

# I Einleitung

Im Gießereiprozeß werden metallische Einsatzstoffe unter Zuführung von Wärmeenergie geschmolzen, überhitzt, metallurgischen Behandlungen unterzogen und in Formen nach Verfahren aller Art gegossen. Nach einer mehr oder weniger schnellen Abkühlzeit, in der die Wärme an die Umgebung abgegeben wird, entsteht das Gußstück. Wie jede Produktion, erfolgt auch die von Gußstücken unter den Aspekten von Qualität und Quantität.

Somit ist Gießen eine Urformtechnik, mit der man sehr schnell und wirtschaftlich selbst komplizierteste Bauteile in großen Stückzahlen reproduzierbar fertigen kann. Allerdings muß man sich dabei im klaren sein, daß diese moderne Fertigung um den Preis aufwendiger Anlagen und Ausrüstungen und mit komplizierten und damit gegen Fehler empfindlichen Technologien erkaufte wird. Wer daraus den Schluß zieht, Fehler seien unvermeidlich, liegt jedoch völlig falsch. Daraus abzuleiten, Fehler seien sozusagen schicksalhaft oder gar, um den dümmlichen Spruch zu gebrauchen, Fehler seien da, um gemacht zu werden, wäre der Anfang vom Ende der Wirtschaftlichkeit, der Firma, der Gußwerkstoffe, der Gießverfahren und natürlich der eigenen Laufbahn.

Es ist von höchster Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung wie für den guten Ruf der Erzeugnisse, fehlerhafte Stücke zu erkennen, zu erfassen und die Ursachen für ihre Entstehung zu finden.

Die vielfältigen Unterschiede in der Erscheinungsform von gleichartigen Gußfehlern lassen der Deutung in der Regel einen weiten Spielraum. Daher ist es auch nicht verwunderlich, daß die Auffassungen über Ursache, Bildung und Abhilfe von Fehlern bei einigen Fehlererscheinungen infolge von Überlagerungen im Fertigungsprozeß und immer auch infolge betriebsspezifischer Einflüsse voneinander abweichen können.

Obwohl es im besagten komplizierten Gießereiprozeß nie möglich sein wird, fehlerfrei zu arbeiten, so sollten doch alle Anstrengungen unternommen werden, Fehler zu vermeiden, d. h., die entstandenen Fehler genau zu untersuchen, Zusammenhänge zwischen Ursachen, Entstehungsmechanismen und Abhilfen herzustellen und das Ganze so lange zu betreiben, wie die Kosten für die Fehlervermeidung noch unter denen der Fehlerkosten sowie der Fehlerfolgekosten liegen.

Demzufolge kann das vorliegende Werk keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben und will es auch nicht.

Dem Praktiker sollen aber Hinweise vermittelt werden, wie die nach Meinung des Verfassers heute wichtigsten und am meisten vorkommenden Guß- und Gefügefehler entstehen, wie man sie eindeutig beschreiben, erkennen und klassifizieren kann und wie letztlich der Fehler beseitigt wird.

Aus Gründen der Transparenz der Fehler werden die Namen oder Begriffe der Fehler in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet und besprochen. Weiterführende Literatur soll dem interessierten Leser helfen, sich tiefgreifender mit den einzelnen Ursachen sowie möglichen Abhilfemaßnahmen zu befassen.

## II. Vorgehensweise bei Guß- und Gefügefehleruntersuchungen

### 1 Ziele und Methoden der Untersuchungen

Die Aufgabe von Gußfehleruntersuchungen besteht grundsätzlich darin, die Fehlerart und die Fehlerursachen sowie daraus die Entwicklung der notwendigen Gegenmaßnahmen möglichst eindeutig zu definieren.

Dabei kann bereits eine einfache Sichtprüfung, als erste zerstörungsfreie Prüfung des Fehlers, mit freiem Auge, der Lupe oder u. U. am Makroskop zu wichtigen Details bzw. Merkmalen hinsichtlich Fehlerart, Fehlerlage und möglichen Entstehungsursachen führen. Diese ersten (vorläufigen) Ergebnisse gestatten es, den weiteren Untersuchungsplan zur Absicherung der Erstbeurteilung sowie zur exakten Ursachenermittlung festzulegen.

Die weiteren Untersuchungen sind zerstörend, d. h., aus dem betreffenden Gußteil müssen Späne, Schliffproben, Proben für Festigkeitsuntersuchungen usw. herausgearbeitet werden. Eine wichtige Untersuchungsmethode ist dabei, nicht nur bei metallurgisch bedingten Fehlern, die chemische Analyse.

Durch die mittlerweile immer komplexer werdenden Gußkomponenten in Verbindung mit maximalen Werkstoffeigenschaften sowie neuen Form- und Gießverfahren werden aber zunehmend Fehlererscheinungen festgestellt, welche zu umfassenderen Untersuchungsmethoden wie licht- und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen von metallographischen Schliffen und zur Anwendung der Elektronenstrahlmikroanalyse zwingen. Im übrigen können mit diesen Untersuchungsmethoden auch die Vielzahl der als bekannt (?) angenommenen Fehler besser und vor allem eindeutig definiert werden.

Die umfassende Charakterisierung des Gefüges ist dabei nicht Selbstzweck, sondern sollte mit der Absicht durchgeführt werden, Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung, technologischen Prozessen zur Herstellung gegossener Komponenten und der Gefügeausbildung aufzuklären sowie auf dieser Grundlage die Eigenschaften und das Beanspruchungsverhalten gegossener Werkstücke zu verstehen.

Gleichzeitig können diese Untersuchungsmethoden auch grundlegende Aussagen zu eingesetzten Rohstoffen (z. B. Quarzsand, Bentonitstruktur, Binderbrücken usw.) und zu den Reaktionen und Vorgängen an der Grenzfläche Formwand/Metall treffen und somit auch hier für die Ursachenfeststellung und Entwicklung von Abhilfemaßnahmen einen Beitrag leisten.

Letztlich sind mechanisch technologische Prüfverfahren (z. B. Festigkeitsprüfung, Härteprüfung usw.) für die Ergebnisinterpretation genauso wichtig wie durchzuführende Simulationsversuche (z. B. Probeabgüsse). Der Vorteil solcher Simulationsversuche liegt in der Tatsache, daß hierbei gleichzeitig auch erforderlich gewordene Maßnahmen zur zukünftigen Fehlervermeidung mit überprüft werden können.

## **2 Fragen zur Ursachenfindung von Fehlern bzw. Ausschuß**

Laut Definition stellt Ausschuß fehlerhafte, für den bestimmten Verwendungszweck unbrauchbare Gußstücke dar, die des weiteren in ihren Eigenschaften nicht den Normen bzw. nicht den mit dem Kunden vereinbarten Lieferbedingungen entsprechen.

In der Gießerei können Gußstücke infolge Material-, Fertigungs- und Bearbeitungsfehlern zum Ausschuß werden. Dabei hat die jeweilige Höhe des Ausschusses wesentlichen Einfluß auf das Betriebsergebnis und kann in Abhängigkeit von Gußsortiment, Werkstoff und Verfahren beträchtlich schwanken.

Das häufige Zusammenwirken mehrerer Einflußfaktoren auf die Fehlerentstehung erschwert die sichere Erkennung und Bekämpfung von Ausschußursachen. Deshalb vereinfachen ausführliche, zuverlässige Informationen die Fehleruntersuchung erheblich und verhindern weitgehend Fehlbeurteilungen.

Auch wenn die nun folgenden Fragen zur Fehlersuche trivial erscheinen, zeigt sich doch immer wieder, wie wichtig eine genaue und umfassende Datenerfassung hinsichtlich Fertigungsablaufs, eingesetzter Materialien und Fertigungstechnologien für eine ordnungsgemäße Zuordnung der auftretenden Fehler ist.

Je nach Art des Fehlers sollten folgende Fragen immer am Anfang der Fehleruntersuchungen geklärt werden, die jedoch aufgrund der außerordentlichen Vielfalt der Fehlerursachen und -erscheinungsformen als beispielhaft zu verstehen sind und sinngemäß für jeden speziellen Einzelfall modifiziert werden sollten:

### **Generelle Fragen**

- Wann ist der Fehler erstmalig aufgetreten?
- War er als Einzelfall aufgetreten, oder sind ganze Losgrößen epidemieartig betroffen?
- Kann eine Fehlereingrenzung nach werkstoff-, formstoff- oder verfahrensbedingten Fehlern vorgenommen werden?
- Ist der Fehler zu einer bestimmten Zeit (Arbeitsschicht) aufgetreten?
- Wieviel Teile sind pro Kasten, Form, Kokille, Pfanne betroffen?
- Sind es immer die ersten oder die letzten Teile aus einer Pfanne?
- Was wurde seit dem Zeitpunkt, bei dem der Fehler erstmalig aufgetreten ist, verändert?
- Wurden Lieferanten für Roh- und Hilfsmaterialien gewechselt?
- Ist der Fehler immer beim gleichen Sortiment (Werkstoff) aufgetreten?
- Wurden Fertigungstechnologien verändert? usw. usw.

### **Spezielle Fragen (werkstoffbedingte Fehler)**

- Lagern sämtliche Rohmaterialien trocken?
- Wurde die Gattierung geändert?
- Wurde die Schmelzebehandlungstechnologie verändert?
- Wurden Überhitzungs-, Warmhalte- und Gießtemperaturen sowie -zeiten geändert?
- Werden diese Temperaturen und Zeiten überhaupt kontinuierlich erfaßt?

- Sind Impfmittel gewechselt worden (Al-, Sb-, Ca-, Ba-, Zr- und Mn-Gehalte)?
- Wurden an der Entgasungsbehandlung Veränderungen vorgenommen?
- Wurde kaltes Masselmetall in den Warmhalteöfen gegeben?
- Wird kontrolliert, ob die Gießpfannen, Zwischengefäße und Gießwerkzeuge gut getrocknet und vorgewärmt sind?
- Werden Reinigungsmaßnahmen zur Entfernung oxidischer Schmelzebestandteile durchgeführt und kontrolliert? usw. usw.
  
- Hat sich die Körnung des Umlaufformstoffes grundlegend geändert?
- Sind andere Bentonitsorten eingesetzt worden?
- Ist das Verhältnis Wasser zu Bentonit konstant geblieben, bzw. ist der Feuchtigkeitsgehalt im Formstoffsystem drastisch gestiegen oder gesunken?
- Ist die Formstoffaufbereitung optimal oder wurde sie seit Fehlereintritt verändert?
- Hat sich am Kernsandzulauf etwas geändert, wurden größere Mengen an thermisch wenig belasteten Kernresten dem Umlaufsand beigemischt?
- Hat sich die Gasdurchlässigkeit verschlechtert?
- Hat das Formstoffsystem eine höhere Temperatur als sonst üblich?
- Hat sich der Binderanteil oder die Binderart in der Kernmacherei geändert?
- War seit dem Fehlereintritt eine merkbar höhere Luftfeuchtigkeit zu verzeichnen?
- Wurde die Verarbeitungszeit der fertigen Kernsandmischung verlängert? usw. usw.
  
- Wurden Modell-, Kernkasten-, Kokillen-, Werkzeugänderungen vorgenommen?
- Wurden neue oder instandgesetzte Einrichtungen, Maschinen oder Anlagen seit Fehlereintritt in Betrieb genommen?
- Wurde das Anschnitt- und Speisesystem verändert?
- Wurde die Modellplattenbelegung erweitert oder geändert?
- Wann wurden Kokillen oder Druckgußwerkzeuge das letzte Mal gereinigt, und wird diese Arbeit regelmäßig kontrolliert?
- Wurden an den Einstellungen der Druckgußmaschine (Gießdruck, zeitlicher Ablauf der hydraulischen Phasenfolge, Kolbengeschwindigkeit usw.) Veränderungen vorgenommen?
- Welche Veränderungen sind seit dem Fehlereintritt in der Gattierungsanlage, im Schmelzbetrieb, in der Formstoffaufbereitung, an der Formanlage, in der Kernmacherei, an der Druckgußmaschine usw. aufgetreten?
- Wann wurde mit dem Kunden/Konstrukteur über eine (gießtechnische) Optimierung des Gußteil-Designs gesprochen und mit welchem Erfolg? usw. usw.

### **Spezielle Fragen (formstoffbedingte Fehler)**

### **Spezielle Fragen (fertigungsbezogene Fehler)**