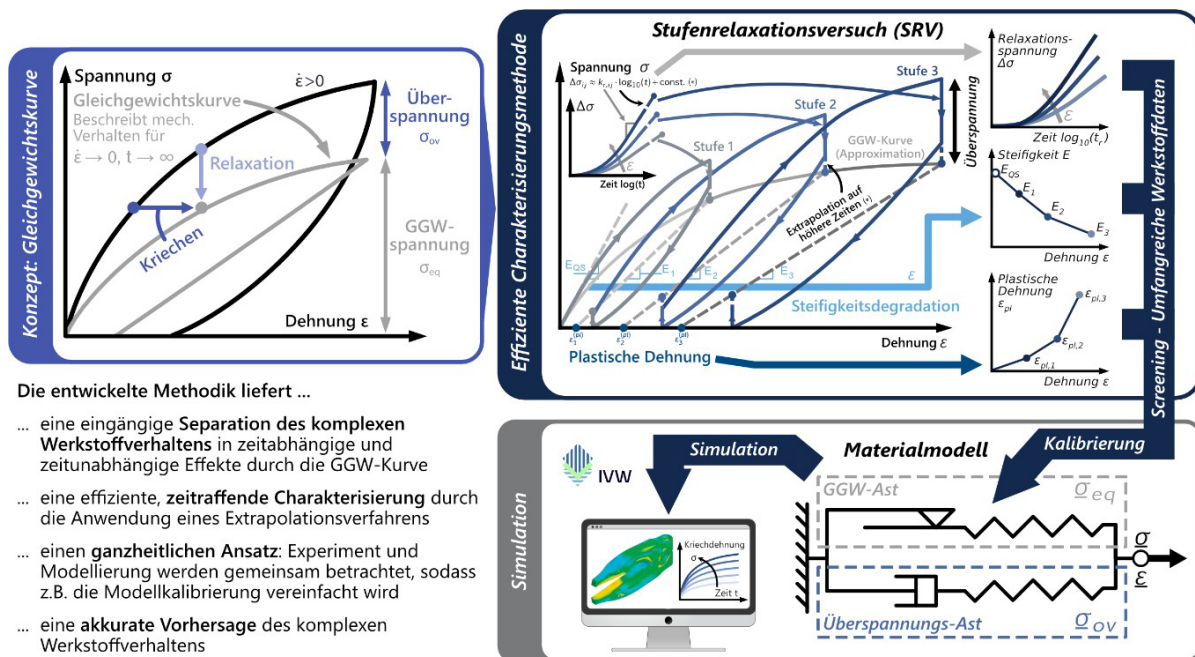


Effiziente mechanische Charakterisierung und Modellierung kurzfaserverstärkter Thermoplaste

Faserverstärkte Thermoplasten weisen ein hochgradig nichtlineares, mechanisches Werkstoffverhalten auf: Es umfasst Schädigung, plastische Deformation und insbesondere stark ausgeprägte zeitabhängige Effekte wie Dehnratenabhängigkeit, Kriechen und Spannungsrelaxation. Für die zuverlässige Auslegung von Komponenten aus faserverstärkten Thermoplasten ist es essentiell dieses Materialverhalten in der Berechnung abbilden und vorhersagen zu können. Die in kommerziellen FEM-Solvern verfügbaren Materialmodelle erfassen diese Mechanismen jedoch nur unzureichend, was zu erheblichen Unsicherheiten in der Simulation führt. Auch die mechanische Materialcharakterisierung ist nach dem Stand der Technik mit sehr aufwendigen Prüfprogrammen verbunden. Insbesondere Zeitstandsversuche erfordern hohe Prüfzeiten, was zu einem enormen zeitlichen Aufwand und hohen Kosten führt.



- Die entwickelte Methodik liefert ...
- ... eine eingängige **Separation des komplexen Werkstoffverhaltens** in zeitabhängige und zeitunabhängige Effekte durch die GGW-Kurve
 - ... eine effiziente, **zeitraffende Charakterisierung** durch die Anwendung eines Extrapolationsverfahrens
 - ... einen **ganzheitlichen Ansatz**: Experiment und Modellierung werden gemeinsam betrachtet, sodass z.B. die Modellkalibrierung vereinfacht wird
 - ... eine **akkurate Vorhersage** des komplexen Werkstoffverhaltens

Am IVW wurde eine ganzheitliche Methodik für endlosfaserverstärkte Thermoplasten entwickelt, die eine effiziente Charakterisierungsmethode und ein anwendungsfreundliches Materialmodell bereitstellt. Die Methodik basiert auf dem generischen Konzept einer Gleichgewichtskurve (GGW-Kurve). Diese GGW-Kurve kann als eine Beschreibung des Langzeitwerkstoffverhaltens angesehen werden. Dieser Zustand stellt sich bei sehr langsamen Belastungsraten oder bei sehr hohen Zeiten im Kriech- bzw. Relaxationsversuch ein. Mit diesem Konzept kann das Werkstoffverhalten sehr anschaulich in eine zeitabhängige Überspannung und zeitunabhängige GGW-Spannung aufgeteilt werden. Basierend auf diesem Konzept wurde ein neuartiger Stufenrelaxationsversuch (SRV) entwickelt, der eine Approximation an die GGW-Kurve ermittelt. Im SRV wird die untersuchte Probe stufenweise be- und entlastet, wobei am Ende jeder Be- und Entlastung ein Relaxationsversuch durchgeführt wird. Die Haltezeiten im Versuch werden hierbei jedoch drastisch reduziert und über ein analytisches Extrapolationsverfahren das gemessene Relaxationsverhalten auf

höhere Zeiten extrapoliert. Somit wird über den SRV eine Zeitraffung erreicht, welche maßgeblich zur hohen Effizienz des Ansatzes beiträgt. Aus dem SRV lassen sich aus einem Versuch umfangreiche Werkstoffdaten hinsichtlich Spannungsrelaxation, schädigungsbedingter Steifigkeitsdegradation und plastischer Dehnungen ermitteln. Anhand dieser Daten lassen sich direkt die Werkstoffparameter für das zugehörige Materialmodell bestimmen, was die Kalibrierung enorm vereinfacht.

In diesem Vorhaben wurde die entwickelte Methodik auf spritzgegossene kurzfaserverstärkte Thermoplaste übertragen und umfassend validiert. Zur Verbesserung der Approximation an die Gleichgewichtskurve wurde der SRV durch neu entwickelte Relaxationsvorversuche ergänzt, die insbesondere die Abbildung der Steifigkeitsdegradation und plastischen Dehnungen verbessern. Darüber hinaus wurde das ursprünglich für endlosfaserverstärkte Thermoplaste konzipierte Materialmodell zu einer transversal-isotropen, zeitabhängigen Formulierung verallgemeinert, wodurch sich die Methodik grundsätzlich auf faserverstärkte Kunststoffe anwenden lässt. Im Vorhaben konnte gezeigt werden, dass der entwickelte Ansatz eine ganzheitliche und zugleich effiziente Charakterisierung ermöglicht. In Verbindung mit dem Materialmodell entsteht daraus eine leistungsstarke Methodik zur Auslegung von Bauteilkomponenten. Die hohe zeitliche Effizienz bei gleichzeitig umfassender Datentiefe macht den SRV zusätzlich für das Rapid Prototyping neuer Werkstoffe zu einer vielversprechenden Anwendung. Aufgrund des generischen Konzepts der Methodik ist zudem eine Übertragung auf andere Werkstoffsysteme grundsätzlich möglich, was einen interessanten Ansatzpunkt für weiterführende Untersuchungen darstellt.

Autor: **Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) GmbH**
M.Sc. Christian Andriß (christian.andriss@leibniz-ivw.de)
Dr.-Ing. Sebastian Schmeer (sebastian.schmeer@leibniz-ivw.de)

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Dr. Stefan Groß
T +49 69 6603 - 1127

Das Projekt 1008 I der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über Eigenmittel finanziert.

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche.

Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.