



# Seminar

## MESSWERTAUFNEHMER AUF DMS-BASIS

### Allgemeines

Meßwertaufnehmer auf Dehnungsmeßstreifen-(DMS)-Basis spielen in der modernen Sensor-Technologie eine außerordentlich wichtige Rolle. Ob für Steuerungszwecke oder als Meßglieder zum Messen mechanischer Größen: Kraftmeßdosen, Druckaufnehmer für pneumatischen oder hydraulischen Druck, Beschleunigungsaufnehmer, Wegaufnehmer, alle basierend auf DMS-Meßtechnologie, sind heute überall zu finden. Besonders die moderne Wägetechnik beruht geradezu auf DMS-Wägezellen.

Meßwertaufnehmer auf DMS-Basis bestehen aus einem **Federkörper** der gewöhnlich aus Stahl, Aluminium oder Kupfer-Beryllium hergestellt und mit DMS bestückt wird. In der Regel werden **vier DMS** auf den Federkörper geklebt, und diese werden elektrisch so miteinander verbunden, daß sie eine **Wheatstone'sche Vollbrücke** bilden. Wird der Federkörper mit der zu messenden Größe belastet, also Kraft, Gewicht<sup>1</sup>, Druck, Beschleunigung, Weg, etc., dann wird das Ausgangssignal aus dieser DMS-Brückenschaltung dieser Belastung direkt proportional sein. Während in der experimentellen Beanspruchungsanalyse dieses Ausgangssignal in  $\mu\text{m/m}$  (für die gemessene Dehnung dimensioniert wird, wird es in der Aufnehmertechnologie in Millivolt Ausgang pro Volt Speisespannung (mV/V) ausgedrückt.

Die Auswahl des Federkörperwerkstoffs erheischt besonders sorgfältige Beachtung, da es einen großen Einfluß sowohl auf das Verhalten des Aufnehmers als auch auf seine Kosten hat. Man nennt das Belastungs-Reaktionselement, unabhängig von seiner konstruktiven Gestaltung, deswegen einen Federkörper, weil von ihm die Qualitäten und Verhaltensmerkmale einer Feder höchster Präzision gefordert werden. Zu diesen Qualitäten gehören:

**Lineares Auslenkungs/Belastungs-Verhältnis**  
**Niedrigstmögliche Hysterese**  
**Niedrigstmögliches Kriechen**  
**Niedrigstmögliche Spannungsrelaxation.**

Das prinzipielle Merkmal, welches solch ein Federelement von von einer konventionellen Feder unterscheidet, liegt in der Federauslenkung oder im Federweg. Das klassische Konzept einer Blattfeder oder einer Spiralfeder rechnet normalerweise mit relativ großen Federwegen bei Nennlast. Im Gegensatz dazu ist der Federweg, die Verformung eines Aufnehmer-Federkörpers sehr klein und liegt bei 0,1 mm und weniger, sogar bei einer beträchtlichen physischen Größe des Körpers. Er stellt also eine extrem niedrig verformende (federnde) Hochpräzisionsfeder dar.

Beim Auswahlprozeß für das Federkörpermaterial müssen im wesentlichen die drei folgenden Punkte in Betracht gezogen werden:

**Mechanische Materialeigenschaften**  
**Thermische Materialeigenschaften**  
**Rohmaterialkosten und Bearbeitungskosten.**

---

<sup>1</sup> Natürlich ist **Gewicht** weiter nichts als eine Kraft. Da aber Wägezellen eine so bedeutende Rolle spielen und in der Regel auch technisch gesondert betrachtet werden müssen, ist der Begriff Gewicht hier als Eigenbegriff angeführt.

Die folgenden Werkstoffkennwerte sollten mit hinreichender Genauigkeit bekannt sein:

**Proportionalitätsgrenze**  
**Elastizitäts-Modul**  
**Härte**

Um Temperatureinflüsse auf den Federkörperwerkstoff unter Kontrolle halten zu können, sind weitere Informationen über die folgenden Werkstoffeigenschaften erforderlich:

**Wärmeleitfähigkeit**  
**Temperatur-Ausdehnungskoeffizient**  
**Abhängigkeit des E-Moduls von der Temperatur**

Zusätzlich zu den mechanischen und thermischen Eigenschaften des Federkörpermaterials gibt es noch andere Charakteristika, die im wesentlichen herstellungsbezogen sind und die in die Auswahlkriterien einbezogen werden müssen:

**Bearbeitbarkeit**  
**Verformungsfreiheit während der Wärmebehandlungen**

Die für ein Federkörperelement erforderlichen Charakteristika weisen bei der Werkstoffauswahl dem Elastizitäts-Modul besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grund werden die infrage kommenden Werkstoffe entweder als solche **hohen E-Moduls** oder solche **niedrigen E-Moduls** klassifiziert. Dabei zählen Stähle zu den Werkstoffen hohen E-Moduls, und Aluminium und andere Nicht-Eisen-Metalle werden als Werkstoffe niedrigen E-Moduls betrachtet. Obwohl anwendungsbezogen die Grenze zwischen den beiden Materialgruppen fließend ist, werden Werkstoffe mit hohem E-Modul im allgemeinen für Aufnehmer mit hohen Nennlasten eingesetzt, während Werkstoffe mit niedrigem E-Modul Aufnehmern mit niedrigeren Nennlasten zugeordnet werden.

Die Auswahl der entsprechenden DMS für eine gegebene Federkörperkonstruktionsform hat auch gewissen logischen Regeln zu folgen. Die wichtigsten Rollen spielen dabei:

**Gittergeometrie**  
**DMS-Form**  
**Aktive Gitterlänge**  
**Gitterlegierung**  
**Matrixmaterial**  
**Elektrischer Widerstand**  
**Temperatur-Selbst-Kompensation**  
**Temperatur-Anwendungsbereich**  
**Kriechverhalten**

Für bestes Einsatzverhalten werden im allgemeinen aktive Gitterlängen zwischen 1,5 mm und 6 mm gewählt. Aus Kostengründen und noch mehr aus Gründen der Handhabbarkeit und des technischen Verhaltens sollten DMS mit Anschlußdrähtchen vermieden werden. Für Aufnehmer, die für den Einsatz in »normalen« Temperaturbereichen vorgesehen sind, werden gewöhnlich Konstantan-DMS mit Polyimid-Matrix ausgewählt, während für Aufnehmer, welche in extremen Temperaturbereichen arbeiten sollen (ob hohe oder kryogene Temperaturen), Karma-DMS empfohlen werden.

Der DMS-Klebe-Prozeß ist von hoher Bedeutung. An der Anwendung von heißhärtenden Klebern geht fast kein Weg vorbei; raumtemperatur-härtende 2-Komponenten Epoxy-Kleber werden nur ausnahmsweise benutzt. Vom Einsatz kalthärtender sogenannter Schnellklebstoffe ist gänzlich abzuraten.