

Formgedächtnislegierungen

Bei Formgedächtnislegierungen entsteht nach einer Verformung unter gewissen Umständen wieder die ursprüngliche Gestalt des Werkstoffes (Bauteils). Voraussetzung dafür sind die

- diffusionslose Phasenumwandlungen (martensitische Phasenumwandlung)
- Ausrichtung von Martensit-Zwillingen

die in einem bestimmten T- oder Spannungsbereich auftreten können.

Die Phasenumwandlung muss reversibel sein, i.A. Austenit-Martensit (s. auch VL WTK, Kap. Eisenwerkstoffe). Sie kann durch Dehnung oder T-Änderung hervorgerufen werden. Letzterer Fall wird im Folgenden kurz beschrieben.

Da die Stabilität der Phasen von der Temperatur abhängt, kann eine Formgedächtnislegierung auf eine Temperaturänderung mit einer Verformung reagieren.

Dazu wird die Legierung zunächst auf eine Temperatur erwärmt, in der sie in der austenitischen Phase vorliegt. Dort wird sie in eine bestimmte Form gebracht. Schreckt man sie dann auf eine niedrigere Temperatur ab, so bildet sich eine martensitische Phase. Verformt man das Material nun bei niedriger Temperatur, so erfolgt die Verformung im Wesentlichen durch Umorientierungen (Zwillingsbildung) in der Martensitphase. Bei einer Erwärmung auf die Austenit-Temperatur bildet sich wieder die ursprüngliche Struktur aus, und das Material nimmt wieder seine anfängliche Form an.

Dieser Formgedächtniseffekt wird insbesondere in der Medizintechnik eingesetzt, um beispielsweise Röhren zur Stabilisierung von Adern (so genannte »Stents«) zu konstruieren. Dabei wird in der austenitischen Phase eine Röhre geformt, abgekühlt und zusammengedrückt. In der zusammengedrückten Form lässt sich das Material leicht durch die Adern an die gewünschte Stelle bewegen. Wenn es sich durch die Körperwärme erwärmt, nimmt das Material wieder die Form einer Röhre an und kann so die Ader stabilisieren.

Weitere Anwendungen sind Stellelemente und Sensoren.

Dazu muss die Phasenumwandlung natürlich in einem für die Anwendung geeigneten T-Bereich stattfinden. Häufig zur Anwendung kommen Ni-Ti-Legierungen. Weitere Materialien sind Cu-Zn-Al-, Au-Cd- und neuerdings auch Eisenbasis-Legierungen wie z.B. Eisen-Mangan-Silizium.

Vorteile:

bis zu 80 % leichter als Elektromagneten

hohes Arbeitsvermögen: 2mm starker Draht kann 140 kg über 8 % seiner Länge bewegen

Nachteil:

Schaltfrequenz fällt mit Drahtdicke

Man unterscheidet 2 (3) Effekte des Formgedächtnisses:

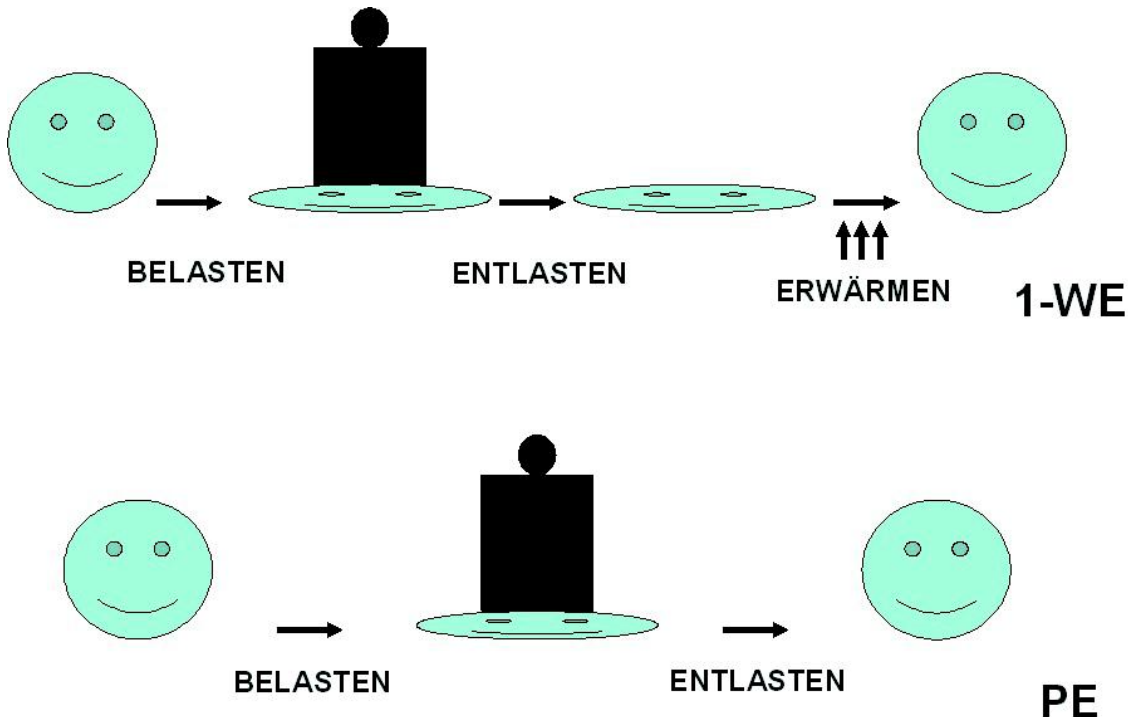


Abb. 1: Schematische Darstellung zum Einwegeffekt und zur Pseudoelastizität.

Beim **Einwegeffekt** (oben) behält das verformte Material seine neue Form so lange bei, bis es erhitzt wird; dann nimmt es seine Ausgangsform wieder an.

Pseudoelastisches Material (unten) kehrt nach starker Verformung in seine Ausgangsgestalt zurück, sobald die Last zurückgenommen wird

Aktoren mit Formgedächtnislegierungen

Formgedächtnislegierungen (FGL) haben die Fähigkeit der reversiblen Phasenumwandlung bei relativ geringer T-Änderung. Bei niedrigen Temperaturen liegt Martensit vor, bei hohen Temperaturen Austenit. Der Übergang zwischen beiden Phasen ist eine hysteresebehaftete Funktion der Temperatur. In der Niedrigtemperaturphase ist die Formgedächtnislegierung relativ leicht verformbar.

Es ist möglich, mechanische Verformungen von Formgedächtnislegierungen in der Niedrigtemperaturphase durch Wärmezufuhr rückgängig zu machen. Das Material erinnert sich an seine ursprüngliche Form, dabei sind Dehnungen von bis zu 8 % möglich. Allerdings bewirkt ein Abkühlen eines Materials mit Einwegeffekt nicht, dass die FGL wieder den verformten Zustand annimmt. Deshalb ist eine auf die FGL wirkende Vorspannkraft erforderlich, um eine Verformung während des Abkühlens zu erreichen.

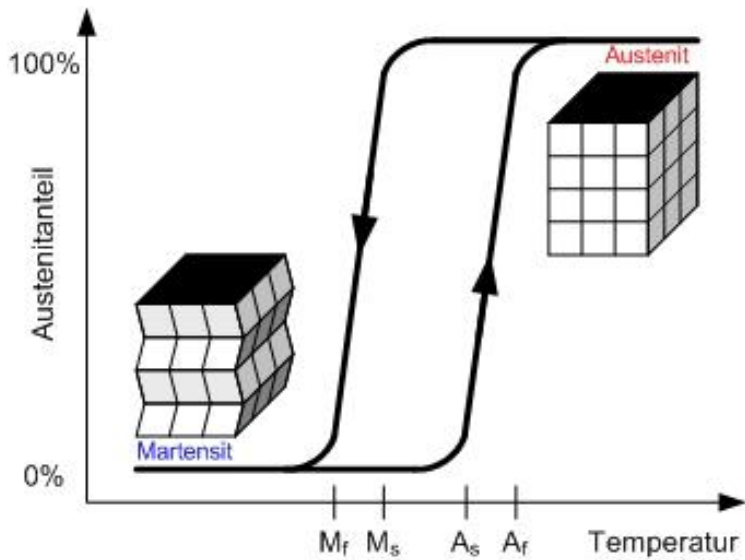


Abb. 2:
Temperaturhysterese bei Formgedächtnislegierungen

Temperaturhysterese bei Formgedächtnislegierungen

Arbeitet das Material bei der Rückverformung gegen eine Last, können sehr hohe Kräfte mit nur gering eingesetzten Materialmengen erzeugt werden. Die Formgebung von FGL-Aktoren ist flexibel, verbreitet sind Drähte und Schraubenfedern. Dieses einzigartige Verhalten ermöglicht den bauraumsparenden Ersatz etablierter Lösungen sowie völlig neuartige Aktoren. Wir beschäftigen uns sowohl mit der weiteren Erforschung des Formgedächtniseffekts als auch mit der Erprobung technischer Anwendungen. So wurde beispielsweise ein Demonstrator aufgebaut, in dem eine Tankklappe auf Knopfdruck mittels eines FGL-Drahtes geöffnet wird.

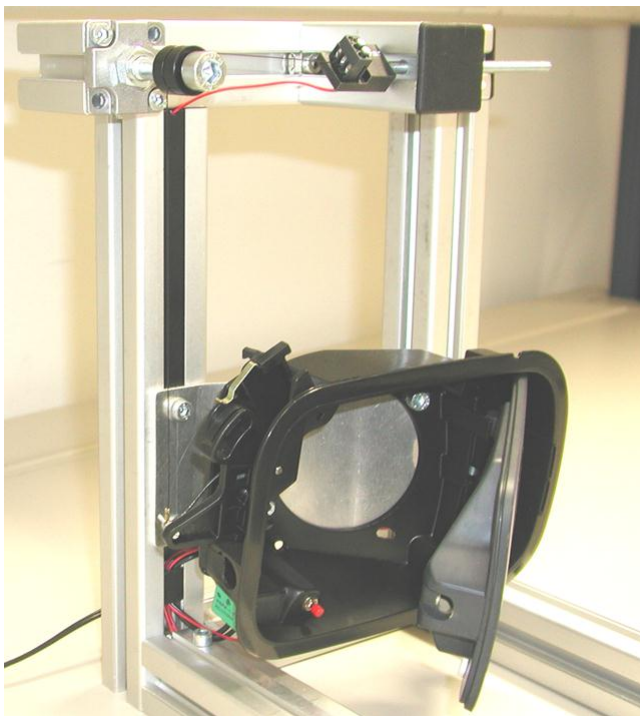


Abb. 3: Anwendungsbeispiel:
Tankklappe mit FGL-Aktor

Wiederholung und Ergänzung: Effekte von Formgedächtnislegierungen

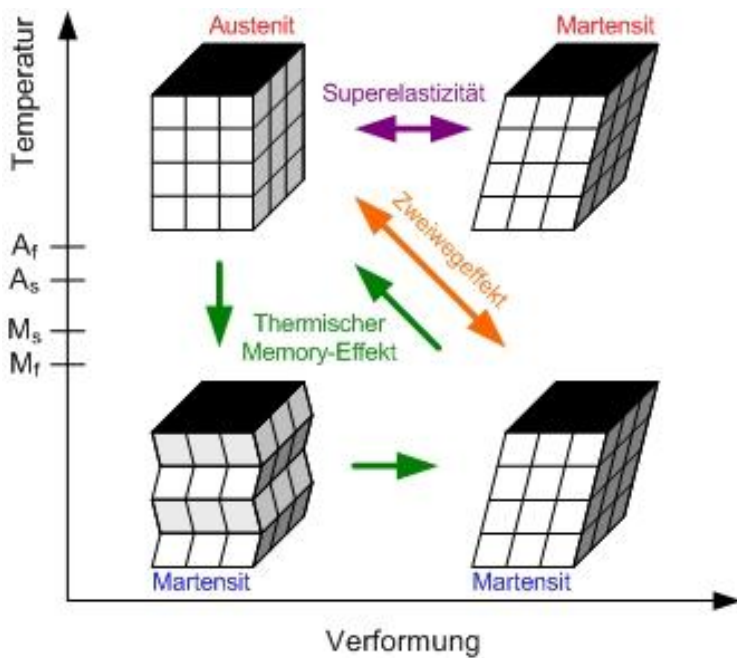


Abb. 4:

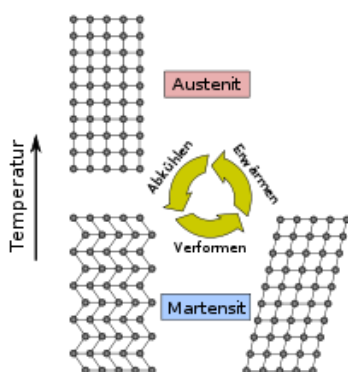
Effekte von Formgedächtnislegierungen

Es werden drei Effekte von Formgedächtnislegierungen unterschieden:

Der thermische Memory-Effekt ist eine intrinsische Eigenschaft von Formgedächtnislegierungen. Nach einer mechanischen Verformung unterhalb der Martensit-Start-Temperatur kehrt die FGL durch Erwärmung wieder in seine Ursprungsform zurück und es findet eine Phasenumwandlung in die Austenitphase statt. Nach dem Abkühlen und der Phasenumwandlung in die Martensitphase bleibt diese Form bis zur erneuten Verformung erhalten.

Der Zweiwegeeffekt von Formgedächtnislegierungen ist dagegen eine "anerzogene" Eigenschaft. Eine entsprechend trainierte FGL kann sowohl beim Erwärmen als auch beim Abkühlen jeweils eine definierte Form annehmen.

Der Effekt der Superelastizität findet oberhalb der Austenit-End-Temperatur (s. VL WTK, Kap. ZTU-Schaubilder) statt. Durch äußere mechanische Spannung findet eine martensitische Phasenumwandlung statt. Bei Nachlassen der Spannung entsteht wieder Austenit. Dadurch ist eine starke elastische Verformung ohne Temperaturänderung möglich.



Kurzfilm vorhanden