



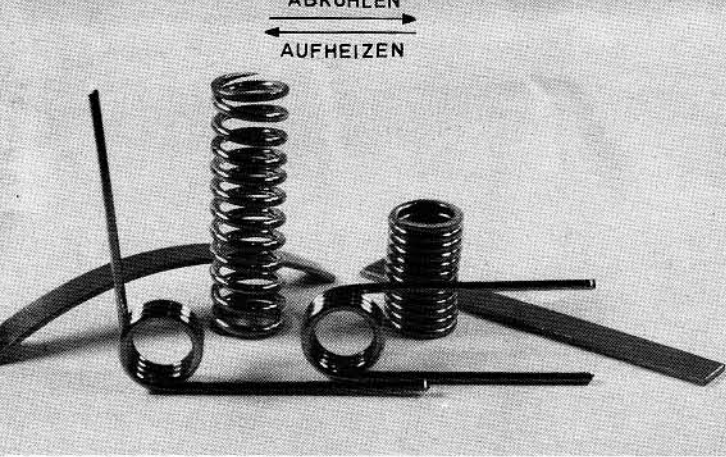
We are Nitinol.™

## Memory-Effect - Memotal-Elemente mit Gedächtnis

Tautzenberger, Stoeckel

KE September

1984



# Memory-Effekt

## Memotal-Elemente mit Gedächtnis

**Memory- oder Formgedächtnislegierungen** kennzeichnen sich durch eine martensitische Phasenumwandlung, bei der nur geringe Spannungen auftreten, so daß eine Reversibilität der Umwandlung gegeben ist. Beim Abkühlen des Werkstoffs wan-

delt sich die Hochtemperaturphase (Austenit) in die Tieftemperaturphase (Martensit) um, während beim Erwärmen die entsprechende Rückumwandlung stattfindet. Dieses Erinnerungsvermögen läßt sich für viele Anwendungen ausnützen.

Wird ein Bauelement aus einer Memory-Legierung im martensitischen Zustand bleibend verformt, so »erinnert« es sich aufgrund der Phasenumwandlung beim Erwärmen über eine kritische Temperatur an seine ursprüngliche Form und nimmt diese wieder ein. Je nach Werkstoffbehandlung können zwei unterschiedliche Effektkarten erzeugt werden: Einweg- und Zweiweg-Memoryeffekt.

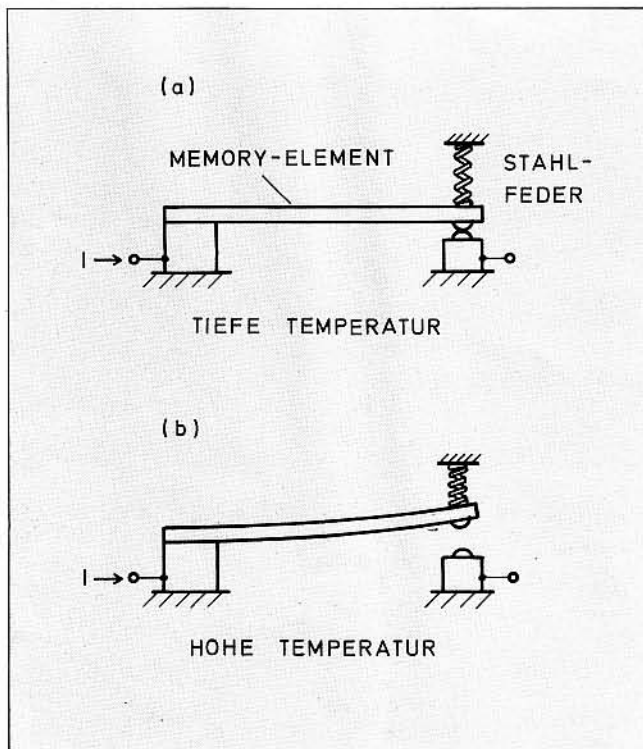
Beim Einwegeffekt wird lediglich einmal die ursprüngliche Hochtemperaturform beim Erwärmen einer bei tiefer Temperatur bleibend verformten Probe wieder eingenommen. Dabei erfolgt beim

Erwärmen zunächst keine Bewegung. Erst beim Erreichen eines kritischen Temperaturwertes,  $A_s$ -Temperatur genannt, beginnt die Formänderung, wobei die gesamte Effektfaltung in einem kleinen Temperaturbereich, beispielsweise 10 bis 20 K, erfolgt. Die  $A_s$ -Temperatur kann je nach Legierungssystem zwischen etwa  $-150\text{ }^\circ\text{C}$  und  $+150\text{ }^\circ\text{C}$  liegen. Innerhalb dieses Bereiches können beliebige  $A_s$ -Werte durch die Legierungszusammensetzung gezielt eingestellt werden.

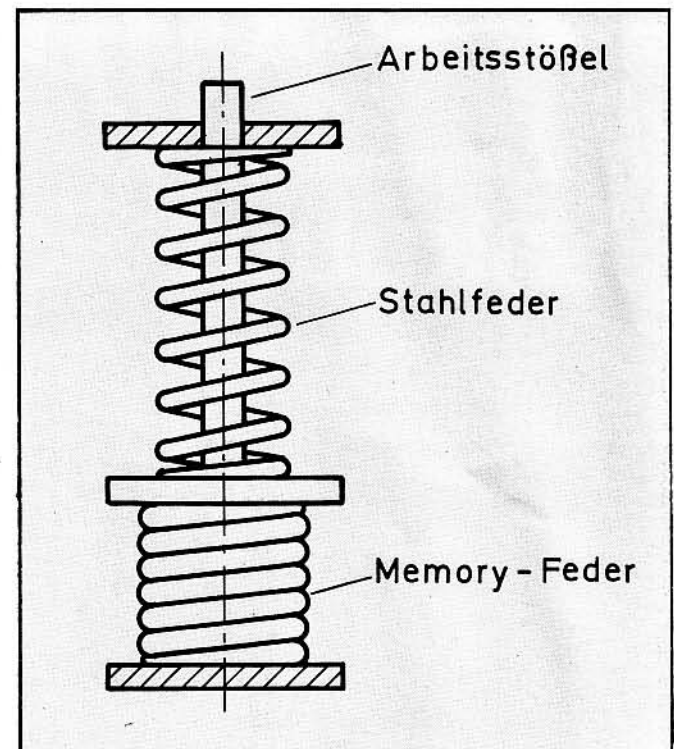
Durch bestimmte Werkstoffbehandlungen kann erreicht werden, daß sich die

Elemente sowohl an eine Hochtemperatur- als auch an eine Niedertemperaturform erinnern. Diese Erscheinung wird als Zweiwegeffekt bezeichnet und bleibt über hohe Zyklenzahlen erhalten.

Derzeit sind lediglich die Legierungsgruppen NiTi, Cu-Zn-Al und Cu-Al-Ni für technische Anwendungen geeignet. Die Legierung Nickel-Titan wurde vor mehr als 20 Jahren in den USA entwickelt und zeichnet sich durch einen besonders großen Memory-Effekt, eine hohe Überhitzbarkeit sowie eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit aus. Als zweite Generation der Memorylegierungen wur-



**Überstrom-Schutzschalter** mit Zweiweg-Memoryelement. Im Falle eines Überstroms erwärmt sich das stromdurchflossene Memory-Element und öffnet den Stromkreis nach Überschreiten einer kritischen Temperatur.



**Zuverlässige Verriegelungsmechanismen** lassen sich mit einer Zweiweg-Memoryfeder realisieren. Dieser Vorgang läßt sich häufig wiederholen mit gleichbleibender Zuverlässigkeit.

Bilder: Rau

den in den letzten Jahren die wesentlich billigeren Kupferbasislegierungen Cu-Zn-Al entwickelt, die jedoch eine geringe Überhitzbarkeit und eine schlechtere Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Vor etwa drei Jahren wurden die Kupferbasislegierungen Cu-Al-Ni entwickelt, mit denen erhöhte Schalttemperaturen und hohe Überhitzbarkeit erreicht werden können.

Bauteile mit Memory-Effekt zeichnen sich durch folgende Besonderheiten aus:

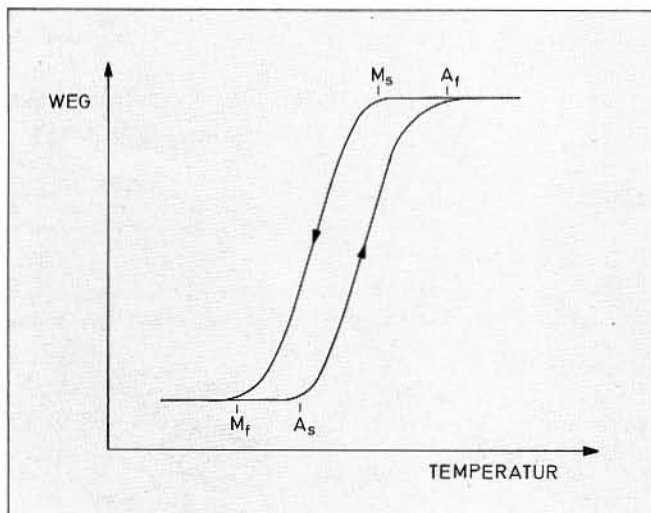
- große Arbeitsleistung pro Volumeneinheit
- vollständige Arbeitsverrichtung in einem kleinen Temperaturintervall
- Möglichkeit zur Durchführung verschiedener Bewegungsarten (Zug, Druck, Biegung, Torsion)
- der Formänderungseffekt kann auf bestimmte Elementbereiche beschränkt werden.

### Anwendungsbeispiele

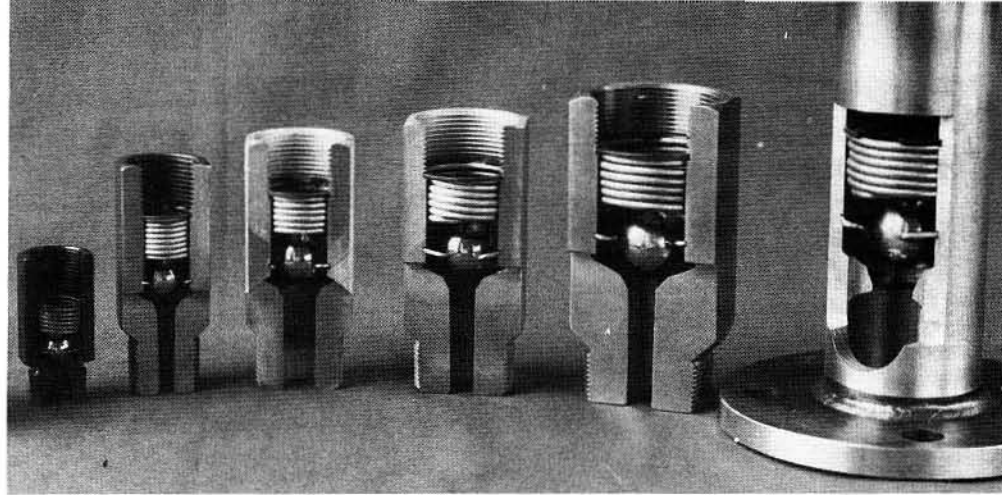
Da anfangs nur der Einwegeffekt bekannt war, wurden zunächst Anwendungen im Bereich der Verbindungs- und Befestigungstechnik realisiert. Technische Bedeutung haben dabei Schrumpfmuffen und Klammern aus Nickel-Titan erlangt. Entsprechende Bauelemente gibt es inzwischen auch mit Zweiwegeffekt, wodurch eine äußerst einfache Wiederholung des Verbindungsvorgangs ermöglicht wird.

Beispiele für weitere Anwendungsfälle von Memory-Elementen mit Zweiwegeffekt sind Stell- und Antriebsmechanismen, Thermo-Warngeräte, Theroschalter für die Elektronik, Drosselvorrichtungen für Einspritzpumpen, Thermostatventile für Heizungen.

Bei einer Verriegelungsvorrichtung betätigt eine Memory-Druckfeder mit Zweiwegeffekt einen Stößel und bewirkt auf diese Weise eine temperaturabhängige Ver- beziehungsweise Entriegelung.



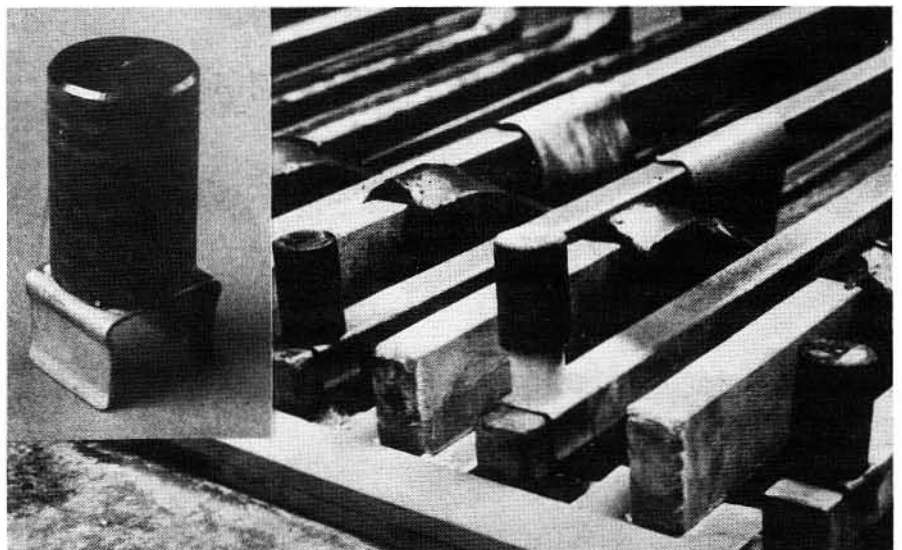
**Die Weg-Temperatur-Kennlinie** eines Bauelementes mit Zweiwegeffekt. Ähnlich wie beim Einwegeffekt beginnt die Formänderung bei Erwärmung erst bei der  $A_s$ -Temperatur. Bei weiterem Erwärmen erfolgt dann die gesamte Formänderung in einem kleinen Temperaturintervall  $M_s$  und  $M_f$ -Temperatur, bei der die Formänderung beim Abkühlen beginnt bzw. beendet ist.



Thermoventile mit Zweiweg-Memoryfedern Bild: Proteus

Weitere Beispiele sind Thermoventile, die die Zufuhr brennbarer Fluida (beispielsweise Gas) bei Erreichen einer kritischen Umgebungstemperatur unterbrechen. Dies geschieht durch eine Memory-

ry-Elementen ist in Schutzschaltern zur Stromunterbrechung bei Überstrom gegeben. Hier dient ein Memory-Biegeelement als Kontaktträger, während eine Gegenfeder aus Stahl für den nötigen



Mit diesem Temperatur-Indikator werden mittels einer eingebauten Memory-Druckfeder mit Zweiwegeffekt Kurzschlüsse bei der Metall-Elektrolyse angezeigt. Bild: Proteus

Druckfeder mit Zweiwegeffekt, die bei einer bestimmten Temperatur eine Stahlkugel durch einen Federring aus Stahl schiebt und somit das Ventil schließt.

Eine mögliche Anwendung von Memo-

Kontaktdruck sorgt. Im Falle eines Überstroms erwärmt sich das stromdurchflossene Memory-Element und öffnet den Stromkreis nach Überschreiten einer kritischen Temperatur. Wird die Störung beseitigt und sinkt die Temperatur des Elements, so wird der Stromkreis wieder geschlossen. ○

Memotal-Elemente aus dem Hause G. Rau in Pforzheim sind Bauteile mit temperaturabhängigem Formänderungsverhalten aus sogenannten Memory- oder Formgedächtnislegierungen. Der Formänderungseffekt beruht auf einer Phasenumwandlung und zeichnet sich neben seiner außergewöhnlichen Größe durch eine nahezu sprunghafte Entfaltung in Abhängigkeit von der Temperatur aus. Wenn Sie Interesse an diesen Bauelementen haben, sollten Sie sich mit den Fachleuten in Pforzheim über die Kennziffer in Verbindung setzen. **Kennziffer 246**