



Kurzdarstellung



DiWeTwin – Digitaler Werkstoffzwilling für eine effiziente Turbinenauslegung – HAWL

Florian Mader, Eva Kollmannsberger, Holger Saage, Otto Huber Kompetenzzentrum Leichtbau der Hochschule Landshut (LLK) Am Lurzenhof 1 84036 Landshut

In Kooperation mit:
MTU Aero Engines AG



Forschungsprojekt gefördert durch:

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

im Programm Bayerisches Luftfahrtforschungsprogramm – BayLu25
Förderkennzeichen BLU-2109-0004



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

04. Mai 2026

Kurzdarstellung wesentliche wissenschaftlich-technische Ergebnisse und gesammelte Erfahrungen

Im Teilvorhaben der Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut im Projekt DiWeTwin wurde ein probabilistisches Lebensdauermodell entwickelt, welches auf Basis von Defektverteilungen die Verteilung der Lebensdauer bei gegebenem Beanspruchungsparameter berechnet.

Hierzu wurden Werkstoffproben von zwei Nickelbasisgusslegierungen mittels Computertomograph (CT) bzgl. der enthaltenen Materialdefekte (Poren, Lunker) untersucht und in statistischen Verteilungen abgebildet. Die Auswertungen zeigen, dass die detektierten Poren der meisten Proben durch eine Exponentialverteilung abgebildet werden können. Um die Interaktion von Defekten zu berücksichtigen, wurden die Defekte sowohl als Kugeln und zur geometrischen Verfeinerung als Ellipsoide modelliert. Es wurde ein Interaktionskriterium definiert und programmiert, welches auf Basis der durch Poren induzierten Spannungskonzentration die interagierenden Defekte als zusammengehörendes Porennest identifiziert und daraus eine wirkende Defektgröße ableitet.

Analysen von Bruchflächen der in dehnungsgeregelten zyklischen Versuchen beanspruchten Proben mittels Rasterelektronenmikroskop zeigen, dass vor allem die großen Poren im Material einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung des primären Rissausgangs haben. Aufgrund dieser Untersuchungen und Ergebnissen aus der Literatur wurden Methoden der Extremwertstatistik eingesetzt, um die Verteilung des größten Defekts in einem abzuschätzenden Volumen zu ermitteln.

Die Anwendung der Methodik an einer Nickelbasisgusslegierung wurde im Rahmen des 12. Landshuter Leichtbau-Colloquiums vorgestellt. Dabei zeigte sich, dass die für den Werkstoff typische Grundpopulation der Defektgrößen im Basisdatensatz ausreichend repräsentiert sein muss, um die Verteilung des größten Defekts korrekt zu berechnen. Die Berechnung der Streuung der Lebensdauer basiert auf einem Rissfortschrittsgesetz der Bruchmechanik. Die darin verwendete Anfangsrisslänge ist durch eine Anfangsrisslängenverteilung gegeben, wodurch über einen Tausch der Wahrscheinlichkeitsdichten die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Lebensdauer p_{N_f} analytisch hergeleitet wurde.

Die Lebensdauerberechnung wurde für zwei Anfangsrisslängenverteilungen, deren Anrissgrößen aus den Defekten mittels äquivalenter Kugeln bzw. Ellipsoiden modelliert wurden, für jeweils drei verschiedene Beanspruchungsparameter durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die Versuchsdaten alle innerhalb des berechneten 90 %-Streubands liegen. In den Modellen, in welchen die Anfangsrisslängenverteilung anhand der als Kugeln modellierten Defekten berechnet wurde, liegen die Daten der zyklischen Versuche sowohl für niedrige ($N_f \lesssim 10^4$ Zyklen) als auch hohe ($N_f \gtrsim 10^5$ Zyklen) Lebensdauern nahe am Median von p_{N_f} . Werden die Defekte als Ellipsoide modelliert, zeigt die Anfangsrisslängenverteilung ein stärkeres

Heavy-Tail-Verhalten. Dadurch wird großen Defektgrößen eine höhere Wahrscheinlichkeit zugeschrieben, womit sich der Median von p_{N_f} in den Bereich kleinerer Lebensdauern schiebt. Obwohl auch in diesen Modellen alle Versuchsdaten in den jeweiligen 90 %-Streubändern von p_{N_f} liegen, werden die Versuchsdaten mit verhältnismäßig hoher Lebensdauer bzw. niedrigem Beanspruchungsparameter bzgl. N_f leicht unterschätzt.

Während der Projektlaufzeit des Teilvorhabens wurde an der HaW Landshut eine studentische Projektarbeit im Masterstudiengang „Leichtbau und Simulation“ durchgeführt. Die Studierenden hatten hierbei die Aufgabe, das verwendete bruchmechanische Rissfortschrittsmodell zu analysieren, die Transformation der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen nachzuvollziehen und das Modell für eine Weiterentwicklung im Projekt DiWeTwin aufzubereiten.

Die Ergebnisse des Projekts wurden auf einer nationalen (12. Landshuter Leichtbau-Colloquium, 26.-27. Februar 2025, Landshut, Deutschland) und einer internationalen Konferenz (22nd International Conference on Fracture, Damage and Structural Health Monitoring, 22.-24. September, Rhodos, Griechenland) sowie in einem peer-reviewed Beitrag eines Tagungsbands veröffentlicht. Eine weitere Veröffentlichung in einem internationalen peer-reviewed Fachzeitschriftenbeitrag ist in Bearbeitung. Des Weiteren werden die Ergebnisse zur Erstellung einer Dissertation verwendet.