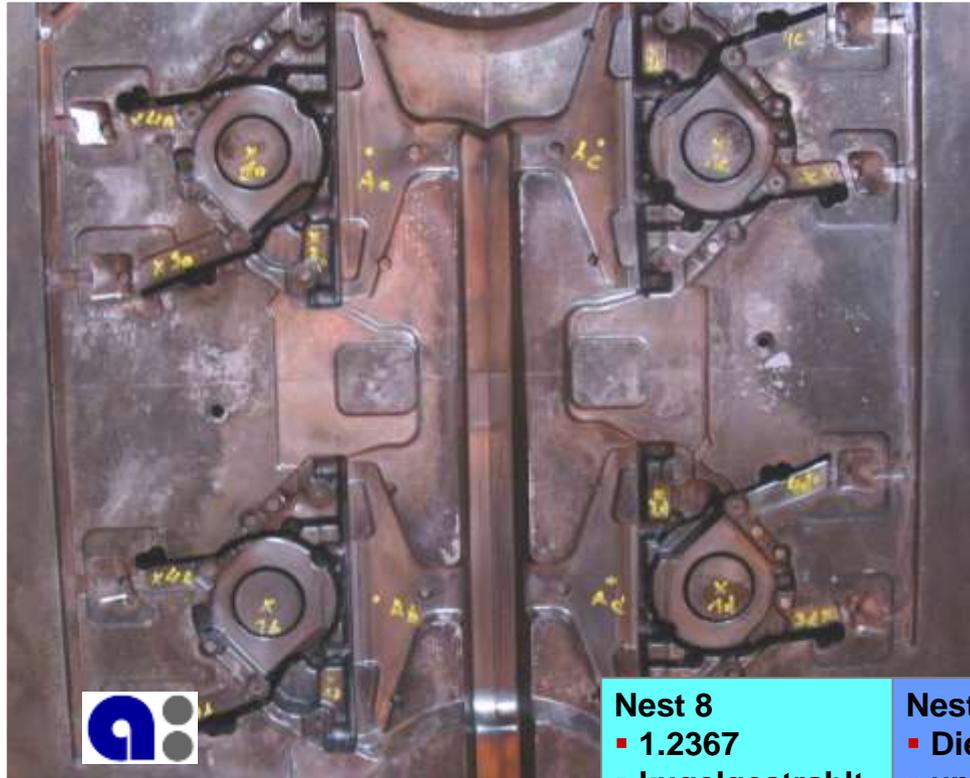


Formenuntersuchung nach 70.000 Schuss

Bewegliche Formhälfte



Optimierungsansatz – Werkstoffauswahl



- Schussgewicht – 5600 g
- Legierung – AC AlSi9Cu
- Trennstoff - wassermischbar

Nest 8 ▪ 1.2367 ▪ kugelgestrahlt	Nest 7 ▪ Dievar ▪ unbehandelt
Nest 5 ▪ 1.2367 ▪ entspannt ▪ kugelgestrahlt	Nest 6 ▪ Dievar ▪ kugelgestrahlt
Bewegliche Formhälfte	

Nest 7 ▪ Dievar ▪ unbehandelt	Nest 8 ▪ 1.2343 ▪ kugelgestrahlt
Nest 6 ▪ Dievar ▪ kugelgestrahlt	Nest 5 ▪ 1.2343 ▪ entspannt ▪ kugelgestrahlt
Feste Formhälfte	

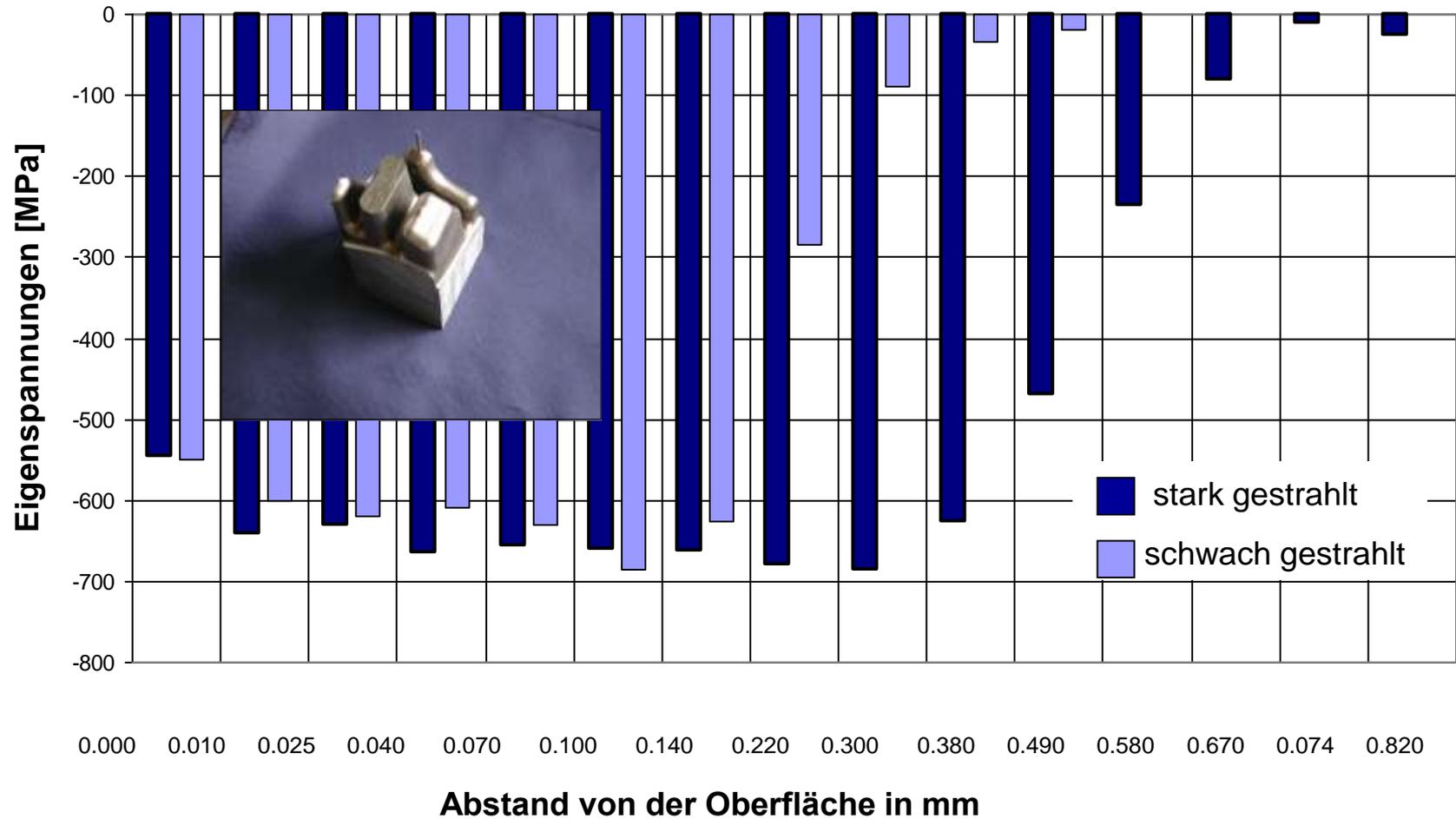
Untersuchungsergebnisse - Kugelstrahlen



Schadensbild auf dem Bauteil nach 66.000 Schuss

Vorbetrachtung- Kugelstrahlen

Eigenspannungstiefenverlauf



Brandrisse nach 76.000 Schuss

Feste Formhälfte



1.2343 KG

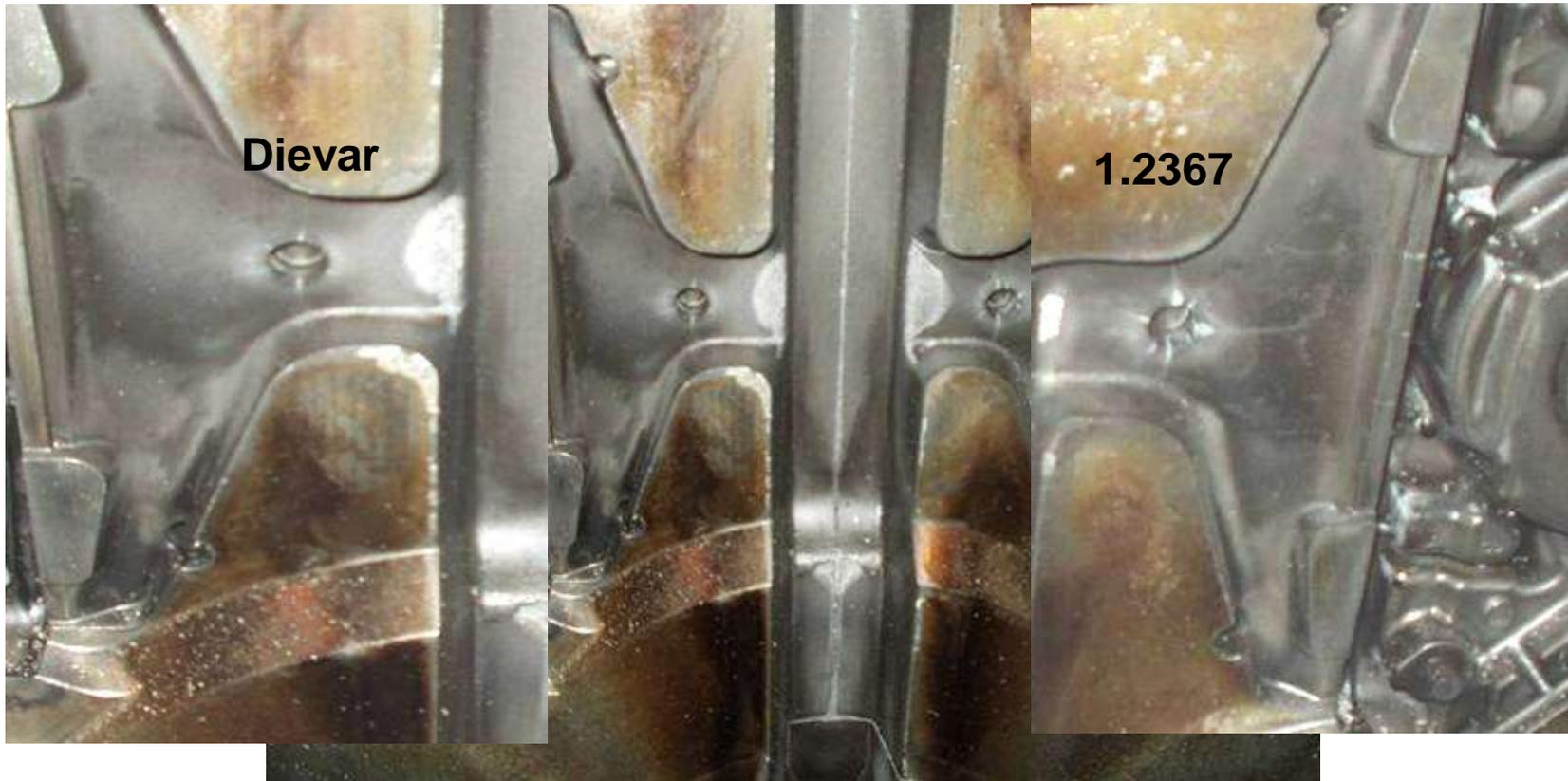


Dievar



Brandrisse nach 76.000 Schuss

Bewegliche Formhälfte



Abschließende Bewertung - Werkstoffvergleich

- Die Fe-Co-Ni-Legierung zeigt im Vergleich zum Warmarbeitsstahl 1.2343 keine Anfälligkeit gegen Brandrisse.
 - ➔ **Für ausschließlich brandrissgefährdete Formenbereiche sind daher mit einem nickelmartensitischen Stahl Standzeiterhöhungen zu erzielen**
- Die Erosionsanfälligkeit der Fe-Ni-Co-Legierungen ist wesentlich größer als bei einem Warmarbeitsstahl, da es durch die Wärmebelastung zu einer Austenitisierung kommt
- Durch das Kugelstrahlen sind gezielt Druckeigenstressungen eingebracht worden mit einem positiven Einfluss auf die Anrissbildung bei Spannungsrissen.
- Ein Vergleich der kugelgestrahlten Werkstoffe untereinander zeigt eindeutig eine positive Bilanz für den nicht genormten Dievar.
- Der Werkstoffeinfluss auf die Standzeit dominiert im Vergleich zum Einfluss des Kugelstrahlens



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!!