

Einfluss von Porosität auf die mechanischen Eigenschaften von Leichtbau-Gussbauteilen

M. Ries, C. Krempaszy, E. Werner

Einleitung

Insbesondere im Fahrzeugbau und in der Luftfahrtindustrie werden bei der Entwicklung neuer Komponenten höhere Leistungen bei gleichzeitig reduziertem Bauraum sowie Gewicht gefordert (Stichwort: Verbrauch pro Passagier bzw. Tonne Ladung). Dies hat zur Folge, dass moderne Leichtbau-Gussteile immer filigraner und komplexer werden, wodurch die Gießbarkeit der Bauteile erschwert wird. Kritische Porositäten lassen sich deshalb nicht vermeiden. Aus diesem Grund ist die Quantifizierung der Auswirkungen von Porosität auf die Festigkeit und Lebensdauer von Bauteilen, in der Konstruktion sowie in der Defektbewertung von Bauteilen, von signifikanter Bedeutung.

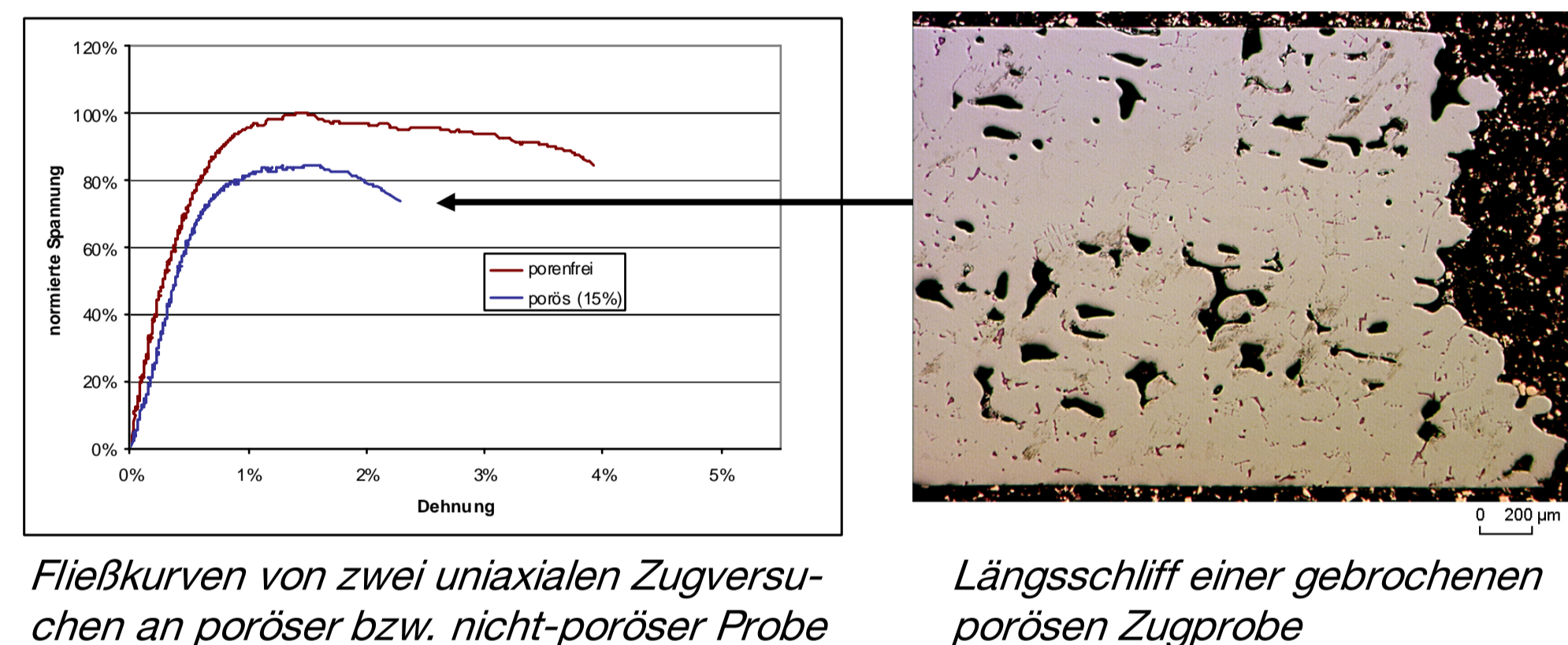
Projektziel: Defektbewertung in Bauteilen

P_i
↓
Mechanisches Defektbeurteilungsmodell
↓ ↓ ↓ ↓ ↓
 E $R_{p,0,2}$ R_m A_5 ...

Durch zerstörungsfreie Prüfverfahren (z.B. 2D-Röntgen, CT) werden Porositäten in Bauteilen lokalisiert und quantifiziert. Beim Auftreten von potentiell kritischen Porositäten werden die zur Defektbeurteilung notwendigen topologischen Parameter P_i bestimmt. Diese Parameter werden als Eingangsgrößen für das mechanische Defektbeurteilungsmodell verwendet, das die Auswirkungen der Porosität auf die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes vorhersagt. Anschließend erfolgt die Bewertung des Bauteils hinsichtlich ausreichender Festigkeit und Lebensdauer mittels der Ergebnisse aus dem Defektbeurteilungsmodell.

Experimentelle Untersuchungen

Die mechanischen Werkstoffparameter \underline{M} von porösen Proben ($E, R_{p,0,2}, R_m, A_5, \dots$) und nicht porösen Proben ($E^0, R_{p,0,2}^0, R_m^0, A_5^0, \dots$) werden mit Hilfe von uniaxialen Zugversuchen ermittelt.



Durch Analyse der Versuchsergebnisse lässt sich der Einfluss der Porosität auf die mechanischen Werkstoffeigenschaften quantifiziert. Diese Ergebnisse dienen der Parameteridentifikation und der Modellvalidierung.

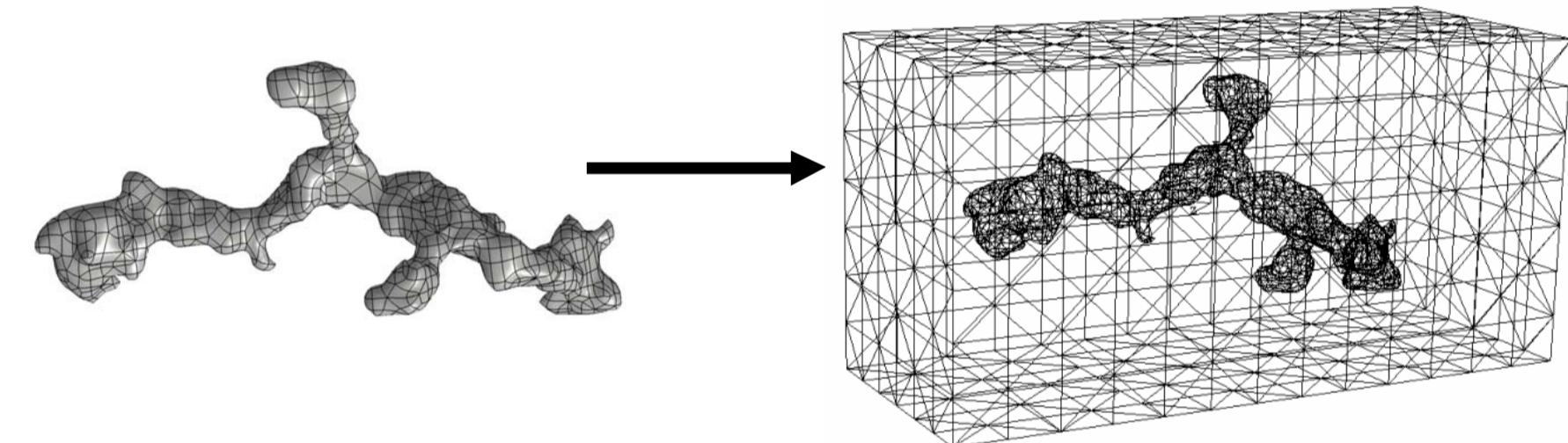
$$\begin{aligned}
 E &= a_1 \cdot E^0 \\
 R_{p,0,2} &= a_2 \cdot R_{p,0,2}^0 \\
 V_p, A_{p,1}, r_{\min}, \dots &\Rightarrow R_m = a_3 \cdot R_m^0 \\
 &A_5 = a_4 \cdot A_5^0 \\
 &\vdots
 \end{aligned}$$

Die entscheidenden topologischen Parameter P_i der Porosität werden identifiziert.

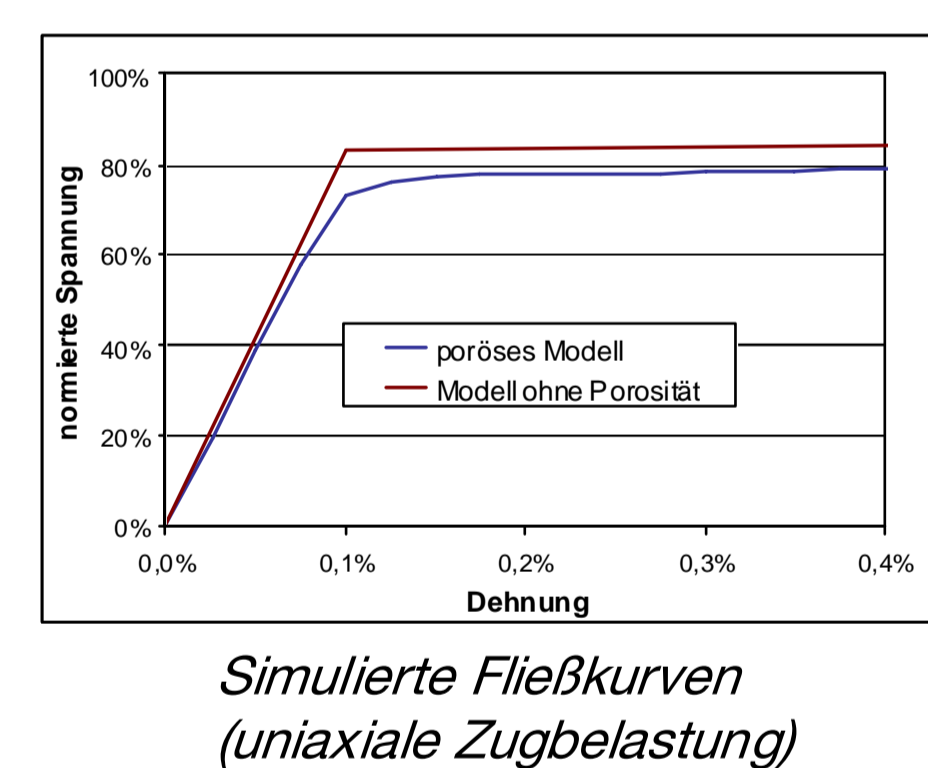
$$\begin{aligned}
 P_i &\rightarrow E = f(P_i), R_{p,0,2} = f(P_i), \\
 &R_m = f(P_i), A_5 = f(P_i), \dots
 \end{aligned}$$

Modellerstellung und Simulation

Die Porengeometrien werden in ein mesoskopisches mechanisches Modell integriert.

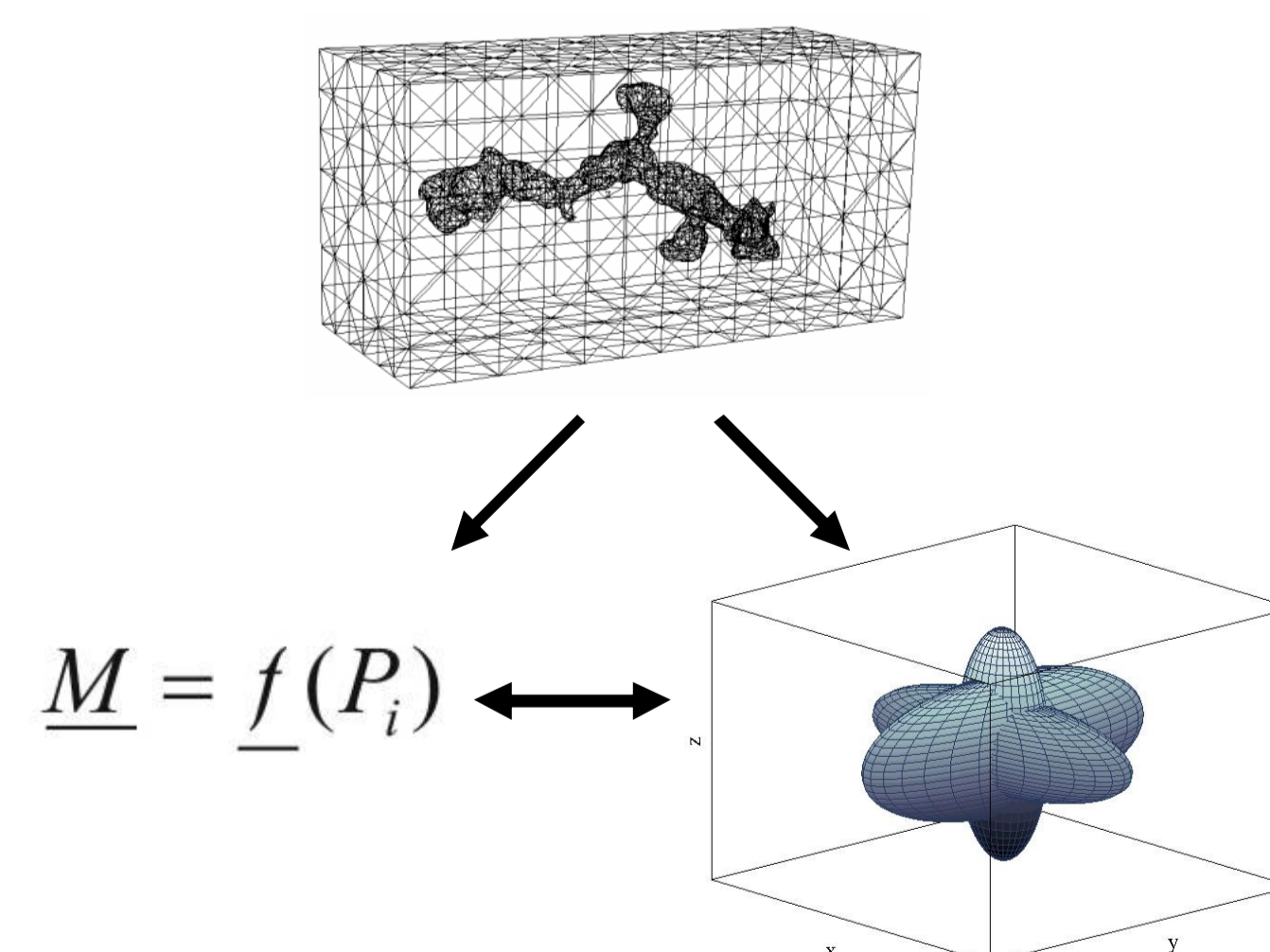


Relevante Parameter P_i werden durch Parameterstudien identifiziert und deren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes quantifiziert.



$$\begin{aligned}
 P_i &\downarrow \\
 E &= f(P_i), R_{p,0,2} = f(P_i), \\
 R_m &= f(P_i), A_5 = f(P_i), \dots
 \end{aligned}$$

Mit Hilfe der Ergebnisse aus den Parameterstudien und den experimentellen Untersuchungen wird das mechanische Defektmodell vereinfacht und verallgemeinert.



Zusammenfassung und Ausblick

Ein mechanisches Modell, validiert durch experimentelle Untersuchungen, wird als Grundlage für eine fundierte Bewertung von Defekten in Bauteilen entwickelt. Durch die Modellierung auf einer mesoskopischen Ebene wird der Einfluss der Porosität auf die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes untersucht. Mikromechanische Aspekte (z.B. Anisotropie der Körner, Korngrenzen) werden vernachlässigt, da Aussagen über das makroskopische Verhalten des Werkstoffes von Interesse sind. Das Ziel ist die Erstellung eines Defektbeurteilungsmodells und dessen Integration in den Prüf- und Produktionsprozess.