



IAMT
GRUPPE

KONSTRUKTION | ENTWICKLUNG

BERECHNUNG | SIMULATION

PRÜFUNG | PRÜFSTÄNDE

Lebensdauersimulation bei Gefügefehlern in Gussbauteilen

Dipl.-Ing. Volker Treichel

Dipl.-Ing. Andreas Kiesel

Fachvortrag AluMag Road Show 2011

IAMT mbH

2011

Ihr Engineering Partner



**ENGINEERING VOM ENTWURF
BIS ZU GEPRÜFTEN PROTOTYPEN**

ENTWICKLUNG

- ELASTOKINEMATIK
- KONZEPTE
- SIMULATION & BERECHNUNG
- SERIENENTWICKLUNG
- PROJEKTMANAGEMENT



ERPROBUNG

- FESTIGKEIT
- LEBENSDAUER
- VERSCHLEISS
- MESSUNG





Standorte der IAMT Gruppe



Entwicklung
Berechnung
Versuch



Prüfstände



Weischlitz



Berlin



Munich



Stuttgart



Wolfsburg



Entwicklung
Berechnung



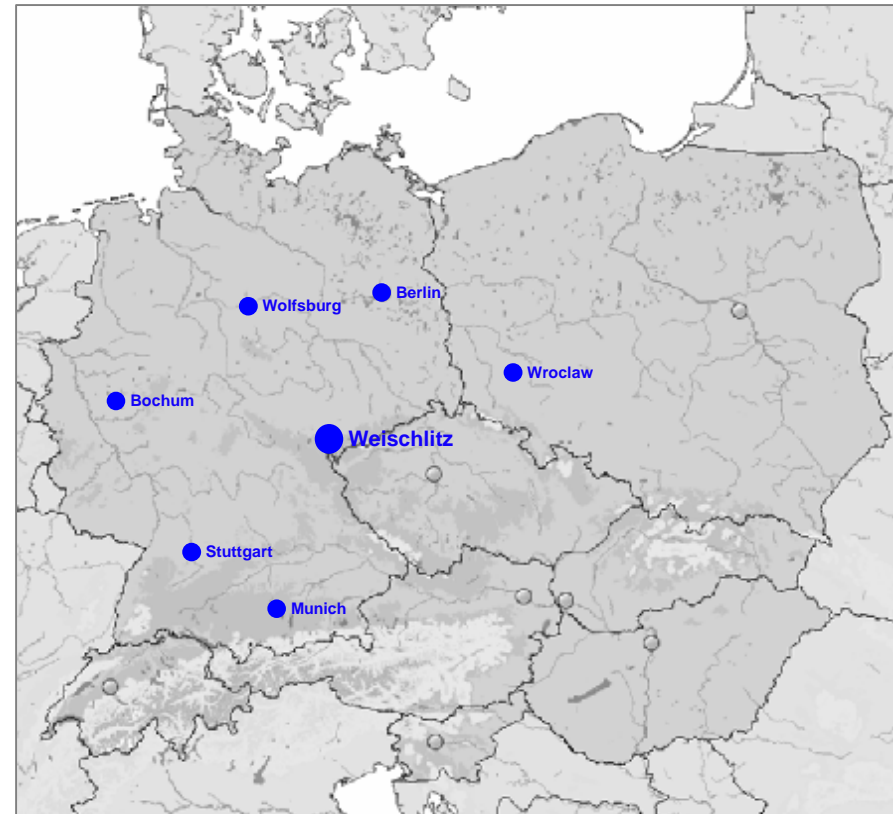
Bochum



Berechnung

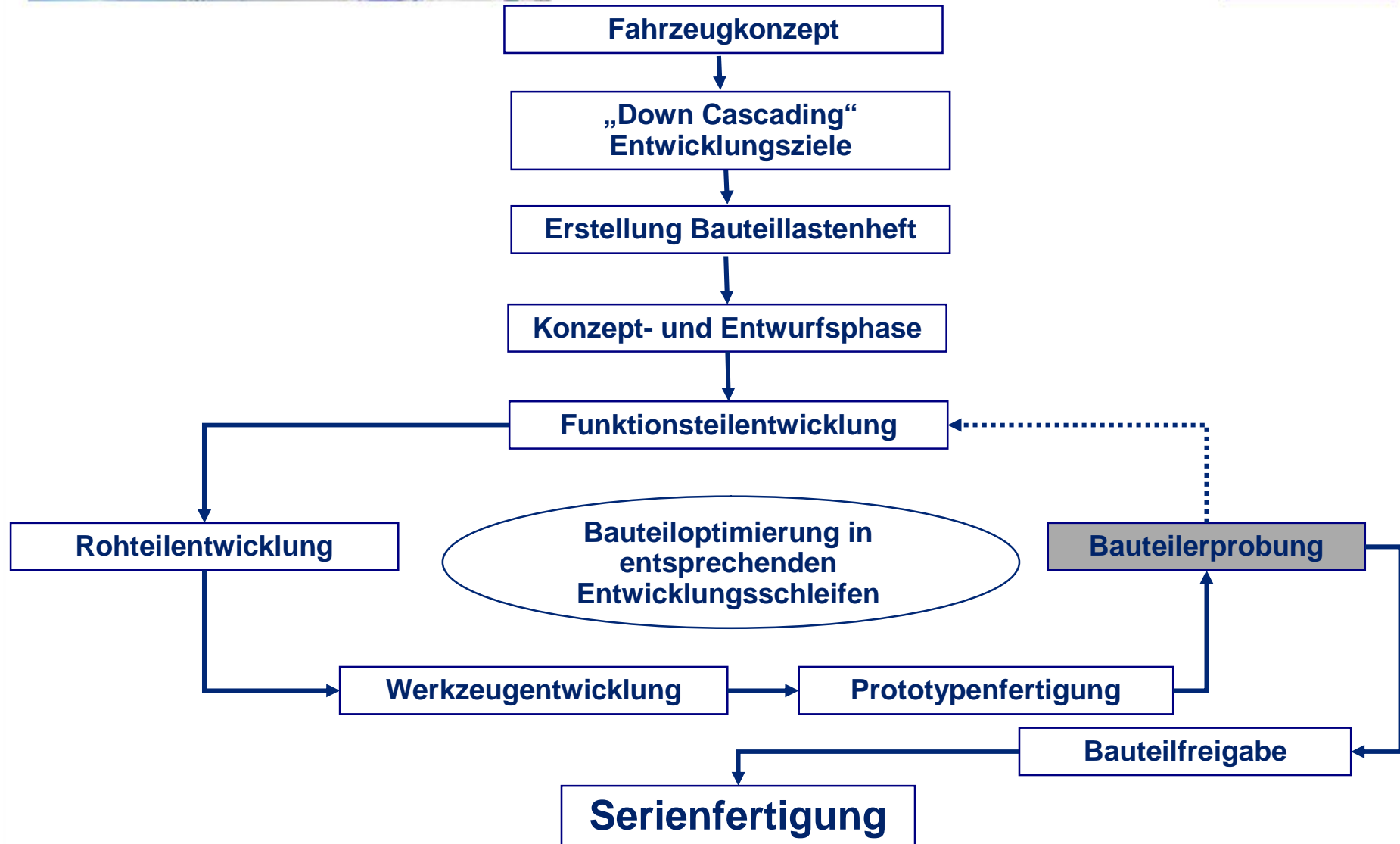


Wrocław



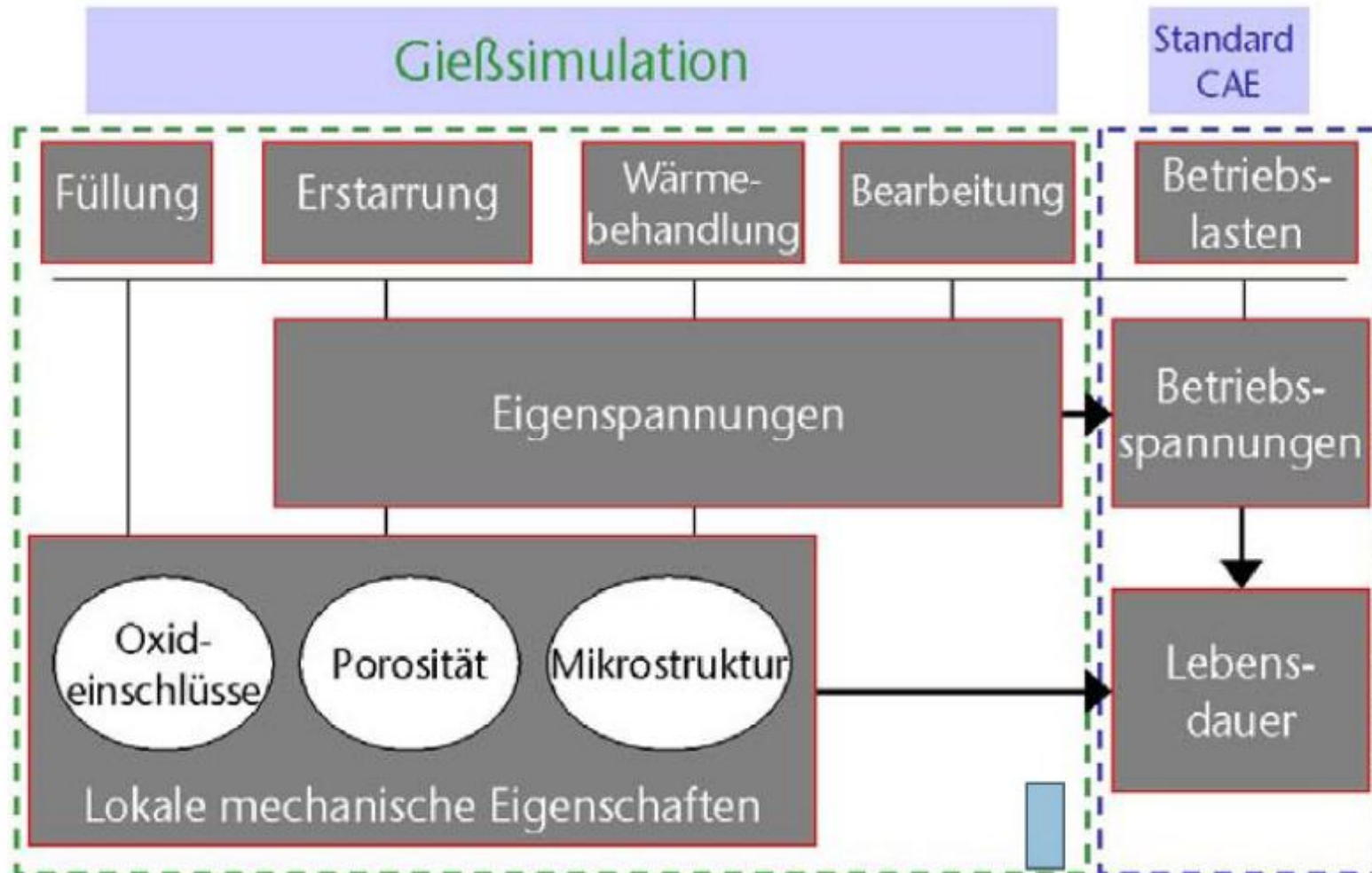


Entwicklungsprozess





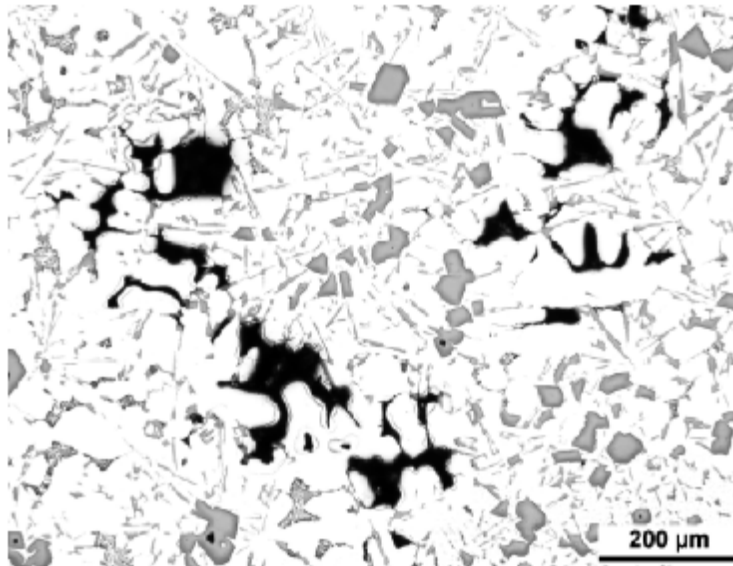
Lebensdauerberechnung Gussteile: Idealprozess



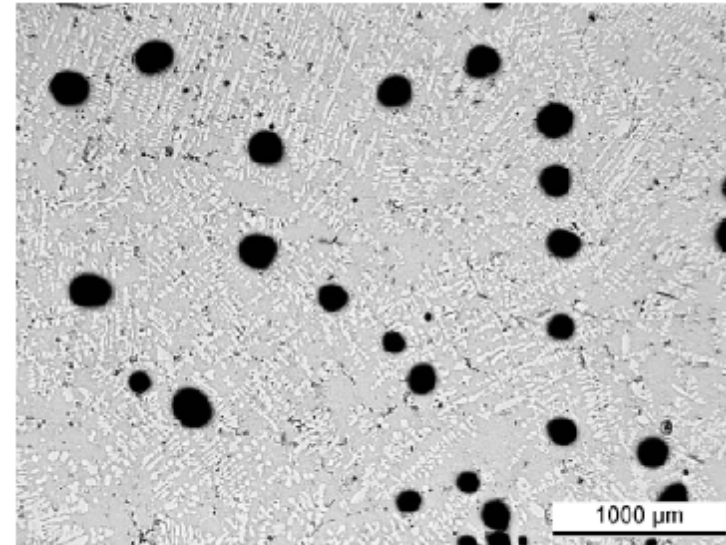
Quelle: Ulrich Weiss, Maik Broda, Pingyan Rong: "Die Rolle des Eisengießers bei der virtuellen Produktentwicklung im Automobilbau", Vortrag auf dem MAGMA Seminar "Gusseisen – Ein Werkstoff mit Zukunft", Duisburg, Mai 2002



„Die Herstellung vollständig lunkerfreier Gussstücke ist nicht möglich.“



Typische Ausbildungsform der Schwindungsporosität



Typische Ausbildungsform von Gasporen

Poren haben in Abhängigkeit von ihrer Form, der Lage zur Gussoberfläche und der Anordnung zueinander unterschiedliche Kerbwirkungen.

Die Kerbwirkung nimmt

Ø mit dem Flächenanteil der Porosität zu und

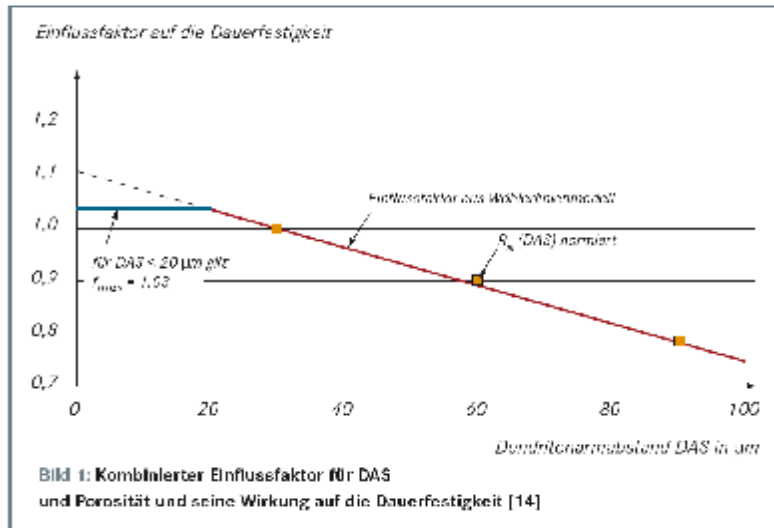
Ø mit zunehmender Rundheit, größerem Radius und wachsendem Abstand der Poren von der Gussoberfläche ab



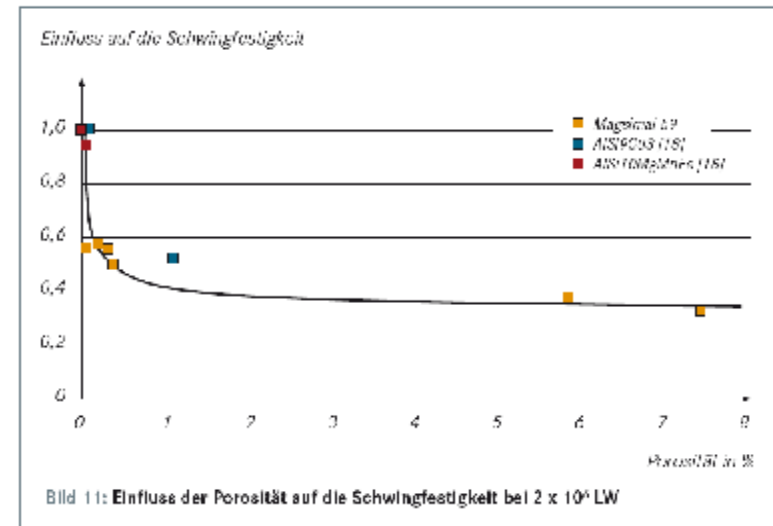
Einfluss auf die Schwingfestigkeit



Kokillenguss



Druckguss



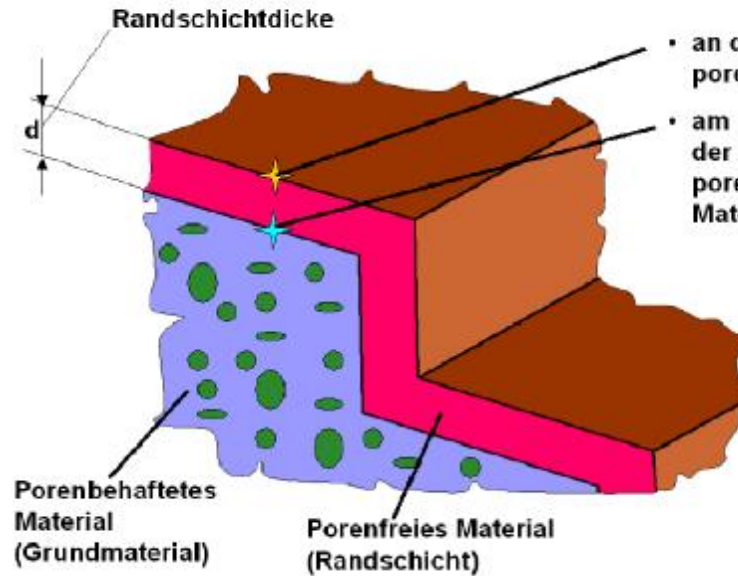
Quelle: Dawid Powazka, Heinz Leitner, Martin Brune, Wilfried Eichsleder und Helge Oppermann: Fertigungsbedingte Einflüsse auf die Schwingfestigkeit von Al-Gussbauteilen



Materialmodelle



2 Rechnungen pro Oberflächenknoten:



- an der Oberfläche mit porenfreiem Material
- am Beurteilungspunkt an der Grenzschicht zwischen porenfreiem und -behaftetem Material mit Grundwerkstoff

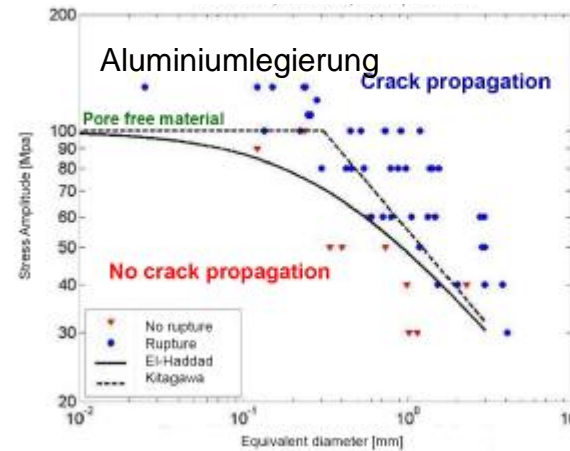
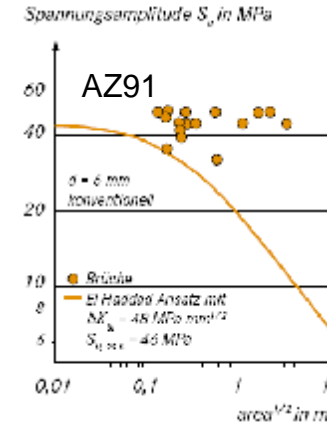
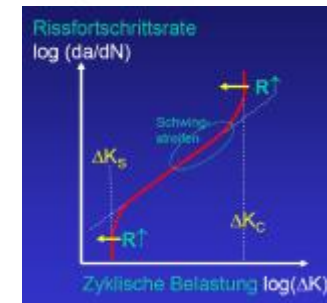


Diagramm nach Kitawo Takahasi

$$S_a = \frac{\Delta K_{th}}{2Y\sqrt{\pi(a+a_0)}}$$



- Ø FEMFAT Randschichtmodell
- Ø Prognose des Schwingfestigkeitsverhalten der Werkstoffe auf der Grundlage charakteristischer Längen und Formen von Gefügefehlern

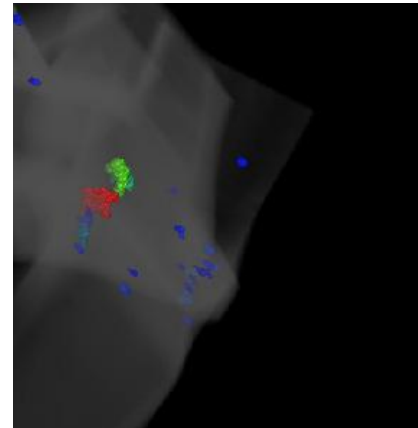
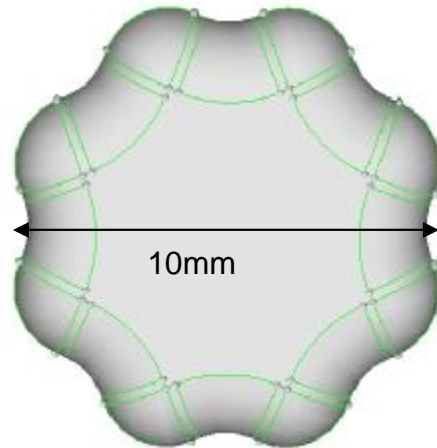
Quellen:

FEMFAT UM / dK Treshold

Lotahr H. Kallien; Walter Leis, Hubert Bomas, Bernd Köhler: Die Festigkeit von Magnesiumdruckgusslegierungen in Abhängigkeit von Art, Größe und Verteilung innerer Hohlräume
Giesserei 96 08/2009

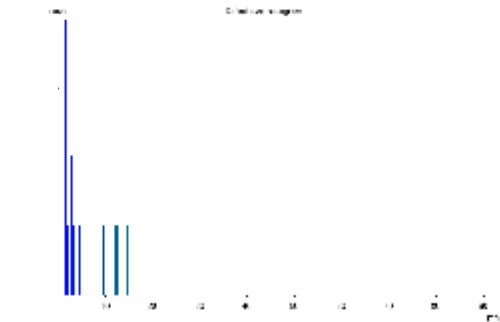


Bewertung von Bauteilen mit Lunkern



3Dv Defektanalyse

Defec. Histogram:

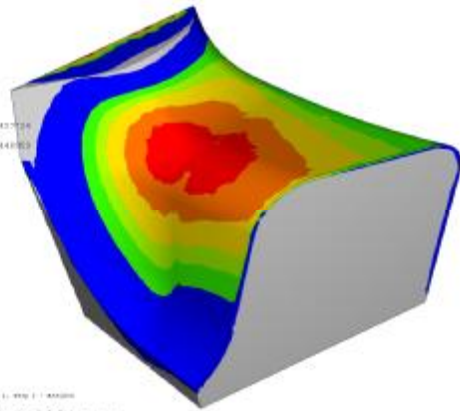


Total:
Max. Defect Size: 20.00 mm
Min. Defect Size: 0.00 mm
Average Defect Size: 2.50 mm
Standard Deviation: 1.50 mm

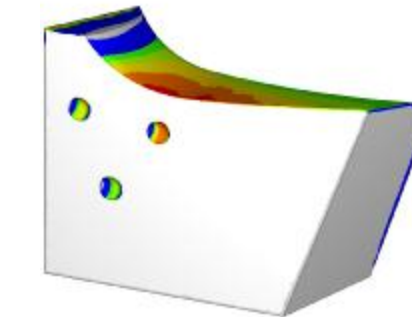
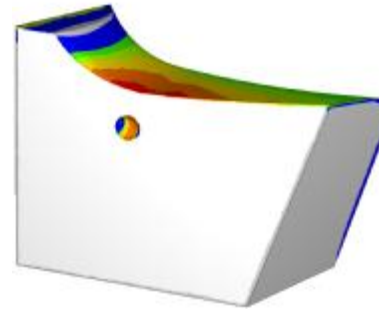
- Ø Identifikation der lunkergefährdeten Bereiche; Lage und Größe
- Ø Festlegung eines „Maximallunkers“
- Ø Einbringen von Lunkern in das FE-Modell in den gefährdeten Bereichen
- Ø Beanspruchungsanalyse und Bewertung



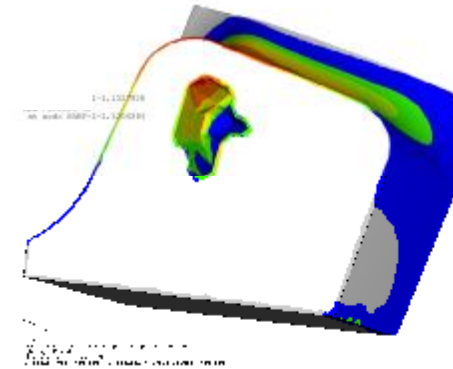
Rechnerische Lebensdaueranalyse unter Berücksichtigung der Gefügefehler



Submodell Bereich 1 ohne Pore



Submodell Bereich 1 mit Poren (unterschiedliche Dichte)



Submodell Bereich 1 mit Fadenlunker aus CT-Vermessung



Ergebnisse Beispiel Vorderachsträger



Modell	Schädigung an Bauteiloberfläche	Schädigung im Lunker
Gesamtmodell	0,56	-
Submodell, ohne Pore	0,76	-
Submodell, eine Pore großer Oberflächenabstand	0,76	0,1
Submodell, eine Pore kleiner Oberflächenabstand	0,99	0,46
Submodell, 5 % Porenanteil	1,06	0,45
Submodell, 3 % Porenanteil	0,81	0,26
Submodell, Fadenlunker	1,08	0,40



Fazit



Die Schwingfestigkeit an Bauteiloberfläche wird durch Lunker mit großem Randabstand kaum negativ beeinflusst.

Die Schädigung im Lunker selbst ist deutlich höher als im ungeschädigten Werkstoffvolumen an gleicher Stelle.

Bei großen Spannungsgradienten nimmt jedoch die Spannung in Bauteiltiefenrichtung schnell ab, so dass Schädigungswerte im Lunker dadurch geringer bleiben als an der Bauteiloberfläche. Der Porenabstand von der Oberfläche hat dadurch einen größeren Einfluss auf die Schädigung als der Porenanteil und die Porenform.

Bei geringen Spannungsgradienten ist das nicht zwingend zu erwarten. Aber insbesondere bei geometrisch komplexen Bauteilen sind in den hoch beanspruchten Bereichen eher starke Gradienten zu erwarten. (komplexe Beanspruchungen, keine reine Zug-Druck Beanspruchungen, lokale Kerbwirkungen)

Abschließende Aussagen zur Bauteilsicherheit unter Einbeziehung von Gefügefehlern lassen sich nur mit ausreichenden Sicherheitsfaktoren bzw. geeigneten versuchstechnischen Nachweisen treffen, sofern Lunker in den hochbeanspruchten Bereichen auftreten. Treten makroskopische Lunker in geringer belasteten Bereichen auf, kann durch Schädigungsrechnungen gezeigt werden, dass die Materialauslastung trotz Lunker im Vergleich zu hoch belasteten Bereichen des gleichen Bauteils deutlich geringer ist.



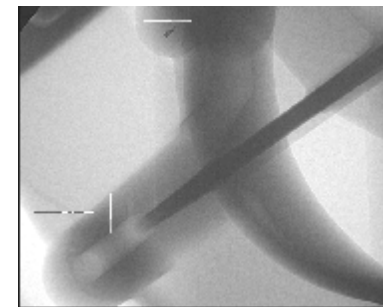
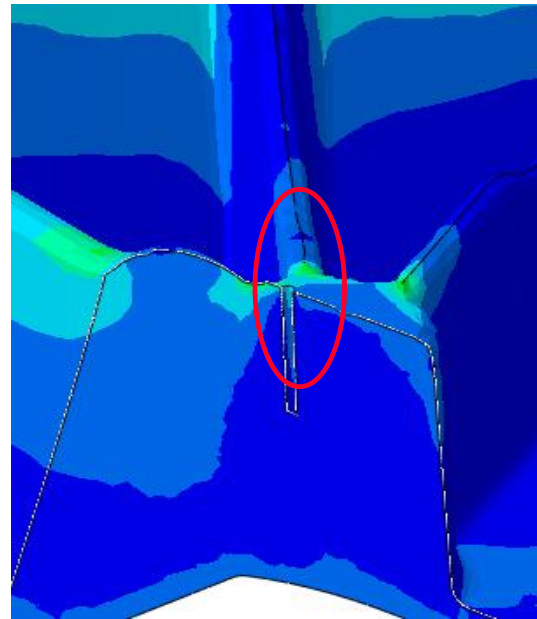
**Werkzeug für die anforderungsgerechte
Bauteilauslegung unter Berücksichtigung des
realen Gussgefüges (A-B-Vergleich)**



**Absolutaussagen zur Bauteillebensdauer
erfordern begleitende Versuche**



- Ø Identifikation der lunkergefährdeten Bereiche; Lage und Größe (Bauteilprüfung)
- Ø Dimensionierung und Positionierung von schädigungsäquivalenten Bohrungen mittels FEM
- Ø Einbringen von Bohrungen in Versuchsteile
- Ø Bauteilprüfung





- Ø Trotz aller virtueller Methoden bei der Prozessentwicklung können Gussfehler in Strukturbauteilen auftreten. Zur Absicherung des Fahrzeugentwicklungsprozesses und der Serienfertigung kann der Nachweis der Betriebssicherheit lunkerbehafteter Bauteile, die nicht der Materialspezifikation des Lastenheftes entsprechen erforderlich sein.
- Ø Für die Berücksichtigung typischer Porositäten in der Bauteilberechnung stehen bruchmechanische Ansätze zur Anpassung der Schwingfestigkeitskennwerte für die Betriebsfestigkeitsanalyse zur Verfügung, deren Anwendung in der Praxis überprüft werden muss.
- Ø Makroskopische Lunker, die das Spannungsfeld deutlich beeinflussen, können durch Berücksichtigung der Lunker als Extremalvarianten im FE-Modell rechnerisch bewertet werden.
- Ø Für die abschließende quantitative Bewertung und Freigabe lunkerbehafteter Bauteile besteht die Möglichkeit durch das Einbringen schädigungsäquivalenter Bohrungen auf der Grundlage von FEM Berechnungen repräsentative Bauteile für Betriebsfestigkeitsprüfungen bereitzustellen. Gegebenenfalls besteht darüber hinaus die Möglichkeit spezielle Prüfungen abzuleiten, die die betroffenen Bereiche verstärkt beanspruchen, um die Funktionssicherheit zu quantifizieren.



IAMT
GRUPPE

KONSTRUKTION | ENTWICKLUNG

BERECHNUNG | SIMULATION

PRÜFUNG | PRÜFSTÄNDE

Lebensdauersimulation bei Gefügefehlern in Gussbauteilen

Dipl.-Ing. Volker Treichel

Dipl.-Ing. Andreas Kiesel

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Ihr Engineering Partner