

1 Einleitung

Formgedächtnispolymere (FGP) gewinnen aufgrund ihrer Eigenschaft, auf externe Stimuli mit einem Formgedächtniseffekt zu reagieren, immer mehr an Bedeutung. FGP können aus ihrer permanenten Form in eine andere gebracht werden und durch Einwirken einer externen Anregung in die Ausgangsform zurückkehren. Während der Formgedächtniseffekt bei Metallen nur in einem engen Bereich von Legierungszusammensetzungen auftritt, ist das Spektrum an Polymeren mit Formgedächtnis wesentlich größer. Der Formgedächtniseffekt bei Polymeren entspricht äußerlich dem Einwegeffekt von Formgedächtnislegierungen (FGL), beruht jedoch auf den speziellen physikalischen Eigenschaften der Polymerstruktur. Im Einzelnen spielen die Polymerchemie und –morphologie in Kombination mit der Programmierung des Materials eine Rolle. Es sind schon zahlreiche Formgedächtnispolymere, wie beispielsweise Polyurethan [1], Polynorbornen [2], vernetztes Polyethylen [3] und bioabbaubares Oligo(ϵ -caprolacton) [4] bekannt.

Gegenüber FGL stellt sich der Einsatz von FGP sehr reizvoll dar, da sie einige Vorteile aufweisen und zudem mit Methoden der organischen Chemie maßgeschneidert hergestellt werden können [5-7]. Im Vergleich zu FGL können FGP beispielsweise größere Dehnungen ertragen und rückbilden. Zudem sind sie kostengünstiger in der Herstellung und Verarbeitung, haben eine geringe Dichte und sind nicht toxisch. Von besonderer Bedeutung ist die Möglichkeit, Systeme herzustellen, die biokompatibel und/oder bioabbaubar sind [8,9]. Allerdings gehen diese Vorteile zu Kosten eines signifikant niedrigeren Elastizitätsmoduls und sehr geringer Aktorspannungen [10]. So sind die Rückstellkräfte der FGP-Aktoren mit ca. 2 MPa zwei Größenordnungen geringer als bei FGL-Aktoren, wodurch typische technische Aktor-Anwendungen nicht realisierbar sind. Daraus ergibt sich zwangsläufig ein anderes Anwendungsprofil, als es für FGL typisch ist. Bisher werden FGP für Anwendungen in der Raumfahrttechnik, Textilindustrie, Fahrzeugtechnik und Biomedizin eingesetzt, wobei vor allem die geringen Kosten, die niedrigere Dichte und die Biokompatibilität entscheidend sind [11,12].

Dem Nachteil der geringen Rückstellkräfte aktorischer FGP wird mit einem angepassten Einsatzprofil begegnet, welches die FGP als adaptive Strukturwerkstoffe begreift. So könnte das komplementäre strukturell-funktionelle Verhalten von FGP und FGL im Verbund neue Anwendungsmöglichkeiten bieten: Während FGL-Aktoren ein

hohes Arbeitsvermögen aufgrund nennenswerter Rückstellspannungen (~ 500 MPa) haben [13], zeigen FGP oberhalb der Umwandlungstemperatur ($T > T_{\text{trans}}$) nur geringe strukturelle Stabilität. Unterhalb der Umwandlungstemperatur T_{trans} zeigt sich jedoch ein gegenteiliges Verhalten. Hier verliert die martensitische FGL ihre strukturelle Stabilität, während das FGP deutlich an Festigkeit gewinnt.

Die in der letzten Zeit stetig steigende Zahl der erschienenen Publikationen über FGP [5] widmet sich überwiegend dem strukturellen Aufbau der FGP [7,14,15] oder daraus hergestellter Verbunde [16-18]. Die vorliegende Arbeit versucht eine Lücke im Hinblick auf den technischen Einsatz von FGP zu schließen, indem anwendungsrelevante mechanische Eigenschaften, insbesondere mit Blick auf die funktionelle Ermüdung, untersucht werden.