



## **Ein Modellreduktionsverfahren in Raum und Zeit für die Ermüdungs-/Schädigungssimulation**

*Mainak Bhattacharyya*

*Zusammenfassung*

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, die Lebensdauer mechanischer Tragwerke unter zyklischen Ermüdungsphänomenen vorherzusagen. Die zugrunde liegende Idee ist, ein innovatives numerisches Schema zu entwickeln, um das Versagen der Strukturen unter bestimmten Belastungen zu berechnen. Für das Kontinuums Modell werden innere Variablen eingeführt, um die Entwicklung der Materialermüdung zu beschreiben. Die Herausforderung liegt dabei in der numerischen Behandlung der Belastungszyklen für die Voraussage der Lebensdauer, insbesondere für die Voraussage der Restlebensdauer der Strukturen.

Traditionelle Ansätze zur Ermüdungsanalyse basieren auf phänomenologischen Methoden welche aus empirischen Beobachtungen abgeleitet werden. Solche Verfahren berücksichtigen einfache Annäherungen und können komplexe Geometrie und komplizierte Belastungen, die in realen technischen Problemen auftreten, nicht abbilden. Zur Modellierung des Ermüdungsverhaltens wird daher eines thermodynamisch konsistenten Kontinuums basierter Ansatz verwendet. Dieser ermöglicht es, komplizierte Geometrie und Lasten recht effizient zu betrachten, und die Verschlechterung der Materialeigenschaften aufgrund von Ermüdung kann unter Verwendung interner Variablen quantifiziert werden. Dieser Ansatz kann jedoch numerisch teuer sein und daher sollten effiziente numerische Techniken entwickelt werden.

In diesem Projekt wird eine innovative numerische Strategie basierend auf einer nicht-zeitinkrementellen Lösung von elasto-(visko)plastischen Schädigungsproblemen in der Kontinuums Mechanik vorgestellt. Diese numerische Strategie basiert auf der sogenannten LATIN Methode (Large Time Increment method). Bei dieser nicht-inkrementellen Methode wird iterativ im vollständigen Zeit-Raum Bereich eine Lösung gesucht. Eine wichtige Eigenschaft der LATIN Methode ist eine ad hoc Modellsreduktionsstrategie um die Rechenkosten zu reduzieren. Die „Proper Generalised Decomposition“ (PGD) ist eine a priori Modellreduktionsstrategie, die in Raum und Zeit die Variablen in zwei unabhängige Teile auftrennt, einen zeitabhängigen und einen raumabhängigen. Iterativ wird eine Approximation dieser beiden Anteile gesucht. Die Effektivität des LATIN-PGD Verfahrens ist seit Jahren für

die Lösung von elasto-(visko)plastischen Problemen nachgewiesen. Der erste Teil dieses Projektes zielt auf die Erweiterung dieser Methode für Schädigungsmodelle ab.

Obwohl die Anwendung des LATIN-PGD Verfahrens die numerischen Kosten reduziert, ist die Ersparnis nicht groß genug, um Probleme mit vielen Belastungszyklen lösen zu können. Dieses Problem soll mit einem Mehrskalenansatz in der Zeit gelöst werden. Damit können schnelle Entwicklung der Variablen während eines Belastungszyklus erfasst und ihre langsame Evolution während vielen Zyklen abgebildet werden. Der Zeitbereich wird dabei mit diskontinuierlichen Finiten Elementen diskreditiert, während die Knotenzyklen, die die Grenzen der Zeitelemente bilden, mit der LATIN-PGD Technik beschrieben werden. Dafür werden klassische Ansatzfunktionen benutzt, um die Variablen innerhalb der Zeitelemente zu interpolieren.

Mit dieser innovativen Strategie werden die Rechenkosten signifikant reduziert und die Simulation von Ermüdungsbelastung unter großen Lastzyklenzahlen ermöglicht.

**Stichworte:** LATIN Methode, Schädigungsmechanik, (Visko)Plastizität, Metallerüdung, Modellreduktion, PGD, Mehrskalenansatz in der Zeit