

Optimierte Lebensdauervorhersage von Gusseisen aufgrund lokaler Gefügekenngößen

VON CORINNA THOMSER, MATHIAS BODENBURG UND JÖRG CHRISTIAN STURM, AACHEN

Der Herstellungsprozess eines Gussteils hat einen wesentlichen Einfluss auf das lokal entstehende Gefüge. Unterschiede in der lokalen Mikrostruktur führen auch zu Unterschieden in den lokalen mechanischen Eigenschaften. Die Eigenschaften von Bauteilen aus Gusseisen hängen neben der Geometrie im Wesentlichen von der Grafitmorphologie, vom Gefüge der Matrix und von lokalen Fehlstellen ab. Die gewählte Metallurgie und die Prozesskontrolle sind daher wesentliche Einflussgrößen für das Bauteilverhalten.

Bei der konventionellen konstruktiven Auslegung von Gussteilen wird der Einfluss lokaler Gefügemerkmale auf die Lebens-

dauer nicht berücksichtigt. Der Konstrukteur konstruiert mit Normwerten. Im Rahmen einer konservativen Auslegung und Lebensdauerbewertung eines Gussteils werden entsprechend der gültigen Richtlinien homogene Eigenschaften über das ganze Bauteil angenommen. Das führt dazu, dass nur ein Werkstoffdatensatz für die Berechnung der Betriebsfestigkeit verwendet wird.

Lokale Eigenspannungen und das lokale Gefüge finden daher bisher kaum Berücksichtigung bei der Betriebsfestigkeitsanalyse. Dies bedeutet einerseits, dass lokale Risiken nicht genau bewertet werden und andererseits auch das Potenzial des Werkstoffs nicht konsequent ausgenutzt wird. Daher entstehen bei Konstrukteuren Unsicherheiten bezüglich der zu erwartenden Unterschiede zwischen den für die Auslegung des Bauteils be-

rücksichtigten und den tatsächlich im Gussteil zu erwartenden mechanischen Eigenschaften. Die konservative Vorgehensweise führt zu Sicherheitszuschlägen, zu einem hohen Bauteilgewicht und damit zu unnötig hohen Kosten. Das Vertrauen in den Konstruktionswerkstoff Guss wird so nicht gefördert.

Auch für den Gießer hat dies Konsequenzen: Aus Sicherheitsgründen zu groß dimensionierte Wanddicken verlängern die Erstarrung und führen tendenziell zu schlechteren lokalen Eigenschaften. Die daraus resultierenden größeren Wanddickenunterschiede sind schlechter speisbar und erhöhen zudem die Eigenspannungen im Teil bei der Abkühlung nach dem Erstarren.

Es wird damit die Notwendigkeit einer intensiven Kopplung der Gießprozesssimulation mit der Lastfallauslegung deut-

lich. Das Werkstoffpotenzial kann nur voll genutzt werden, wenn die Gusseigenschaften, also die tatsächlich lokal variierenden Werkstoffeigenschaften, die sich aus dem Gießprozess ergeben, Eingang in die Lastfallberechnungen des Konstrukteurs finden. Die Gießprozesssimulation muss Fragen beantworten, die sowohl vom Gießer als auch vom Gussteilkonstrukteur gestellt werden. Aus diesem Grund ist es wichtig, das Bauteilverhalten von Gusseisen nicht nur qualitativ, sondern mit der Simulation auch quantitativ beschreiben zu können.

In **Bild 1** wird dieser konventionelle CAE-Auslegungsprozess (Computer-Aided Engineering) von Gussteilen auf der rechten Seite dargestellt. Berücksichtigung finden bei konventionellem Vorgehen für die Lebensdauervorhersage ausschließlich die externen Lasten im Betrieb des Bauteils sowie der Temperatureinfluss.

Eine Integration von lokalen Eigenschaften aus der Gießprozesssimulation auf Basis der Fertigungsbedingungen und die Berücksichtigung der lokalen Gusseigenschaften des Bauteils machen eine maßgeschneiderte Bauteilauslegung möglich. Die Information über Eigenspannungen aus dem Gusszustand oder nach einer Wärmebehandlung und deren Einbeziehung als „zusätzliche Last“ bei der Berechnung der Betriebsspannungen ist heute ohne Probleme möglich und für einige Anwendungen bereits Stand der Technik (z. B. bei Zylinderköpfen). Dagegen wird der Einfluss von lokalen mechanischen Eigenschaften auf die Bewertung der Betriebsfestigkeit eines Gussteils bisher nur in Ansätzen berücksichtigt. Die dieser Kopplung zugrunde liegenden Korrelationen wurden bisher überwiegend für konkrete Bauteile experimentell ermittelt, was ihre Übertragbarkeit auf andere Anwendungen limitiert.

KURZFASSUNG:

Unterschiede in der Mikrostruktur beeinflussen bei Gusseisen wesentlich die mechanischen Eigenschaften. Gefüge und lokale Fehlstellen im Gussbauteil werden bei konventioneller Auslegung der Lebensdauer nicht berücksichtigt. In der Regel führt die Annahme homogener Eigenschaften unter Verwendung eines einzigen Werkstoffdatensatzes bei der Berechnung der Betriebsfestigkeit zu Fehleinschätzungen in der Beurteilung von lokalen Risiken. Gleichzeitig werden Chancen im Werkstoffpotenzial nicht genutzt. Sicherheitszuschläge sorgen für ein unnötig hohes Bauteilgewicht und erhöhen die Kosten. Der Konstrukteur kann nur dann in hohem Maße vom Potenzial des Werkstoffs Gusseisen profitieren, wenn die tatsächliche Bandbreite der lokalen Werkstoffeigenschaften bei der Lastfallberechnung Berücksichtigung findet.

Die Verknüpfung der Gießprozesssimulation mit zyklischen Werkstoffkennwerten wurde im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes MABIFF erstmalig für verschiedene Gusseisenwerkstoffe realisiert. Gefügeabhängige Wöhlerkurven schließen die vorhandene Lücke zwischen Gießprozesssimulation und Lastfallanalyse. Damit gelang die Übertragung der Eigenschaften aus dem Herstellungsprozess in die Betriebsfestigkeitsberechnung.

Diese innovative Vorgehensweise führte sowohl quantitativ als auch qualitativ zu Verbesserungen bei der Lebensdauervorhersage, da sowohl Lastspielzahlen erhöht werden konnten als auch lokale Anrissorte korrekt vorhergesagt wurden, was im Vergleich zur konventionellen Auslegung von Gussbauteilen eine enorme Verbesserung darstellt.

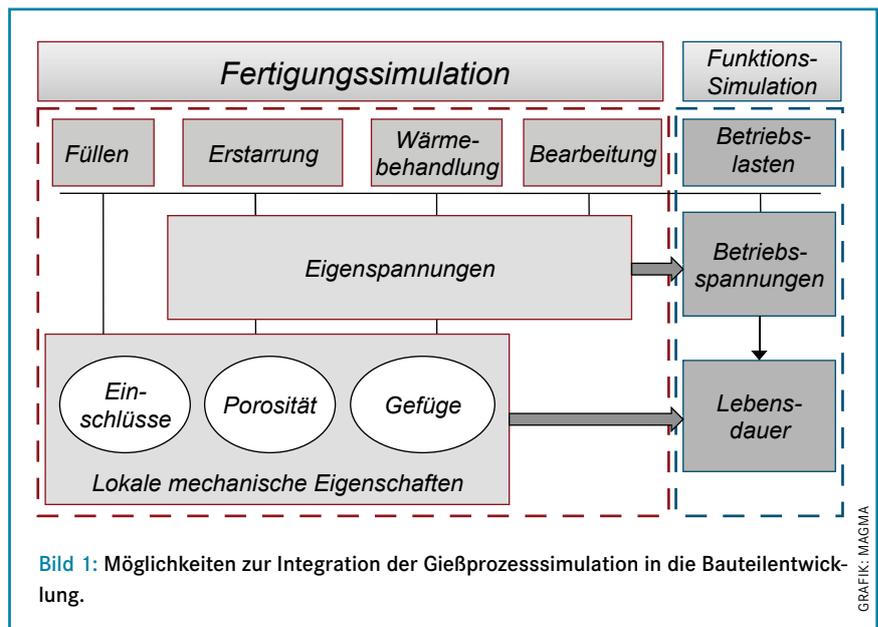


Bild 1: Möglichkeiten zur Integration der Gießprozesssimulation in die Bauteilentwicklung.

GRAFIK: MAGMA

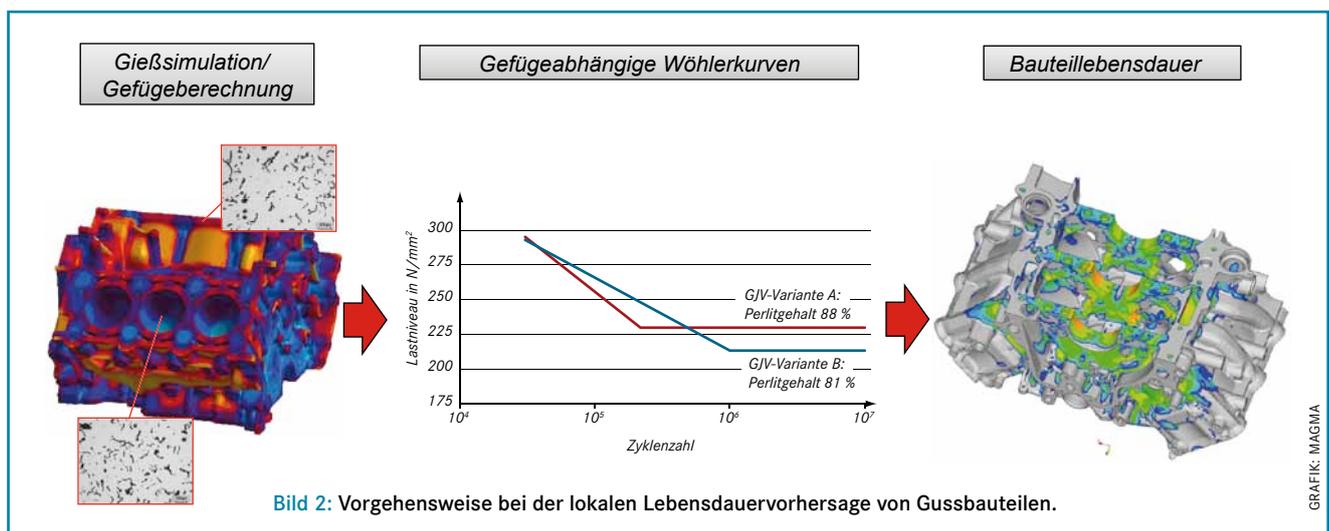


Bild 2: Vorgehensweise bei der lokalen Lebensdauervorhersage von Gussbauteilen.

GRAFIK: MAGMA

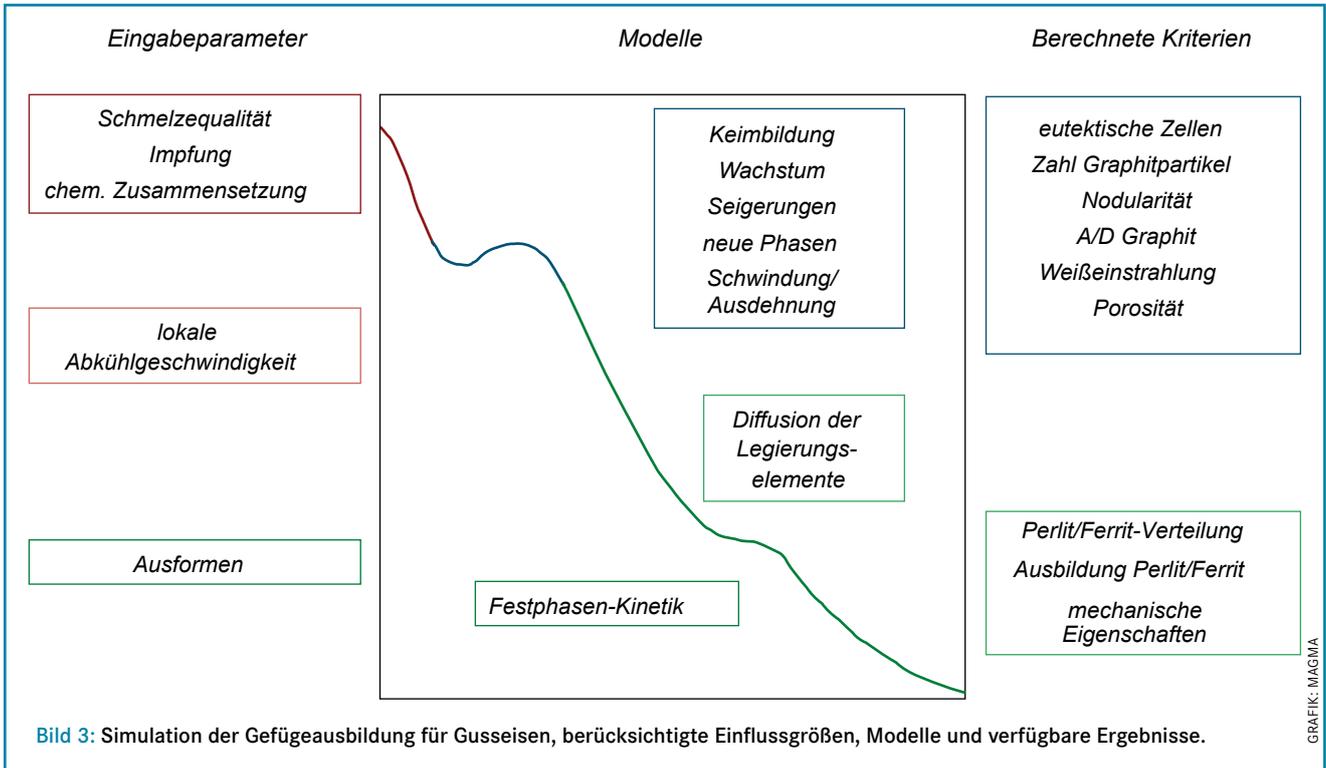


Bild 3: Simulation der Gefügeausbildung für Gusseisen, berücksichtigte Einflussgrößen, Modelle und verfügbare Ergebnisse.

GRAFIK: MAGNA

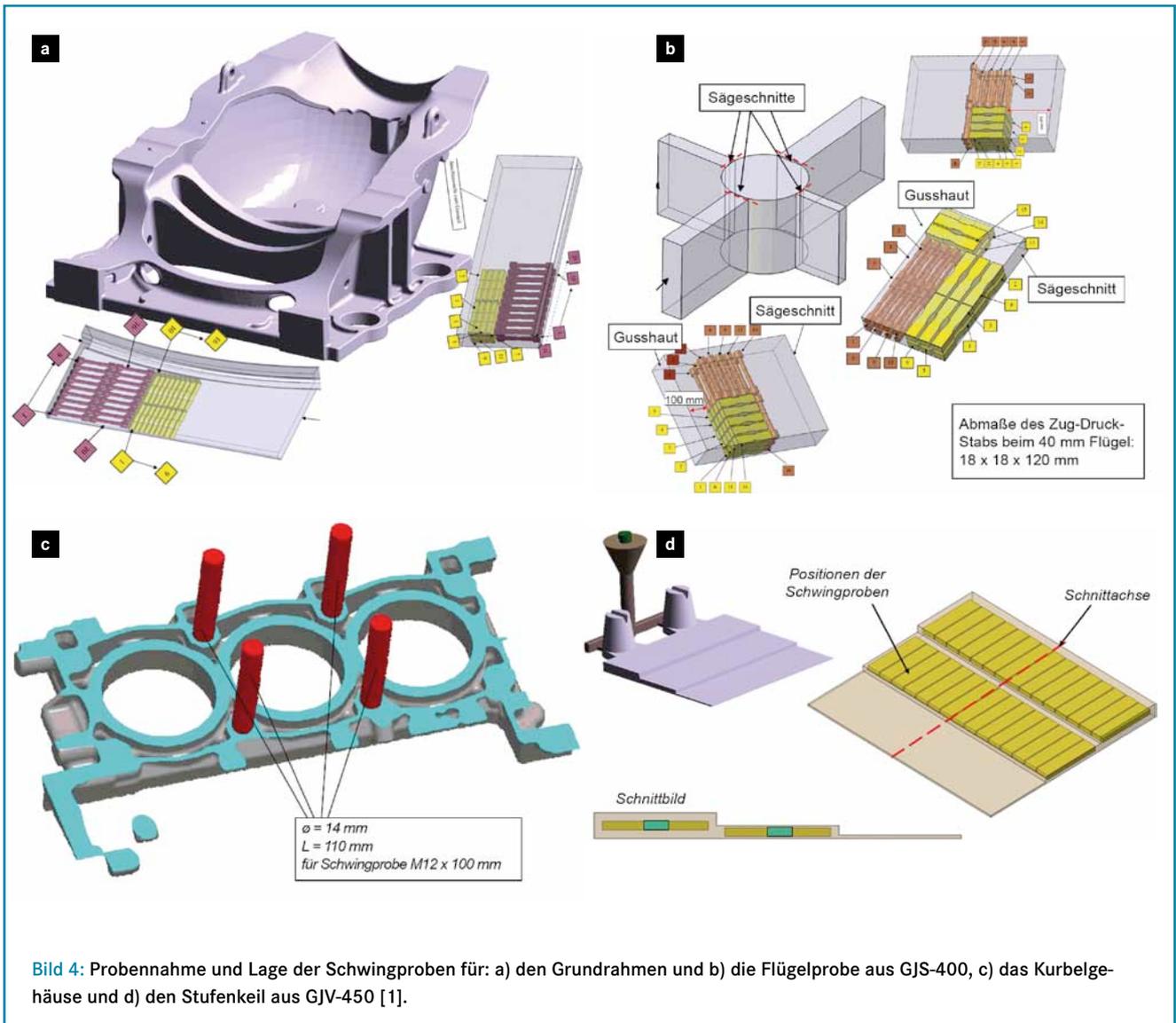


Bild 4: Probennahme und Lage der Schwingproben für: a) den Grundrahmen und b) die Flügelprobe aus GJS-400, c) das Kurbelgehäuse und d) den Stufenkeil aus GJV-450 [1].

Um bauteilunabhängig eine Kopplung zu realisieren, ist es notwendig, die Lücke zwischen den bisher verfügbaren Ergebnissen der Gießprozesssimulation und den lokalen zyklischen Werkstofffestigkeiten zu schließen. Dieses wurde beispielhaft im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes MABIFF für verschiedene Gusseisenwerkstoffe und für unterschiedliche Anwendungen erstmalig realisiert [1].

Das Konzept des Forschungsvorhabens war es, den Einfluss unterschiedlicher Gefügemerkmale für Gusseisen (GJS-400 und GJV-450), die mittels der Gießprozesssimulation lokal vorhergesagt werden können, auf die Lebensdauer zu qualifizieren. Hierzu wurden aus umfangreichen Versuchen gefügespezifische Wöhlerkurven ermittelt, die es ermöglichen, mit Hilfe der Fertigungssimulation eine geschlossene Kette von den verwendeten Fertigungsparametern über die berechneten lokalen Gefüge bis hin zu einer Vorhersage der lokalen Schwingfestigkeit zu realisieren. Damit ist die Übertragbarkeit des Fertigungseinflusses in die Betriebsfestigkeitsberechnung möglich (Bild 2).

Gefügevorschau für Gusseisen

Bei Gusseisenwerkstoffen haben Metallurgie und Werkstoffzusammensetzung einen großen Einfluss auf das entstehende Gefüge und die resultierenden mechanischen Eigenschaften. Insbesondere die chemische Zusammensetzung, Legierungselemente und Verunreinigungen, die

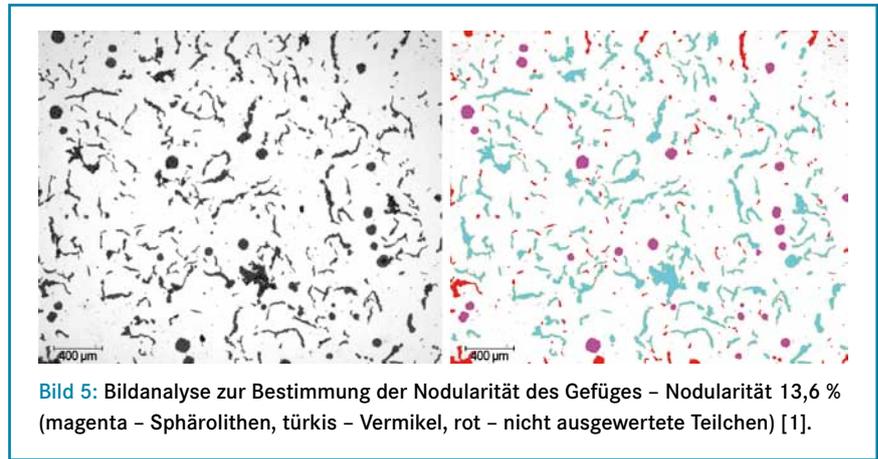


Bild 5: Bildanalyse zur Bestimmung der Nodularität des Gefüges – Nodularität 13,6 % (magenta – Sphärolithen, türkis – Vermikel, rot – nicht ausgewertete Teilchen) [1].

Schmelzebehandlung (Einsatzstoffe, Schmelzaggregat, Behandlung und Impfen) sowie die lokalen Abkühlbedingungen im Bauteil sind dabei von entscheidender Bedeutung. Jeder Gießer nutzt diese Prozessvariablen zur Einstellung des geforderten Gefüges (Grafitform Ferrit/Perlit) und zur Vermeidung von unerwünschten Fehlern (z. B. Porositäten oder Dross) sowie Gefügemerkmalen (z. B. Entartungen oder Weißeinstrahlung).

Simulationsprogramme müssen daher in der Lage sein, die Kinetik der Bildung einzelner Phasen während des gesamten Erstarrungsablaufes lokal vorherzusagen [2]. Für Gusseisen bedeutet dies, dass neben dem dominanten Legierungseinfluss der Impfzustand, aber auch die Schmelzequalität zu berücksichtigen sind. Diese Einflüsse werden in der Regel von den lo-

kalen Abkühlbedingungen im Gussteil überlagert. Die Berechnung des rein makroskopischen Erstarrungs- und Abkühlverhaltens kann diese Kopplung nicht berücksichtigen. Daher ist eine Gefügesimulation erforderlich, die zu jedem Zeitpunkt während der Erstarrung und Abkühlung die entstehende Menge an neuen Phasen auf der Basis der oben beschriebenen Zusammenhänge in jedem Punkt des Gussteils berechnet. Einen Überblick über die berücksichtigten Einflussgrößen, die verwendeten Modelle und die verfügbaren Ergebnisse gibt Bild 3.

Neben der Gießtechnik und der Geometrie des Gussteils werden in der Simulation Legierungszusammensetzung, Parameter der Schmelzebehandlung und Impfung sowie Prozessgrößen festgelegt. Das Programm nutzt diese Eingangsgrößen

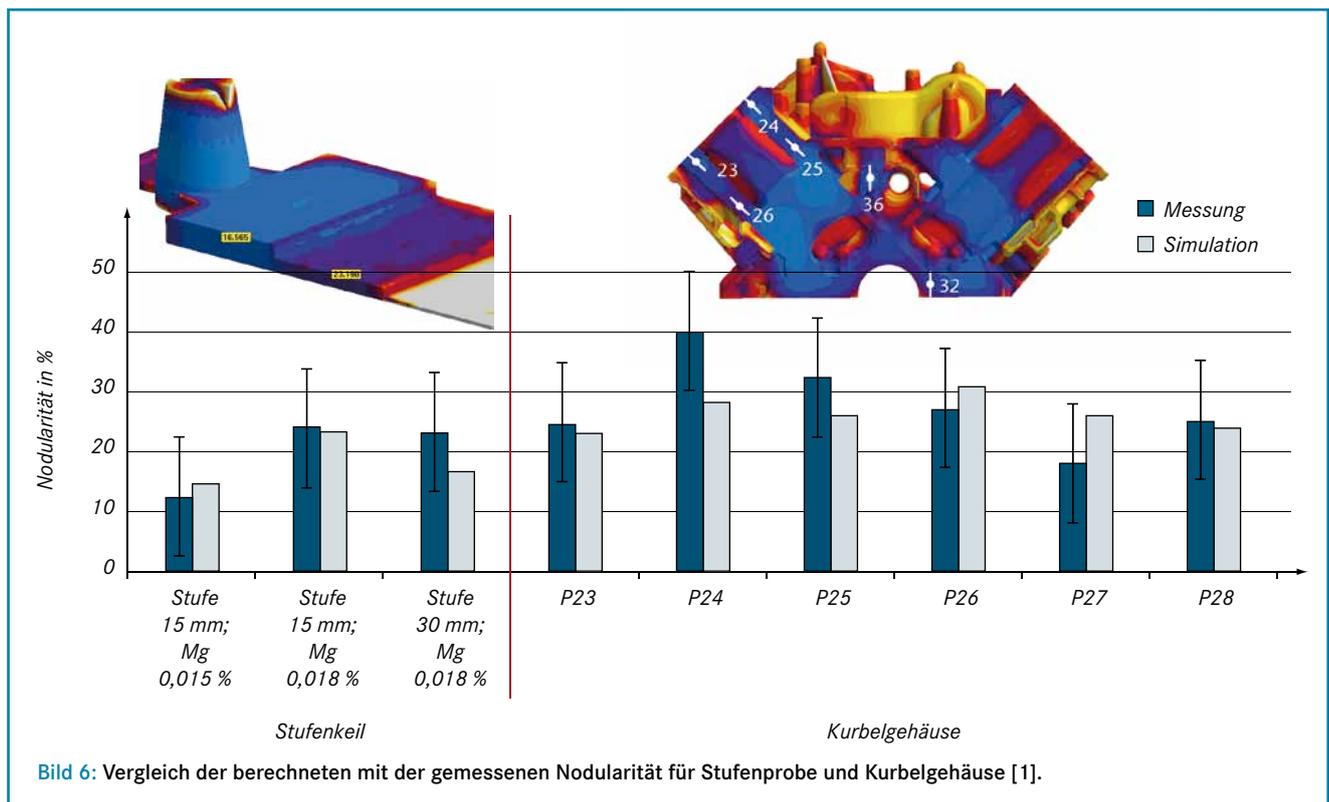
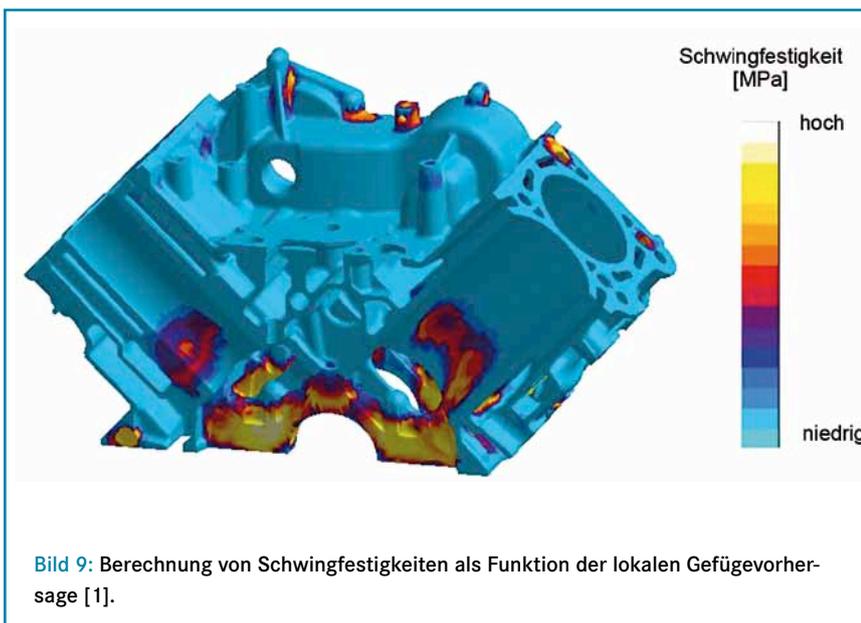
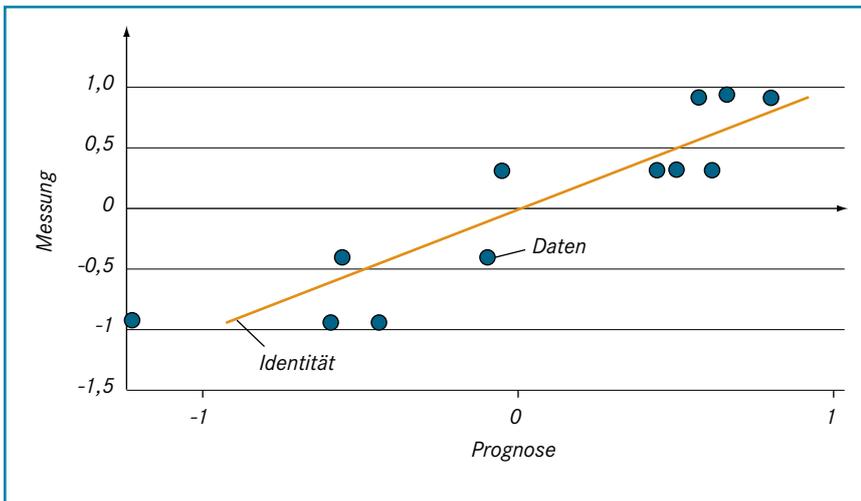
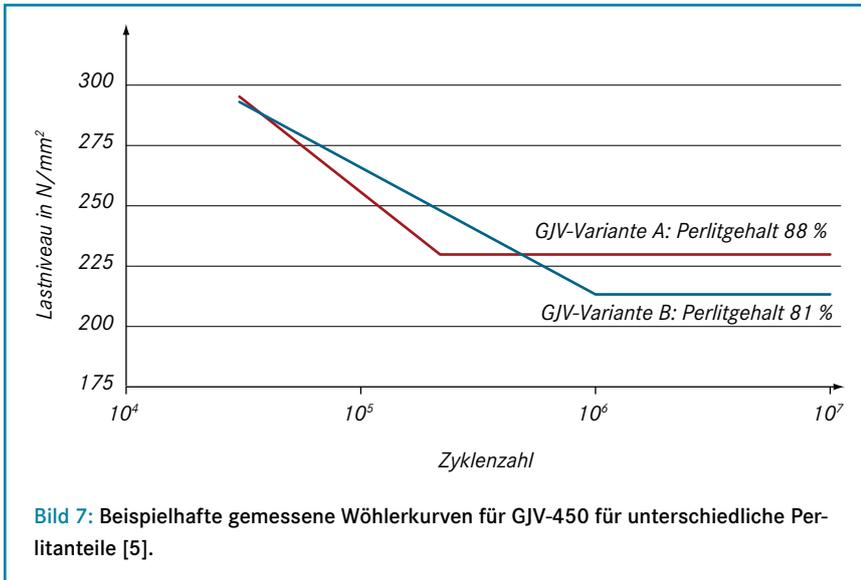


Bild 6: Vergleich der berechneten mit der gemessenen Nodularität für Stufenprobe und Kurbelgehäuse [1].



Ben, um bei gegebenen lokalen Abkühlbedingungen die Keimbildung, das Wachstum unterschiedlicher Phasen, Seigerungseinflüsse und als Ergebnis der Berechnungen den Erstarrungsfortschritt und lokal entstehende Gefüge und ihre Merkmale zu berechnen.

Die Berechnung der einzelnen Phasen bei der Erstarrung ermöglicht die Vorhersage von Gefügen nach der Erstarrung (Anzahl Sphäroliten/eutektischer Zellen, Grau/Weiß-Erstarrung, Anteil Austenit/Eutektikum bei GJL/GJS und zusätzlich Nodularität bei GJV) [3]. Bei der weiteren Abkühlung wird die Diffusion von Legierungselementen im Austenit mit einbezogen, um die Menge an Grafit zu ermitteln. Ferner ermöglicht die Berechnung der Seigerungsprofile, den Einfluss von Legierungselementen auf die Bildung von Ferrit und Perlit während der eutektoiden Umwandlung zu berücksichtigen. Die Berechnung der Abkühlung unter die eutektoiden Umwandlungstemperatur erlaubt auch die quantitative Vorhersage der Phasenanteile der Matrix (Ferrit/Perlit-Verhältnis, Perlitstreifigkeit). Damit wird die Vorhersage von statischen lokalen mechanischen Eigenschaften über das gesamte Gussteil (Zugfestigkeit, Härte, Streckgrenze, Bruchdehnung, Elastizitätsmodul) möglich.

Experimentelle Untersuchungen zur Kopplung von Gefüge und lokaler Schwingfestigkeit

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zwei wesentliche, für die Werkstoffe GJS-400 und GJV-450 typische Gefügemerkmale und ihr Einfluss auf die Schwingfestigkeit bewertet. Für GJS-400 wurden der Einfluss der Ferrit/Perlit-Verteilung in der Grundmatrix und für GJV-450 die Nodularität des Grafits und der Perlitgehalt untersucht. Beide Merkmale können mit der Gießprozesssimulation lokal vorausgesagt werden. Auf die Berücksichtigung des Einflusses von Defekten wie Lunker, Porositäten oder Dross wurde im Rahmen des Projektes bewusst verzichtet.

Zur Realisierung einer durchgängigen Informationskette wurden für beide Werkstoffe umfangreiche Schwingversuche unter Zug-Druck- sowie Biegewechselbelastung für unterschiedliche Gefüge durchgeführt. Entscheidend für die Ermittlung einer repräsentativen Korrelation zwischen Gefügemerkmal und Schwingfestigkeit ist die Berücksichtigung typischer im Gussteil auftretender Gefügeunterschiede in den Schwingproben. Da auf Grund der erforderlichen Pro-

bengröße aus den Gussteilen Grundrahmen, Lagerbock und Kurbelgehäuse die Probenahme limitiert war, wurden für die Untersuchungen zusätzlich ein Probekörper (Flügelprobe) als Referenz für dickwandiges GJS sowie Stufenkeile für GJV abgegossen. Geometrie und Lage der Schwingproben zeigt für alle Teile Bild 4. Die Schmelzen wurden von den teilnehmenden Industriepartnern gezielt so eingestellt, dass bei GJV-450 typische Bandbreiten für die Nodularität des Grafit in einem Kurbelgehäuse erreicht werden konnten. Mit den unterschiedlichen Wanddicken in den Gussteilen und Probekörpern wurden auch für GJS-400 eine Variation der Abkühlverhältnisse sowie eine ausreichende Variation des Ferrit-/Perlit-Verhältnisses erreicht.

Die Proben wurden bearbeitet und an der Oberfläche poliert, um ausschließlich den Einfluss des gesunden Gefüges auf die Schwingfestigkeit zu ermitteln. Der Einfluss der Gussoberfläche war nicht Bestandteil der Untersuchungen.

Die Schwingversuche wurden sowohl unter Zug-Druck- als auch unter Biege-wechselbelastung durchgeführt. Da in der rechnerischen Betriebsfestigkeitsanalyse zur Vorhersage der Anrisslebensdauer sowohl das Spannungs- als auch das Dehnungskonzept angewendet wurden, wurden sowohl spannungs- als auch dehnungsgeregelte Versuche durchgeführt.

Nach dem Bruch wurden die Schwingproben an der Bruchfläche metallografisch untersucht und das lokale Gefüge mit der automatischen Bildauswertung gemäß DIN EN ISO 945 bestimmt. Ausgewertet wurden 22 Merkmale, darunter die Zahl, die Form und die Größe der Gra-

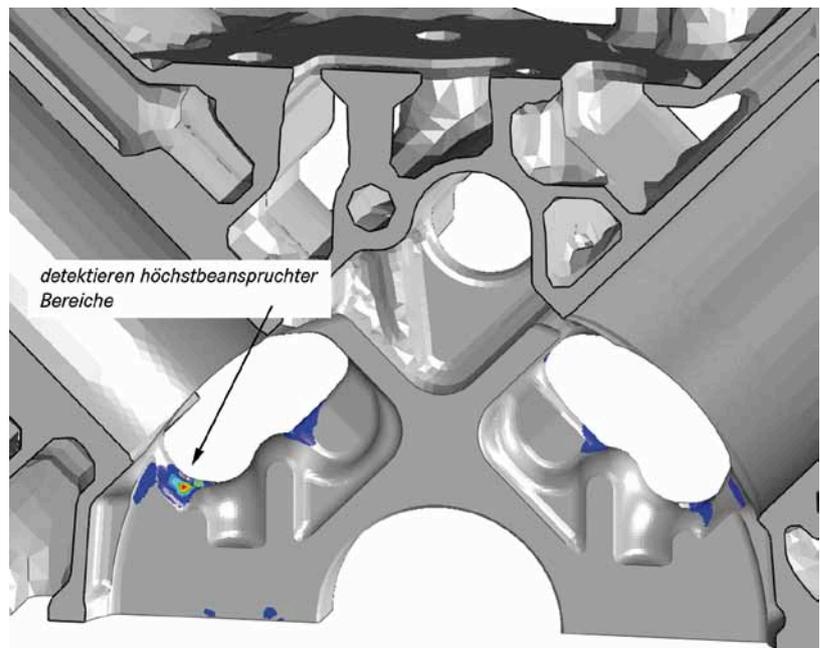


Bild 10: Die höchstbeanspruchten Bereiche im Kurbelgehäuse liegen im oberen Bereich der Verschraubung der Lagerbrücke [1].

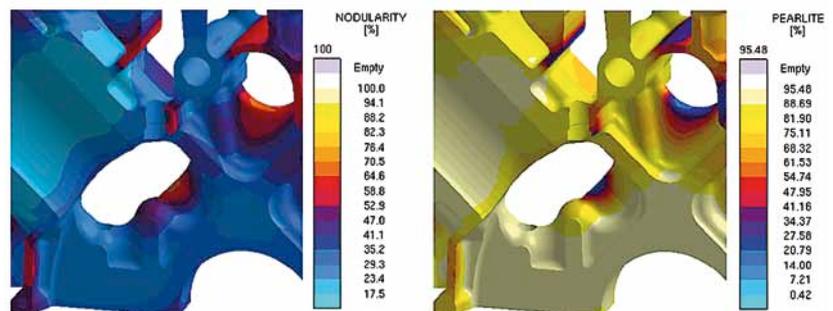


Bild 11: Berechnete Verteilung der Nodularität des Grafit (links) und berechnete Verteilung des Perlits (rechts) in den höchstbeanspruchten Bereichen des Kurbelgehäuses aus GJV-450 [1].

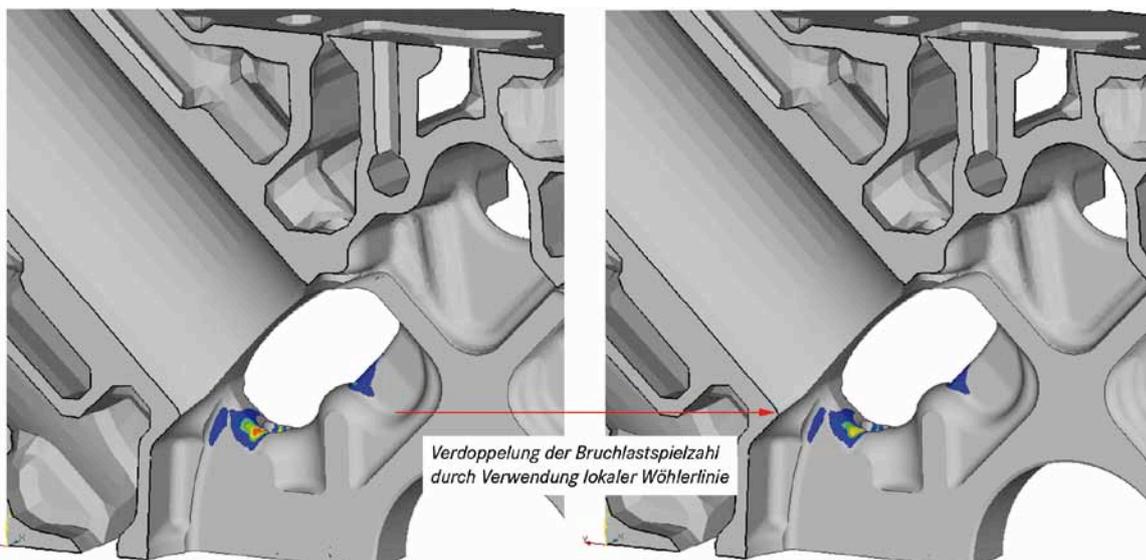


Bild 12: Berechnete Betriebsfestigkeit im höchstbeanspruchten Bereich unter Berücksichtigung der aufgrund des hohen Perlitanteils höheren Schwingfestigkeit. Die kritische rote Anzeige fehlt in der neuen Berechnung (rechts) [1].

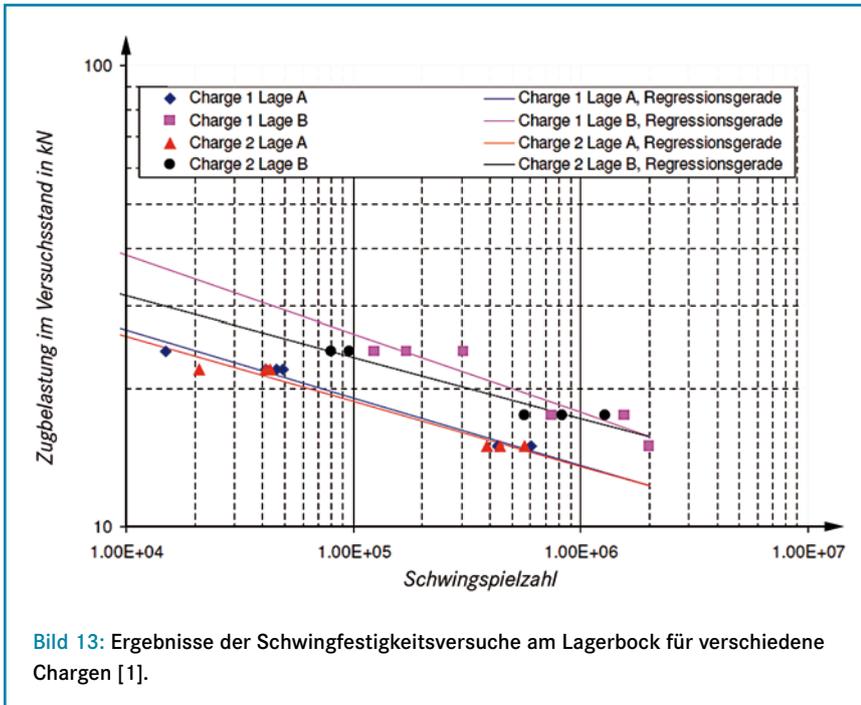


Bild 13: Ergebnisse der Schwingfestigkeitsversuche am Lagerbock für verschiedene Chargen [1].

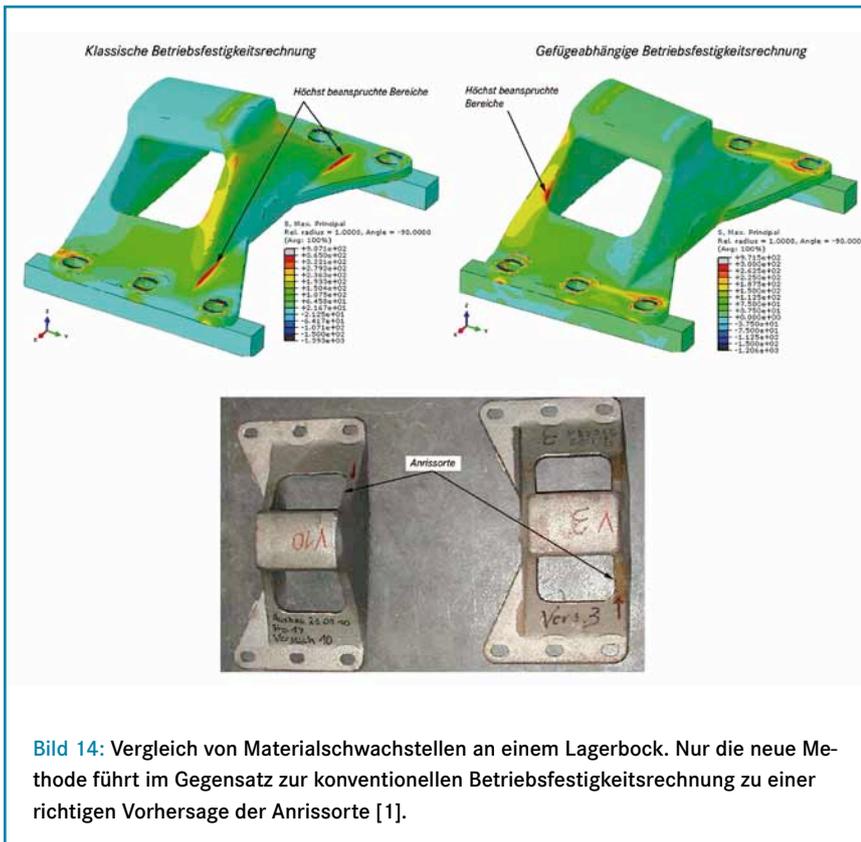


Bild 14: Vergleich von Materialschwachstellen an einem Lagerbock. Nur die neue Methode führt im Gegensatz zur konventionellen Betriebsfestigkeitsrechnung zu einer richtigen Vorhersage der Anrissorte [1].

fitpartikel sowie die Ferrit/Perlit-Verteilung. Zusätzlich wurde die chemische Zusammensetzung berücksichtigt. Bild 5 zeigt exemplarisch die Ermittlung der Nodularität für einen Schliff einer Schwingprobe aus dem Stufenkeil.

Die ermittelten Gefügemerkmale wurden auch zur Überprüfung der Vorhersagequalität der Simulation verwendet. Beispielhaft wird dies an der lokalen Vorhersage der Nodularität in Bild 6 für den

Stufenkeil und das Kurbelgehäuse dargestellt. Die Ergebnisse der Simulation liegen für alle Punkte im Rahmen der Messstreuung. Mit Hilfe einer umfangreichen Varianz- und Regressionsanalyse wurde von den Projektpartnern auf der Basis der experimentellen Daten für die untersuchten Gusseisenwerkstoffe eine Korrelation zwischen dem lokalen Gefüge der untersuchten Proben und der in Wöhlerversuchen ermittelten Dauerfestigkeit abgelei-

tet. In Bild 7 sind exemplarisch zwei gemessene Wöhlerkurven für unterschiedliche Perlitanteile im Gefüge dargestellt.

Bild 8 zeigt die mit Hilfe des statistischen Modells vorhergesagte mathematische Korrelation der Dauerfestigkeit sowie die im Vergleich dazu experimentell gemessenen Dauerfestigkeiten zugdruck-belasteter polierter Probestäbe. Der Bestimmtheitsgrad des Modells liegt bei 87 %. Diese Zusammenhänge wurden in das Gießprozess-Simulationsprogramm MAGMA⁵ integriert. Sie ermöglichen Aussagen über die gefügeabhängigen, lokalen Schwingfestigkeiten der berechneten Bauteile als Funktion der Fertigungsbedingungen. Sie können einfach in Berechnungsprogramme zur Vorhersage der Betriebsfestigkeit übertragen werden (Bild 9).

Die im Rahmen des Projekts ermittelten und angewandten lokalen Schwingfestigkeiten stellen sowohl quantitativ als auch qualitativ einen deutlichen Fortschritt im Vergleich zu den bisher verwendeten konventionellen Methoden dar. Die so erarbeitete integrierte virtuelle Prozesskette wurde an unterschiedlichen realen Gussteilen für die Werkstoffe GJV und GJS angewendet und experimentell validiert.

Anwendungsbeispiele

Lokale Lebensdauervorhersage am Beispiel eines Kurbelgehäuses

Bei Gusseisen mit Vermikulargraphit gibt es im Wesentlichen zwei festigkeitsrelevante Gefügekenngrößen: die Form und Größe der Graphitpartikel sowie die Ferrit-Perlit-Verteilung in der Matrix (unter der Annahme, dass keine Defekte oder Grau- oder Weißerstarung vorliegen). Für die Kopplung der lokalen Gefügevorschau mit der Lebensdauer wurden die berechneten Merkmale Nodularität und Perlitanteil an Probekörpern und einem Audi-3,0 I-V6-TDI-Kurbelgehäuse aus GJV-450 berechnet und validiert. Die am höchsten beanspruchten Bereiche für das Kurbelgehäuse sind in Bild 10 dargestellt [5].

Um eine verbesserte Abschätzung der Betriebsfestigkeit zu erhalten, wurde das Gefüge im rissgefährdeten Bereich mit dem Simulationsprogramm MAGMA⁵ berechnet. Die mit dem Programm ermittelte Nodularität liegt in diesen Bereichen lokal bei ca. 20 %, der Anteil des Perlits im Gefüge bei über 90 % (Bild 11). Mit den mit diesen Informationen erhaltenen lokalen Schwingfestigkeiten des Kurbelgehäuses (siehe auch Bild 9) wurde eine neue Betriebsfestigkeitsberechnung durchgeführt.

EXACTCAST™ Mini-Speiser

100 Jahre Innovation

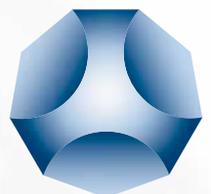
Überzeugende Leistungen der neuen Mini-Speiser Generation EXACTCAST™ OPTIMA:

- ✓ Hohe Wirtschaftlichkeit
- ✓ Prozesssichere Handhabung
- ✓ Verbesserte Gussergebnisse
- ✓ Perfekte Brechkanten
- ✓ Kleinste Aufsatzflächen
- ✓ Auch fluorfrei erhältlich

Weitere Informationen unter
www.ask-chemicals.com



ASKCHEMICALS
We advance your casting



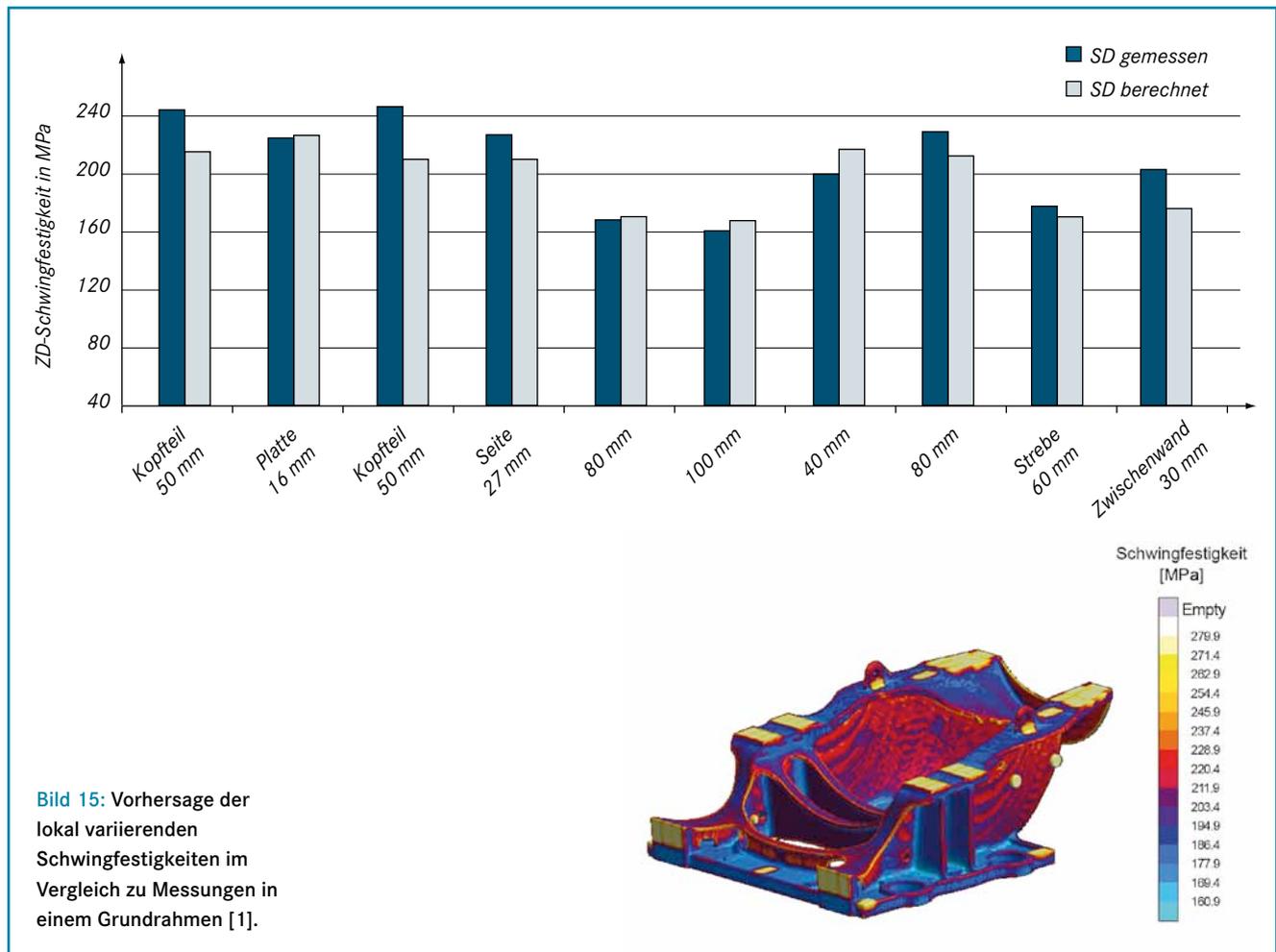


Bild 15: Vorhersage der lokal variierenden Schwingfestigkeiten im Vergleich zu Messungen in einem Grundrahmen [1].

Die Berücksichtigung lokaler Wöhlerkurven führt in der Lebensdauerbewertung zu einer Verdoppelung der Bruchlastspielzahl und erklärte auch, warum in diesem Bereich trotz niedriger rechnerischer Sicherheitswerte auf dem Prüfstand keine Risse auftreten (**Bild 12**).

Festigkeitsabschätzung für einen Lagerbock aus GJS-400

Für einen Lagerbock aus GJS-400 wurden lokale Dauerfestigkeiten von 190 MPa ermittelt. Bei der Verwendung von klassischen Konstruktionsrichtlinien, beispielsweise der industriell weit verbreiteten FKM-Richtlinie, ergibt sich für den Werkstoff GJS-400-15 nur ein homogener Festigkeitswert von 140 MPa [6]. Ergebnisse der Schwingfestigkeitsversuche an einem Lagerbock für verschiedene Chargen sind in **Bild 13** dargestellt.

Neben diesen quantitativen Unterschieden können die vorhandenen Materialschwachstellen auch qualitativ mithilfe des Konzepts der lokalen Dauerfestigkeiten räumlich exakter identifiziert werden. So ist in **Bild 14** der Vergleich der klassischen (gefügeunabhängigen) und der verbesserten lokalen Vorhersa-

ge des Anrissortes für den untersuchten Lagerbock dargestellt. Nur mit einer lokalen, gefügeabhängigen Berücksichtigung der Dauerfestigkeit können die tatsächlichen Schwachstellen und Anrissorte im Bauteil korrekt vorhergesagt werden.

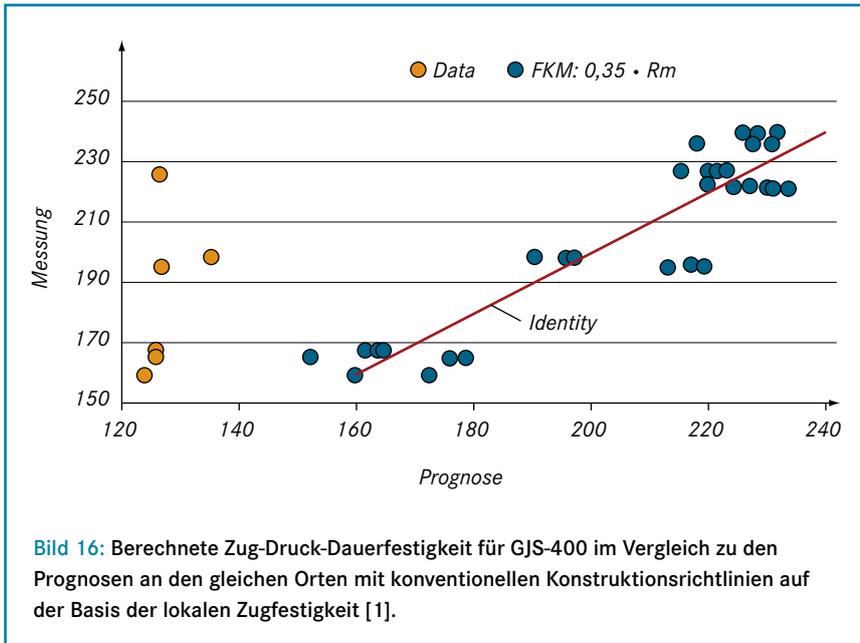
Ausblick und Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens sind nur ein erster Schritt zur Integration der Fertigungs- und Funktionssimulation im Sinne einer korrekten und robusten Vorhersage von Betriebsfestigkeiten. Wesentliches Ziel der hier vorgestellten Arbeiten war es, eine neue Methodik zu realisieren und ihr Potenzial aufzuzeigen. Das lokale Werkstoffverhalten vieler Gusswerkstoffe definiert sich selbstverständlich nicht nur aus den Gefügebestandteilen, sondern maßgeblich auch aus der Schwächung durch lokale Defekte. Dies gilt speziell für den hochduktilen Werkstoff GJS-400, dessen Leistungsfähigkeit durch Einschlüsse und Dross lokal substanziell reduziert werden kann. An der Berechnung dieser Effekte wird derzeit kontinuierlich und intensiv gearbeitet.

Das hier vorgestellte Konzept der lokalen Dauerfestigkeiten bietet für die Anwendung im Bereich von Sicherheitsteilen – wie bei Windkraftanlagen – große Potenziale für die zukünftige Bauteilauslegung und Optimierung. In **Bild 15** sind die berechneten lokalen Werte der Schwingfestigkeit für einen Grundrahmen aus GJS-400 dargestellt.

Die in **Bild 16** gelb dargestellten Punkte auf der linken Seite des Diagramms zeigen die auf der Basis lokaler Zugfestigkeiten (351 bis 455 MPa) mit der FKM-Richtlinie abgeschätzten Dauerfestigkeiten. Diese Vorgehensweise führt zu einer konservativen Auslegung im Vergleich zur Nutzung der lokal berechneten Dauerfestigkeiten und damit zu einer deutlichen Unterbewertung für den Werkstoff Guss-eisen mit Kugelgrafit.

Gussteilabnehmer haben in den letzten Jahren gelernt, dass frühzeitige Informationen über die lokal zu erwartenden Eigenschaften von Gussteilen nicht nur wichtige Beiträge zur vorbeugenden Qualitätssicherung und Risikominimierung in der Serie leisten. Sie nutzen zunehmend diese Information auch als Chance, um mögliche Potenziale an Gewichtseinsparung und Belastungsop-



Dr.-Ing. Corinna Thomser, Dipl.-Ing. Mathias Bodenburg und Dr.-Ing. Jörg Christian Sturm, MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen

Literatur:

[1] Heinrietz, A.; Eufinger, J.; Stets, W., u. a.: Maßgeschneiderte Bauteileigenschaften durch Integration von Fertigungs- und Funktionssimulation. Abschlussbericht BMBF Projekt Nr. 01R/0713, 2011.
 [2] Giesserei 90 (2003), [Nr. 3], S. 64-70.
 [3] Sturm, J. C.; Busch, G.; Spangenberg, J.: Stand der Simulation für Gusseisen. Giesserei 91 (2004), [Nr. 2].
 [4] Heinrietz, A.; Eufinger, A.; Stets, W., u. a.: Non homogenous microstructure of cast iron components – Challenge for fatigue evaluation of non-destructively tested “defect free” components. In TMS 141th Annual Meeting, 2012, Orlando, FL USA.
 [5] Egner-Walter, A.; Zenker, N.; Fritsche, E.: Vorhersage von Gefüge und lokalen Eigenschaften für Kurbelgehäuse aus GJV. VDI-Fachtagung, 8./9. Februar 2011, Magdeburg.
 [6] Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile. 5. Aufl. VDMA (FKM 183-2), 2003.
 [7] Hack, M.; Jung, D.; Egner-Walter, A.: Optimierter Lebensdauer-Berechnungsprozess von Eisengussbauteilen unter Berücksichtigung des lokalen Gefüges. 8. Tagung DVM-Arbeitskreis Betriebsfestigkeit, 12.-13.10.2011, Clausthal-Zellerfeld.

timierung für die Konstruktion zu erschließen. Eine optimale Ausnutzung der Eigenschaften von Gusseisen ist systematisch nur dann möglich, wenn das Werkstoffpotenzial vollständig vom Konstrukteur für eine anwendungs- und gewichtsoptimierte Konstruktion genutzt werden kann. Hierzu bietet die Integration der Fertigungs- und Funktionssimulation neue Chancen und das Potenzial zu realistischeren Konstruktionsregeln für die Unterstützung bei der Auslegung von Bauteilen.

schaften durch Integration von Fertigungs- und Funktionssimulation) unter dem Förderkennzeichen 01R/0713D gefördert hat, sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Projektpartner in diesem Projekt waren: Audi AG, Neckarsulm, Eisenwerk Brühl GmbH, Brühl, Meuselwitz Guss GmbH, Meuselwitz, Walter Hundhausen GmbH, Schwerte, Fraunhofer Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt, Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Kaiserslautern, Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Hamburg, Institut für Gießereitechnik IFG, Düsseldorf, und MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen.

Dem BMBF, das wesentliche Teile der Arbeit im Rahmen des Forschungsprojekts MaBIFF (Maßgeschneiderte Bauteileigen-

.....von thermodynamischen Daten zum Gefüge:



Thermo-Calc Software

- Softwarepakete für thermodynamische und kinetische Berechnungen
- thermodynamische und kinetische Datenbanken für technische Legierungen
- Schnittstellen zu Anwenderprogrammen in C/C++, Fortran sowie zu Matlab

Beratung, Schulung und Vertrieb in Deutschland
www.thermocalc.de
support.tc@access.rwth-aachen.de



micress®

Simulation der Gefügeentwicklung in technischen Werkstoffen:

- Erstarrung
- Rekristallisation/Kornwachstum
- Festkörperumwandlungen
- Kopplung an thermodynamische und kinetische Datenbanken

Entwicklung, Beratung, Schulung und Vertrieb
www.micress.de
info@micress.de